

ISSN 1029-8940 (Print)

ISSN 2524-230X (Online)

УДК 577.117:547.915:633.8:631.8

<https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-171-181>

Поступила в редакцию 08.01.2020

Received 08.01.2020

М. А. Бедуленко, В. В. Титок

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА МОНАРДЫ ДУДЧАТОЙ (*MONARDA FISTULOSA* L.)

Аннотация. Изучен компонентный состав эфирного масла *Monarda fistulosa* L. при применении азотно-фосфорно-калийных (NPK) удобрений. Исследования проводились в 2011–2013 гг. в последовательно открывающихся полях на двух фонах – известкованном и известкованном. Эфирное масло отгоняли на аппарате Гинзберга. Компонентный состав определяли методом газовой хроматографии на хроматографе Agilent Technologies 7820 A. Рассматривалась динамика накопления некоторых компонентов (γ -терпинена, п-цимена, гераниола, линалоола, 1,8-цинеола, тимола и карвакрола) в онтогенезе. С увеличением доз NPK концентрации гераниола, 1,8-цинеола, тимола и карвакрола, как и многих вторичных метаболитов, на обоих фонах изменялись по M-образной кривой. Содержание γ -терпинена, п-цимена и линалоола в основном зависело от случайного фактора. На основе изменения концентраций выделенных компонентов по сравнению с контрольным и фоновым значениями составлены ранжированные ряды вариантов применения удобрений для выращивания монарды с целью ее переработки на эфирное масло, используемое в фармацевтической, пищевой и парфюмерно-косметической промышленности.

Ключевые слова: минеральные удобрения, известкование, γ -терпинен, п-цимен, гераниол, линалоол, 1,8-цинеол, тимол, карвакрол, онтогенез, эфирное масло, *Monarda fistulosa* L.

Для цитирования: Бедуленко, М. А. Влияние минеральных удобрений на компонентный состав эфирного масла монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.) / М. А. Бедуленко, В. В. Титок // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2020. – Т. 65, № 2. – С. 171–181. <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-171-181>

Marina A. Bedulenko, Vladimir V. Titok

Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE COMPONENTS OF *MONARDA FISTULOSA* L. ESSENTIAL OIL

Abstract. The results of study of the components of *Monarda fistulosa* L. essential oil under chemicals are shown. The experiment was made at the Central botanical garden of the National academy of sciences of the Republic of Belarus since 2011 till 2013. The research conditions involved using of nitrogen, phosphoric and potassium fertilizers on limed and nonlimed fields. Essential oil was determined in air-dry material with hydrodistillation method applying Ginsberg apparatus. The component composition of essential oil was investigated using chromatograph “Agilent Technologies 7820 A” with a flame ionization detector. Components those were important for quality of essential oil were studied in different stages of ontogenesis. Accumulation dynamics of γ -terpinen, p-cymene and linalool was depended on random factor. Accumulation of geraniol, 1,8-cineole, thymol and carvacrol was M-shaped curve under growth doses of mineral fertilizers. Ranked rows of the variants of fertilizer application on the basis of changes in mass fractions thymol, carvacrol, 1,8-cineole and geraniol were built. Analyzing of these data gives possible to grow *Monarda fistulosa* L. and to use its essential oil for pharmaceutical, food and perfumery-cosmetic industries.

Keywords: mineral fertilizers, limed, γ -terpinen, p-cymene, linalool, thymol, carvacrol, 1,8-cineole, geraniol, ontogenesis, essential oil, *Monarda fistulosa* L.

For citation: Bedulenko M. A., Titok V. V. The influence of mineral fertilizers on the components of *Monarda fistulosa* L. essential oil. *Vesti Natsyional'noi akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 171–181 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-2-171-181>

Введение. Изучение компонентного состава эфирного масла монарды, которое началось еще в 1980-е годы, показало, что в нем содержится более 40 компонентов [1–5].

Главными компонентами эфирного масла растений рода *Monarda*, в том числе монарды дудчатой, считаются тимол и карвакрол, содержание которых и определяет биологическую активность сырья.

В наших исследованиях методом газовой хроматографии было определено, что в эфирном масле монарды дудчатой, собранной в разные годы и в разные периоды вегетации, гераниол и 1,8-цинеол присутствуют в большем количестве, чем тимол и карвакрол. Это позволяет отнести данные образцы монарды к гераниольному хемотипу [2, 6, 7]. Кроме того, в эфирном масле монарды обнаружены и другие соединения из ряда монотерпенов, содержание которых превышало 0,1 %. Это γ -терпинен, п-цимен и линалоол, присутствие которых в достаточных количествах может существенно улучшать качество эфирного масла. По литературным данным можно проследить цепочку синтеза: γ -терпинен \rightarrow ... \rightarrow п-цимен \rightarrow ... \rightarrow тимол и/или карвакрол [7, 8].

По данным В. И. Тютюнник, С. И. Читао, З. Е. Машенко, О. К. Либуся, С. В. Федотова [9–13] и др., тимол и карвакрол обладают большим спектром действия: увеличивают степень адаптации организма, способствуют поддержанию уровня гемоглобина, подавляют активность гельминтов, грибов и бактерий, усиливают действие антибиотиков и репеллентных средств, могут использоваться как противоопухолевые средства, а также как средства, повышающие иммунитет и защищающие от лучевой болезни.

Идет постоянный поиск новых лекарственных противомикробных препаратов на основе эфирного масла монарды [14, 15]. Так, по данным В. В. Племенкова [16], синтезируемый из гераниола 1,8-цинеол обладает, так же как карвакрол и тимол, антисептическими свойствами, а G. Mazza с соавт. [2] указывают, что 1,8-цинеол широко используется не только в фармакологических препаратах, но и в продуктах питания (напитки, мороженое, конфеты, выпечка и жевательная резинка). В более поздних исследованиях авторами высказывается предположение, что большие концентрации обоих компонентов, тимола и карвакрола, могут приводить к раздражающему действию, так как они проявляют синергизм относительно друг друга, а повышенное содержание их предшественника, п-цимена, снижает бактерицидную активность эфирного масла или препаратов на его основе [13].

Присутствие или отсутствие некоторых компонентов в эфирном масле монарды важно не только для фармацевтики, но и для парфюмерно-косметических продуктов. Очищенный п-цимен и γ -терпинен имеют слабый цитрусовый аромат, но придают маслу специфический оттенок, снижающий качество запаха [13]. Тонкий цветочный аромат придает маслу линалоол [13], а наличие гераниола напоминает приятный аромат герани. В статье G. Mazza [2] упоминается, что последний компонент использовали в парфюмерной промышленности при производстве розовой эссенции, а также в пищевой промышленности как отдушку. Позже С. В. Федотовым [13] было доказано, что высокое содержание гераниола (более 80 %) в эфирном масле вызывает антигельминтный, репеллентный и эмбриотоксический эффект.

Цель исследования – изучение компонентного состава эфирного масла *Monarda fistulosa* L. при применении азотно-фосфорно-калийных удобрений.

Материалы и методы исследования. Для получения эфирного масла монарды дудчатой (рода *Monarda*, семейства Lamiaceae) и изучения его состава в Центральном ботаническом саду НАН Беларуси в 2011–2013 гг. был проведен многофакторный полевой эксперимент на дерново-подзолистой супесчаной почве. Варианты опыта предполагали применение минеральных удобрений (аммиачной селитры, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия – НРК) на двух фонах – неизвесткованном и с внесением мелиоранта (доломитовой муки) из расчета нейтрализации полной гидролитической кислотности: 1 – контроль; 2 – $N_{40}P_{60}K_{90}$; 3 – $N_{80}P_{60}K_{90}$; 4 – $N_{120}P_{60}K_{90}$; 5 – $N_{80}P_{30}K_{90}$; 6 – $N_{80}P_{90}K_{90}$; 7 – $N_{80}P_{60}K_{60}$; 8 – $N_{80}P_{60}K_{120}$; 9 – мелиорант (фон); 10 – фон + $N_{40}P_{60}K_{90}$; 11 – фон + $N_{80}P_{60}K_{90}$; 12 – фон + $N_{120}P_{60}K_{90}$; 13 – фон + $N_{80}P_{30}K_{90}$; 14 – фон + $N_{80}P_{90}K_{90}$; 15 – фон + $N_{80}P_{60}K_{60}$; 16 – фон + $N_{80}P_{60}K_{120}$.

Агрохимические характеристики почвы участка: pH_{KCl} – 4,92, гумус – 2,73 % (по Тюрину), содержание подвижных форм фосфора и калия (по Кирсанову) – 198 и 136 мг/кг соответственно.

В первый год вегетации образцы отбирали в конце вегетационного периода (III декада сентября), когда единичные растения были в фазе бутонизации. Во второй год, когда растения монарды вступили в генеративный период, образцы отбирали по трем фазам: в фазу массовой бутонизации–начала цветения (II–III декада июня) (Ф1), в фазу массового цветения (I декада июля) (Ф2) и в фазу конца цветения (II–III декада июля) (Ф3).

Эфирное масло отгоняли из воздушно-сухого сырья на аппарате Гинзберга. Компонентный состав определяли методом газовой хроматографии на хроматографе Agilent Technologies 7820 А с пламенно-ионизационным детектором (FID) с использованием колонки HP-5 размером 30 м × 0,320 мм × 0,25 мкм при следующих температурных параметрах: 70 °С – 0–5 мин, повышение температуры до 115 °С со скоростью 3 °С/мин – 5–20 мин, 115 °С – 20–40 мин, повышение температуры до 200 °С со скоростью 4 °С/мин – 40–60 мин, 200 °С – 60–70 мин. В качестве газа-носителя использовали гелий. Давление на входе в колонку – 12 psi, объем вводимой пробы – 0,1 мкл.

Результаты и их обсуждение. Качественный состав эфирного масла монарды при внесении минеральных удобрений в первый год вегетации. Согласно результатам дисперсионного анализа, содержание γ -терпинена, п-цимена, линалоола более чем на 50 % зависело от случайного фактора и составило 1–1,9; 2,2–3,2 и 0,1–0,7 % соответственно. В образцах монарды концентрации гераниола и 1,8-цинеола превышали таковые остальных изучаемых компонентов, поэтому ее можно отнести к гераниольному хемотипу. В работе К. Keefover-Ring [6] приведены данные, что независимо от хемотипа накопление некоторых компонентов (в частности, п-цимена) сильно зависит от погодных условий конкретного года.

Содержание гераниола, тимола и карвакрола при известковании увеличилось относительно контроля на 17–47 % (табл. 1).

Таблица 1. Содержание компонентов эфирного масла монарды первого года вегетации (среднее за 2011–2012 гг.), %

Table 1. The content of *Monarda fistulosa* L. essential oil components during the first year grown (average for 2011–2012), %

Вариант	п-Цимен 1016* [17]	1,8-Цинеол 1035 [18, 19]	γ -Терпинен 1058 [20]	Линалоол 1098 [18]	Гераниол 1255 [8]	Тимол 1292 [19–22]	Карвакрол 1306 [20, 21]
Контроль	3,2	42,4	1,4	0,5	21,3	4,0	3,8
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	2,8	28,5	1,3	0,5	32,1	6,5	5,2
N ₈₀ P ₆₀ K ₉₀	3,1	53,0	1,2	0,7	19,1	2,5	3,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	2,2	28,5	1,3	0,6	29,7	6,1	6,0
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	2,5	35,5	1,2	0,4	31,0	5,5	4,7
N ₈₀ P ₉₀ K ₉₀	2,7	35,4	1,5	0,3	27,7	4,9	4,3
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	2,6	34,6	1,3	0,6	22,0	2,9	2,5
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,2	30,4	1,4	0,6	31,7	6,4	5,8
Мелиорант (фон)	2,6	42,7	1,4	0,6	24,9	5,9	4,6
Фон + N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	2,6	43,6	1,4	0,6	22,6	3,8	2,6
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₉₀	2,8	46,8	1,9	0,6	18,9	2,4	2,3
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	2,4	38,9	1,8	0,6	24,3	3,8	3,8
Фон + N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	2,3	36,9	1,5	0,4	28,5	4,2	4,1
Фон + N ₈₀ P ₉₀ K ₉₀	2,7	25,5	1,6	0,5	27,0	5,2	4,1
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	2,9	38,3	1,4	0,6	19,2	2,9	1,9
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,0	37,9	1,4	0,7	25,0	5,3	2,9
НСР _{0,05}	●	2,89	●	●	3,41	1,01	0,43

Примечание. ● – влияние случайного фактора более 50 %; * – индексы удерживания Ковача, по которым были определены компоненты, соответствуют литературным данным [8, 17–22].

Согласно данным Е. В. Карпинской, А. А. Цыгановой [23], при меньшей дозе NPK количество некоторых компонентов эфирного масла увеличивается, при большей – снижается, а при дальнейшем повышении доз элементов питания – вновь растет.

С увеличением доз NPK на обоих фонах концентрация гераниола либо увеличивалась (на 14–51 %), либо оставалась неизменной, затем не изменялась или уменьшалась (до 24 %) и далее вновь могла увеличиться (на 30–49 %). Такой же характер накопления наблюдался и для концен-

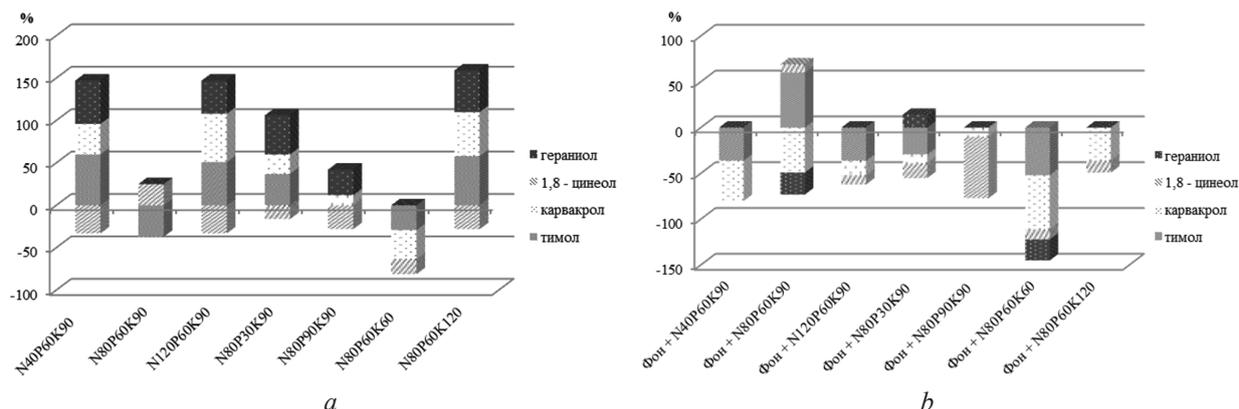


Рис. 1. Изменение концентрации компонентов эфирного масла монарды дудчатой первого года вегетации при применении NPK на известкованном (а) и известкованном (b) фоне, %

Fig. 1. The change in the concentration of the *Monarda fistulosa* L. essential oil components the first year growing season under using mineral fertilizers (NPK) on nonlimed (a) and limed (b) field, %

траций тимола и карвакрола. Изменение уровня тимола на обоих фонах было приблизительно одинаковым и составляло 96–97 %. Содержание карвакрола на известкованном фоне относительно фоновой вариации изменялось меньше (49 %), чем на известкованном (91 %), а 1,8-цинеола – наоборот (на известкованном – 58 %, на известкованном – 76 %). Содержание 1,8-цинеола было обратно пропорциональным концентрации гераниола.

Изменение массовой доли компонентов эфирного масла монарды при применении различных вариантов внесения NPK представлено на рис. 1.

В результате анализа изменений массовой доли компонентов и в зависимости от отрасли промышленности, где может использоваться эфирное масло монарды, были построены ранжированные ряды вариантов внесения минеральных удобрений.

Для фармацевтической промышленности важно содержание тимола, карвакрола и 1,8-цинеола, обладающих противовоспалительной и бактерицидной активностью [12]. В связи с этим были выбраны следующие варианты:

известкованный фон:

$$N_{80}P_{60}K_{120} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{60};$$

известкованный фон:

$$\text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60}.$$

Для пищевой промышленности ценными являются эфирные масла, в которых присутствуют компоненты, обладающие консервирующим действием [13] благодаря их высокой антирадикальной активности (тимол и карвакрол) [24], и в небольших количествах компоненты, придающие изделиям аромат, не характерный для пищевых изделий (гераниол) [2]. В результате выбраны варианты:

известкованный фон:

$$N_{80}P_{90}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90};$$

известкованный фон:

фон + N₈₀P₆₀K₉₀ (только один вариант).

Для парфюмерной и косметической промышленности важны компоненты эфирного масла, не только обладающие консервирующим действием, но и используемые в ароматерапии (гераниол) [2]. Поэтому были выбраны варианты:

известкованный фон:

$$N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{30}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90};$$

известкованный фон:

$$\text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90}.$$

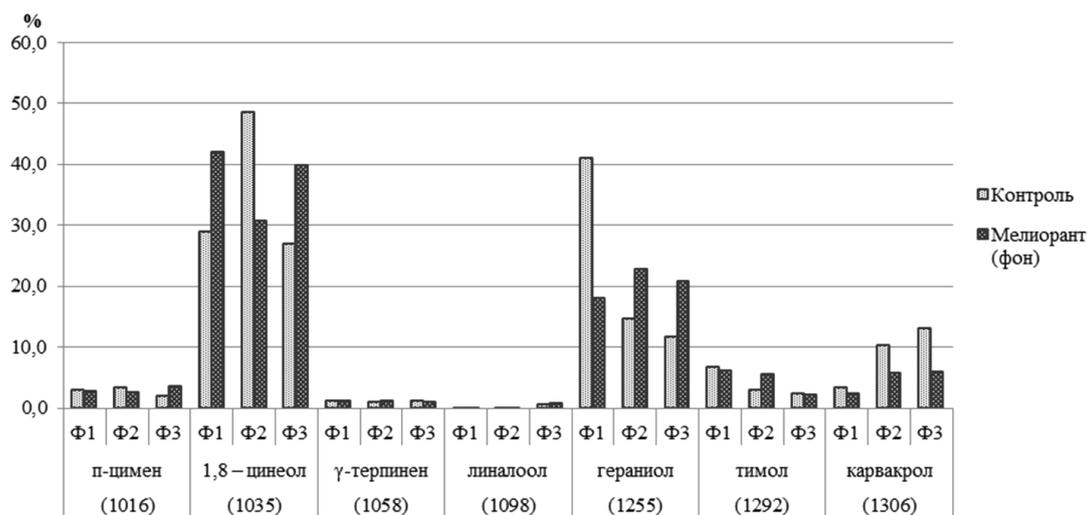


Рис. 2. Концентрация компонентов эфирного масла монарды второго года вегетации в онтогенезе (среднее за 2012–2013 гг.), %

Fig. 2. The concentration of *Monarda fistulosa* L. essential oil components during the second year grown (average for 2012–2013), %

Качественный состав эфирного масла монарды при внесении минеральных удобрений во второй год вегетации. Концентрации линалоола, п-цимена, γ-терпинена на обоих фонах не имели различий, так как фактор «фаза» не был значимым ($p > 0,05$). В то же время массовые доли тимола, карвакрола, гераниола и 1,8-цинеола зависели от фактора «фаза» ($p < 0,05$).

Изменение уровней накопления γ-терпинена, п-цимена и линалоола на обоих фонах по отношению к контрольному и фоновому вариантам не рассматривалось (влияние случайного фактора более 50 %), но их содержание, как и в первый год вегетации, по фазам было в пределах 0,8–1,4; 1,8–3,8 и 0,2–1,0 % соответственно (рис. 2), что, возможно, является хорошим показателем для использования монарды в парфюмерно-косметической и пищевой промышленности.

Количество 1,8-цинеола и гераниола как на известкованном, так и на известкованном фоне в среднем за 2012–2013 гг. было больше, чем тимола и карвакрола, что подтверждает предположение о хемотипе данных образцов монарды дудчатой (рис. 2).

В динамике содержание тимола в основном увеличивается ко второй фазе на 83–347 % (известкованный фон) и 43–152 % (известкованный фон) (табл. 2). К третьей фазе наблюдается либо достоверное его снижение (на 32 и 13–79 %), либо увеличение (на 23–142 и 23–29 %) на соответствующих фонах.

Содержание карвакрола на известкованном фоне ко второй фазе снижалось на 32–50 %, а к третьей – увеличивалось до 396 % [3]. На известкованном фоне оно постепенно возрастало от фазы к фазе (на 44–333 и 16–108 % соответственно). Похожая зависимость в накоплении вторичных метаболитов в онтогенезе указана в работах О. В. Созинова и Г. Н. Бузука с соавт. [25, 26].

В среднем динамика накопления гераниола на обоих фонах была отрицательной. Наибольшее его количество наблюдалось в первую фазу. Содержание 1,8-цинеола либо увеличивалось ко второй фазе (11–39 и 31–60 %), либо оставалось неизменным, а к третьей фазе либо оставалось неизменным, либо вновь увеличивалось (9–57 и 20–82 %). Такая же тенденция была отмечена в работе А. Г. Шутовой [3].

Сравнительный анализ массовых долей 1,8-цинеола, гераниола, тимола и карвакрола показал, что в среднем за два года и суммарно по трем фазам вегетации внесение азотного удобрения $N_{40-80-120}$ на известкованном фоне способствовало изменению количества 1,8-цинеола на +9...+31 %, на известкованном – на +14...+31 %; гераниола – на –66...–36 и –80...–40 %; тимола – на +43...+183 и –13...+138 %; карвакрола – на +104...+245 и +44...+416 % на соответствующих фонах.

Таблица 2. Содержание компонентов эфирного масла монарды второго года вегетации (среднее за 2012–2013 гг.), %

Table 2. The content of *Monarda fistulosa* L. essential oil components during the second year grown (average for 2012–2013), %

Вариант	Фаза	γ -Терпинен	п-Цимен	Тимол	Карвакрол	Гераниол	Линалоол	1,8-Цинеол
N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	1,2	3,1	5,7	3,2	29,1	0,8	26,2
	Ф2	1,0	2,3	10,5	4,2	19,4	0,3	27,5
	Ф3	1,2	2,1	13,8	5,4	13,1	0,5	29,3
N ₈₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	1,1	3,2	3,1	3,9	31,5	0,6	36,5
	Ф2	1,3	3,0	8,9	3,1	23,9	0,3	32,4
	Ф3	1,0	3,2	8,1	5,9	13,7	0,8	46,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	1,0	2,6	1,9	4,3	27,8	0,8	36,3
	Ф2	1,1	3,3	5,8	2,6	24,2	0,4	38,0
	Ф3	0,8	3,8	3,9	2,9	18,6	0,4	41,3
N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	Ф1	1,0	2,9	2,9	2,5	19,3	0,9	36,4
	Ф2	1,3	1,8	11,9	3,1	34,0	0,3	19,6
	Ф3	1,1	2,2	15,1	5,1	19,6	0,3	30,7
N ₈₀ P ₉₀ K ₉₀	Ф1	1,0	2,6	3,0	7,0	34,2	0,5	31,7
	Ф2	0,8	3,5	8,1	3,5	22,6	0,5	33,2
	Ф3	0,9	3,1	9,9	9,7	19,6	0,3	34,6
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	Ф1	1,1	2,3	1,8	11,9	23,3	0,4	28,4
	Ф2	1,0	3,1	8,0	8,1	24,4	0,8	32,4
	Ф3	1,2	3,1	7,4	8,8	20,5	0,7	28,5
N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Ф1	1,2	2,6	10,5	2,3	33,6	1,0	22,5
	Ф2	1,3	3,0	4,0	12,4	25,6	0,4	31,1
	Ф3	1,1	2,4	9,8	10,7	26,9	0,5	28,8
HCP _{0,05} фаз		–	–	1,04	1,01	2,66	–	2,64
Фон + N ₄₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	0,9	2,6	2,3	4,9	25,2	0,6	31,3
	Ф2	1,4	2,8	4,8	7,1	20,9	0,3	30,8
	Ф3	1,1	3,1	6,3	7,2	16,1	0,3	40,3
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	1,0	3,0	7,5	1,3	39,3	0,6	29,9
	Ф2	1,3	3,0	10,7	5,2	17,4	0,5	39,2
	Ф3	1,3	2,7	7,7	10,8	17,4	0,4	32,5
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀	Ф1	1,0	2,8	5,3	3,7	29,6	0,6	38,2
	Ф2	1,0	2,9	5,5	7,7	19,8	0,6	41,2
	Ф3	1,0	2,7	4,7	6,6	10,5	0,3	49,3
Фон + N ₈₀ P ₃₀ K ₉₀	Ф1	1,3	3,0	5,4	2,0	30,6	0,6	29,8
	Ф2	1,1	3,2	12,9	2,2	21,7	0,2	30,0
	Ф3	0,8	2,5	16,0	2,6	18,7	0,6	21,0
Фон + N ₈₀ P ₉₀ K ₉₀	Ф1	1,2	2,5	13,1	4,2	25,2	0,6	19,2
	Ф2	1,1	3,4	6,4	13,8	20,1	0,5	30,7
	Ф3	1,0	2,6	2,4	17,4	6,0	0,6	43,4
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	Ф1	1,1	2,4	8,4	2,5	21,9	0,9	25,1
	Ф2	1,0	3,1	2,7	10,9	21,3	0,7	33,2
	Ф3	1,2	3,0	1,8	12,7	26,7	0,2	33,5
Фон + N ₈₀ P ₆₀ K ₁₂₀	Ф1	1,2	3,0	3,8	2,8	30,8	0,6	39,5
	Ф2	1,3	3,2	9,7	10,2	20,4	0,5	21,9
	Ф3	1,1	2,5	2,0	9,4	16,2	0,7	39,8
HCP _{0,05} фаз		–	–	0,69	0,94	2,06	–	3,09
HCP _{0,05} вариант	Ф1	●	●	0,86	0,45	3,07	●	3,15
	Ф2	●	●	0,96	1,22	2,31	●	3,31
	Ф3	●	●	0,85	1,10	1,58	●	2,09

Примечание. ● – влияние случайного фактора более 50 %, «–» – влияние фактора «фаза» недостоверно.

При применении фосфорного удобрения P₃₀₋₆₀₋₉₀ на известкованном фоне количество 1,8-цинеола изменилось на 0...+31 %, на известкованном – на –30...+101 %; гераниола – на –67...+34 и –90...–43 %; тимола – на +95...+342 и –114...+162 %; карвакрола – на 0...+346 и 0...+253 % на соответствующих фонах.

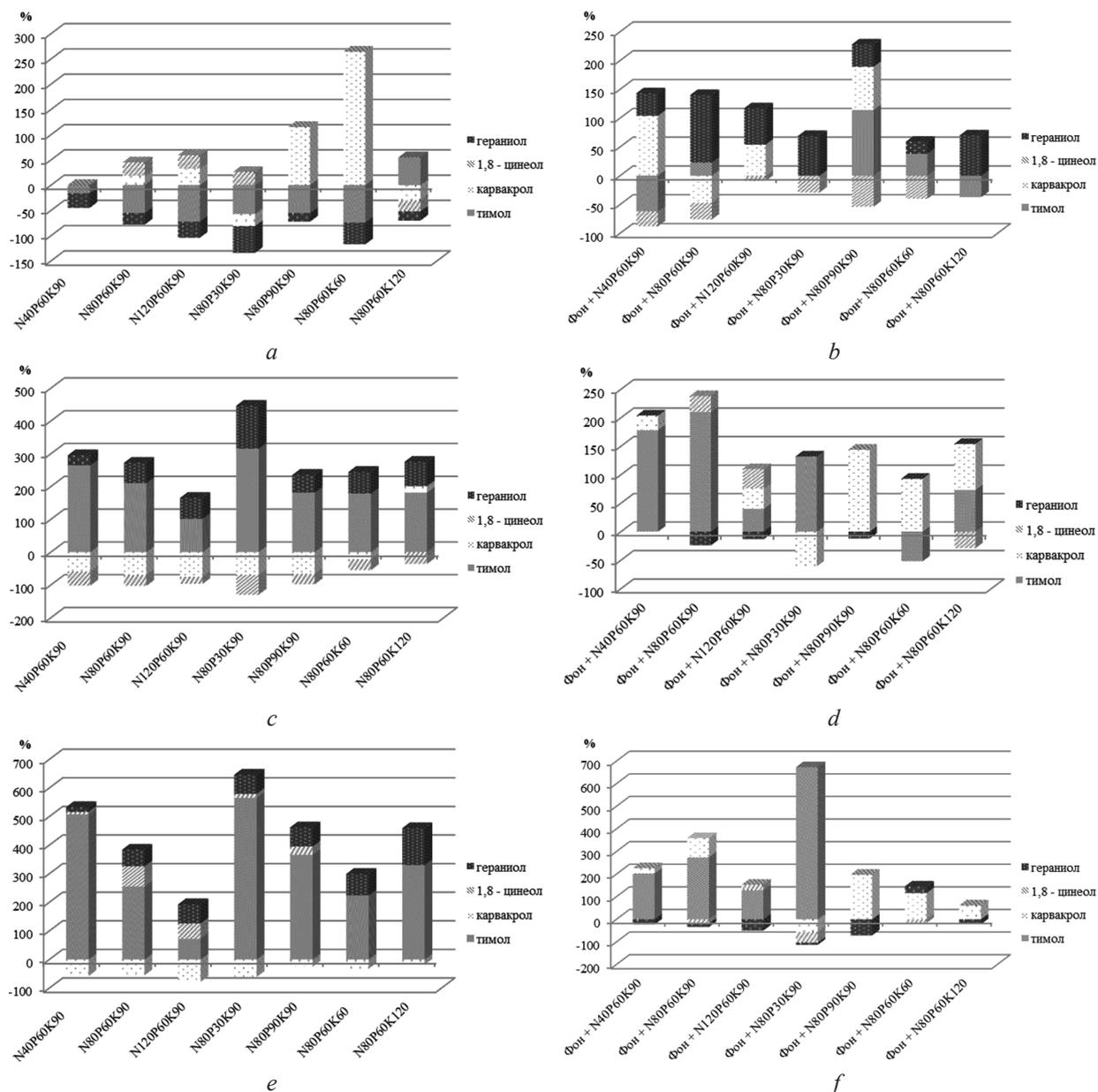


Рис. 3. Изменение содержания компонентов эфирного масла монарды дудчатой второго года вегетации (a, b – фаза массовой бутонизации – начала цветения; c, d – фаза массового цветения; e, f – фаза конца цветения) при применении NPK удобрений на известкованном (a, c, e) и известкованном (b, d, f) фонах, %

Fig. 3. The change in the concentration of the *Monarda fistulosa* L. essential oil components the second year growing season (a, b – vegetative phase; c, d – reproductive phase; e, f – ripening phase) under using mineral fertilizers (NPK) on nonlimed (a, c, e) and limed (b, d, f) field, %

Калийное удобрение $K_{60-90-120}$ на известкованном фоне привело к изменению массовой доли 1,8-цинеола на +2...+39 %, на известкованном – на +31...+37 %; гераниола – на –67...–16 и –56...+72 %; тимолы – на –112...+269 и –102...+73 %; карвакрола – на +25...+465 и +271...+416 % на соответствующих фонах.

На основании анализа относительных отклонений концентраций тимолы, карвакрола, 1,8-цинеола и гераниола от контрольного и фонового значений (рис. 3) для каждой фазы вегетации были получены ранжированные ряды.

Для фармакологической промышленности ценным является эфирное масло, обладающее противовоспалительной и бактерицидной активностью [12], т. е. содержащее больше тимолы, карвакрола и 1,8-цинеола. С учетом фаз вегетации были выбраны следующие варианты:

неизвесткованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$N_{80}P_{60}K_{60} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{30}K_{90};$$

фаза массового цветения:

$$N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90};$$

фаза конца цветения:

$$N_{80}P_{30}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{120}P_{60}K_{90};$$

известкованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90};$$

фаза массового цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60};$$

фаза конца цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120};$$

Для пищевых изделий важно присутствие компонентов, обладающих консервирующим действием [12] (например, тимол и карвакрол) и высокой антирадикальной активностью [24], в небольших количествах – компоненты, придающие изделиям аромат (например, гераниол). С учетом этого были выбраны следующие варианты:

неизвесткованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$N_{80}P_{60}K_{60} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{30}K_{90};$$

фаза массового цветения:

$$N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90};$$

фаза конца цветения:

$$N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{120}P_{60}K_{90};$$

известкованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90};$$

фаза массового цветения:

$$\text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90};$$

фаза конца цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60};$$

Для парфюмерной и косметической промышленности важны компоненты, используемые в ароматерапии (гераниол). С учетом этого были выбраны следующие варианты:

неизвесткованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$N_{80}P_{60}K_{120} > N_{40}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{60};$$

фаза массового цветения:

$$N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90};$$

фаза конца цветения:

$$N_{80}P_{60}K_{120} > N_{80}P_{60}K_{60} > N_{80}P_{30}K_{90} > N_{80}P_{90}K_{90} > N_{120}P_{60}K_{90} > N_{80}P_{60}K_{90} > N_{40}P_{60}K_{90};$$

известкованный фон:

фаза массовой бутонизации – начала цветения:

$$\text{фон} + N_{80}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{120} > \text{фон} + N_{80}P_{30}K_{90} > \text{фон} + N_{120}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{40}P_{60}K_{90} > \text{фон} + N_{80}P_{60}K_{60} > \text{фон} + N_{80}P_{90}K_{90};$$

фаза массовага цветення:

фон + N₈₀P₆₀K₆₀ > фон + N₈₀P₃₀K₉₀ > фон + N₈₀P₆₀K₁₂₀ > фон + N₄₀P₆₀K₉₀ > фон + N₈₀P₉₀K₉₀ > фон + N₁₂₀P₆₀K₉₀ > фон + N₈₀P₆₀K₉₀;

фаза канца цветення:

фон + N₈₀P₆₀K₆₀ > фон + N₈₀P₃₀K₉₀ > фон + N₈₀P₆₀K₉₀ > фон + N₄₀P₆₀K₉₀ > фон + N₈₀P₉₀K₉₀ > фон + N₁₂₀P₆₀K₉₀ > фон + N₈₀P₆₀K₁₂₀.

Заклученне. Уровні накоплення кампанентаў эфирнага масла монарды дудчатой адрозніваліся па гадах, што было абумоўлена як узростным станам раслін, так і прымяняемымі ўдобрэннямі (внесеныя НРК на фоне меліоранта і без яго).

Пад уплывам НРК ўдобрэнняў у першы год вегетацыі змяшчэнне тымола на абодвух фонах змянялася прыблізна аднакова, карвакрола – менш на известкованым фоне, а 1,8-цінеола – на неизвесткованым. Во другой год самае вялікае адхіленне па змяшчэнню за тры фазы назіралася ў тымола і карвакрола пры ўнесеныя азотных, так і фосфорных і калійных ўдобрэнняў.

Значымае ўплывае на працэсы сінтэзы γ-терпінена, п-цімена і ліналоола як у першы, так і во другой год вегетацыі аказаў выпадковы фактар. Кром таго, адрозненняў між фазамаі па колькасці ліналоола, п-цімена, γ-терпінена на абодвух фонах не выяўлена.

Накопленне тымола ў адрозненнях другога года ўзвычалася ко другой фазе на абодвух фонах, а к трэцяй назіралася дастойнае яго зніжэнне. Змяшчэнне карвакрола, нааборот, на неизвесткованым фоне ў асноўным зніжалася ко другой фазе, а к трэцяй – ўзвычалася. Пры прымяненні меліоранта дынаміка накоплення была іная: ўзвычэнне канцэнтрацыі карвакрола ад фазы к фазе.

Масовая доля гераніола на абодвух фонах імела адрыццельную дынаміку – зніжалася ад фазы к фазе. Накопленне 1,8-цінеола не было столь аднозначным: канцэнтрацыя яго або ўзвычалася ко другой фазе, або асталася неизменнай, а к трэцяй фазе або асталася неизменнай, або вноў ўзвычалася.

В залежнасці ад абласці прымянення (фармацэўтычная, ежывая ці парфюмерна-космецічная прамысловасць) пастроены ранжыраваныя рады варыянтаў ўнесеныя мінеральных ўдобрэнняў для вырашчывання монарды дудчатой з мэтай атрымання эфирнага масла.

Спісок іспользаваных істочнікаў

1. Эфирныя масла некаторых відаў монарды і мяты / С. В. Баранова [і др.] // Біялагічныя актыўныя рэчывы плодовых, прыно-араматычных і дэкаратыўных раслін : сб. ст. / Гос. Никит. ботан. сад ; под ред. Ю. А. Акімова. – Ялта, 1981. – С. 42–50.
2. Mazza, G. Geraniol, linalool, thymol and carvacrol-rich essential oils from *Monarda hybrids* / G. Mazza, H. H. Marshall // J. Essent. Oil Res. – 1992. – Vol. 4, N 4. – P. 395–400. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698091>
3. Шутова, А. Г. Состав, свойства и применение фенольных и терпеновых соединений экстрактов и эфирных масел пряно-ароматических растений семейства Lamiaceae : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.04 / А. Г. Шутова. – Минск, 2007. – 207 л.
4. Исследование химического состава эфирного масла *Monarda fistulosa* L. и *Monarda Didyma* L., культивируемых в условиях Западной Сибири / Р. В. Опарин [і др.] // Химия раст. сырья. – 2000. – № 3. – С. 19–24.
5. Шанайда, М. І. Фітахімічнае даследаванне надземнай частіны Монарды трубкавай (*Monarda fistulosa* L.) / М. І. Шанайда // Фарм. журн. – 2010. – № 5. – С. 89–93.
6. Keefover-Ring, K. M. One chemistry, two continents: function and maintenance of chemical polymorphism in the mint family (*Lamiaceae*) : dissertation for degree of Ph. D. / K. M. Keefover-Ring. – Colorado, 2008. – 221 p.
7. Keefover-Ring, K. Chemotype distribution of monarda on City of Boulder Open Space and Mountain Parks Lands [Electronic resource] / K. Keefover-Ring. – University of Colorado: Department of Ecology and Evolutionary Biology, 2008. – Mode of access: https://www-static.bouldercolorado.gov/docs/5017_KeefoverRing_Ken_Chemotype-1-201307091614.pdf. – Date of access: 20.02.2012.
8. Crocoll, C. Biosynthesis of the phenolic monoterpenes, thymol and carvacrol, by terpene synthases and cytochrome P450s in oregano and thyme : dissertation for degree of Ph. D. / C. Crocoll. – Jena, 2011. – 151 p.
9. Состав и бактерицидные свойства эфирного масла монарды дудчатой (*Monarda fistulosa* L.) / В. И. Тютюнник [і др.] // Тр. Всесоюз. науч.-иссл. ин-та эфиромасл. культур. – Симферополь, 1982. – Т. 14 : Селекция, технология возделывания и переработки эфирносов. – С. 15–21.
10. Читао, С. И. Монарда – новое эфиромасличное и лекарственное растение / С. И. Читао, Е. Г. Крутенко // Бюл. ботан. сада им. Косенко. – 1998. – № 8. – С. 104–105.

11. Машенко, З. Е. Фитохимическое исследование и стандартизация тимолсодержащих растений семейства Яснотковых : автореф. дис. ... канд. фарм. наук : 15.00.02 / З. Е. Машенко ; Самар. гос. мед. ун-т. – Пермь, 2004. – 23 с.
12. Либусь, О. К. Монарда дудчатая *Monarda fistulosa* L. / О. К. Либусь // Эфиромасличные и пряно-ароматические растения / О. К. Либусь [и др.] ; под ред. Т. К. Ереминой. – Херсон, 2004. – С. 184–187.
13. Федотов, С. В. Эфирные масла видов *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag., их хемотипы и биологическая активность / С. В. Федотов // Сб. науч. тр. Гос. Никит. ботан. сада. – 2015. – Т. 141. – С. 131–147.
14. Исследование антимикробной и противовоспалительной активности эфирных масел / Е. Н. Науменко [и др.] // Вестн. новых мед. технологий. – 2009. – Т. 16, № 3. – С. 32–34.
15. Науменко, Е. Н. Поиски альтернативных противомикробных препаратов / Е. Н. Науменко, Е. Т. Жилиякова, О. О. Новиков // Вестн. новых мед. технологий. – 2009. – Т. 16, № 1. – С. 187–188.
16. Племенков, В. В. Введение в химию природных соединений / В. В. Племенков. – Казань : КГМУ, 2001. – 376 с.
17. Список компонентов эфирных масел [Электронный ресурс]: Индексы удерживания компонентов эфирных масел. – Режим доступа : http://viness.narod.ru/ret_ind.htm. – Дата доступа : 12.12.2016.
18. Зенкевич, И. Г. Аналитические параметры компонентов эфирных масел для их хроматографической хромото-масс-спектрометрической идентификации. Кислородсодержащие производные моно- и сесквитерпеновых углеводородов / И. Г. Зенкевич // Раст. ресурсы. – 1997. – Т. 33, N 1. – С. 16–27.
19. Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum vulgare* L. *subsp. vulgare* L. under different growth conditions / E. de Falco [et al.] // *Molecules*. – 2013. – Vol. 18, N 12. – P. 14948–14960. <https://doi.org/10.3390/molecules181214948>
20. Мяделец, М. А. Исследование химического состава эфирных масел некоторых видов семейства Lamiaceae L., культивируемых в условиях Западной Сибири / М. А. Мяделец, Д. В. Домрачев, В. А. Черемушкина // Химия раст. сырья. – 2012. – № 1. – С. 111–117.
21. Зависимость состава эфирного масла *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) от возраста растений и характера сырья / М. А. Мяделец [и др.] // Химия раст. сырья. – 2014. – № 1. – С. 215–219.
22. Azizi, A. Genetic, chemical and agro-morphological evaluation of the medicinal plant *Origanum vulgare* L. for marker assisted improvement of pharmaceutical quality : dissertation for degree of Ph. D. / A. Azizi. – Giessen, 2010. – 80 p.
23. Карпинская, Е. В. Влияние минерального питания на выход и компонентный состав эфирного масла базилика благородного и календулы лекарственной / Е. В. Карпинская, А. А. Цыганова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 2. – С. 78–81.
24. Шутова, А. Г. Антирадикальная активность эфирных масел и входящих в их состав терпеновых и фенольных соединений в различных средах / А. Г. Шутова // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. биол. наук. – 2009. – № 4. – С. 5–10.
25. Созинов, О. В. Эколого-ценотические, фитохимические и ресурсные особенности популяций лекарственных растений северо-западной части Беларуси: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / О. В. Созинов ; Ин-т экспер. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск, 2005. – 23 с.
26. Бузук, Г. Н. Универсальный характер М-образной зависимости между основным и специализированным обменом у лекарственных растений / Г. Н. Бузук, М. Я. Ловкова, С. М. Соколова // Вестн. фармации. – 2006. – № 1. – С. 23–33.

References

1. Baranova S. V., Dorokhovskaya R. L., Kapelev I. G. Essential oils of some species of *Monarda* and Mint. *Biologicheskii aktivnye veshchestva plodovykh, pryano-aromaticheskikh i dekorativnykh rastenii: sbornik statei* [Biologically active substances of fruit, aromatic and ornamental plants: collection of articles]. Yalta, 1981, pp. 42–50 (in Russian).
2. Mazza G., Marshall H. H. Geraniol, linalool, thymol and carvacrol-rich essential oils from *Monarda* hybrids. *Journal of Essential Oil Research*, 1992, vol. 4, no. 4, pp. 395–400. <https://doi.org/10.1080/10412905.1992.9698091>
3. Shutova A. G. *Composition, properties and use of phenolic and terpene compounds of extracts and essential oils of spicy – aromatic plants of the Lamiaceae family*. Ph. D. Thesis. Minsk, 2007. 207 p. (in Russian).
4. Oparin R. V., Pokrovskii L. M., Vysochina G. I., Tkachev A. V. Study of the chemical composition of the essential oil of *Monarda fistulosa* L. and *Monarda Didima* L. cultivated under conditions of Western Siberia. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2000, no. 3, pp. 19–24 (in Russian).
5. Shanaida M. I. Phytothermic study of the astronaut's part of the *Monarda tubular* (*Monarda fistulosa* L.). *Farmatsevtichnii zhurnal* [Pharmaceutical journal], 2010, no. 5, pp. 89–93 (in Russian).
6. Keefover-Ring K. *One chemistry, two continents: function and maintenance of chemical polymorphism in the mint family (Lamiaceae)*. Ph. D. Thesis. Colorado, 2008. 221 p.
7. Keefover-Ring K. *Chemotype distribution of monarda on City of Boulder Open Space and Mountain Parks Lands*. Available at: https://www-static.bouldercolorado.gov/docs/5017_KeefoverRing_Ken_Chemotype-1-201307091614.pdf (accessed 20 February 2012).
8. Crocoll Ch. *Biosynthesis of the phenolic monoterpenes, thymol and carvacrol, by terpene synthases and cytochrome P450s in oregano and thyme*. Ph. D. Thesis. Jena, 2011. 151 p.
9. Tyutyunnik V. I., Nikolaevskii V. V., Zal'tsfas A. A., Ivanov I. K., Sil'chenko N. N., Radchenko N. M., Kravets T. I. Composition and bactericidal properties of monarda essential oil (*Monarda fistulosa* L.). *Trudy Vsesoyuznogo nauchno-*

issledovatel'skogo instituta efirmaslichnykh kul'tur. Tom 14. Seleksiya, tekhnologiya vozdeleyvaniya i pererabotki efrinosov [Proceedings of the All-Union Scientific Research Institute of essential oil crops. Volume 14: Selection, technology for the cultivation and processing of etheronos]. Simferopol, 1982, pp. 15–21 (in Russian).

10. Chitao S. I., Krutenko E. G. Monarda is a new essential oil and medicinal plant. *Byulleten' botanicheskogo sada imeni Kosenko* [Bulletin of the Kosenko Botanical Garden], 1998, no. 8, pp. 104–105 (in Russian).

11. Mashchenko Z. E. *Phytochemical study and standardization of thymol-containing plants of the family Lamiaceae*. Abstract of Ph. D. diss. Permian, 2004. 23 p. (in Russian).

12. Libus' O. K. Monarda duodenum *Monarda fistulosa* L. *Efirmaslichnye i pryano-aromaticheskie rasteniya* [Essential oil and spicy – aromatic plants]. Kherson, 2004, pp. 184–187 (in Russian).

13. Fedotov S. V. Essential oils of *Monarda fistulosa* L., *Monarda didyma* L., *Monarda citriodora* Cervantes ex Lag. species, their chemotypes and biological activity. *Sbornik nauchnykh trudov Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada* [Collection of scientific papers of the State Nikitsky Botanical Garden], 2015, vol. 141, pp. 131–147 (in Russian).

14. Naumenko E. N., Zhilyakova E. T., Krichkovskaya L. V., Novikov O. O. The study of antimicrobial and anti-inflammatory activity of essential oils. *Vestnik novykh medicinskikh tekhnologii = Journal of new medical technologies*, 2009, vol. 16, no. 3, pp. 32–34 (in Russian).

15. Naumenko E. N., Zhilyakova E. T., Novikov O. O. Searches for alternative antimicrobials. *Vestnik novykh medicinskikh tekhnologii = Journal of new medical technologies*, 2009, vol. 16, no. 3, pp. 187–188 (in Russian).

16. Plemenkov V. V. *Introduction to the chemistry of natural compounds*. Kazan, Kazan State Medical University Publishing House, 2001. 376 p. (in Russian).

17. *Retention indices of essential oil components*. Available at : http://viness.narod.ru/ret_ind.htm (accessed 12 December 2016).

18. Zenkevich I. G. Analytical parameters of essential oil components for their chromatographic with chromatography-mass-spectrometric identification. Oxygen-containing derivatives of mono- and sesquiterpene hydrocarbons. *Rastitel'nye resursy* [Plant resources], 1997, vol. 33, no. 1, pp. 16–27 (in Russian).

19. De Falco E., Mancini E., Roscigno G., Mignola E., Tagliatela-Scafati O., Senatore F. Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum vulgare* L. *subsp. vulgare* L. under different growth conditions. *Molecules*, 2013, vol. 18, no. 12, pp. 14948–14960. <https://doi.org/10.3390/molecules181214948>

20. Myadelets M. A., Domrachev D. V., Cheremushkina V. A. The study of the chemical composition of essential oils of some species of the family Lamiaceae L. cultivated in the conditions of Western Siberia. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2012, no. 1, pp. 111–117 (in Russian).

21. Myadelets M. A., Domrachev D. V., Kriklivaya A. N., Vysochina G. I. The dependence of the composition of the essential oil *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) on the age of plants and the nature of raw materials. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of plant raw materials], 2014, no. 1, pp. 215–219 (in Russian).

22. Azizi A. *Genetic, chemical and agro-morphological evaluation of the medicinal plant *Origanum vulgare* L. for marker assisted improvement of pharmaceutical quality*. Ph. D. Thesis. Giessen, 2010. 80 p.

23. Karpinskaya E. V., Tsyganova A. A. The effect of mineral nutrition on the yield and the component composition of essential oil of *Ocimum basilicum* L. and *Caléndula officinális*. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2014, no. 2, pp. 78–81 (in Russian).

24. Shutova A. G. Antiradical activity of essential oils and their constituent terpene and phenolic compounds in various environments. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2009, no. 4, pp. 5–10 (in Russian).

25. Sozinov O. V. *Ecological-cenotic, phytochemical and resource features of the medicinal plant populations in the north-western part of Belarus*. Abstract of Ph. D. diss. Minsk, 2005. 23 p. (in Russian).

26. Buzuk G. N., Lovkova M. Ya., Sokolova S. M. The universal nature of the M-shaped relationship between basic and specialized metabolism in medicinal plants. *Vestnik farmatsii* [Pharmacy bulletin], 2006, no. 1, pp. 23–33 (in Russian).

Информация об авторах

Бедуленко Марина Анатольевна – науч. сотрудник. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: M.Bedulenko@cbg.org.by

Титок Владимир Владимирович – член-корреспондент, д-р биол. наук, доцент, директор. Центральный ботанический сад НАН Беларуси (ул. Сурганова, 2в, 220012, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: V.Titok@cbg.org.by

Information about the authors

Marina A. Bedulenko – Researcher. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: M.Bedulenko@cbg.org.by

Vladimir V. Titok – Corresponding Member, D. Sc. (Biol.), Assistant Professor, Director. Central Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Belarus (2v, Surganov Str., 220012, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: V.Titok@cbg.org.by