

ISBN 978-5-87019-088-4  
 УДК: 633.82: 615.2: 615.4: 615.07  
 ББК: 42: 52.8: 24.2: 24.4

#### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**Сидельников Николай Иванович** – директор ФГБНУ ВИЛАР, академик РАН, профессор.

**Мизина Прасковья Георгиевна** – заместитель директора ФГБНУ ВИЛАР по научной работе, доктор фармацевтических наук, профессор.

**Морозов Александр Иванович** – заместитель директора ФГБНУ ВИЛАР, доктор сельскохозяйственных наук.

**Семкина Ольга Александровна** – Учёный секретарь, заведующий научно – организационным отделом, кандидат фармацевтических наук.

**Сайбель Ольга Леонидовна** – руководитель Центра химии и фармацевтической технологии, кандидат фармацевтических наук.

**Лупанова Ирина Александровна** – руководитель Центра медицины, кандидат биологических наук.

**Балеев Дмитрий Николаевич** – заведующий лабораторией атомарно – молекулярной биорегуляции и селекции, кандидат сельскохозяйственных наук.

**Масляков Валерий Юрьевич** – заведующий отделом растительных ресурсов, кандидат географических наук.

**Хазиева Фирдаус Мухаметовна** – заведующий отделом агробиотехнологии, кандидат биологических наук.

**Цицилин Андрей Николаевич** – заведующий лабораторией Ботанический сад, кандидат биологических наук.

**Савин Павел Сергеевич** – руководитель группы биотехнологии, кандидат биологических наук.

**Крепкова Любовь Вениаминовна** – заведующий отделом токсикологии, кандидат биологических наук.

**Ферубко Екатерина Владимировна** – заведующий отделом экспериментальной и клинической фармакологии, кандидат медицинских наук.

**Фатеева Татьяна Владимировна** – заведующий лабораторией микробиологических исследований.

#### Ответственные секретари

**Борисенко Елена Валерьевна** – ведущий научный сотрудник научно-организационного отдела, кандидат ветеринарных наук.

**Гуленков Александр Сергеевич** – научный сотрудник отдела фитохимии и стандартизации.

Международная научная конференция «От растения до лекарственного препарата»

Сборник научных трудов, М., ФГБНУ ВИЛАР, 2020 г.

Материалы публикуются в авторской редакции

ISBN 978-5-87019-088-4



9 785870 190884



Запись конференции

© Коллектив авторов, 2020

УДК: 574.24: 633.8: 631.8

## НАКОПЛЕНИЕ ВТОРИЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ В МОНАРДЕ ДУДЧАТОЙ (*MONARDA FISTULOSA* L.) ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Бедуленко М. А.

Центральный ботанический сад НАН Беларуси (220012, ул. Сурганова 2В, Минск, Республика Беларусь)

а) Автор для переписки: [marina.bedulenko@gmail.com](mailto:marina.bedulenko@gmail.com)

**Аннотация.** В статье представлены результаты по динамике накопления эфирного масла, суммы фенольных соединений и экстрактивных веществ в растениях монарды дудчатой при применении минеральных удобрений в первый и второй год вегетации.

**Ключевые слова:** монарда дудчатая, эфирное масло, сумма фенольных соединений, экстрактивные вещества, минеральные удобрения.

### ВВЕДЕНИЕ

Лекарственные средства растительного происхождения имеют ряд преимуществ перед синтетическими аналогами: более мягкое действие на организм, отсутствие резистентности у патогенов и т.д. Синтез и накопление вторичных метаболитов позволяют использовать препараты на растительной основе в медицинской и ветеринарной практике (фитотерапия). Применение водных настоев лекарственных трав в пищевой промышленности вместо синтетических антиокислителей повышает качество и сохранность изделий, имеет более узкий диапазон противопоказаний и слабую аллергенность. Есть практика использования высокоэффективных консервантов из лекарственных растений в кормах животных и птиц [1].

Монарда дудчатая, являясь лекарственным, пряно-ароматическим и эфиромасличным растением, может использоваться во многих отраслях промышленности (фармакологической, пищевой, химической т.д.). Введение в культуру любого интродуцента подразумевает исследования его в полевых условиях, а также изучение изменения качественных и количественных характеристик данного растения.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На территории Центрального ботанического сада НАН Беларуси в 2011-2013 гг. был проведен стационарный полевой эксперимент по методике Б.А. Доспехова на последовательно открывающихся полях. Минеральные удобрения вносились в дозах N<sub>40-80-120</sub> (аммиачная селитра), K<sub>60-90-120</sub> (хлористый калий) и P<sub>30-60-90</sub> (аммонизированный суперфосфат) на двух участках – с мелиорантом (доломитовая мука) и без него.

Предварительно выращенную рассаду растений монарды дудчатой в возрасте 50-60 дней высаживали на постоянное место с площадью питания 70х45 см. В первый год вегетации растения срезали в конце сентября, во второй – с наступлением основных фенологических фаз по И.Н. Бейдману: фаза массовой бутонизации – начала цветения (I), фаза массового цветения (II) и фаза конца цветения (III).

У растений первого года вегетации методом паровой дистилляции по Гинзбергу определяли массовую долю эфирного масла (ЭМ) в процентах на абсолютно-сухое сырье (а.с.с.).

У растений второго года вегетации определяли сумму фенольных соединений (СФС) по модифицированному методу Фолина – Чокальтеу (в пересчете на галловую кислоту) и количество экстрактивных веществ (ЭВ) по методике, указанной в государственной фармакопее РБ (ГФ РБ).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание ЭМ может колебаться от 0,42 до 1,30 % (на сырую массу) [2] и даже достигать 1,39 – 2,40 % на а.с.с. [3]. В нашем опыте содержание ЭМ монарды дудчатой без применения средств химизации колеблется 0,68 – 0,78 % (Таблица 1).

Таблица 1 – Выход и массовая доля эфирного масла монарды дудчатой  
1-го года вегетации

Вариант	Массовая доля ЭМ, % на а.с.с.				Выход ЭМ, кг/га (среднее за 2011-2012 гг.)	
	Неизвесткованный фон (Н.ф.)		Известкованный фон (И.ф.)		Н.ф.	И.ф.
	2011 г	2012 г	2011 г	2012 г		
Без удобрений (контроль)	0,68	0,78	-	-	9,4	-
Мелиорант	-	-	0,98	0,96	-	17,9
N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,79	0,90	1,12	1,00	16,5	23,7
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,85	0,99	1,18	1,23	19,3	28,1
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,63	0,74	0,87	1,15	9,6	21,7
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	0,79	0,99	1,08	0,97	22,8	24,5
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,85	0,99	1,18	1,23	19,3	28,1
N <sub>80</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	1,25	1,36	1,38	1,36	26,8	29,0
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0,66	0,75	0,87	1,15	16,1	30,9
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	0,85	0,99	1,18	1,23	19,3	28,1
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	0,66	0,77	1,20	1,38	9,8	31,2
HCP <sub>05</sub>	0,098	0,086	0,098	0,086	3,36	
HCP <sub>05</sub> по годам	0,088		0,096			

Погодные условия конкретного года влияют на накопление эфирного масла растений сем. Яснотковых [4]. Проведенные исследования показали, что метеоусловия вегетационного периода 2012 года были более благоприятными для синтеза ЭМ растениями первого года жизни. Температура, близкая к среднегодовой, и количество осадков выпавших в июне 2012 года (период приживания высаженных семян монарды), а не в июле (начало усиленного роста растений и накопления ЭМ), способствовали увеличению содержания ЭМ на 0,11 – 0,20 процентных пункта (п.п.) в среднем по вариантам неизвесткованного фона и на 0,10 – 0,29 п.п. известкованного.

Погодные условия конкретного года меньше сказались на динамике накопления ЭМ при применении фосфорного и азотного удобрений. С ростом дозы вносимого суперфосфата происходило увеличение содержания ЭМ на обоих фонах, а при внесении селитры наблюдалось сначала увеличение, а затем снижение его количества. При внесении хлористого калия определенной тенденции в разные годы не наблюдалось.

Согласно полученным данным, фактор известкования влияет на повышение массовой доли ЭМ в сырье монарды дудчатой. В среднем различия между вариантами на известкованном и неизвесткованном фонах по содержанию ЭМ составили 15 – 82 %.

В исследовании Т. И. Орел [5] отмечено, что применение минеральных удобрений положительно влияет на эфиромасличность растений рода *Mentha*. В работе А. И. Морозова с соавт. [6] обсуждается изменение массовой доли ЭМ мяты перечной при использовании минеральных удобрений и мелиоранта. Так, достоверное увеличение массовой доли ЭМ монарды на известкованном и известкованном фоне при применении азотного удобрения в среднем по вариантам составило 14 % и 11 %; фосфорного удобрения – 42 % и 22 % и калийного – 9 % и 19 % соответственно.

В наших исследованиях наилучшим вариантом по накоплению ЭМ в растениях монарды дудчатой первого года вегетации оказался вариант N<sub>80</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> на обоих фонах (1,30 % и 1,37 %).

Наибольший выход ЭМ с единицы площади был получен на вариантах N<sub>80</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (26,8 кг/га) известкованного фона и N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> (31,2 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (30,9 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (29,0 кг/га), N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (28,1 кг/га) известкованного.

Погодные условия также сказались на СФС монарды: количество веществ ароматической природы в 2013 году в фазу массовой бутонизации – начала цветения и в фазу массового цветения было больше на 14 – 102 %, чем в 2012 г. (Таблица 2).

Таблица 2 – Сумма фенольных соединений в *Monarda fistulosa* L. второго года вегетации, мг/г

Варианты	Неизвесткованный фон						Известкованный фон					
	2012			2013			2012			2013		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Контроль	19,2	22,7	23,9	21,8	30,4	36,5	-	-	-	-	-	-
Мелиорант	-	-	-	-	-	-	12,8	14,5	24,7	21,3	17,8	23,9
N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	16,0	19,9	20,0	18,2	19,6	18,8	9,0	21,1	25,8	13,2	21,4	24,1
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	10,7	20,4	28,4	16,7	18,7	20,3	9,6	17,6	24,1	12,5	18,0	15,7
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	7,9	15,3	21,2	13,7	11,5	15,2	8,9	13,4	20,1	9,1	8,4	13,9
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	10,1	16,5	17,7	20,4	19,5	18,9	8,7	16,6	21,2	17,2	18,0	20,9
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	10,7	20,4	28,4	16,9	18,7	20,3	9,6	17,6	24,1	12,5	18,0	15,7
N <sub>80</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	20,3	20,7	24,2	22,5	24,1	23,8	10,3	17,5	32,6	20,2	20,9	27,3
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	15,5	21,0	18,6	17,7	20,6	22,9	10,5	19,0	21,3	15,9	19,2	24,1
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	10,7	20,4	28,4	16,9	18,7	20,3	9,6	17,6	24,1	12,5	18,0	15,7
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	13,1	18,4	25,1	19,7	23,6	26,4	11,5	18,8	21,2	17,8	25,2	23,8
HCP <sub>05</sub>	2,35	2,40	2,53	2,33	2,71	2,45	2,35	2,40	2,53	2,33	2,71	2,45

На динамику накопления веществ фенольной природы известкование сказалось отрицательно в первые две отмеченные фазы развития. Разница между одинаковыми вариантами составила 11 – 35%.

В работе Е.В. Карпинской, А.А. Цыгановой отмечено, что накопление вторичных метаболитов снижается с увеличением вносимых доз минеральных удобрений [7]. Такая же тенденция наблюдалась и в наших исследованиях. В среднем различия с контрольным вариантом составили -25% и с фоновым вариантом -14%.

Анализ по фазам развития показал, что СФС накапливается постепенно от фазы к фазе и имеет свой максимум в фазу конца цветения до 28,4 мг/г на известкованном фоне и до 32,6 мг/г на фоне известкования.

В пересчете на продуктивность надземной массы монарды выход веществ фенольной природы на варианте без удобрений в среднем за два года составил 30,9 (ф1), 40,2 (ф2) и 27,5 кг/га (ф3), а на варианте с мелиорантом – 37,8 (ф1), 39,2 (ф2) и 44,8 кг/га (ф3). При применении NPK удобрений на известкованном фоне в фазу массовой бутонизации – начала цветения выход СФС колебался от 26,3 до 57,3 кг/га, в фазу массового цветения – от 39,2 до 64,7 кг/га и в фазу конца цветения – 27,5 – 49,6 кг/га. На фоне известкования сбор веществ фенольной природы варьировал от 23,6 до 44,1 кг/га (ф1), от 37,2 до 72,3 кг/га (ф2) и от 39,6 до 74,6 кг/га (ф3).

Определение экстрактивных веществ важно для тех видов лекарственных растений, качественные параметры которых не указаны в частной фармакопейной статье ГФ РБ.

Накопление ЭВ также зависело от погодных условий конкретного года. Их количество в 2012 году на контрольном и фоновом вариантах было от 10,53 до 15,78 % и от 16,80 до 16,89 % соответственно, а в 2013 году – 19,70 ... 20,00 % и 22,33 ... 23,65 % (Таблица 3).

Таблица 3 – Количество экстрактивных веществ в *Monarda fistulosa* L. второго года вегетации, % на а.с.с.

Варианты	Неизвесткованный фон						Известкованный фон					
	2012			2013			2012			2013		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Контроль	10,53	16,80	15,78	19,70	20,00	18,50	-	-	-	-	-	-
Мелиорант	-	-	-	-	-	-	12,63	19,28	16,89	22,33	23,65	23,60
N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	13,70	19,15	17,09	19,35	21,49	20,21	16,94	21,59	22,76	23,31	24,52	26,68
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	18,56	21,14	19,12	27,20	26,70	22,25	19,93	25,79	22,85	31,33	32,28	30,70
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	14,26	17,02	19,41	21,45	23,15	21,96	14,82	21,35	20,10	26,24	27,12	25,25
N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>90</sub>	16,70	19,37	18,09	22,37	25,18	24,72	14,21	26,79	22,09	25,14	30,36	26,94
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	18,56	21,14	19,12	27,20	26,70	22,25	19,93	25,79	22,85	31,33	32,28	30,70
N <sub>80</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	14,98	20,26	21,78	25,78	28,63	23,16	20,54	27,46	26,25	28,73	37,41	29,25
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,09	19,15	20,09	20,75	24,71	20,35	19,98	22,34	20,61	27,28	28,36	27,91
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	18,56	21,14	19,12	27,20	26,70	22,25	19,93	25,79	22,85	31,33	32,28	30,70
N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	15,32	20,98	21,79	25,39	25,84	23,49	21,05	24,06	26,49	34,63	34,29	32,49
HCP <sub>05</sub>	2,607	2,713	2,941	2,625	3,052	3,437	2,607	2,713	2,941	2,625	3,052	3,437

Накопление ЭВ в растениях монарды дудчатой в онтогенезе происходило неодинаково. Ко второй фазе развития содержание ЭВ увеличилось на 60 % (контроль) и на 53 % (мелиорант). При применении минеральных удобрений экстрактивность монарды повысилась на 19...40 % и 27...44 % (N<sub>40-80-120</sub>), 35 % и 29...89 % (P<sub>30-60-90</sub>), 35...37% и 14...29 % (K<sub>60-90-120</sub>) на неизвесткованном и известкованном фонах соответственно. Последующее накопление ЭВ не имело достоверных различий.

Изменение количества ЭВ между фазами онтогенеза в 2013 году не было достоверным. Внесение NPK в различных дозах в основном не повлияло на содержание ЭВ за этот вегетационный период.

В среднем за два года развития количество ЭВ под воздействием удобрений увеличилось почти в 1,5 раза [8]. Основное накопление их происходило в фазу массового цветения на обоих фонах.

При пересчете на продуктивность надземной массы выход ЭВ в фазу массовой бутонизации - начала цветения составил 37,8 – 64,7 г/м<sup>2</sup> и 53,6 – 82,7 г/м<sup>2</sup>, в фазу массового цветения 47,2 – 72,0 г/м<sup>2</sup> и 67,1 – 105,8 г/м<sup>2</sup>, в фазу конца цветения 26,6 – 42,3 г/м<sup>2</sup> и 43,6 – 67,0 г/м<sup>2</sup> на неизвесткованном и известкованном фоне соответственно. Максимальный сбор ЭВ при применении минеральных удобрений был отмечен в фазу массового цветения на обоих фонах.

## ВЫВОДЫ

Такие факторы, как известкование и применение азотно-фосфорно-калийных удобрений положительно повлияли на накопление и содержание эфирного масла в надземных частях монарды дудчатой первого года вегетации. Отмечены варианты с наибольшим содержанием эфирных масел на обоих фонах.

Сумма фенольных соединений у растений второго года вегетации снижается с увеличением дозы вносимых удобрений.

Максимальное накопление экстрактивных веществ в монарде дудчатой при применении минеральных удобрений отмечено в фазу массового цветения как на неизвесткованном, так и на известкованном фоне.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олешкевич Е.Н., Гец А.А. Лекарственные травы: значение и перспективы // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: тезисы междунар. науч. – практ. студ. конф.; Гродн.гос.аграр.унив. – 2005; 3: 74–75.
2. Свиденко Л.В. Вивчення ефіролійності *Monarda fistulosa* L. // Чорноморський ботанічний журнал. – 2008; 4; 1: 61–66.
3. Корчашкина, Н.В. Биологические особенности роста и развития видов рода Монарда (*Monarda* L.) в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации: автореф.... дис.канд.биол.наук: 06.01.13 / Н.В.Корчашкина; ГНУ ВИЛАР РАСХН – М., 2009. – 23 с.
4. Аутко А.А., Рупасова Ж.А., Аутко А.А. и соавт. Биоэкологические особенности выращивания пряно–ароматических и лекарственных растений / Минск: Тонпик, 2003;с. 98-113.
5. Орел Т.И. Влияние различных удобрений на рост и продуктивность ароматических растений в условиях микроорошения // Бюл.Никит.бот.сада. – 2010; Вып. 101: 53–60.
6. Морозов А.И., Загуменников В.Б., Семенихин Д.И. Влияние органоминеральных удобрений и известки на продуктивность различных сортов мяты перечной // Агрохимия. – 2012; 11: 28–33.
7. Карпинская Е.В., Цыганова А.А. Влияние минерального питания на выход и компонентный состав эфирного масла базилика благородного и календулы лекарственной // Вестн. Бел. гос. с.-х. акад. : науч.-метод. ж-л. – 2014; 2: 74 – 78.
8. Белоус, О.А. Урожайность и качество лекарственного сырья пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.) в зависимости от действия удобрений и стимуляторов роста: автореф....дис.канд.с.-х. наук: 06.01.09 / О.А. Белоус; ГГАУ. – Жодино, 2010. – 21 с.

**THE ACCUMULATION OF SECONDARY METABOLITES IN MONARDA FISTULOSA  
L. AT DIFFERENT MINERAL NUTRITION LEVEL**

Bedulenko M.

Researcher of the Central Botanical Garden of NAS of Belarus (220012, 2V Surganov St., Minsk)

E-mail: [marina.bedulenko@gmail.com](mailto:marina.bedulenko@gmail.com)

**Abstract.** The article presents the results on the accumulation of essential oil, the amount of phenolic compounds and extractive substances in *Monarda fistulosa* L. plants using mineral fertilizers in the first and the second year of vegetation.

**Keywords:** *Monarda fistulosa* L., secondary metabolites, essential oil, amount of phenolic compounds, extractive substances, NPK fertilizers, limed, ontogenesis.