

## МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ *PYRETHRUM MAJUS* (DESF.) TZVEL. И ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2020

Портнягина Н.В., Пунегов В.В., Эчишвили Э.Э., Фомина М.Г., Груздев И.В.  
Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация)

**Аннотация.** Представлены результаты исследований роста, развития и биохимической оценки интродуцируемых растений *Pyrethrum majus* в среднетаежной подзоне Республики Коми. Установлено, что в условиях культуры вид характеризуется высокой устойчивостью и зимостойкостью. Изучены фенология и динамика роста растений. Определены морфологические параметры вегетативного и генеративного побега. Исследован выход эфирного масла из надземной фитомассы пиретрума большого и его компонентный состав. Выявлено, что содержание эфирного масла цветущих растений варьировало по годам исследований от 0,25 до 1,41% и зависело от погодных условий вегетационного сезона. В составе эфирного масла растений пиретрума большого с помощью метода ГЖХ анализа обнаружено более 190 компонентов, из них идентифицированы 48. Основными терпеноидами в составе эфирного масла являлись S-(+) Карвон (54–65%), α-Туйон (6–10%), транс- и цис-р-Мента-2,8-диенолы (2,3–2,8%), 1,8-Цинеол (1,4–2,9%), цис-Мента-1(7)8-диен-2-ол (1,5–2,1%), Гермакрен D (1,2–1,8%), α-Кадиол (0,5–1,5%), γ-Мууролол (0,2–2,6%). Установлено, что компонентный состав эфирного масла из многолетних растений *P. majus* соответствует карвон-ξ-туйоновому хемотипу и существенно не менялся в связи с метеорологическими условиями среды. Учитывая высокую адаптацию растений данного вида к условиям среднетаежной подзоны Республики Коми, высокие показатели надземной фитомассы с достаточным содержанием эфирного масла, *P. majus* может успешно возделываться в условиях Севера в качестве перспективного пряно-ароматического лекарственного и декоративного растения.

**Ключевые слова:** *Pyrethrum majus*; пиретрум большой; интродукция; лекарственное растение; рост; развитие; индивидуальная изменчивость морфологических признаков; морфобиологические признаки; генеративный побег; продуктивность надземной фитомассы; эфирное масло; компонентный состав; S-(+) Карвон; α-Туйон; хромато-масс-спектрометрия; газо-жидкостная хроматография; подзона средней тайги; Республика Коми.

## MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE PLANT *PYRETHRUM MAJUS* (DESF.) TZVEL. AND VARIABILITY OF THE COMPONENT COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL DURING INTRODUCTION IN THE NORTH-EAST OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

© 2020

Portnyagina N.V., Punegov V.V., Echishvili E.E., Fomina M.G., Gruzdev I.V.  
Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
(Syktyvkar, Russian Federation)

**Abstract.** The paper presents the results of the research on the growth, development, and biochemical evaluation of introduced *Pyrethrum majus* plants in the middle taiga subzone of the Komi Republic. It is established that in the conditions of culture the species is characterized by a high stability and winter hardiness. The phenology and dynamics of plant growth were studied. Morphological parameters of vegetative and generative shoots were determined. The yield of essential oil from the aboveground phytomass of *P. majus* and its component composition were studied. It was found that the content of essential oil of flowering plants varied over the years of research from 0,25 to 1,41% and depended on the weather conditions of the growing season. More than 190 components were found in the essential oil of *P. majus* plants using the method of GLC analysis, 48 of them were identified. The main terpenoids in the essential oil were S-(+) carvone (54–65%), α-tuyon (6–10%), TRANS- and CIS-p-Menta-2,8-dienols (2,3–2,8%), 1,8-Cineol (1,4–2,9%), CIS – Menta-1(7)8-Dien-2ol (1,5–2,1%), germacrene d (1,2–1,8%) α-cadinol (0,5–1,5%), γ-muurolol (0,2–2,6%). It was found that the component composition of the essential oil from perennial plants *P. majus* corresponds to the carvone-Tuyon chemotype and did not change significantly due to the meteorological conditions of the environment. Taking into account a high adaptation of plants of this species to the conditions of the middle taiga subzone of the Komi Republic, high indicators of aboveground phytomass with a sufficient content of essential oil, *P. majus* can be successfully cultivated in the North as a promising spicy-aromatic medicinal and ornamental plant.

**Keywords:** *Pyrethrum majus*; introduction; medicinal plant; growth; development; individual variability of morphological features; morphobiological features; generative escape; productivity of aboveground phytomass; essential oil; component composition; S-(+) carvone; α-tuyon; chromatography-mass spectrometry; gas-liquid chromatography; Syktyvkar; average subzone of taiga of the Komi Republic.

### Введение

*Pyrethrum majus* (Desf.) Tzvel. – пиретрум большой – культивируемое и изредка дичающее многолетнее травянистое пряно-ароматическое растение из семейства Asteraceae [1, с. 187; 2, с. 96; 3, с. 180].

Народные названия: кануфер, колуфер, канупер бальзамический, пахучая пижма, бальзамическая рябинка. Некоторые исследователи считают, что это не самостоятельный вид, а культурная форма пиретрума бальзамического (*Pyrethrum balsamita* (L.) Willd.,

*Tanacetum balsamita* L.). Исходная форма растения происходит из Средиземноморья и за несколько тысяч лет возделывания и использования данного вида завоевала практически всю Европу, а затем и Северную Америку [4, р. 1–124; 5, р. 151; 6, р. 577]. В России пижма бальзамическая известна со времен правления Петра I [7, с. 206]. Основное внешнее отличие исходной формы пижмы бальзамической от культурной – это наличие, кроме срединных желтых обоеполых трубчатых цветков, краевых пестичных белых язычковых цветков, расположенных в один ряд в соцветиях, диаметром до 1 см. Корзинки же культурной формы состоят из желтых трубчатых цветков до 0,4–0,7 см в диаметре. У этих растений можно выявить и общие черты, но есть и некоторые отличия по окраске и внешнему облику, а также фенологии растений. Мы придерживаемся мнения, что это разные виды. Оба вида сохраняются и изучаются во многих ботанических садах России и зарубежья [8, р. 257; 6, р. 477]. Применяется в качестве садового, пряно-ароматического и лекарственного растения, обладающего сильным стойким бальзамическим запахом. В народной медицине используется как противопаразитарное и противовоспалительное средство [9, с. 499; 10, с. 117; 11, с. 149].

В коллекцию лекарственных растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН живые растения *P. majus* были привезены в 2001 году из Ботанического сада Саратовского государственного университета. В настоящее время биологические и биохимические особенности растений пиретрума большого в условиях культуры исследованы недостаточно. Сведения по интродукции и химическому составу данного вида в разных регионах России и за рубежом носят фрагментарный характер [12, с. 100; 7, с. 206; 13, с. 18; 14, р. 119]. По результатам первичной интродукции данного вида в коллекции лекарственных растений Ботанического сада Института биологии пиретрум большой отнесен к перспективным растениям, отличающимся высокой зимостойкостью и устойчивостью в ценозе [15, с. 26].

**Цель** настоящей работы: изучение динамики роста и развития растений *P. majus* в условиях культуры, исследование компонентного состава и выхода эфирного масла из надземной фитомассы.

#### Методы и объекты исследований

Исследования проведены в 2014–2018 гг. в отделе Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар, среднетаежная подзона). Объектами исследований являлись многолетние растения *P. majus*, выращенные вегетативным способом. Растения высажены на постоянное место в августе 2012 г. Изучение роста и развития растений проводили по общепринятой методике [16, с. 1–33]. Количественные и качественные параметры генеративного побега определяли в период бутонизации – цветения растений. Амплитуда изменчивости признаков побега оценивалась по шкале С.А. Мамаева [17, с. 4]. Полученные данные статистически обработаны [18].

Сбор и анализ растительных проб *P. majus* проводили в период бутонизации – начала цветения растений на протяжении пяти лет. Для аналитических исследований отбирали надземную часть растения, среза побег на высоте 10–15 см от поверхности почвы.

Непосредственно после сбора растительное сырье измельчали, навеску 70–100 г помещали в кругло-

донные колбы и методом паро-гидродистилляции с применением насадки Клевенжера в течение 3,5 ч. отгоняли эфирное масло (ЭМ). В качестве растворителя ЭМ в насадке Клевенжера использовали пентан. Определение массовой доли индивидуальных соединений в составе ЭМ выполняли методом капиллярной ГЖХ на аналитической системе «Кристалл 2000М». Химическая структура терпеноидов была определена на основании данных ГХ-МС анализа на спектрометре «TRACE DSQ» корпорации «Thermo Electron». Интерпретацию масс-спектров соединений выполняли с использованием программного обеспечения Xcalibur Data System (version 1.4 SR1) и библиотеки масс-спектров NIST 05. Индексы хроматографического удерживания компонентов (RI) вычисляли на основании данных ГЖХ-анализа смеси нормальных углеводородов, выполненного в аналогичных условиях.

#### Обсуждение результатов

Сохранение растений *P. majus* в условиях интродукционного питомника происходило только за счет вегетативного размножения путем деления корневищ на части. Пересадка растений на новый участок проводилась в августе–сентябре один раз в 6–7 лет. Черенки с 2–3 розетками листьев и 2–3 почками возобновления высаживались на подготовленную делянку с площадью питания 40 × 40 (см<sup>2</sup>) и глубиной посадки 8–10 см. Через два года происходило полное смыкание рядков за счет формирования большого числа вегетативных (розеточных) и генеративных побегов. К 5–6 году вегетации происходило постепенное изреживание травостоя в середине делянки за счет снижения числа генеративных побегов и формирования новых побегов по периферии участка. При этом следует отметить высокую конкурентную способность данного вида. При смещении новых побегов на края делянки не было отмечено внедрения сорных растений на освободившееся место, как это обычно происходит со многими другими видами растений. Отрастание многолетних растений *P. majus* весной начинается в первой декаде мая, сразу после схода снега с участка. Вначале интенсивно развиваются укороченные вегетативные побеги, образуя своеобразную розетку из многочисленных длинночерешковых листьев, которые до середины июня увеличиваются в размерах. Длина розеточных наиболее развитых листьев достигает 25–30 см, ширина – до 10–12 см. В июне отмечается формирование генеративных побегов, которые развиваются из почек возобновления, находящихся на базальной части корневища у розеточных побегов. Длина генеративных побегов составляла в конце июня 69 ± 3 см, в середине июля в фазе начала бутонизации растений – 90 ± 2 см. В разные годы наблюдений максимальная высота растений в фазу цветения варьировала от 98 до 133 см. Исключением явились благоприятные погодные условия, сложившиеся в 2016 г., когда растения пиретрума большого впервые за пять лет зацвели на месяц раньше, в середине августа (табл. 1, 2). По классификации ритмов цветения В.Н. Голубева [19, с. 137–139], основанной на распределении цветения по сезонам вегетационного периода, *P. majus* может быть отнесен к растениям позднелетнего – среднеосеннего цикла цветения (31 августа – 25 сентября). В фазу плодоношения растения не успевают вступать. Вегетация растений прерывается в конце сен-

тября – начале октября при наступлении устойчивых отрицательных температур. Несмотря на длинный вегетационный период, характерный для данного вида, позднее вступление растений в фазу цветения не отражалось отрицательно на зимостойкости растений. Зимостойкость многолетних растений *P. majus* очень высокая. За 19 лет наблюдений не было отмечено выпадов в результате перезимовки растений. Описание морфобиологических признаков генеративного побега *P. majus* проводили в 2018 г. в фазе цветения растений. Высота растений составляла 86–98 см. Стебель прямостоячий, неотчетливо-ребристый, крепкий в диаметре до 0,5–0,6 см (табл. 3), разветвленный. Листья очередные, зубчатые, цельные, тускло-зеленые, слабоопушенные, овальные или эллип-

тические. Нижние листья – черешковые, со средней длиной 15,8 см и шириной 4,4 см. Верхние листья – сидячие, более мелкие, 6,0 см длиной и 2,6 см шириной. С пазухи 8–10 стеблевого листа начинается разветвление стебля и формирование флоральной зоны побега (соцветия) до 40–45 см длиной, состоящей из 10–12 генеративных побегов второго порядка (паракладиев) (табл. 3). Соцветие пиретрума большого, как и пижмы обыкновенной, – щитковидная метелка, состоящая из главной оси, завершающейся корзинкой, и некоторого числа боковых осей (паракладиев), которые также заканчиваются корзинками [20, с. 94]. Цветочные корзинки округлые и плоские, состоящие из многочисленных желтых трубчатых цветков. Число корзинок на побег варьировало от 76 до 116 шт. (табл. 3).

**Таблица 1** – Метеорологические условия вегетационных сезонов 2014–2018 гг.

Месяцы	Среднее многолетнее, °С	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год
Май	+7,6	<u>10,7 (+3,1)*</u> 94**	<u>13,6 (+6)*</u> 80**	<u>11,3 (+3,7)</u> 79	<u>5,0 (–2,6)</u> 123	<u>8,0 (+0,4)</u> 175
Июнь	+14,1	<u>13,4 (–0,7)</u> 186	<u>16,2 (+2,1)</u> 100	<u>14,6 (+0,5)</u> 95	<u>12,4 (–1,7)</u> 185	<u>13,5 (–0,6)</u> 143
Июль	+16,6	<u>14,5 (–2,1)</u> 117	<u>13,9 (–2,7)</u> 58	<u>19,9 (+3,3)</u> 94	<u>18,3 (+1,7)</u> 108	<u>19,4 (+2,8)</u> 117
Август	+13,9	<u>16,0 (+2,1)</u> 125	<u>12,4 (–1,5)</u> 132	<u>18,2 (+4,3)</u> 248	<u>16,0 (+2,1)</u> 122	<u>14,5 (+0,6)</u> 75
Сентябрь	+7,8	<u>9,2 (+1,4)</u> 48	<u>10,5 (+2,7)</u> 97	<u>7,8 (+0,3)</u> 158	<u>7,5 (–0,3)</u> 39	<u>9,6 (+1,8)</u> 102
Сумма температур за сезон, °С	+1842	1292	2122	2380	1848	2040

*Примечание.* \* – в числителе дана среднесуточная температура, °С; в скобках – отклонение от нормы; \*\* – в знаменателе приведены осадки, % к норме.

**Таблица 2** – Фенология и высота растений *Pyrethrum majus* в условиях культуры среднетаежной подзоны Республики Коми

Фаза развития	Дата вступления в фазу	Высота растений, см
Начало отрастания	04.05–07.05 (02.05)*	5 ± 0,5
Массовое отрастание	16.05–30.05 (15.05)	22 ± 1
Скрытая бутонизация	20.06–04.07 (15.06)	69 ± 3
Начало бутонизации	08.07–16.07 (05.07)	89 ± 2
Массовая бутонизация	26.07–08.08 (17.07)	123 ± 3
Начало цветения	18.09–25.09 (15.08)	133 ± 4
Массовое цветение	29.09 (29.08)	133 ± 4

*Примечание.* \* – в скобках указаны даты фаз развития растений в 2016 г.

**Таблица 3** – Морфологические показатели генеративного побега *P. majus*

Признак	$M \pm m$	lim M	$C_v, \%$
Длина побега, см	90 ± 2	86–98	3,6
Диаметр побега, см	0,5 ± 0,03	0,5–0,6	16
Число стеблевых листьев, шт./побег	19,2 ± 0,6	18–21	6,8
Длина нижнего листа (со 2 по 7), см;	15,8 ± 1,7	11–22	26,6
в том числе черешок листа (со 2 по 7), см	4,6 ± 1,4	1–10	74
Ширина листа (со 2 по 7), см	4,4 ± 0,1	4–4,8	2
Длина верхнего листа (с 8 по 19), см	6,0 ± 0,6	3–9	33
Ширина листа (с 8 по 19), см	2,6 ± 0,2	1,6–3,8	31
Длина флоральной части побега, см	42 ± 1	40–45	3,6
Число паракладиев, шт./побег	10 ± 1	10–12	20
Длина паракладиев, см	13,4 ± 1,2	7–20	31
Число цветочных корзинок, шт./побег	95 ± 8	76–116	17,3
Сырая масса побега, г	19,8 ± 1,5	17–24	–
Сухая масса побега, г	7,3 ± 0,9	6,3–8,9	–

*Примечание.*  $M \pm m$ , где  $M$  – среднее значение,  $m$  – стандартная ошибка среднего значения;  $lim M$  – предел среднего значения;  $C_v$  – коэффициент вариации; прочерк означает отсутствие данных.

Сравнительный анализ внутривидовой индивидуальной изменчивости морфологических признаков генеративного побега показал, что изменчивостью отличались такие признаки, как длина листа, ширина верхнего листа и длина паракладиев. Наименее вариabельными оказались такие признаки: высота и диаметр побега, число и ширина листьев, а также длина соцветия (табл. 3).

Длина соцветия – один из основных показателей продуктивности надземной фитомассы *P. majus*, по-

этому он может использоваться при отборе образцов на сырье. Показатели сырьевой части побега *P. majus* варьировали от 17 до 24 г сырой и от 6,3 до 8,9 г воздушно-сухой фитомассы (табл. 3).

Концентрированное ЭМ *P. majus* – это подвижная жидкость желтого цвета, содержит, согласно данным ГЖХ анализа (табл. 4), в основном монотерпеноиды. Среди них доминируют кислородсодержащие вещества. Основным монотерпеноидом в составе ЭМ изучаемых образцов *P. majus* является S-(+)-Карвон (54–65%).

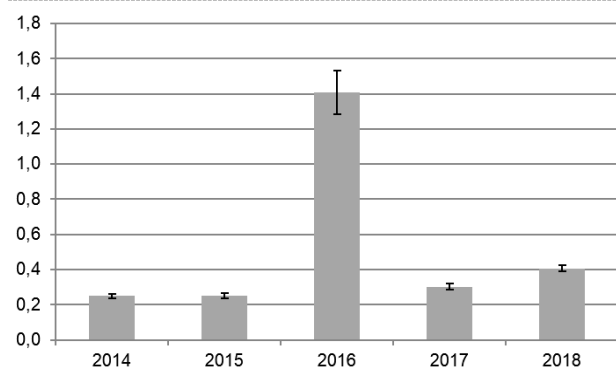
**Таблица 4** – Компонентный состав эфирного масла *P. majus* и его изменчивость при культивировании в среднетаежной подзоне Республики Коми

№ п/п	Год наблюдений			2014	2015	2016	2017	2018
	Компонент	Время	RI					
1	$\alpha$ -Туйен	0:11:58	939	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10
2	$\alpha$ -Пинен	0:12:47	944	0,09	0,08	0,04	0,06	0,05
3	Камфен	0:12:59	954	0,13	0,10	0,12	0,11	0,15
4	1-Октен-3-он	0:13:11	960	0,06	0,06	0,05	0,04	0,06
5	$\beta$ -Пинен	0:13:57	978	0,16	0,11	0,14	0,29	0,15
6	2,6-диметил-3,5-гептадиен-2-ол	0:14:47	995	0,74	0,43	0,28	0,27	0,44
7	t-3-Карен-2-ол	0:15:48	1010	0,08	0,23	0,10	0,12	0,21
8	Космен	0:16:11	1030	0,37	0,32	0,13	0,10	0,21
9	Лимонен	0:16:18	1034	1,17	0,96	1,49	1,54	1,05
10	1,8-Цинеол	0:16:29	1038	2,89	1,43	2,24	2,23	2,36
11	$\gamma$ -Терпинен	0:17:01	1065	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
12	1,2,2,3-тетраметилциклопенте-3-енол	0:17:29	1092	0,16	0,10	0,07	0,09	0,11
13	$\alpha$ -Туйон	0:19:37	1115	10,17	7,89	6,08	6,51	7,11
14	3-туянон	0:20:00	1125	0,90	0,69	0,61	0,60	0,64
15	транс-р-мента-2,8-диенол	0:20:11	1128	1,71	1,45	1,77	2,13	1,56
16	цис-р-мента-2,8-диенол	0:20:45	1143	0,80	0,94	1,01	1,05	0,89
17	L-Пинокарвеол	0:20:55	1150	0,50	0,44	0,55	0,48	0,49
18	Вербенол	0:21:06	1155	0,56	0,45	0,69	0,54	0,62
19	Пинокарвон	0:21:47	1176	0,66	0,53	0,77	0,66	0,63
20	Терпинен-4-ол	0:22:22	1187	0,26	0,29	0,30	0,27	0,34
21	цис-мента-1(7)8-диен-2-ол	0:22:42	1196	1,50	1,85	1,79	2,06	1,87
22	транс-Дигидрокарвон	0:23:09	1206	1,29	0,59	0,56	0,46	0,38
23	Бициклопентил-2-он	0:23:27	1209	0,16	1,67	1,52	1,43	1,39
24	5-изопропенил-2метилциклопент-1ен карбоксальдегид	0:24:12	1227	1,41	1,08	1,35	1,65	1,33
25	3-Изопропенил-1-циклооктен	0:24:26	1236	1,77	1,57	1,66	1,52	1,49
26	(S)-(+)-Карвон	0:25:04	1256	55,48	61,62	64,99	56,46	53,52
27	цис-Вербенилацетат	0:25:31	1268	0,08	0,09	0,06	0,05	0,06
28	цис-Карвоноксид	0:25:57	1286	0,52	0,05	0,09	0,00	0,00
29	$\alpha$ -Лонгипинен	0:26:36	1318	0,04	0,10	0,05	0,06	0,04
30	цис-(L)-Карвилацетат	0:27:33	1342	0,17	0,26	0,23	0,20	0,14
31	транс-Карвилацетат	0:28:25	1369	0,40	0,42	0,24	0,44	0,35
32	$\alpha$ -Копаен	0:28:52	1389	0,14	0,08	0,03	0,08	0,08
33	Аромадендрен	0:31:17	1436	0,10	0,11	0,02	0,09	0,11
34	Гамма-Мууролол	0:31:59	1479	0,21	0,82	1,07	2,15	2,35
35	Гермакрен D	0:33:00	1499	1,78	1,81	1,17	2,62	2,88
36	$\beta$ -Бисаболен	0:33:23	1519	0,91	0,86	0,42	0,98	1,01
37	Гермакрен-D-4-ол	0:33:34	1533	0,16	0,09	0,26	0,63	0,63
38	$\delta$ -Кадинен	0:33:53	1538	0,11	0,40	0,03	0,15	0,58
39	$\alpha$ -Бергамотен	0:33:49	1544	0,07	0,07	0,04	0,12	0,13
40	Цикло-изолонгифолол-2(5,8)	0:35:42	1609	0,33	0,35	0,25	0,28	0,42
41	Кубенол	0:36:46	1648	0,40	0,62	0,37	0,51	0,72
42	$\alpha$ -Кадиол	0:37:16	1661	1,38	0,97	0,50	1,54	1,46
43	Камфора можжевельника	0:37:46	1678	1,04	0,84	0,48	0,84	0,89
44	Эвдесм-7(11)-ен-4-ол	0:38:15	1699	0,19	0,05	0,06	0,52	0,26
45	Аромадендрен оксид	0:38:25	1705	0,17	0,06	0,01	0,05	0,11
46	1,3-Диоксолан 2-метилен-бета-ионона	0:40:50	1805	0,50	0,59	0,28	0,51	0,68
47	Метилхинокиат	0:41:29	1826	0,34	0,42	0,21	0,34	0,45
48	изо-Конфертифолин	0:46:04	1999	0,78	1,12	0,67	1,28	1,26

Примечание. RI – индекс удержания компонента в хроматографической колонке.

На втором месте по содержанию в составе ЭМ находится  $\alpha$ -Туйон (6–10%). Остальные монотерпеноиды в составе ЭМ указанных образцов растений представлены в существенно меньших концентрациях (от 0,005 до 3,0%). Среди сесквитерпеноидов ЭМ *P. majus* доминируют:  $\gamma$ -Мууролол (0,2–2,6%), Гермакрен D (1,2–1,8%),  $\alpha$ -Кадиол (0,5–1,5%), Камфора можжевельника (0,5–1,0%), изо-Конфертифолин (0,7–1,3%),  $\beta$ -Бисаболен (0,4–1,0%). По данным литературы [21, р. 706; 22, р. 578; 23, р. 5908], в настоящее время *P. majus* характеризуется в виде четырех хемотипов: 1) карвоновый; 2) камфорный; 3) камфорно-туйоновый; 4) карвон- $\alpha$ -туйоновый.

Следует отметить, что, по данным наших исследований, при изменении погодных условий вегетационного сезона компонентный состав эфирного масла *P. majus* не претерпевал резких изменений. Результаты пяти лет изучения указанного вида в условиях культуры свидетельствуют о том, что безусловными доминантами в составе ЭМ растения остаются S-(+)-Карвон и  $\alpha$ -Туйон. Указанные образцы *P. majus* по составу ЭМ относятся к карвон-туйоновому хемотипу. По данным литературы [24, р. 197; 25, р. 190], в Турции и Испании в эфирном масле *P. majus* также доминирует S-(+)-Карвон (52 и 57% соответственно). Выход ЭМ из надземной фитомассы *P. majus* в фазе бутонизации – начала цветения, по данным аналитических исследований, может сильно варьировать и зависит от погодных условий сезона вегетации (рис. 1). Наиболее благоприятным по метеоусловиям сезона для накопления эфирного масла оказалось лето 2016 г. В этот год наблюдений выход ЭМ растений *P. majus* увеличился в 5,6 раза по сравнению с 2014 г., с 0,25% до 1,41% в пересчете на абсолютно сухое сырье.



**Рисунок 1** – Процентное содержание эфирного масла в сырьевой фитомассе *P. majus*.  
По оси абсцисс: год наблюдений;  
по оси ординат: выход ЭМ, %

По данным метеонаблюдений, 2016 г. был (в районе исследований) достоверно более теплым и влажным в период вегетации растений. Сумма положительных температур в период с мая по сентябрь составила 2380°C при норме для региона 1842°C, сумма осадков 476 мм при норме 299 мм. Для сравнения в 2015 г. – 2122°C и сумма осадков 335 мм, в 2017 г. – 1848°C и сумма осадков 475, в 2018 г. – 2040°C и сумма осадков 379 мм. Следовательно, основным фактором, влияющим на выход эфирного масла из надземной массы *P. majus* в условиях Севера, является сумма положительных температур периода вегетации растений.

Из данных, приведенных в табл. 5, следует, что в составе ЭМ *P. majus* доминируют монотерпеноиды (77–89%). Массовая доля сесквитерпеноидов не превышает 14,6%. Среди кислородсодержащих терпеноидов основную массу представляют терпеновые кетоны – карвон и  $\alpha$ -туйон (66–76%). На втором месте – терпеновые спирты (9,6–13,5%). Сложные эфиры и эпоксиды терпеноидов в составе ЭМ представлены в минимальных количествах (4–5,8%). Доля бескислородных углеводов в составе ЭМ составляет 5,4–8,0%. Вегетационный период в 2016 г. был необычайно благоприятным для продуцирования ЭМ *P. majus*. В этот год наблюдений ЭМ характеризовалось минимальным содержанием сесквитерпеноидов (6,4%), терпеновых сложных эфиров и эпоксидов (4,0%), бескислородных углеводов (5,4%) и максимальным содержанием терпеновых кетонов (76%), в том числе 65% карвона и 6,1%  $\alpha$ -туйона. Результаты аналитических исследований свидетельствуют о том, что компонентный состав эфирного масла *P. majus* при культивировании в условиях Севера является постоянным, консервативным и генетически обусловленным признаком для данного вида растения. Массовое соотношение компонентов в составе ЭМ может меняться и зависит не только от фазы вегетации растения, как отражено во многих публикациях [26, р. 467; 27, р. 240; 28, р. 943], но и от конкретных погодных условий вегетационного сезона.

**Таблица 5** – Изменчивость соотношения кислородсодержащих и бескислородных терпеноидов в составе ЭМ *P. majus* в пяти сезонах вегетации растений

Дата отбора пробы	29.09	29.09	30.08	11.09	29.09
Год наблюдений	2014	2015	2016	2017	2018
Углеводы, не содержащие кислород, %	6,9	6,7	5,5	7,8	8,0
Терпеновые кетоны, %	70,1	74,1	75,9	67,8	65,1
Терпеновые спирты, %	10,0	9,9	9,6	13,5	13,3
Сложные эфиры и эпоксиды терпеновые, %	5,8	4,4	4,0	5,1	5,4
Монотерпеноиды, %	83,7	85,1	88,6	80,8	77,2
Сесквитерпеноиды, %	9,2	10,1	6,4	13,4	14,6
Массовая доля идентифицированных компонентов в составе ЭМ, %	92,9	95,2	95,0	94,2	91,8
Кислородсодержащие, %	86,0	88,5	89,5	86,4	83,7
Среднесуточная температура за май–сентябрь	12,8	13,3	14,6	11,8	13,1

### Выводы

Результаты многолетнего изучения *P. majus* в условиях интродукционного питомника в среднетаежной подзоне Республики Коми позволяют отметить следующее.

Установлено, что в условиях культуры среднетаежной подзоны Республики Коми успешность интродукции данного многолетнего вида зависит от своевременного размножения растений вегетативным путем (делением корневищ на части один раз в 6–7 лет). Выявлено, что оптимальным сроком пересадки растений на новый участок является август, а оптимальная площадь питания  $40 \times 40 \text{ см}^2$ .

Исследование сезонного развития многолетних растений *P. majus* показало, что для данного вида характерен длинный вегетационный период, не совпадающий с новыми условиями выращивания. По ритму цветения вид относится к растениям позднелетне-среднеосеннего цикла развития. В фазу цветения растения вступали в сентябре, при благоприятных погодных условиях (2016 г.) – в середине августа. Фазы плодоношения растения не достигают и уходят под зиму в фазе цветения.

В условиях культуры растения *P. majus* к фазе цветения формируют генеративные побеги длиной до 133 см с флоральной зоной до 40–45 см, состоящей из 10–12 генеративных побегов второго порядка.

Выявлено, что за годы изучения данного вида не было отмечено выпадов в результате перезимовки растений. Установлена высокая конкурентная способность данного вида в ценозе.

Выход эфирного масла из сырьевой фитомассы *P. majus*, при выращивании в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми на протяжении пяти лет, составляет 0,25–1,41% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Методами ГЖХ-МС анализа в составе эфирного масла обнаружено более 190 компонентов. Из них идентифицированы 48 компонентов. Основными терпеноидами в составе ЭМ *P. majus* являются: S-(+) Карвон (54–65%);  $\alpha$ - Туйон (6–10%); *транс*- и *цис*-*p*-Мента-2,8-диенолы (2,3–2,8%); 1,8-Цинеол (1,4–2,9%); *цис*- Мента-1(7) 8-диен-2ол (1,5–2,1%); Гермакрен D (1,2–1,8%);  $\alpha$ -Кадинол (0,5–1,5%);  $\gamma$ -Мууролол (0,2–2,6%). Установлено, что компонентный состав эфирного масла *P. majus* мало зависит от возраста растений и несущественно меняется в зависимости от климатических условий сезона вегетации. Выход ЭМ, напротив, может сильно варьировать и зависит от климатических условий вегетации *P. majus*. Сделано заключение, что изучаемые образцы *P. majus* по составу эфирного масла относятся к карвон –  $\alpha$ -туйоновому хемотипу.

### Список литературы:

1. Флора СССР. Т. XXVI. М., Л.: Наука, 1961. 938 с.
2. Интродукция лекарственных, ароматических и технических растений (Итоги работ интродукционного питомника БИН АН СССР за 250 лет). М.; Л.: Наука, 1965. 426 с.
3. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья, 1995. 990 с.
4. Ghahreman A. Flora of Iran. Research Institute of Forest and Rangeland. Tehran, 1988. 124 p.
5. Philips R., Foy N. Herbs. Pan Books Ltd, UK, 1992. 152 p.
6. Marculescu A., Hanganu D., Kinga O.N. Qualitative and quantitative determination of the caffeic acid and

chlorogenic acid from three chemovarieties of *Chrysanthemum balsamita* L. // Romanian Biotechnological Letter. 2001. Vol. 6 (6). P. 477–484.

7. Грязнов М.Ю., Тощая С.А. Биологические особенности *Tanacetum balsamita* L. в Нечерноземной зоне России // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посв. 85-летию ВИЛАР. М.: ВИЛАР, 2016. С. 206–207.

8. Mustafayeva S.J., Serkerov S.V. Chemical Composition of the essential oil of *Pyrethrum balsamita* (L.) Willd. from Azerbaijan // Химия растительного сырья. 2015. № 2. С. 257–259.

9. Пупыкина К.А., Кудашкина Н.В. Изучение возможности использования пряно-ароматических и эфиромасличных растений для экопротективной помощи населению // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 6. С. 499–502.

10. Чебышев Н.В., Черкас В.В., Стреляев Н.Д., Кузнецов Р.М., Сологова Д.И., Давосыр Е.П. Изучение химического состава спиртового извлечения пижмы балзамической // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2018. № 2 (23). С. 116–119.

11. Кораблева О.А., Чиззола Р. *Pyrethrum majus* (Desf.) Tzvel. в условиях интродукции в НБС НАН // Лекарственное растениеводство: мат.-лы междунар. науч. конф., посв. 75-летию ВИЛАР. М.: ВИЛАР, 2006. С. 149–153.

12. Кухарева Л.В., Тычина И.Н., Савич И.М. Пиретрум балзамический – *Pyrethrum balsamita* (L.) Willd. в условиях Беларуси // Анализ и прогнозирование результатов интродукции декоративных и лекарственных растений мировой флоры в ботанические сады: мат.-лы 2-й междунар. конф. Минск: Тэхналогія, 1996. С. 100–101.

13. Анищенко И.Е., Жигунов О.Ю. Интродукция двух видов рода *Tanacetum* L. в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2020. № 7. С. 17–20.

14. Hassanpouraghdam M.B., Tabatabaie S.J., Nazemiyeh H., Vojodi L., Azami M.A., Shoja A.M. *Chrysanthemum balsamita* (L.) Baill.: a forgotten medicinal plant // Facta Universitatis, Series: Medicine and Biology. 2008. Vol. 15, № 3. P. 119–124.

15. Портнягина Н., Пунегов В., Эчишвили Э., Фомина М. Итоги интродукции: лекарственные растения // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2011. № 6 (164). С. 23–36.

16. Майсурадзе Н.И., Киселев В.П., Черкасов О.А., Нухимовский Е.Л., Тихонова В.Л., Макарова Н.В., Угнивенко В.В. Методика исследований при интродукции лекарственных растений // Лекарственное растениеводство. Вып. 3. М., 1984. С. 1–33.

17. Мамаев С.А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений: сб. статей. Свердловск, 1975. С. 3–14.

18. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. М.: Наука, 1973. 256 с.

19. Голубев В.Н. Эколого-биологические особенности травянистых растений и растительных сообществ лесостепи. М.: Наука, 1965. 286 с.

20. Кузнецова Т.В., Пряхина Н.И., Яковлев Г.П. Цветения. Морфологическая классификация. СПб.: Химико-фарм. ин-т, 1992. 127 с.

21. Teixeira da Silva J.A. Mining the essential oils of the Anthemideae // African Journal of Biotechnology. 2004. Vol. 3, № 12. P. 706–720.

22. Marculescu A., Sand D., Barbu C.H., Bobit D., Hanganu D. Possibilities of influencing the biosynthesis and accumulation of the active principles in *Chrysanthemum balsamita* L. species // Romanian Biotechnological Letter. 2001. Vol. 7 (1). P. 577–584.

23. Bylaite E., Venscutonis R., Roozen G.P., Posthumus M.A. Composition of essential oil of cosmary [*Balsamita major* (L.) deaf.] at different growth phases // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000. Vol. 48 (6). P. 5907–5910.

24. Hüsniçan K., Demirci B., Tabanca N., Özek T., Gören N. Composition of the essential oils of *Tanacetum armenum* (DC.) Schultz Bip., *T. balsamita* L., *T. chiliophyllum* (Fisch. & Mey.) Schultz Bip. var. *chiliophyllum* and *T. haradjani* (Rech. fil.) Grierson and the enantiomeric distribution of camphor and carvone // Flavour and Fragrance Journal. 2001. Vol. 3. P. 195–200.

25. Pérez-Alonso M.J., Velasco-Negueruela A., Burzaco A. *Tanacetum balsamita* L. a medicinal plant from Guadalajara (Spain) // Acta Horticult. 1992. Vol. 306. P. 188–193.

26. Cosztola B., Sarosi S., Nemeth E. Variability of the essential oil content and composition of *Chamomile* (*Matricaria recutita* L.) affected by weather conditions // Natural Product Communications. 2010. Vol. 5, № 3. P. 465–470.

27. Kakaraparthia P.S., Srinivasa K.V.N.S., Kumara J.K., Kumara A.N., Rajputa D.K., Sarma V.U.M. Variation in the essential oil content and composition of *Citronella* (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) in relation to the time of harvest and weather conditions // Industrial Crops and Products. 2014. Vol. 61. P. 240–248.

28. Yavaria A., Nazari V., Sefidkon F., Hassani M.E. Influence of some environmental factors on the essential oil variability of *Thymus migricus* // Natural Product Communications. 2010. Vol. 5, 6. P. 943–948.

**Исследования выполнены на базе УНУ «Научная коллекция живых растений Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН», регистрационный номер 507428 (г. Сыктывкар, подзона средней тайги) и в рамках государственного задания по теме «Закономерности процессов репродукции ресурсных растений в культуре на европейском Северо-Востоке» № 0414-2018-0006 (ПК: AAAA-A17-117122090004-9).**

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<b>Портнягина Надежда Васильевна</b> , кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: portniagina@ib.komisc.ru.	<b>Portnyagina Nadezhda Vasilyevna</b> , candidate of agricultural sciences, associate professor, senior researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktvykar, Russian Federation). E-mail: portniagina@ib.komisc.ru.
<b>Пунегов Василий Витальевич</b> , кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: punegov@ib.komisc.ru.	<b>Punegov Vasily Vitalyevich</b> , candidate of chemical sciences, senior researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktvykar, Russian Federation). E-mail: punegov@ib.komisc.ru.
<b>Эчишвили Эльмира Элизбаровна</b> , кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: elmira@ib.komisc.ru.	<b>Echishvili Elmira Elizbarovna</b> , candidate of biological sciences, researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktvykar, Russian Federation). E-mail: elmira@ib.komisc.ru.
<b>Фомина Марина Геннадьевна</b> , старший лаборант-исследователь отдела Ботанический сад; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: fomina@ib.komisc.ru.	<b>Fomina Marina Gennadyevna</b> , senior laboratory assistant-researcher of Botanical Garden; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktvykar, Russian Federation). E-mail: fomina@ib.komisc.ru.
<b>Груздев Иван Владимирович</b> , доктор химических наук, доцент, старший научный сотрудник экоаналитической лаборатории; Институт биологии Коми научного центра УрО РАН (г. Сыктывкар, Российская Федерация). E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru.	<b>Gruzdev Ivan Vladimirovich</b> , doctor of chemical sciences, associate professor, senior researcher of Ecoanalytic Laboratory; Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Syktvykar, Russian Federation). E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru.

#### Для цитирования:

Портнягина Н.В., Пунегов В.В., Эчишвили Э.Э., Фомина М.Г., Груздев И.В. Морфобиологические особенности растений *Pyrethrum majus* (Desf.) Tzvel. и изменчивость компонентного состава эфирного масла при интродукции в условиях северо-востока европейской части России // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 4. С. 142–148. DOI: 10.17816/snv202094121.