

Влияние состава торфосмесей на биохимические показатели растений мелиссы лекарственной

© 2023. А. И. Фокина¹, к. б. н., доцент,
С. Г. Скугорева², к. б. н., н. с.,
Е. А. Кислицына¹, студент,

¹Вятский государственный университет,
610000, Россия, г. Киров, ул. Московская, д. 36,

²Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: annushka-fokina@mail.ru

В ходе модельного эксперимента изучено влияние состава торфосмесей из песка, низинного торфа и дерново-подзолистой супесчаной почвы на содержание полифенолов, фотосинтетических пигментов, суммы антиоксидантов и малонового диальдегида в листьях мелиссы лекарственной сорта «Лимонный аромат». Установлено, что наиболее оптимальными составами торфосмесей для выращивания растений мелиссы лекарственной являются составы со следующими соотношениями компонентов (м. ч. – массовая часть): 1 смесь – 1 м. ч. почва + 2 м. ч. песок + 2 м. ч. торф; 2 смесь – 1 м. ч. почва + 3 м. ч. песок + 1 м. ч. торф. При выращивании растений на данных торфосмесях отмечается большее накопление биологически активных веществ (фенольных соединений, фотосинтетических пигментов, антиоксидантов), снижение содержания маркера окислительного стресса – малонового диальдегида по сравнению с почвой, торфом и вариантом опыта с высоким содержанием торфа (1 м. ч. почва + 1 м. ч. песок + 3 м. ч. торф). При внесении в торфосмесь удобрения «SOLAR УНИВЕРСАЛ – 18:18:18 + 3MgO + МЭ», особенно в дозе 1 мл на 50 г субстрата (концентрация удобрения 2 г/л), отмечали максимальные значения содержания фотосинтетических пигментов и антиоксидантов в листьях мелиссы. Указанные выше варианты торфосмесей могут быть рекомендованы к применению в качестве грунтов для выращивания мелиссы лекарственной.

Ключевые слова: торфосмеси, мелисса лекарственная, полифенолы, фотосинтетические пигменты, сумма антиоксидантов, малоновый диальдегид.

The influence of the composition of peat mixtures on the biochemical parameters of *Melissa officinalis* plants

© 2023. A. I. Fokina¹ ORCID: 0000-0001-8265-8882[†]

S. G. Skugoreva² ORCID: 0000-0002-5902-5187[†]

E. A. Kislitsyna¹ ORCID: 0009-0007-7516-1000[†]

¹Vyatka State University,

36, Moskovskaya St., Kirov, Russia, 610000,

²Institute of Biology of the Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,

28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,

e-mail: annushka-fokina@mail.ru

In the course of a model experiment, the influence of the composition of peat mixtures from sand, lowland peat and soddy-podzolic sandy loamy soil on the content of polyphenols, photosynthetic pigments, the amount of antioxidants and malondialdehyde in the leaves of lemon balm medicinal variety “Limonnnyy aromat” was studied. It has been established that the most optimal compositions of peat mixtures for growing plants of lemon balm are compositions with the following ratios of components: 1st mixture – soil 1 part + sand 2 parts + peat 2 parts; 2nd mixture – soil 1 part + sand 3 parts + peat 1 part. When growing plants on these mixtures, there is a greater accumulation of biologically active substances (phenolic compounds, photosynthetic pigments, antioxidants), a decrease in the content of the oxidative stress marker –

malondialdehyde compared to soil and peat, as well as to a variant with a high content of peat (soil 1 part + sand 1 part + peat 3 parts). The addition of fertilizer "SOLAR UNIVERSAL – 18:18:18 + 3MgO + ME" to 1st peat mixture has proven itself well, especially at a dose of 1 mL per 50 g of substrate (fertilizer concentration 2 g/L). With the introduction of such a dose of fertilizer into peat mixture, the maximum values of the content of photosynthetic pigments and antioxidants in lemon balm leaves were noted. The above variants of peat mixtures can be recommended for use as soils for growing lemon balm both at home and on an industrial scale.

Keywords: peat mixtures, lemon balm, polyphenols, photosynthetic pigments, total antioxidants, malonic dialdehyde.

В настоящее время актуальным является получение экологически чистого и богатого биологически активными веществами (БАВ) лекарственного сырья [1, 2]. *Melissa officinalis* L. – ценное лекарственное растение за счёт содержания в ней большого количества БАВ, в том числе витаминов, флавоноидов, каротиноидов и т. д. [3]. Насущна задача круглогодичного выращивания Melissa лекарственной в условиях защищённого грунта. Молодые побеги Melissa можно использовать по назначению на 35 сутки после появления всходов [4]. В научной литературе есть данные о том, что экстракты Melissa лекарственной обладают противораковой активностью. Ведущая роль в противораковой активности отдаётся полифенольным соединениям [5, 6]. Большинство полифенолов проявляют антиоксидантные свойства, хотя к антиоксидантам относятся не только они, но и многие другие соединения, поэтому необходимо определять сумму антиоксидантов. Ведущая физиологическая роль антиоксидантов сделала их ключевым показателем качества многих культурных растений [7]. Содержащиеся в листьях растений пигменты также могут использоваться как биологически активные компоненты [8].

В целом содержание БАВ в растениях зависит от условий выращивания, в том числе и от состава субстрата [9–14]. Содержание вышеуказанных БАВ может быть не только показателем ценности лекарственного сырья, но и состояния растения. Ведущим механизмом в системе «растение – субстрат» является окислительный стресс, маркер которого – содержание малонового диальдегида (МДА) [15].

Поэтому важно проводить поиск оптимального соотношения компонентов в субстрате для выращивания растений. В литературных источниках встречаются самые разнообразные данные о способах выращивания Melissa лекарственной: гидропоника, искусственные твёрдые субстраты в тепличных и полевых условиях [4, 16]. Самыми доступными природными компонентами для создания субстратов являются почва, песок и торф. Смесь из песка и низинного торфа создаёт для суглинистой и глинистой почвы требуемый

воздушно-водный режим и рыхлокомковатую структуру, что необходимо для нормального роста и развития растений. Песок в составе смеси уплотняет и укрепляет субстрат, благодаря чему улучшаются водно-физические характеристики почвы [17]. Аминокислоты, содержащиеся в торфе, могут быть хелаторами микроэлементов, способствуя их распределению по растению [2]. Кроме того, вещества, содержащиеся в торфе, обладают адаптогенными и стимулирующими свойствами [18]. Поэтому, несмотря на поиски альтернативных торфу субстратов, он остаётся ведущим компонентом питательных смесей для выращивания растений [8, 19, 20]. В настоящее время торфосмеси представляют собой оптимальные субстраты для выращивания растений в контейнерах [21, 22].

Данные о влиянии состава торфосмесей на биохимические показатели растений Melissa лекарственной (сумма антиоксидантов, содержание фенольных соединений, пигментов и малонового диальдегида (МДА) – маркера окислительного стресса) в научной литературе отсутствуют.

В связи с этим целью работы было исследование влияния состава торфосмесей из песка, низинного торфа и дерново-подзолистой супесчаной почвы на содержание полифенолов, фотосинтетических пигментов, суммы антиоксидантов и малонового диальдегида в листьях Melissa лекарственной сорта «Лимонный аромат».

Объекты и методы исследования

Растения Melissa сорта «Лимонный аромат» выращивали в течение двух месяцев при температуре 22 ± 2 °C, освещении светодиодной фитолампой (900 лк) и светопериоде 12 ч день/12 ч ночь на различных питательных субстратах. Выбранные параметры температуры и освещения являются оптимальными для выращивания этого растения [3].

Опытным путем установлено, что к двухмесячному возрасту Melissa набирает оптимальную массу для проведения биохимических анализов, применяемых в работе.

При проведении эксперимента использовали низинный торф, отобранный на Иготинском торфопредприятии (Кировская область, Россия), который предварительно нейтрализовали внесением карбоната кальция по ГОСТ Р 51661.4-2000. Также использовали дерново-подзолистую супесчаную почву с агрохимическими характеристиками: $pH_{KCl} = 6,2 \pm 0,1$; содержание $P(P_2O_5) - 32 \pm 8$ мг/100 г; органического вещества – $1,64 \pm 0,33\%$; промытый и просушенный при температуре 120 ± 2 °С речной песок. В качестве дренажа использовали керамзит.

Варианты опыта (указаны массовые части – м. ч.): $V_1 - 1$ м. ч. почва + 1 м. ч. песок + 3 м. ч. торф; $V_2 - 1$ м. ч. почва + 2 м. ч. песок + 2 м. ч. торф; $V_3 - 1$ м. ч. почва + 3 м. ч. песок + 1 м. ч. торф; П – почва; Т – торф.

В результате предварительных исследований было установлено, что положительным потенциалом обладает вариант V_2 , поэтому в данном эксперименте дополнительно были заложены варианты V_2-1 и V_2-2 . Для них состав питательной смеси был такой же как и для варианта V_2 , только в вариант V_2-1 дополнительно добавляли 1 мл минерального удобрения «SOLAR УНИВЕРСАЛ – 18 : 18 : 18 + 3MgO + МЭ» (АО «ОХК «Уралхим», Россия) с концентрацией 1 г/л, а в вариант $V_2-2 - 1$ мл этого же удобрения с концентрацией 2 г/л. Приведённый выше объём раствора удобрения вносили в 50 г торфосмесей. Удобрение содержит равное количество (18%) водорастворимых форм азота, фосфора и калия, помимо шести наиболее важных для сельскохозяйственных культур микроэлементов (бор, медь, железо, марганец, молибден и цинк).

Определение pH водной вытяжки из субстратов для выращивания мяты проводили потенциометрическим методом по ГОСТ 26423-85 сразу по завершении модельного эксперимента.

В листьях двухмесячных растений определяли содержание полифенолов в пересчёте на галловую кислоту спектрофотометрически с реактивом Фолина-Чекольтеу при $\lambda = 765$ нм по валидированной ранее методике [9]. Сумму антиоксидантов определяли методом перманганатометрии (титрование вели в присутствии серной кислоты) [23], МДА – по интенсивности окраски комплекса вытяжки с тиобарбитуровой кислотой при $\lambda = 532$ нм [24], хлорофиллов a , b и каротиноидов – в ацетоновом экстракте при длинах волн 662, 644 и 470 нм соответственно [25].

Повторность опыта при выращивании растений трёхкратная, аналитическая – двух- и трёхкратная. Статистическую обработку результатов проводили в программе Excel. В таблице представлены средние арифметические значения и ошибки средних. Достоверность различий с контролем оценивали по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение

В субстратах для выращивания мяты после проведения эксперимента значения pH водной вытяжки варьировали от 6,6 до 7,0 (рис. 1). Более кислой реакция среды была в торфе (pH 6,6), в варианте V_1 отмечали несколько большее значение pH (6,7). Для вариантов V_2 без и с добавкой удобрения значения pH водной вытяжки мало различались (6,8) и характеризовали среду как близкую к нейтральной. В варианте V_3 торфосмесь имела нейтральную реакцию. Таким образом, добавка торфа в смесь в большем количестве (V_1) приводила к более кислой реакции, чем в меньшем количестве (V_3).

В растениях, выращенных на нейтрализованном торфе, биохимические показатели не определяли, так как масса листьев для анализа была недостаточной. Растения данного варианта в развитии существенно уступали растениям, выращенным на других субстратах. Использовать торф индивидуально малоэффективно, а иногда даже вредно [26]. Торф имеет высокую поглотительную способность и влагоёмкость. Поверхность торфосмеси сохнет быстро, но влаги внутри на самом деле много. Торф как губка впитывает её. Начинают образовываться закисные соединения, оказывающие негативное влияние на развитие растения [22, 27].

Содержание фотосинтетических пигментов в растениях. Концентрация фотосинтетических пигментов в листьях растений мяты при использовании торфосмесей была достоверно выше, чем при использовании почвы (табл.). В меньшей степени от варианта П отличался вариант V_3 ; однако и в нём содержание хлорофиллов a , b и каротиноидов было больше в 1,4; 1,3 и 1,3 раза, чем в варианте П соответственно. В остальных вариантах опыта (V_1 , V_2 , V_2-1 и V_2-2) растения мяты в большей степени накапливали фотосинтетические пигменты, чем в варианте П. При этом максимальным накоплением пигментов отличался вариант V_2-2 : концентрации хлорофиллов a , b и каротиноидов были в 1,6; 1,9 и 1,6 раза

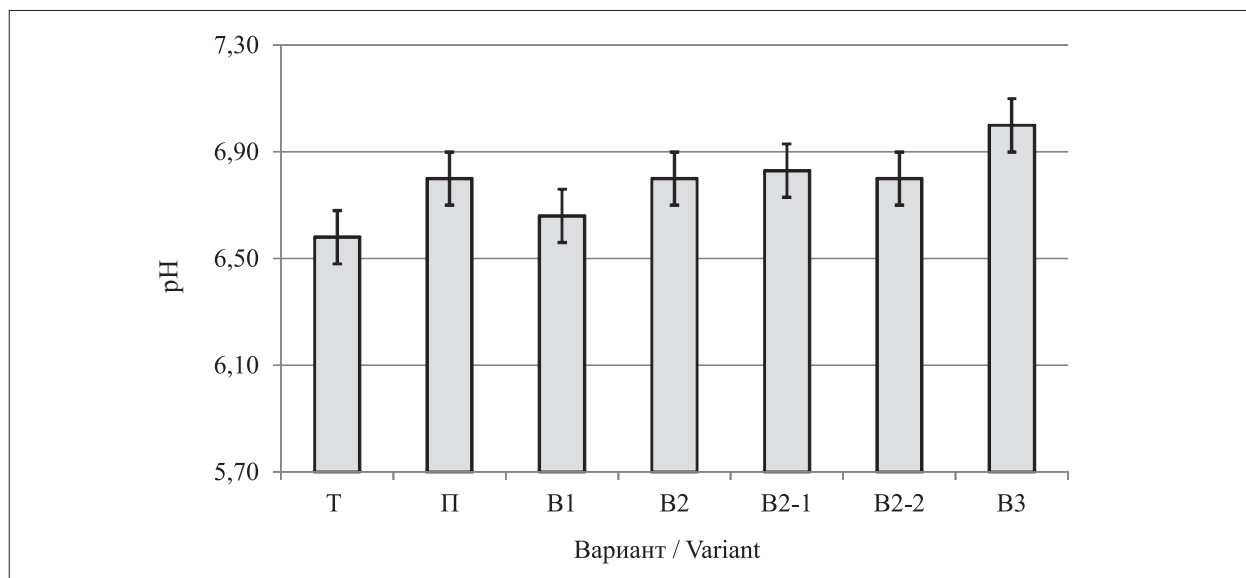


Рис. 1. Значения pH почвенной вытяжки субстратов для выращивания мелиссы. Здесь и далее пояснения по обозначению вариантов приведены в тексте статьи
Fig. 1. pH values of soil extract of substrates for growing lemon balm. Here and below, explanations on the designation of options are given in the text of the article

Таблица / Table

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях мелиссы, мг/г сырой массы
 Content of photosynthetic pigments in lemon balm leaves, mg/g fresh weight

| Вариант Variant | Хлорофилл <i>a</i> Chlorophyll <i>a</i> | Хлорофилл <i>b</i> Chlorophyll <i>b</i> | Каротиноиды Carotenoids |
|--------------------|--|--|----------------------------|
| П | 1,02±0,11 | 0,52±0,10 | 0,267±0,029 |
| В ₁ | 1,56±0,08** | 0,82±0,04** | 0,404±0,024** |
| В ₂ | 1,51±0,08** | 0,81±0,05* | 0,392±0,023** |
| В ₂ -1 | 1,57±0,04*** | 0,79±0,06* | 0,423±0,010*** |
| В ₂ -2 | 1,64±0,11** | 1,01±0,11** | 0,420±0,022** |
| В ₃ | 1,455±0,022** | 0,667±0,002 | 0,35±0,06 |

Примечание: здесь и далее на рисунках 2–4 различия с контролем достоверны * – при $p < 0,1$; ** – при $p < 0,05$; *** – при $p < 0,01$.

Note: here and below in Figures 2–4, the differences with the control are significant * – at $p < 0.1$; ** – at $p < 0.05$; *** – at $p < 0.01$.

больше, чем при выращивании растений на почве. Факт влияния добавки торфа в смесь на увеличение содержания хлорофилла подтверждается литературными данными [28]. Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что состав данной торфосмеси и дозы внесённого удобрения являются оптимальными для растений мелиссы.

Накопление суммы фенольных соединений и антиоксидантов растениями. Содержание фенольных соединений в листьях мелиссы варьировало от 13,9 до 44,8 мг галловой кислоты/г сырой массы в разных вариантах (рис. 2). В растениях варианта П содержание фенольных соединений было минимальным по сравнению с другими вариантами, однако

даже несколько выше, чем в наших предыдущих исследованиях в сходных условиях [9]. Существенное отличие от варианта П по содержанию фенольных соединений наблюдалось в вариантах В₂, В₂-1, В₂-2 и В₃: показатель был в 1,4; 2,1; 2,1; 3,2 раза выше, чем для варианта П соответственно. Максимальный уровень содержания полифенолов отмечали в варианте В₃ (44,8±2,2 мг/г).

Установлено, что сумма антиоксидантов в варианте В₃ тоже одна из самых высоких, выше только в варианте В₂-2 (рис. 4). Величина содержания суммы антиоксидантов может быть не только показателем для оценки отклика растений на состояние грунта для выращивания, но и характеристикой качества растительного

лекарственного сырья. Согласно последнему утверждению Melissa лекарственная занимает промежуточное положение в рейтинге лекарственных растений между тимьяном обыкновенным (*Thymus vulgaris* L.) и имбирём лекарственным (*Zingiber officinale* Roscoe) по содержанию антиоксидантов [29]. В целом внесение удобрений и состав торфосмеси В₃ позволяет Melissa лекарственной накопить максимальное количество соединений фенольной природы и суммы антиоксидантов. Максимальный уровень содержания антиоксидантов установлен в вариантах В₂-2 и В₃: 44,94±0,14 и 36,3±0,9 мг/г соответственно. Содержание фенольных соединений в варианте В₃ больше, чем суммы антиоксидантов. В остальных вариантах количество фенольных соединений несколько ниже, чем антиоксидантов, так как полифенолы, как правило, проявляют антиоксидантные свойства. Вероятно, данная картина объясняется разнообразием групп антиоксидантов и полифенолов в вытяжках, предназначенных для анализа. Некоторые полифенолы в вытяжке растений варианта В₃ менее подвержены окислению перманганатом калия.

Накопление МДА растениями. В листьях растений отмечали относительно невысокое содержание маркера окислительного стресса – МДА: оно колебалось от 3,2 до 6,3 мкмоль/г сырой массы в разных вариантах (рис. 5), что

близко к данным, полученным в работах [9, 10]. В варианте П растения характеризовались большим содержанием МДА, что может свидетельствовать о развитии стресса у Melissa при выращивании на почве. В вариантах В₁ и В₂ концентрация МДА была в 1,3 раза меньше по сравнению с вариантом П, т. е. стресс у растений уменьшался при использовании вместо почвы торфосмеси. Самый низкий уровень накопления МДА в листьях Melissa отмечали в вариантах В₂-1, В₂-2 и В₃, он был достоверно в 1,9–2,0 раза ниже, чем в варианте П, это может свидетельствует о том, что состав данных торфосмесей является для растений оптимальным.

Таким образом, внесение удобрения в вариант 2 (В₂-1 и В₂-2) или изменение состава питательной смеси (В₃) позволяют снизить уровень МДА до 2,0 раз.

Взаимосвязь биохимических параметров растений между собой. Между некоторыми исследуемыми биохимическими показателями растений вариантов П, В₃, В₂ и В₁ существует тесная взаимосвязь. Значимая прямая корреляция установлена между содержанием антиоксидантов и фенольных соединений в растениях ($r = 0,95; p < 0,05$). Такая высокая корреляционная взаимосвязь, возможно, обусловлена тем, что фенольные соединения являются основными антиоксидантами растительного происхождения. Между содержа-

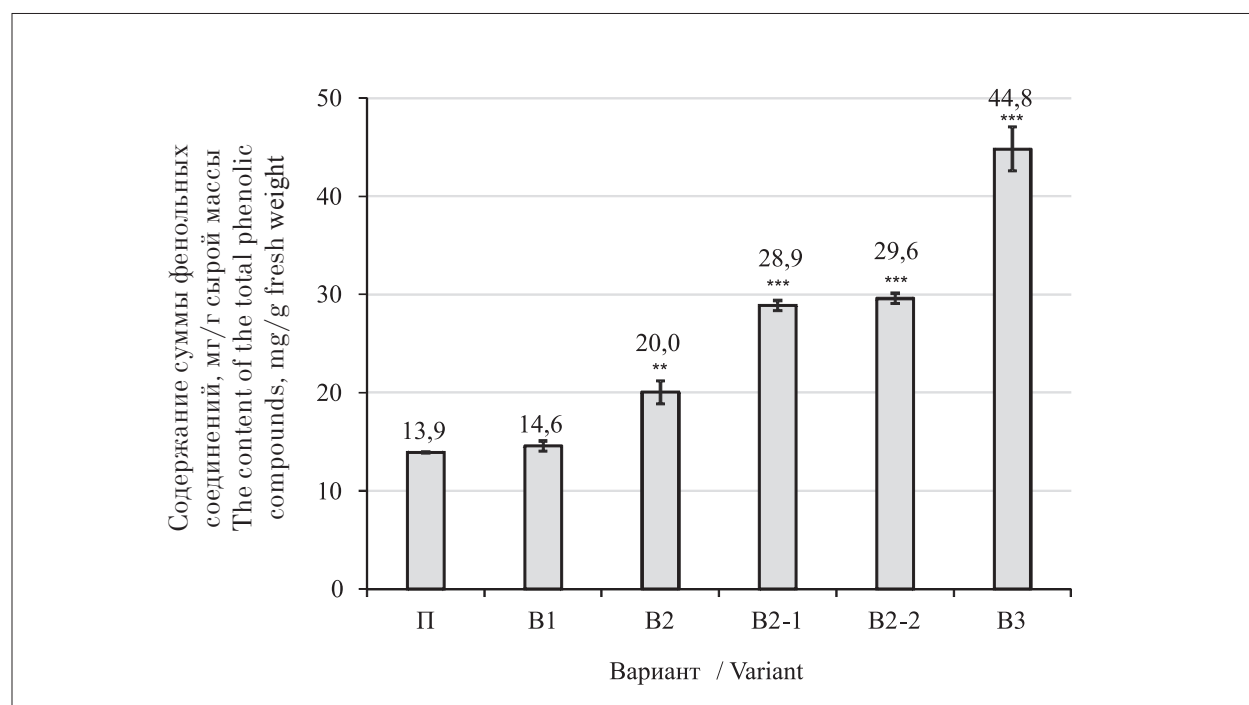


Рис. 2. Содержание суммы фенольных соединений в листьях растений
 Fig. 2. The content of the amount of phenolic compounds in the leaves of plants

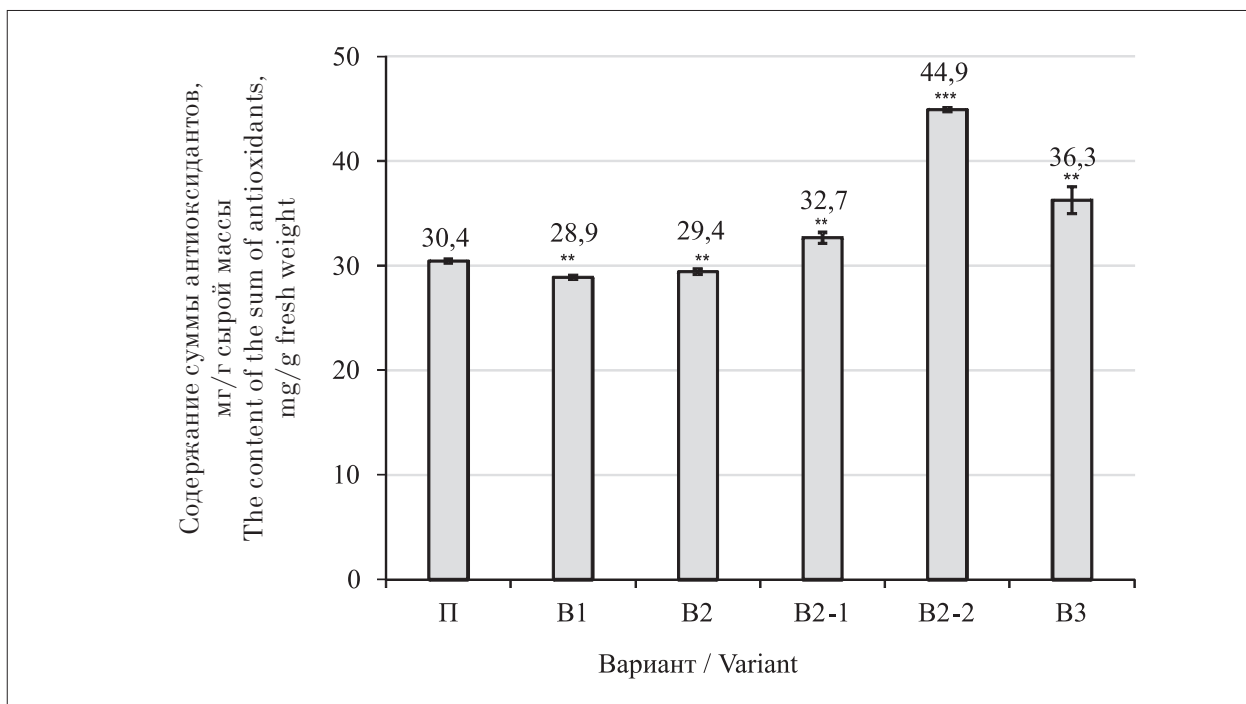


Рис. 3. Содержание суммы антиоксидантов в листьях растений
 Fig. 3. The content of the amount of antioxidants in the leaves of plants

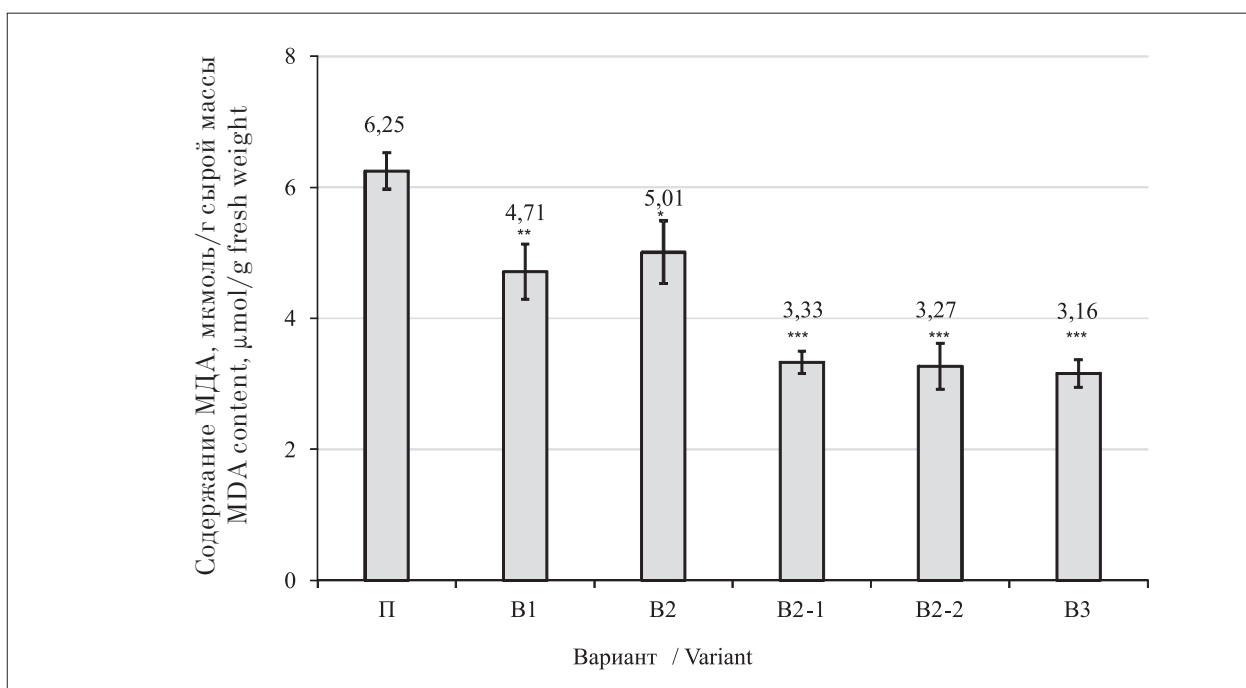


Рис. 4. Содержание малонового диальдегида в листьях растений
 Fig. 4. The content of malondialdehyde in plant leaves

нием различных фотосинтетических пигментов также существует высокая корреляция ($r = 0,93-0,99, p < 0,05$). Выявлена тенденция к увеличению накопления МДА растениями при уменьшении содержания фенольных соединений и антиоксидантов ($r = -0,88$ и $-0,74$). Снижение содержания растительных антиокси-

дантов и фенольных соединений, которые способны снизить уровень окислительного стресса, приводит к накоплению МДА растениями.

С увеличением содержания торфа в составе торфосмеси (ряд П \rightarrow B₃ \rightarrow B₂ \rightarrow B₁) отмечается снижение накопления антиоксидантов и фенольных соединений, увеличение содер-

жания МДА, что свидетельствует об усилении процессов перекисного окисления липидов.

Заключение

Таким образом, по результатам определения биохимических показателей растений мелиссы лекарственной, выращенных в течение двух месяцев на торфосмесях различного состава, установлено, что по сравнению с использованием чистого торфа и почвы, торфосмеси с следующими соотношениями компонентов: 1 смесь – 1 м. ч. почва + 2 м. ч. песок + 2 м. ч. торф; 2 смесь – 1 м. ч. почва + 3 м. ч. песок + 1 м. ч. торф и внесение удобрения «SOLAR УНИВЕРСАЛ – 18:18:18 + 3MgO + МЭ» благоприятно влияют на накопление биологически активных веществ (фенольных соединений, фотосинтетических пигментов, антиоксидантов) и приводят к снижению содержания маркера окислительного стресса – малонового диальдегида.

За два месяца выращивания под фитолампой и при температуре 22 ± 2 °С в данных вариантах торфосмесей мелисса накапливает достаточно большое количество БАВ: антиоксидантов (до $44,94 \pm 0,14$ мг/г) и полифенолов ($44,8 \pm 2,2$ мг/г сырой массы). При этом уровень стресса по сравнению с тем, который наблюдается у мелиссы, выращенной на почве, в 1,9–2,0 раза ниже. В связи с этим данные варианты торфосмесей могут быть рекомендованы к применению в качестве грунтов для выращивания мелиссы лекарственной.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН по теме «Структура и состояние компонентов техногенных экосистем подзоны южной тайги», номер государственной регистрации в ЕГИСУ № 122040100032-5.

Литература

1. Jindo K., Sánchez-Monedero M.A., Mastrodonato G., Audette Y., Higashikawa F.S., Silva C.A., Akashi K., Mondini C. Role of biochar in promoting circular economy in the agriculture sector. Part 2: A review of the biochar roles in growing media, composting and as soil amendment // Chem. Biol. Technol. Agric. 2020. V. 7. No. 1. Article No. 16.
2. Петухов Д.В., Измestьев Е.С., Сазанов А.В., Зайцев М.А., Товстик Е.В. Применение аминокислот и их хелатных комплексов с микроэлементами в питании растений (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 167–174.
3. Moradkhani H., Sargsyan E., Bibak H., Naseri B.,

Sadat-Hosseini M., Fayazi-Barjin A., Meftahizade H. *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: A review // Journal of Medicinal Plants Research. V. 4. No. 25. P. 2753–2759.

4. Беспалько Л.В., Пинчук Е.В., Ушакова И.Т. Мелисса лекарственная (*Melissa officinalis* L.) – ценная пряно-ароматическая культура // Овощи России. 2019. № 3. С. 57–61.

5. Khallouki F., Breuer A., Akdad M., Laassri F.E., Attaleb M., Elmoulaj B., Mzibri M., Benbacer L., Owen R.W. Cytotoxic activity of Moroccan *Melissa officinalis* leaf extracts and HPLC-ESI-MS analysis of its phytoconstituents // Futur J Pharm Sci. 2020. V. 6. Article No. 20.

6. Teniente S.L., Flores-Gallegos A.C., Esparza-Gonzalez S.C., Campos-Muzquiz L.G., Neri-Flores S.D., Rodriguez-Herrera R. Antitumor effect of pomegranate peel polyphenols against cervical cancer // Antioxidants. 2023. V. 12. No. 1. Article No. 127.

7. Полонский В.И., Лоскутов И.Г., Сумина А.В. Селекция на содержание антиоксидантов в зерне как перспективное направление для получения продуктов здорового питания // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 3. С. 343–352.

8. Perez-Galvez A., Viera I., Roca M. Chemistry in the bioactivity of chlorophylls: an overview // Current Medicinal Chemistry. 2017. V. 24. P. 4515–4536.

9. Фокина А.И., Скугорева С.Г., Трефилова Л.В., Даровских Л.В. Определение показателей окислительного стресса в мелиссе лекарственной при действии микромицета *Fusarium culmorum* и его антагонистов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 2. С. 77–83.

10. Skugoreva S., Gushchina P., Sharipova Ya., Darovskikh L. Influence of the micromycete *Fusarium culmorum* and its antagonists on the state of the antioxidant system of *Melissa officinalis* L. // Chimica Techno Acta. 2022. V. 9. No. 2S. Article No. 202292S5.

11. Головки Т.К., Силина Е.В., Лашманова Е.А., Козловская А.В. Активные формы кислорода и антиоксиданты в живых системах: интегрирующий обзор // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 17–26.

12. Bu X., Ji H., Ma W., Mub Ch., Xianc T., Zhoud Zh., Wange F., Xue J. Influence of biochar as a component of a peat-based substrate on the morphological, photosynthetic and biochemical characteristics of *Rhododendron delavayi* Franch // Horticulture Science. 2022. V. 302. Article No. 111148.

13. Shmaefsky B.R., Husen A. Phytoremediation potential of medicinal plants // Medicinal plants – their response to abiotic stress. Singapore: Springer, 2023. P. 443–469.

14. Ranvir R.S., Sahale B.K., Annapur U.S. Microencapsulation of natural pigments // Novel processing methods for plant-based health foods. New York: Apple Academic Press, 2023. P. 163–184.

15. Jaime A., da Silva T., Nazarovets S. Variations in

the naming of malondialdehyde (MDA) in PubMed-, Scopus-, and Web of science-indexed literature // International Journal of Phytoremediation. 2023. V. 25. No. 6. P. 759–764.

16. Князева И.В., Вершинина О.В., Гудимо В.В., Сорокопудов В.Н. Технологические приёмы выращивания мяты и Melissa на вертикальных стеллажах // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 11. С. 78–84.

17. Wong L.S., Hashim R., Ali F.H. Strength and permeability of stabilized peat soil // Journal of Applied Sciences. 2008. V. 8. No. 21. P. 3986–3990.

18. Грехова И.В. Гуминовый препарат из низинного торфа // Теоретическая и прикладная экология. 2015. № 1. С. 85–88.

19. Giménez A., Fernández J. A., Pascual J. A., Ros M., López-Serrano M., Egea-Gilabert C. An agroindustrial compost as alternative to peat for production of baby leaf red lettuce in a floating system // Scientia Horticulturae. 2019. V. 246. P. 907–915.

20. Cesonien L., Krikštolaitis R., Daubaras R., Mažeika R. Effects of mixes of peat with different rates of spruce, pine fibers, or perlite on the growth of blueberry saplings // Horticulturae. 2023. V. 9. Article No. 151.

21. Красинская Т.А., Кухарчик Н.В. Основные характеристики субстратов, применяемых в сельском хозяйстве // Плодоводство. 2011. Т. 23. С. 402–419.

22. Walczak R., Rovdan E., Witkowska-Walczak B. Water retention characteristics of peat and sand mixtures // Int. Agrophysic. 2002. V. 16. No. 2. P. 161–165.

23. Максимова Т.В., Никулина И.Н., Пахомов В.П., Шкарина Е.И., Чумакова Э.В., Арзамасцев А.П. Способ определения антиокислительной активности // Патент RU 2170930 С1. Заявка: 2000111126/14, 2000.05.05. Дата публикации: 20.07.2001.

24. Лукаткин А.С., Голованова В.С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлаждённых листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 1988. Т. 35. № 4. С. 773–780.

25. Кудряшов А.П., Дитченко Т.И., Молчан О.В., Смолич И.И., Яковец О.Г. Физиология растений. Минск: БГУ, 2011. 76 с.

26. Миронов В.А., Горячев В.И., Зюзин Б.Ф. Торф в повышении плодородия почв // Труды Инсторфа. 2014. № 10 (63). С. 34–39.

27. Блинов И.К., Ипатьев В.А. Содержание закисного и окисного железа в лесных мелиорируемых торфяных почвах // Лесоведение и лесное хозяйство: республиканский межведомственный сборник. Минск: Высшая школа, 1973. Вып. 7. С. 99–102.

28. Tang Ch., Chen Y., Zhang Q., Li J., Zhang F., Liu Zh. Effects of peat on plant growth and lead and zinc phytostabilization from lead-zinc mine tailing in southern China: Screening plant species resisting and accumulating metals // Ecotoxicology and Environmental Safety. 2019. V. 176. P. 42–49.

29. Nwozo O.S., Effiong E.M., Aja P.M., Awuchi Ch.G.

Antioxidant, phytochemical and therapeutic properties of medicinal plants: a review // International Journal of Food Properties. 2023. V. 26. No. 1. P. 359–388.

References

1. Jindo K., Sánchez-Monedero M.A., Mastrodonato G., Audette Y., Higashikawa F.S., Silva C.A., Akashi K., Mondini C. Role of biochar in promoting circular economy in the agriculture sector. Part 2: A review of the biochar roles in growing media, composting and as soil amendment // Chem. Biol. Technol. Agric. 2020. V. 7. No. 1. Article No. 16. doi: 10.1186/s40538-020-00179-3

2. Petukhov D.V., Izmet'ev E.S., Sazanov A.V., Zaitsev M.A., Tovstik E.V. The use of amino acids and their chelate complexes with trace elements in plant nutrition (review) // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 1. P. 167–174 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-167-174

3. Moradkhani H., Sargsyan E., Bibak H., Naseri B., Sadat-Hosseini M., Fayazi-Barjin A., Meftahizade H. *Melissa officinalis* L., a valuable medicine plant: A review // Journal of Medicinal Plants Research. V. 4. No. 25. P. 2753–2759.

4. Bepalko L.V., Pinchuk E.V., Ushakova I.T. *Melissa officinalis* L. is a valuable spicy-aromatic crop // Ovoshchi Rossii. 2019. No. 3. P. 57–61 (in Russian). doi: 10.18619/2072-9146-2019-3-57-61

5. Khallouki F., Breuer A., Akdad M., Laassri F.E., Attaleb M., Elmoualij B., Mzibri M., Benbacer L., Owen R.W. Cytotoxic activity of Moroccan *Melissa officinalis* leaf extracts and HPLC-ESI-MS analysis of its phytoconstituents // Futur J Pharm Sci. 2020. V. 6. No. 20. doi: 10.1186/s43094-020-00037-x

6. Teniente S.L., Flores-Gallegos A.C., Esparza-Gonzalez S.C., Campos-Muzquiz L.G., Neri-Flores S.D., Rodriguez-Herrera R. Antitumor effect of pomegranate peel polyphenols against cervical cancer // Antioxidants. 2023. V. 12. No. 1. Article No. 127. doi: 10.3390/antiox12010127

7. Polonsky V.I., Loskutov I.G., Sumina A.V. Breeding for the content of antioxidants in grain as a promising direction for obtaining healthy foods // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018. V. 22. No. 3. P. 343–352 (in Russian). doi: 10.18699/VJ18.370

8. Perez-Galvez A., Viera I., Roca M. Chemistry in the bioactivity of chlorophylls: an overview // Current Medicinal Chemistry. 2017. V. 24. P. 4515–4536. doi: 10.2174/0929867324666170714102619

9. Fokina A.I., Skugoreva S.G., Trefilova L.V., Darovskikh L.V. Determination of oxidative stress indicators in *Melissa officinalis* under the action of micromycete *Fusarium culmorum* and its antagonists // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 2. P. 77–83 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-2-077-083

10. Skugoreva S., Gushchina P., Sharipova Ya.,

- Darovskikh L. Influence of the micromycete *Fusarium culmorum* and its antagonists on the state of the antioxidant system of *Melissa officinalis* L. // *Chimica Techno Acta*. 2022. V. 9. No. 2S. Article No. 202292S5. doi: 10.15826/chimtech.2022.9.2.S5
11. Golovko T.K., Silina E.V., Lashmanova E.A., Kozlovskaya A.V. Reactive oxygen species and antioxidants in living systems: an integrated overview // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 1. P. 17–26 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-017-026
12. Bu X., Ji H., Ma W., Mub Ch., Xianc T., Zhou Zh., Wang F., Xue J. Influence of biochar as a component of a peat-based substrate on the morphological, photosynthetic and biochemical characteristics of *Rhododendron delavayi* Franch // *Horticulture Science*. 2022. V. 302. Article No. 111148. doi: 10.1016/j.scienta.2022.111148
13. Shmaefsky B.R., Husen A. Phytoremediation potential of medicinal plants // *Medicinal plants – their response to abiotic stress*. Singapore: Springer, 2023. P. 443–469.
14. Ranvir R.S., Sahale B.K., Annapur U.S. Microencapsulation of natural pigments // *Novel Processing Methods for Plant-Based Health Foods*. New York: Apple Academic Press, 2023. P. 163–184.
15. Jaime A., da Silva T., Nazarovets S. Variations in the naming of malondialdehyde (MDA) in PubMed-, Scopus-, and Web of science-indexed literature // *International Journal of Phytoremediation*. 2023. V. 25. No. 6. P. 759–764. doi: 10.1080/15226514.2022.2106184
16. Knyazeva I.V., Vershinina O.V., Gudimo V.V., Sorokopudov V.N. Technological methods of growing mint and lemon balm on vertical racks // *Bulletin of KrasSAU*. 2021. No. 11. P. 78–84 (in Russian).
17. Wong L.S., Hashim R., Ali F.H. Strength and permeability of stabilized peat soil // *Journal of Applied Sciences*. 2008. V. 8. No. 21. P. 3986–3990. doi: 10.3923/jas.2008.3986.3990
18. Grekhova I.V. Humic preparation of lowland peat // *Theoretical and Applied Ecology*. 2015. No. 1. P. 85–88 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2015-1-087-090
19. Giménez A., Fernández J. A., Pascual J. A., Ros M., López-Serrano M., Egea-Gilabert C. An agroindustrial compost as alternative to peat for production of baby leaf red lettuce in a floating system // *Scientia Horticulturae*. 2019. V. 246. P. 907–915. doi: 10.1016/j.scienta.2018.11.080
20. Cesonien L., Krikštolaitis R., Daubaras R., Mažeika R. Effects of mixes of peat with different rates of spruce, pine fibers, or perlite on the growth of blueberry saplings // *Horticulturae*. 2023. V. 9. Article No. 151. doi: 10.3390/horticulturae9020151
21. Krasinskaya T.A., Kukharchik N.V. The main characteristics of substrates used in agriculture // *Plodovodstvo*. 2011. V. 23. P. 402–419 (in Russian).
22. Walczak R., Rovdan E., Witkowska-Walczak B. Water retention characteristics of peat and sand mixtures // *Int. Agrophysic*. 2002. V. 16. No. 2. P. 161–165.
23. Maksimova T.V., Nikulina I.N., Pakhomov V.P., Shkarina E.I., Chumakova Z.V., Arzamastsev A.P. Method for determining antioxidant activity // Patent RU 2170930 C1. Application: 2000111126/14, 2000.05.05. Date of publication: 20.07.2001 (in Russian).
24. Lukatkin A.S., Golovanova V.S. Intensity of lipid peroxidation in chilled leaves of heat-loving plants // *Plant Physiology*. 1988. V. 35. No. 4. P. 773–780 (in Russian).
25. Kudryashov A.P., Ditchenko T.I., Molchan O.V., Smolich I.I., Yakovets O.G. *Physiology of plants*. Minsk: BGU, 2011. 76 p. (in Russian).
26. Mironov V.A., Goryachev V.I., Zyuzin B.F. Peat in improving soil fertility // *Trudy Instorfa*. 2014. No. 10 (63). P. 34–39 (in Russian).
27. Blintsov I.K., Ipatiev V.A. The content of ferrous and oxide iron in forest reclaimed peat soils // *Forest science and forestry: republican interdepartmental collection*. Minsk: Vysshaya shkola, 1973. V. 7. P. 99–102.
28. Tang Ch., Chen Y., Zhang Q., Li J., Zhang F., Liu Zh. Effects of peat on plant growth and lead and zinc phytostabilization from lead-zinc mine tailing in southern China: Screening plant species resisting and accumulating metals // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2019. V. 176. P. 42–49. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.03.078
29. Nwozo O.S., Effiong E.M., Aja P.M., Awuchi Ch.G. Antioxidant, phytochemical and therapeutic properties of medicinal plants: a review // *International Journal of Food Properties*. 2023. V. 26. No. 1. P. 359–388. doi: 10.1080/10942912.2022.2157425