

УДК 631.526.3+582.282

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО
МАСЛА У РАСТЕНИЙ *ARTEMISIA BALCHANORUM* KRASCH.,
ИНФИЦИРОВАННЫХ РЖАВЧИНЫМ ГРИБОМ
PUCCINIA ABSINTHII DC.**

В.Д. РАБОТЯГОВ, В.П. ИСИКОВ, Н.С. ОВЧАРЕНКО

*Никитский ботанический сад — Национальный научный центр Национальной
академии аграрных наук Украины
98648 Ялта, пгт Никита, Автономная Республика Крым*

У растений *Artemisia balchanorum*, инфицированных грибом *Puccinia absinthii*, идентифицировано 41 терпеновое соединение. По компонентному составу эфирного масла инфицированные и неинфицированные соцветия различались: количество мирцена в масле инфицированных растений уменьшалось по сравнению с неинфицированными в 1,8—2,3 раза, линалоола — увеличивалось до 25 %. Содержание геранилацетата и α -туйона в инфицированных соцветиях снижалось соответственно на 30—50 и 11—30 %, содержание β -туйона возрастало на 22—30 %.

Ключевые слова: *Artemisia balchanorum* Krasch., *Puccinia absinthii* DC., эфирное масло, биосинтез терпеноидов.

Вид *Artemisia balchanorum* Krasch. относится к семейству Asteraceae, насчитывающему около 100 видов. Описан в 1928 г. И.М. Крашенинниковым из сборов в горах Большие Балханы Туркменской ССР и назван по льющему лимонной за характерный цитрусовый запах. Природный ареал ограничен Большими Балханами и Памиром [6]. По своим хозяйственно-ценным признакам и неприхотливости к условиям выращивания *A. balchanorum* является наиболее перспективным эфиромасличным растением для введения в культуру. Цитральное масло *A. balchanorum* (до 60 %) можно использовать наравне с эфирным маслом (ЭМ) кубебы и лимонграссовым для добывания из него цитраля [3, 9, 10].

В Никитском ботаническом саду *A. balchanorum* культивируется с 1954 г. Выделены высокопродуктивные сорта и формы этого растения с цитральным и гераниольным запахами, являющиеся важным сырьем для парфюмерно-косметической и пищевой промышленности. В условиях Южного берега Крыма *A. balchanorum* развивается как типичный полукустарник с моноциклическими однолетними побегами высотой до 80 см, диаметром куста от 40 см у прямостоящих форм, до 100 см — у раскидистых. Растения проходят полный цикл развития, обильно цветут и плодоносят. Начиная со второго года жизни, *A. balchanorum* формирует от 10 до 40 и более генеративных густо облиственных деревянистых у основания побегов. Листья длиной 3—5 см, дважды-трижды перисторассеченные, светло-зеленой, сизой и голубовато-серой окраски. Соцветие метельчатой формы, несет от 1000 до 4000 овально-продолговатых, густо или редко сидящих цветочных корзинок длиной 3—4 мм. Цветки дву-

полые, трубчатые, пятичленистые, в среднем в корзинке их шесть. Опыляются перекрестно ветром и насекомыми. *A. balchanorum* засухоустойчива, сравнительно зимостойка, нетребовательна к почвам, мало поражается болезнями и почти не повреждается насекомыми [5, 6, 10].

При фитопатологическом обследовании коллекционных насаждений *A. balchanorum* выявлены растения, инфицированные ржавчинным грибом *Puccinia absinthii* DC. В Крыму этот грибок развивается также на растениях *A. absinthium* L., *A. austriaca* Jacq., *A. dracunculus* L., *A. lerchiana* Weber. ex Stechm., *A. pontica* L., *A. taurica* Willd., *A. vulgaris* L. [2]. Он поражает листья, стебли, цветки, может существенно снижать выход семян этих видов, влиять на продуктивность ЭМ. Биогенез ЭМ у растений, инфицированных ржавчинным грибом *Puccinia absinthii*, неизвестен, поэтому необходимо изучить его компонентный состав у таких растений.

Методика

Исследования проводили в Никитском ботаническом саду в 2007—2008 гг. на семи сортклонах *A. balchanorum*, выделенных из семенного потомства (местная репродукция) и вегетативно размноженных черенками. Возраст изучаемых растений — 3—5 лет. В фазу цветения надземную массу срезали, определяли выход ЭМ и его компонентный состав. В 2007 г. исследовали сортклоны линалоольного типа: 7.8; 7-50; 4.2. В 2008 г. для определения биосинтеза терпеноидов были взяты три группы сортклонов: цитраль-линалоольного типа (1,36; 1-50); линалоольно-цитральное (130), цитральное (1-92). С одного и того же растения (куста) для анализа отбирали соцветия неинфицированные и инфицированные ржавчиной. Массовую долю ЭМ в сырье определяли методом гидроdistилляции в аппаратах Клевенджера [4, 5]. Качественный состав ЭМ исследовали на хроматографе «Agilent Technology 6890N» с масс-спектрометрическим детектором 5973N. Компоненты ЭМ идентифицировали по результатам поиска и сравнения полученных масс-спектров химических веществ, входящих в состав исследуемых смесей, с данными библиотеки масс-спектров NIST02 (более 174 000 веществ). Индексы удерживания компонентов рассчитывали по результатам контрольных анализов ЭМ с добавкой нормальных алканов (C₁₀—C₁₈) [11].

Результаты и обсуждение

До настоящего времени не выяснен вопрос, как влияет ржавчинный грибок на компонентный состав ЭМ. Известно, что многие его составляющие образуются не при распаде тех или иных веществ растений, а при их синтезе. Так, углеродные цепи гераниола, линалоола и других терпенов являются ключевыми биологически активными продуктами биосинтеза различных каротиноидов, ростовых веществ группы гиббереллинов и др. [1]. Возможность вовлечения в метаболизм терпеновых соединений — основных компонентов ЭМ — доказана и на примере микроорганизмов. Установлено, что в дрожжевой клетке цитраль восстанавливается до гераниола. Некоторые расы микроорганизмов группы *Penicillium* превращают цитронеллол и пулегол в ментол [8]. При селекции ароматических растений основной целью исследователя является получение сортов с определенным набором компонентов эфирного масла. Процесс отбора лучших форм растений может продолжаться многие годы. Поэто-

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА

му изучение механизма биогенеза терпеновых соединений в эфирных маслах очень важно для возможного ускорения селекционного процесса. В связи с этим мы исследовали биохимический состав ЭМ растений *A. balchanorum*, инфицированных ржавчинным грибом *Puccinia absinthii*. В 2007 г. работы проводились только на сортоклонах линалоольного типа (табл. 1).

Хроматографическим анализом ЭМ идентифицировано 41 терпеновое соединение, что для исследуемых сортоклонов *A. balchanorum* составило 78–93 % массы цельного эфирного масла. От 7 до 22 % компонентов ЭМ в исследуемых образцах идентифицировать невозможно. Мы рассматривали 19 терпеновых соединений, определяющих тот или иной запах и содержащихся в относительно высоких количествах. Основными компонентами ЭМ изучаемых сортоклонов *A. balchanorum* являются мирцен, α -терпинен, 1,8-цинеол, линалоол, α - и β -туйоны, нераль, гераниол, гераниаль и геранилацетат. Сравнительным анализом ЭМ неинфицированных и инфицированных ржавчинным грибом соцветий установлено, что в инфицированных соцветиях содержание мирцена было в

ТАБЛИЦА 1. Компонентный состав эфирного масла из соцветий растений *Artemisia balchanorum*, инфицированных ржавчинным грибом *Puccinia absinthii* (2007 г.)

| Компонент | Время удерживания, мин | Содержание компонента в ЭМ, % суммарного количества цельного масла | | | | | |
|---------------------------|------------------------|--|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| | | Сортоклон 7.8 | | Сортоклон 7-50 | | Сортоклон 4.2 | |
| | | неинфицированные | инфицированные | неинфицированные | инфицированные | неинфицированные | инфицированные |
| Сабинен | 7,14 | 0,56 | 0,78 | 0,55 | 0,68 | 0,56 | 0,61 |
| Мирцен | 7,65 | 12,28 | 5,27 | 9,51 | 7,61 | 10,02 | 5,45 |
| α -Терпинен | 8,41 | 1,28 | 0,59 | 0,53 | 0,59 | 1,07 | 0,40 |
| 1,8-Цинеол | 8,89 | 1,27 | 1,78 | 1,20 | 1,45 | 1,42 | 1,36 |
| Линалоол | 11,29 | 24,82 | 30,01 | 25,93 | 32,63 | 23,26 | 26,30 |
| α -Туйон | 11,38 | 9,63 | 11,80 | 10,00 | 13,06 | 9,99 | 11,06 |
| β -Туйон | 11,73 | 3,45 | 4,29 | 3,88 | 4,71 | 3,48 | 4,19 |
| Туйиловый спирт | 12,38 | 0,49 | 0,55 | 0,53 | 0,54 | 0,43 | 0,52 |
| Терпинен-4-ол | 13,76 | 0,25 | 0,41 | 0,27 | 0,32 | 0,25 | 0,42 |
| α -Терпинеол | 14,24 | 0,23 | 0,30 | 0,23 | 0,23 | 0,26 | 0,27 |
| Цитронеллол | 15,63 | 0,38 | 0,30 | 0,50 | 0,21 | 0,34 | 0,28 |
| Нераль | 15,96 | 11,18 | 11,54 | 11,60 | 10,07 | 11,83 | 11,22 |
| Гераниол | 16,46 | 0,98 | 0,80 | 1,00 | 0,46 | 1,94 | 0,98 |
| Линалилацетат | 16,69 | 0,23 | 0,24 | 0,31 | 0,30 | 0,19 | 0,20 |
| Гераниаль | 16,97 | 12,73 | 12,79 | 12,74 | 10,35 | 13,06 | 13,10 |
| α -Терпинил-ацетат | 17,61 | 1,35 | 1,34 | 1,75 | 1,74 | 0,88 | 1,27 |
| Геранилацетат | 20,59 | 9,35 | 7,48 | 8,42 | 5,52 | 12,95 | 8,30 |
| Цис-жасмон | 21,09 | 1,60 | 1,68 | 1,87 | 1,29 | 1,38 | 1,35 |
| Кариофиллен | 21,66 | 0,31 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,26 | 0,28 |

1,2–2,3 раза ниже и составляло 5,2–7,6 против 9,5–12,2 %; содержание такого ценного компонента, как линалоол в инфицированных соцветиях было на 20–25 % выше, его массовая доля составляла 30,0–32,6 %. Содержание другого ценного компонента — α -туйона в инфицированных соцветиях выше на 22–30 %, β -туйона — на 20,4–24,3 %. В инфицированных соцветиях содержание β -туйона составляло 4,19–4,71, в неинфицированных — 3,88 %.

Количество таких терпеновых соединений, как туйоловый спирт, α -терпинеол, в инфицированных и неинфицированных соцветиях изменялось в одних и тех же пределах, количество терпинен-4-ола в инфицированных соцветиях увеличивалось в 1,1–1,6 раза по сравнению с неинфицированными. Цитронеллола больше накапливалось в неинфицированных соцветиях, в отдельных сортоклонах (№ 7-50) — в 2,3 раза.

Особо ценным компонентом ЭМ *A. balchanorum* является алифатический терпеновый альдегид цитраль ($C_{10}H_{16}O$), ради производства которого и выращивают полынь. Природный цитраль [10] — смесь двух геометрических изомеров. В ЭМ *A. balchanorum* преобладает *цис*-изомер (гераниаль), его массовая доля составляет 12,73–13,10 %, *транс*-изомера (нералья) содержится 11,18–11,22 %. Биосинтез этих изомеров в неинфицированных и инфицированных соцветиях изменяется в одних и тех же пределах. Исключение составляет сортоклон 7-50, у которого содержание нералья и гераниаля в инфицированных соцветиях в 1,2 раза ниже.

Гераниол в инфицированных и неинфицированных соцветиях накапливается по-разному. Так, у сортоклона 7.8 биосинтез гераниола немного выше, у сортоклонов 7-50 и 4.2 — в 2,0–2,2 раза выше в неинфицированных соцветиях. Содержание в ЭМ такого сложного эфира, как линалилацетат в неинфицированных и инфицированных соцветиях примерно одинаково и колеблется от 0,19 до 0,30 %. Инфицированные соцветия накапливают линалилацетата на 20–35 % меньше, чем неинфицированные. Содержание α -терпинилацетата в цельном ЭМ инфицированных и неинфицированных соцветий также примерно одинаково, за исключением сортоклона 4.2, в инфицированных соцветиях которого оно выше в 1,4 раза.

Содержание геранилацетата в ЭМ неинфицированных соцветий выше в 1,2–1,5 раза. Содержание сесквитерпенов в инфицированных и неинфицированных соцветиях варьировало в одних и тех же пределах, особых различий у изученных сортоклонов не наблюдалось.

В 2008 г. исследования проводились на растениях трех хемотипов: цитраль-линалоольного (сортоклоны 1.36; 1-50), линалоольно-цитрального (сортоклон 130), цитрального (сортоклон 1-92) (табл. 2).

У сортоклонов *A. balchanorum* цитраль-линалоольного состава ЭМ, инфицированных ржавчинным грибом *Puccinia absinthii*, главным компонентом вместо линалоола становился цитраль. Гераниаля накапливалось больше, чем нералья, у сортоклонов 1.36 и 1-50 их количества составляли 32,1–32,8 (гераниаль) и 23,3–23,5 % (нераль). У хемотипов *A. balchanorum* линалоольно-цитрального (сортоклон 130) и цитрального типа (сортоклон 1-92), инфицированных ржавчинным грибом, биосинтез терпеновых соединений шел в другом направлении: количество гераниаля увеличивалось в 2,3–3,9, нералья — в 2,1–3,8 раза (сортоклоны 130 и 1-92). Содержание линалоола в неинфицированных соцветиях цитраль-линалоольного типа было выше в 10,8–11,8 раза и составляло

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА

ТАБЛИЦА 2. Компонентный состав эфирного масла соцветий растений *Artemisia balchanovii*, инфицированных ржавчинным грибом *Puccinia absinthii* (2008 г.)

| Компонент | Время удерживания, мин | Содержание компонента в ЭМ, % суммарного количества цельного масла | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------|--|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| | | Сортклон 1.36 | | Сортклон 1-50 | | Сортклон 130 | | Сортклон 1-92 | |
| | | неинфицированные | инфицированные | неинфицированные | инфицированные | неинфицированные | инфицированные | неинфицированные | инфицированные |
| Сабинен | 7,07 | 0,08 | 0,11 | 0,11 | 0,41 | 0,13 | 1,66 | 0,91 | 0,55 |
| Мирцен | 7,56 | 0,98 | 1,42 | 0,58 | 1,80 | 0,41 | 1,59 | 3,23 | 4,38 |
| α -Терпинен | 8,34 | 0,90 | 0,71 | 1,11 | 0,74 | 0,14 | 0,37 | 1,23 | 0,48 |
| 1,8-Цинеол | 8,80 | 0,54 | 0,60 | 0,41 | 0,66 | 1,68 | 6,38 | 0,82 | 2,46 |
| Линалоол | 11,22 | 27,10 | 2,29 | 22,90 | 2,12 | 33,13 | 65,64 | 3,67 | 41,48 |
| α -Туйон | 11,31 | 0,21 | 5,77 | 0,22 | 9,17 | 1,38 | 2,68 | 7,54 | 3,06 |
| β -Туйон | 11,64 | 0,51 | 1,27 | 0,12 | 4,17 | 0,89 | 2,38 | 3,92 | 4,74 |
| Терпинен-4-ол | 13,71 | 0,78 | 0,18 | 1,18 | 0,47 | 0,55 | 0,87 | 0,30 | 0,49 |
| α -Терпинеол | 14,25 | 1,44 | 1,08 | 0,39 | — | 0,21 | 1,19 | 0,93 | 0,82 |
| Цитронеллол | 15,54 | 0,33 | 0,58 | 0,43 | 0,43 | — | 0,21 | 0,37 | 0,30 |
| Нераль | 15,90 | 19,32 | 23,51 | 14,75 | 23,31 | 13,83 | 3,61 | 23,38 | 11,08 |
| Гераниол | 16,43 | 2,38 | 5,37 | 5,25 | 4,43 | 1,52 | 0,38 | 2,64 | 0,94 |
| Линалилацетат | 16,54 | 0,19 | 0,24 | — | — | — | — | — | 0,12 |
| Гераниаль | 16,94 | 25,63 | 32,79 | 19,19 | 32,15 | 16,65 | 4,25 | 32,76 | 13,87 |
| α -Терпинил-ацетат | 17,56 | 0,31 | 0,32 | — | — | 1,43 | 0,10 | — | 0,21 |
| Геранилацетат | 20,47 | 6,50 | 9,00 | 10,88 | 7,87 | 8,25 | 0,76 | 7,86 | 5,05 |
| <i>Цис</i> -жасмон | 21,01 | 1,33 | 1,27 | 0,46 | 0,24 | 1,46 | 0,54 | 0,34 | 1,13 |
| Кариофиллен | 21,55 | 0,20 | 0,09 | 0,32 | 0,11 | — | — | 0,13 | 0,14 |

27,1—22,9 % (сортклоны 1.36, 1-50). У растений линалоольно-цитраль-ного типа (сортклон 130), наоборот, биосинтез линалоола был в 2 раза выше в инфицированных соцветиях и составлял 65,64 %, у сортклона цитрального типа этот показатель увеличивался в 11,3 раза (41,48 %). Биосинтез геранилацетата в инфицированных соцветиях линалоольно-цитрального типа снизился в 10,8 раза (0,76 против 8,25 %) по сравнению с неинфицированными. У других сортклонов этот показатель колебался от -1,5 до +1,5 раза. У сортклонов 1-50 и 130, инфицированных ржавчинным грибом, в 1,9—2,7 раза уменьшился биосинтез *цис*-жасмона. Содержание в ЭМ таких терпеновых соединений, как сабинен, мирцен, 1,8-цинеол, туйон, в инфицированных соцветиях (сортклонов 1.36, 1-50, 130) оказалось значительно выше, чем в неинфицированных.

Таким образом, сделан вывод, что в соцветиях растений цитраль-но-линалоольного хемотипа, инфицированных ржавчинным грибом, цитраль накапливается за счет уменьшения накопления линалоола, в соцветиях растений линалоольно-цитрального хемотипа линалоол накапливается за счет снижения биосинтеза цитраля и гераниола.

1. *Багатурія Н.Ш.* Эфирные масла лекарственных и пряно-ароматических растений. — Тбилиси: Параграф, 2005. — 312 с.
2. *Визначник грибів України.* — К.: Наук. думка, 1971. — Т. 4. — 313 с.
3. *Горяев М.И.* Эфирные масла флоры СССР. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1952. — 378 с.
4. *Горяев М., Плива И.* Методы исследования эфирных масел. — Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1962. — 752 с.
5. *Ермаков А.И., Аросимович В.П., Смирнова-Иконникова М.И. и др.* Методы биохимического исследования растений. — М.; Л.: Сельхозгиз, 1962. — 520 с.
6. *Машанов В.И., Андреева Н.Ф., Машанова Н.С., Логвиненко И.Е.* Новые эфиромасличные растения. — Симферополь: Таврия, 1988. — 160 с.
7. *Николаев А.Г.* О биологической роли компонентов эфирных масел // IV Междунар. конгр. по эфирным маслам. — М.: Пищепромиздат, 1972. — 2. — С. 130—136.
8. *Пигулевский Г.В.* Химия терпенов. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1949. — 286 с.
9. *Работягов В.Д., Курдюкова О.Н.* Ароматические растения, их эфирные масла и бальзамы. — Луганск: Шико, ООО «Виртуальная реальность», 2008. — 295 с.
10. *Работягов В.Д., Машанов В.И., Андреева Н.Ф.* Интродукция эфиромасличных и пряно-ароматических растений. — Ялта: Гос. Никит. бот. сад, 1999. — 30 с.
11. *Jennings W., Shibamoto T.* Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary gas chromatography. — N.Y.: Acad. Press., 1980. — 320 p.

Получено 14.05.2010

ЗМІННІСТЬ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ ЕФІРНОЇ ОЛІЇ У *ARTEMISIA BALCHANORUM* KRASCH. ЗА ІНФІКУВАННЯ ІРЖАСТИМ ГРИБОМ *PUCCINIA ABSINTHII* DC.

V.D. Rabotyagov, V.P. Isikov, N.S. Ovcharenko

Нікітський ботанічний сад — Національний науковий центр Національної академії аграрних наук України, Ялта

У рослин *Artemisia balchanorum*, інфікованих грибом *Puccinia absinthii*, ідентифіковано 41 терпенову сполуку. За компонентним складом ефірної олії інфіковані й неінфіковані суцвіття різняться: кількість мірцену в олії інфікованих рослин зменшувалась порівняно з неінфікованими в 1,8—2,3 рази, ліналоолу — збільшувалась до 25 %. Вміст геранілацетату та α -туйону в інфікованих суцвіттях знижувався відповідно на 30—50 та 11—30 %, вміст β -туйону на 22—30 % зростає.

VARIABILITY OF ESSENTIAL OIL COMPONENTS IN *ARTEMISIA BALCHANORUM* KRASCH. INFECTED BY FUNGUS *PUCCINIA ABSINTHII* DC.

V.D. Rabotyagov, V.P. Isikov, N.S. Ovcharenko

Nikita Botanical Garden — National Scientific Centre, National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine
Yalta, Crimea, 98648, Ukraine

It has been identified 41 terpenic compounds in plants *Artemisia balchanorum* Krasch. which had been infected with fungus *Puccinia absinthii* DC. The component composition of essential oil in infected and non-infected plants is different. The quantity of mirzen decreased in the comparison with non-infected plants in 1,8—2,3 times, quantity of linalool increased at 25 %. Content of geranilacetat and α -tujon in infected plants decreased correspondently at 30—50 and 11—30 %, at the same time content of β -tujon increased at 22—30 %.

Key words: *Artemisia balchanorum* Krasch., *Puccinia absinthii* DC., essential oil, terpenoids biosynthesis.