

## ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДА ДИФЛЮФЕНИКАН НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *ELSHOLTZIA CILIATA* (THUNB.) NYL.

### Р.Ф. Байбеков

академик РАН, д.б.н., профессор,  
кафедра почвоведения, геологии и ландшафтоведения,  
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва)  
E-mail: soil@rgau-msha.ru

### В.Л. Дмитриева

зав. лабораторией,  
кафедра химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва)  
E-mail: dmitrievb@mail.ru

### С.Л. Белопухов

д.с.-х.н., профессор,  
кафедра химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва)  
E-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru

### Л.Б. Дмитриев

к.х.н., профессор,  
кафедра химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва)  
E-mail: dmitrievb@mail.ru

### Л.О. Сушкова

аспирант,  
кафедра химии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва)  
E-mail: milasushkova@bk.ru

Исследовано влияние внекорневой обработки растений гербицидом ингибитором фитоиндесатуразы на содержание и состав эфирного масла (ЭМ) *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Nyl. Установлено, что в зависимости от концентрации препарата меняется гормональный баланс в окислительно-восстановительном ферментативном комплексе, что проявляется в изменении состава ЭМ, в частности, в содержании основных компонентов: эльшольция кетона и дегидроэльшольция кетона. Обработка растений *E. ciliata* (Thunb.) Nyl. препаратом дифлюфеникан вызывает изменение гормонального баланса в мультиферментном комплексе биосинтеза эфирных масел, в основном, оказывая влияние на равновесие окислительно-восстановительных ферментативных систем. Интенсивность и характер влияния зависит от концентрации действующего вещества в растворе: при концентрации дифлюфеникана 0,05 г/л наблюдается ингибирующее влияние препарата на процессы биосинтеза эфирных масел. Обработка препаратом в более низких концентрациях 0,005 и 0,0005 г/л приводит к смещению равновесия окислительно-восстановительной ферментативной системы в сторону активации дегидрогеназ и к увеличению содержания в эфирном масле дегидроэльшольция кетона. Предуборочная обработка растений *E. ciliata* (Thunb.) Nyl. дифлюфениканом позволяет целенаправленно влиять на изменение содержания основных компонентов эфирных масел в сторону образования более ненасыщенных компонентов, что повышает антиоксидантные свойства масла и его противомикробную и противовирусную активность.

**Ключевые слова:** *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Nyl., эфирное масло, эльшольция кетон, гербициды, внекорневая обработка.

**Для цитирования:** Байбеков Р.Ф., Дмитриева В.Л., Белопухов С.Л., Дмитриев Л.Б., Сушкова Л.О. Влияние гербицида дифлюфеникан на химический состав эфирного масла *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Nyl. Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2020; 23(4): 3–9. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-04-01>

В последние годы возрастает интерес исследователей к задаче управления продуктивностью сельскохозяйственных культур, максимальной реализации генетического потенциала растений, в частности, эфирноносителей: мяты перечной, эльшольции, розмарина, лаванды и др. [1–4]. Важное место в решении этой задачи занимает вопрос регуляции

метаболических процессов. Метаболические процессы координированы регуляторными системами на всех уровнях сложности – от генетического (молекулярного) до организменного, в том числе и экзогенными факторами. Интеграция всех метаболических процессов в конечном итоге проявляется на уровне биопродуктивности растений – урожайно-

сти надземной массы и концентрацией в ней целевых биологически активных компонентов.

Ранее было показано, что применение предуборочной внекорневой обработки эфиромасличных растений регуляторами роста, преимущественно ингибиторного действия, повышает содержание в них эфирных масел (ЭМ) и изменяет ход биохимических процессов образования компонентов в направлении увеличения содержания в масле более гидрированных соединений. В частности, в случае мяты перечной содержание ментола значительно повышается относительно кетона – ментона [46].

В развитие этого направления, то есть воздействия внекорневой предуборочной обработки эфиромасличных растений различными химическими препаратами с целью повлиять на направление метаболических процессов, предложено использовать препараты гербицидного типа с определенными свойствами взаимодействия с биохимическими структурами растений. В качестве такого выбран препарат, содержащий в своем составе дифлюфеникан, химическая формула которого представлена на рис. 1. По литературным данным, это вещество является ингибитором фитоиндесауразы, которая отвечает за дегидрирование фитоина в  $\zeta$ -каротин [7].

Цель исследования – подтвердить предположение о том, что при низкой концентрации этого препарата, образование  $\zeta$ -каротина будет заблокировано только частично, но приведет к избыточному накоплению предшественников: геранилгеранил-, фарнезил- и геранилпирофосфатов. Тогда избыточный пул этих пирофосфатов вполне вероятно вызовет частичное изменение направления их дальнейшей трансформации в сторону образования ди-, сескви- и монотерпеноидов.

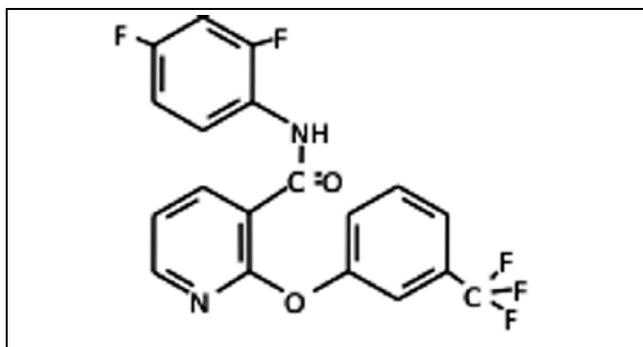


Рис. 1. Дифлюфеникан

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В опытах использовали препарат гербицид Алистер Грант, содержащий 180 г/л дифлюфеникана [2',4'-дифтор-2-(альфа, альфа, альфа-трифтор-толилокси)никотинанилид], химическая формула  $C_{19}H_{11}F_5N_2O_2$ , который применяется как контактный персистентный гербицид широкого спектра действия для борьбы с широколиственными и злаковыми сорными растениями в пред- и ранний послевсходовый периоды в озимых пшенице и ячмене, ржи, яровом ячмене. В настоящее время препарат зарегистрирован в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

Растения *E. ciliata* (Thunb.) Nyl. выращивали на экспериментальных участках РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2014-2016 гг. на делянках площадью 4 м<sup>2</sup> с разделительными полосами; учётная площадь 1 м<sup>2</sup>. В период вегетации проводили необходимые агротехнические мероприятия для обеспечения нормального развития растений. За 10 и 20 дней до массового цветения растений их опрыскивали водными растворами препарата из расчета 500 мл раствора на 1 м<sup>2</sup>: 1-й вариант – 0,05 г/л (по препарату), 2-й вариант – 0,005 г/л, 3-й вариант – 0,0005 г/л. Контрольные участки опрыскивали тем же объемом дистиллированной воды. Опыты выполняли в 4-кратной повторности.

Через 10 и 20 дней после обработки препаратом надземную массу на учетных площадях срезали для дальнейшей обработки. Зеленую массу сушили на воздухе. Из воздушно-сухих образцов массой 50 г водной дистилляцией выделяли ЭМ по методу Гинсберга с модифицированным охлаждаемым приемником. Масло тщательно отделяли от воды, и его массу определяли взвешиванием.

Состав и строение ЭМ устанавливали на аппаратно-программном комплексе ГЖХ-МС «Clarus 600 С» в Учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисная лаборатория комплексного анализа химических соединений» кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Условия хроматографического анализа были аналогичны опубликованным ранее в работах [3–6]. Строение компонентов эфирного масла определяли по данным масс-спектрометрического детектора с обработкой масс-спектров всех соединений поисковой системой «NIST/ERA/NIH, ver. 2-2011», а окончательные результаты сверяли по

созданной ранее библиотеке индексов удерживания соединений терпенового ряда.

Содержание компонентов эфирного масла рассчитывали по данным пламенно-ионизационного детектора. Относительная ошибка выборочной средней ( $Sx\%$ ) выходных сигналов прибора составляла менее 2% в диапазоне измерений концентраций компонентов анализируемых образцов – от 90 до 0,001%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После обработки растений препаратом наблюдали некоторые отличия в динамике роста и развития, фотосинтетической деятельности, динамики накопления биомассы, морфологических параметрах, а также в содержании и составе ЭМ растений в зависимости от климатических условий года, однако общие тенденции изменений соотношения компонентов масла под действием препарата сохранялись.

Предполагалось, что обработка растений в предуборочный период гербицидом, содержащим соединение, ингибирующее работу фитоиндесатуразы – одного из ферментов, катализирующих биосинтез каротиноидов [7], нарушит процесс изопреноидной конденсации на стадии конденсации (голова-голова) геранилгеранилпирофосфата

(C20) в фитоин (C40) и последующей его дегидратации с образованием каротиноидов. В этом случае возможно избыточное накопление продуктов (C20), фарнезилпирофосфата (C15) и геранилпирофосфата (C10) и их трансформация в дитерпеноиды, сескви- и монотерпеноидные компоненты ЭМ, что должно привести к увеличению общего содержания масла в растениях, и это отмечалось ранее [8–12]. Однако через 10 дней после обработки при всех концентрациях растворов препарата изменения в содержании ЭМ лежат практически в пределах ошибки опыта. При концентрации препарата 0,05 г/л просматривается даже некоторое снижение интенсивности накопления ЭМ, и только при более низких концентрациях содержание масла увеличивается на 16% (табл. 1).

После обработки растений раствором с концентрацией 0,05 г/л препарат оказывает общее угнетающее действие. В ЭМ резко падает процентное содержание эльшольция кетона по сравнению с дегидроэльшольция кетоном. Вероятно, в мультиферментном комплексе снижаются активность и содержание редуказ, что приводит к резкому уменьшению количества в растениях этого кетона. Интенсивность процессов биосинтеза дегидроэльшольция кетона остается в норме, что видно из данных табл. 2.

Таблица 1. Изменение состава ЭМ *E. ciliana* (Thunb.) Nyl. через 10 дней после обработки препаратом, %

| Компоненты масла    | Контроль | Концентрация раствора, г/л |       |        | НСП <sub>05</sub> | НСП <sub>05</sub> , % |
|---------------------|----------|----------------------------|-------|--------|-------------------|-----------------------|
|                     |          | 0,05                       | 0,005 | 0,0005 |                   |                       |
| 1                   | 2        | 3                          | 4     | 5      | 6                 | 7                     |
| α-Пинен             | 0,121    | 0,080                      | 0,050 | 0,121  | 0,02              | 25,4                  |
| β-Пинен             | 0,171    | 0,110                      | 0,060 | 0,172  | 0,02              | 19,8                  |
| Сабинен             | 0,070    | 0,050                      | 0,030 | 0,071  | 0,01              | 31,1                  |
| β-Мирцен            | 0,030    | 0,020                      | 0,010 | 0,030  | 0,01              | 65,2                  |
| Лимонен             | 0,020    | 0,010                      | 0,000 | 0,020  | 0,01              | 27,2                  |
| 1,8-Цинеол          | 1,681    | 1,014                      | 0,683 | 1,691  | 0,06              | 5,4                   |
| Гексен-2-аль        | 0,010    | 0,010                      | 0,010 | 0,010  | 0,01              | 25,7                  |
| γ-Терпинен          | 0,010    | 0,010                      | 0,010 | 0,010  | 0,01              | 26,3                  |
| Октанон-3           | 0,242    | 0,121                      | 0,090 | 0,243  | 0,03              | 10,3                  |
| Октанол-3           | 0,554    | 0,331                      | 0,241 | 0,557  | 0,04              | 8,2                   |
| 1-Октен-3-ил ацетат | 0,272    | 0,271                      | 0,181 | 0,273  | 0,02              | 28,1                  |
| Октен-1-ол-3        | 0,564    | 0,422                      | 0,302 | 0,567  | 0,06              | 7,8                   |

Окончание табл. 1

| 1                                  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6    | 7    |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| 2-Метилбициклогексан-ол-3          | 0,020  | 0,010  | 0,010  | 0,020  | 0,01 | 24,3 |
| 2-Ацетил-5-метилфуран              | 0,000  | 0,010  | 0,020  | 0,000  | 0,01 | 31,5 |
| α-Бурбонен                         | 0,020  | 0,010  | 0,010  | 0,020  | 0,01 | 16,2 |
| β-Бурбонен                         | 0,282  | 0,241  | 0,221  | 0,283  | 0,02 | 6,1  |
| Линалоол                           | 0,060  | 0,060  | 0,050  | 0,061  | 0,01 | 7,2  |
| Гермакрен                          | 0,030  | 0,030  | 0,030  | 0,030  | 0,01 | 8,4  |
| β-Кариофиллен                      | 0,231  | 0,241  | 0,221  | 0,233  | 0,03 | 7,3  |
| Терпинен-4-ол                      | 0,010  | 0,010  | 0,010  | 0,010  | 0,01 | 28,2 |
| Метилгераниат                      | 0,040  | 0,040  | 0,010  | 0,040  | 0,02 | 22,4 |
| Эльшольция кетон                   | 28,543 | 18,479 | 16,392 | 28,709 | 1,30 | 2,6  |
| β-Фарнезен                         | следы  | следы  | 0,010  | следы  | -    | -    |
| Ацетофенон                         | 0,282  | 0,261  | 0,211  | 0,283  | 0,03 | 5,2  |
| α-Кариофиллен                      | 1,540  | 1,637  | 1,638  | 1,549  | 0,04 | 3,2  |
| α-Терпинеол                        | 0,161  | 0,151  | 0,131  | 0,162  | 0,02 | 7,3  |
| β-Кубебен                          | 0,081  | 0,131  | 0,131  | 0,081  | 0,02 | 8,9  |
| α-Фарнезен [E,Z]                   | 0,091  | 0,151  | 0,151  | 0,091  | 0,03 | 7,8  |
| α-Фарнезен [Z,Z]                   | 0,010  | 0,010  | 0,020  | 0,010  | 0,02 | 7,9  |
| 2,3 Диметил-5-(2,6,10-триметил     | 0,362  | 0,432  | 0,452  | 0,364  | 0,04 | 10,3 |
| Цинерон                            | 0,121  | 0,121  | 0,131  | 0,121  | 0,02 | 12,5 |
| Дегидроэльшольция кетон            | 64,241 | 75,153 | 78,131 | 64,616 | 1,32 | 1,8  |
| α-Ионон                            | 0,010  | 0,010  | 0,010  | 0,010  | 0,01 | 57,4 |
| Кариофиллен оксид – I              | 0,040  | 0,030  | 0,020  | 0,040  | 0,01 | 42,8 |
| НерOLIDOL                          | 0,091  | 0,090  | 0,090  | 0,091  | 0,02 | 8,1  |
| Кариофиллен оксид – II             | 0,201  | 0,171  | 0,151  | 0,202  | 0,03 | 4,2  |
| Содержание ЭМ, г/100 г сухой массы | 1,13   | 0,98   | 1,23   | 1,30   | 0,11 | 9,9  |

Таблица 2. Содержание основных компонентов масла в сухой массе растений

| Компоненты масла        | Контроль                        | Концентрация раствора, г/л |       |        |
|-------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------|--------|
|                         |                                 | 0,05                       | 0,005 | 0,0005 |
|                         | Содержание, г/100 г сухой массы |                            |       |        |
| Эльшольция кетон        | 0,323                           | 0,181                      | 0,202 | 0,373  |
| Дегидроэльшольция кетон | 0,726                           | 0,736                      | 0,961 | 0,840  |

Падение содержания в растениях эльшольция кетона по сравнению с контролем указывает на то, что данный кетон активно участвует в амфиболических реакциях обмена веществ.

При более низких концентрациях раствора препарата (0,005 и 0,0005 г/л) изменение гормонального баланса выражается в интенсификации ферментативной системы биосинтеза в растениях дегидроэльшольция кетона, что проявляется в повышении его содержания в растениях.

В растениях несколько снижается содержание монотерпеноидов и увеличивается количество сесквитерпеноидов.

Процесс образования в растениях терпеноидов с ароматической фурановой структурой, вероятно, идёт по схеме аналогичной кето-енольной перегруппировки  $\alpha,\beta$ -непредельных кетонов при участии дегидрогеназ и NADP (рис. 2). По этой схеме идёт также образование ментофурана из пулегона в ЭМ мяты.

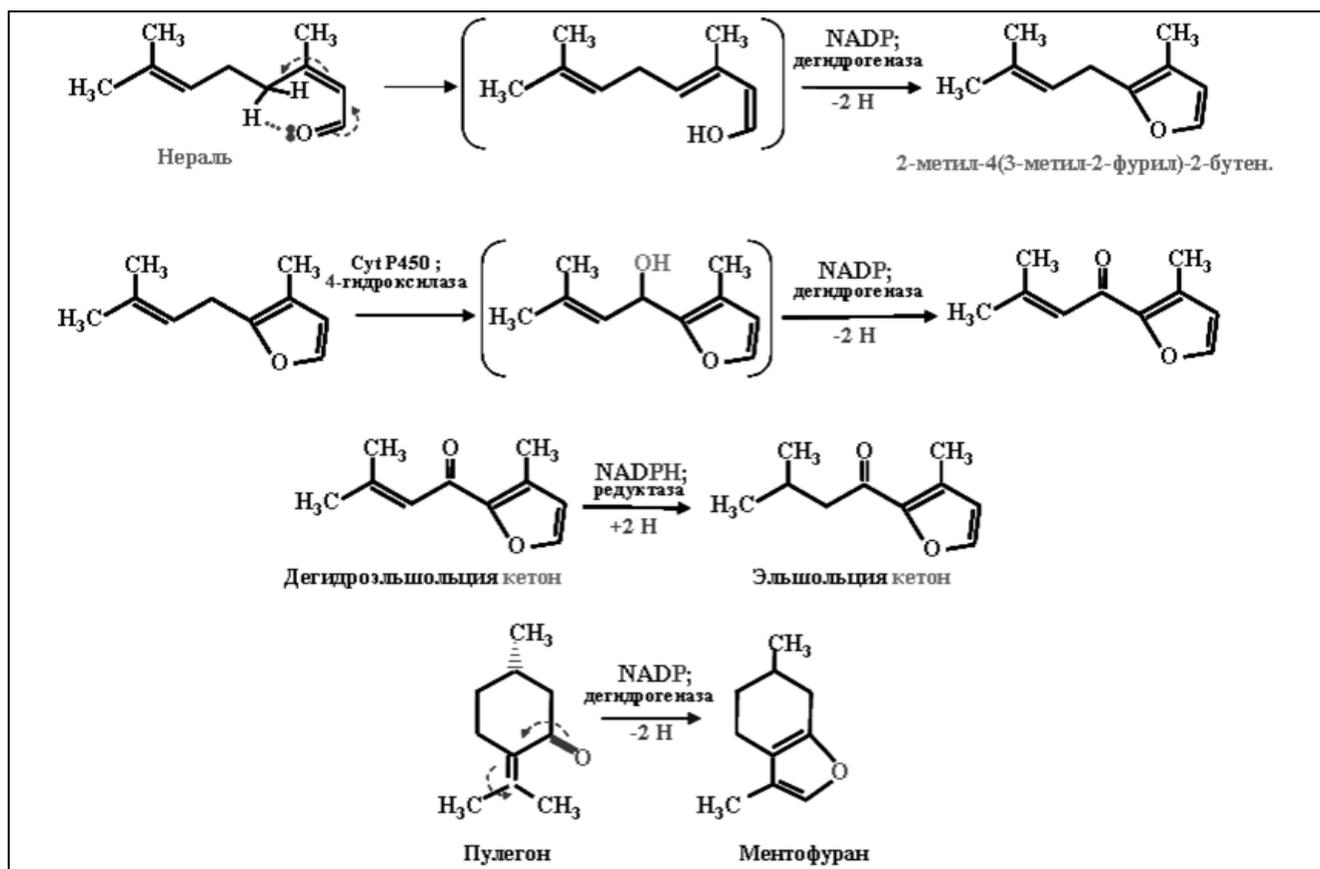


Рис. 2. Гипотетическая схема образования фуранового кольца

Полученные результаты показывают, что при концентрации препарата 0,0005 г/л равновесие гормонального баланса практически не нарушается.

## Выводы

1. Обработка растений *E. ciliata* (Thunb.) Nyl. препаратом дифлюфеникан вызывает изменение гормонального баланса в мультиферментном комплексе биосинтеза эфирных масел, в основном, оказывая влияние на равновесие окислительно-восстановительных ферментативных систем.
2. Интенсивность и характер влияния зависит от концентрации действующего вещества в растворе: при концентрации дифлюфеникана 0,05 г/л наблюдается ингибирующее влияние препарата на процессы биосинтеза эфирных масел. Обработка препаратом в более низких концентрациях 0,005 и 0,0005 г/л приводит к смещению равновесия окислительно-восстановительной ферментативной системы в сторону активации дегидрогеназ и к увеличению содержания в эфирном масле дегидроэльшольция кетона.

3. Предуборочная обработка растений *E. ciliata* (Thunb.) Nyl. дифлюфениканом позволяет целенаправленно влиять на изменение содержания основных компонентов эфирных масел в сторону образования более ненасыщенных компонентов, что повышает антиоксидантные свойства масла и его противомикробную и противовирусную активность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шаин С.С., Маланкина Е.Л., Дмитриев Л.Б., Курапов П.Б. Гормональная регуляция биопродуктивности в онтогенезе эфиромасличных растений. Труды межвед. науч.-иссл. и учеб.-метод. центра биомедицинской технологии М.: «Биомедицинские технологии», 2000. С. 6–20.
2. Дмитриев Л.Б., Ключев Н.А., Мумладзе М.Г., Грандберг И.И. и др. Эфирное масло Эльшольдии Патрена. Известия ТСХА. 1984; 3:171–175.
3. Дмитриева В.Л., Дмитриев Л.Б. Изучение состава эфирных масел эфиромасличных растений Нечернозёмной зоны России. Известия ТСХА. 2011; 3:106–119.
4. Дмитриева В.Л. Исследование состава эфирного масла нетрадиционных для Нечерноземной зоны России эфиромасличных растений. Сб. науч. трудов ВНИИЛАР (ВИЛАР) «Лекарственное растениеводство». М., 2000. С. 370–376.
5. Сушкова Л.О., Дмитриева В.Л., Дмитриев Л.Б. Влияние обработки растений гербицидами на характер биосинтеза эфирного масла *Mentha piperita* L. сорта Янтарная. Бутлеровские сообщения. 2013; 34(34):149–151.
6. Лужолец В.М., Сушкова Л.О., Белопухов С.Л., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л. Биосинтез компонентов эфирного масла мяты сорта Янтарная под влиянием предуборочной обработки гербицидами. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016; 3:31–34.
7. Захарычев В.В. Гербициды и регуляторы роста растений. Основы биохимии и применения. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. 204 с.
8. Белопухов С.Л., Дмитриев Л.Б. Динамика накопления и компонентного состава эфирного масла розмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), произрастающего на южном берегу Крыма. Известия ТСХА. 2017; 6:129–140.
9. Сушкова Л.О., Белопухов С.Л., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л., Хайдуков К.П., Шаихиев И.Г. Экологическая безопасность мяты перечной при выращивании на дерново-подзолистой почве в Московской области. Вестник Казанского технологического университета. 2016; 19(16):158–162.
10. Korolyuk E.A., König W. A.v. T. Composition of essential oil of *Elsholtzia ciliata* (thunb.) Nyl. from the Novosibirsk region, Russia. Химия растительного сырья. 2002; 1:31–36.
11. Бондаренко С.В. *Elsholtzia ciliate* (thunb.) Nyl. в западной половине Северного Кавказа. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2010; 6(160):70–72.
12. Solodukhina N.V., Cherednichenko M.Yu. In vitro introduction of medicinal herb *Elsholtzia ciliata* (thunb.) Nyl. The 3rd International Symposium on Euroasian Biodiversity Abstract e-Book. 2017. P. 410.

Поступила после доработки 22 января 2020 г.

## INFLUENCE OF DEFLUFENICAN HERBICIDE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL *ELSHOLTZIA CILIATA* (THUNB.) NYL.

© Authors, 2020

### R.F. Baibekov

Academician of RAS, Dr.Sc. (Biol.), Professor,  
Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow)  
E-mail: soil@rgau-msha.ru

### V.L. Dmitrieva

Head of Laboratory,  
Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow)  
E-mail: dmitrievlevb@mail.ru

### S.L. Belopukhov

Dr.Sc. (Agrical.), Professor,  
Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow)  
E-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru

### L.B. Dmitriev

Ph.D. (Chem.), Professor,  
Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow)  
E-mail: dmitrievlevb@mail.ru

### L.O. Suchkova

Post-graduate Student,  
Department of Physical and Organic Chemistry, Russian Timiryazev State Agrarian University (Moscow)  
E-mail: milasushkova@bk.ru

The effect of foliar treatment of plants with a phytoindesaturase herbicide inhibitor on the content and composition of the essential oil (EM) of *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl. It has been established that, depending on the concentration of the drug, the hormonal balance in the redox enzymatic complex changes, which is manifested in a change in the composition of the EM, in particular, in the content of the main components: ketone elsholtion and ketone dehydroelsoltion. Processing plants *E. ciliata* (Thunb.) Hyl. drug diflufenikan causes a change in the hormonal balance in the multienzyme complex of the biosynthesis of essential oils, mainly affecting the balance of redox enzymatic systems. The intensity and nature of the effect depends on the concentration of the active substance in the solution: when the concentration of diflufenicane is 0.05 g/l, the inhibitory effect of the drug on the processes of biosynthesis of essential oils is observed. Treatment with the drug in lower concentrations of 0.005 and 0.0005 g/l leads to a shift in the equilibrium of the redox enzyme system towards the activation of dehydrogenases and an increase in the amount of ketone in the essential oil. Pre-harvesting plants with *E. ciliata* (Thunb.) Hyl. diflufenikan allows you to purposefully influence the change in the content of the main components of essential oils in the direction of the formation of more unsaturated components, which increases the antioxidant properties of the oil and its antimicrobial and antiviral activity.

**Key words:** *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., Essential oil, elsholtziya ketone, herbicides, foliar treatment.

**For citation:** Baibekov R.F., Dmitrieva V.L., Belopukhov S.L., Dmitriev L.B., Suchkova L.O. Influence of deflufenican herbicide on the chemical composition of essential oil *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl. Problems of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2020;23(4):3–9. <https://doi.org/10.29296/25877313-2020-04-01>

## REFERENCES

1. Shain S.S., Malankina E.L., Dmitriev L.B., Kurapov P.B. Gormonal'naya regulyaciya bioproduktivnosti v ontogeneze efiromaslichnyh rastenij. Trudy mezhd. nauch.-issl. i ucheb.-metod. centra biomedicinskoj tekhnologii M.: «Biomedicinskie tekhnologii», 2000. S. 6–20.
2. Dmitriev L.B., Klyuev N.A., Mumladze M.G., Grandberg I.I. i dr. Efirnoe maslo El'shol'cii patrena. Izvestiya TSKHA. 1984; 3:171–175.
3. Dmitrieva V.L., Dmitriev L.B. Izuchenie sostava efirnyh masel efiromaslichnyh rastenij Nechernozomnoj zony Rossii. Izvestiya TSKHA. 2011; 3:106–119.
4. Dmitrieva V.L. Issledovanie sostava efirnogo masla ne-tradicionnyh dlya Nechernozemnoj zony Rossii efiromaslichnyh rastenij. Sb. nauch. trudov VNIILAR (VILAR) «Lekarstvennoe rastenievodstvo». M., 2000. S. 370–376.
5. Sushkova L.O., Dmitrieva V.L., Dmitriev L.B. Vliyanie obrabotki rastenij gerbucidami na karakter biosinteza efirnogo masla Mentha piperita L. sorta Yantarnaya. Butlerovskie soobshcheniya. 2013; 34(34):149–151.
6. Lukomec V.M., Sushkova L.O., Belopuhov S.L., Dmitriev L.B., Dmitrieva V.L. Biosintez komponentov efirnogo masla myaty sorta Yantarnaya pod vliyaniem preduborochnoj obrabotki gerbucidami. Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016; 3:31–34.
7. Zaharychev V.V. Gerbicydy i regulyatory rosta rastenij. Osnovy biohimii i primeneniya. M.: RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2007. 204 s.
8. Belopuhov S.L., Dmitriev L.B. Dinamika nakopleniya i komponentnogo sostava efirnogo masla rozmarina (*Rosmarinus officinalis* L.), proizrastayushchego na yuzhnom beregu Kryma. Izvestiya TSKHA. 2017; 6:129–140.
9. Sushkova L.O., Belopuhov S.L., Dmitriev L.B., Dmitrieva V.L. Hajdukov K.P., Shajhiev I.G. Ekologicheskaya bezopasnost' myaty perechnoj pri vyrashchivanii na dernovo-podzolistoj pochve v Moskovskoj oblasti. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2016; 19(16):158–162.
10. Korolyuk E.A., König W. A.v. T. Composition of essential oil of *Elsholtzia ciliata* (thunb.) Hyl. from the Novosibirsk region, Russia. Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2002; 1:31–36.
11. Bondarenko S.V. *Elsholtzia ciliate* (thunb.) Hyl. v zapadnoj polovine Severnogo Kavkaza. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Seriya: Estestvennye nauki. 2010; 6(160):70–72.
12. Solodukhina N.V., Cherednichenko M.Yu. In vitro introduction of medicinal herb *Elsholtzia ciliata* (thunb.) Hyl. The 3rd International Symposium on Euroasian Biodiversity Abstract e-Book. 2017. P. 410.