

Научная статья/ Research Article

УДК 633.82:631.8

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-26-35

Андрей Владимирович Титенков¹, Инна Валерьевна Князева²,
Оксана Владимировна Вершинина³, Юрий Владимирович Лактионов⁴,
Елена Николаевна Дроботова⁵, Наталья Александровна Каширина⁶

^{1,2,3}Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

⁴Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

^{5,6}НИИ сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Республика Крым, Россия

¹tiandr1996@yandex.ru

²knyazewa.inna@yandex.ru

³vershinina.oks@yandex.ru

⁴Laktionov@arriam.ru

⁵elena-drobotova0345@mail.ru

⁶natalia.kashirina.96@mail.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И СВЕТОДИОДНОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РАСТЕНИЯ ТИМЬЯНА ОБЫКНОВЕННОГО В ЗАКРЫТЫХ АГРОЭКОСИСТЕМАХ

Цель исследования – изучение влияния биоудобрений на основе адаптивных PGPR-бактерий на процесс укоренения черенков тимьяна и оценка воздействия светодиодного облучения на качественные показатели биомассы тимьяна обыкновенного. Объект исследования – Тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.), сорт ‘Крымрозовец’ селекции ФГБУН «НИИСХ Крыма». Оценивали способность к укоренению черенков тимьяна обыкновенного, взятых от маточных растений, посредством применения PGPR-бактерий в контролируемых условиях закрытой агроэкосистемы. На этапе укоренения с применением монокультуры *Arthobacter mysoarens* отмечалось 76 % приживаемости черенков на торфяном субстрате, что соответствовало контрольному варианту (82 %); на минераловатном субстрате наблюдали увеличение приживаемости черенков в 1,8 раз (65 %) по сравнению с контролем (36 %). Обработка черенков тимьяна консорциумом PGPR-бацилл *Bacillus* sp. снизило приживаемость как на торфяном, так и на минераловатном субстратах по сравнению с контролем. При изучении воздействия светодиодной облученности на качественные показатели биомассы тимьяна обыкновенного наблюдались различия в накоплении эфирного масла и синтезе аминокислот. Наибольший выход эфирного масла (1,01 %) был зафиксирован при обработке ФАР 230 ммоль/м²с, наименьший (0,46 %) – при применении ФАР 106 ммоль/м²с. Общее содержание аминокислот (аргинина, лизина, фенилаланина, лейцина + изолейцина, валина, пролина, треонина и аланина) в биомассе тимьяна, выращенного при пониженной облученности освещения (106 ммоль/м²с), было на 23,9 % выше, чем в растениях, выращенных при повышенной облученности (230 ммоль/м²с). Среди всех проанализированных аминокислот преобладают лейцин + изолейцин (Leu + Ile) с общим содержанием от 901,1 (ФАР – 230 ммоль/м²с) до 1055,2 (ФАР – 106 ммоль/м²с) мг/100 г. Для достижения оптимальных параметров качества получаемого сырья можно рекомендовать выращивание растений в условиях пониженной светодиодной облученности при ФАР 106 ммоль/м²с закрытой агроэкосистемы.

Ключевые слова: тимьян, ризобактерии, облученность, укоренение, эфирное масло, аминокислоты, закрытые агроэкосистемы

Для цитирования: Оценка влияния биопрепаратов и светодиодного облучения на растения тимьяна обыкновенного в закрытых агроэкосистемах / А.В. Титенков [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 9. С. 26–35. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-26-25.

Andrey Vladimirovich Titenkov¹, Inna Valeryevna Knyazeva², Oksana Vladimirovna Vershinina³, Yuri Vladimirovich Laktionov⁴, Elena Nikolayevna Drobotova⁵, Natalia Alexandrovna Kashirina⁶

^{1,2,3}Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

⁴All-Russian Research Institute of Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Pushkin, Russia

^{5,6}Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Republic of Crimea, Russia

¹tiandr1996@yandex.ru

²knyazewa.inna@yandex.ru

³vershinina.oks@yandex.ru

⁴Laktionov@arriam.ru

⁵elena-drobotova0345@mail.ru

⁶natalia.kashirina.96@mail.ru

ASSESSMENT OF THE BIOLOGICAL PRODUCTS AND LED IRRADIATION INFLUENCE ON THYME PLANTS IN CLOSED AGROECOSYSTEMS

The aim of the study is to investigate the effect of biofertilizers based on adaptive PGPR bacteria on the rooting process of thyme cuttings and to evaluate the impact of LED irradiation on the quality indicators of common thyme biomass. The object of the study was common thyme (*Thymus vulgaris* L.), variety Krymrozovets, bred by the Federal State Budgetary Scientific Institution Research Institute of Agriculture of Crimea. The rooting ability of common thyme cuttings taken from mother plants was assessed using PGPR bacteria under controlled conditions of a closed agroecosystem. At the rooting stage using the *Arthobacter mysorens* monoculture, 76 % of cuttings took root on a peat substrate, which corresponded to the control variant (82 %); on a mineral wool substrate, an increase in the survival rate of cuttings by 1.8 times (65 %) was observed compared to the control (36 %). Treatment of thyme cuttings with a consortium of PGPR bacilli *Bacillus* sp. reduced survival on both peat and mineral wool substrates compared to the control. When studying the effect of LED irradiation on the qualitative indices of common thyme biomass, differences in the accumulation of essential oil and in the synthesis of amino acids were observed. The highest yield of essential oil (1.01 %) was recorded when treating with PAR of 230 mmol/m²s, the lowest (0.46 %) – when using PAR of 106 mmol/m²s. The total content of amino acids (arginine, lysine, phenylalanine, leucine + isoleucine, valine, proline, threonine and alanine) in the biomass of thyme grown under reduced irradiance (106 mmol/m²s) was 23.9 % higher than in plants grown under increased irradiance (230 mmol/m²s). Among all the analyzed amino acids, leucine + isoleucine (Leu + Ile) predominate with a total content from 901.1 (PAR – 230 mmol/m²s) to 1055.2 (PAR – 106 mmol/m²s) mg/100 g. To achieve optimal quality parameters of the obtained raw materials, it is recommended to grow plants under conditions of reduced LED irradiation at a PAR of 106 mmol/m²s of a closed agroecosystem.

Keywords: thyme, rhizobacteria, irradiation, rooting, essential oil, amino acids, closed agroecosystems

For citation: Assessment of the biological products and led irradiation influence on thyme plants in closed agroecosystems / A.V. Titenkov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(9): 26–35 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-9-26-35.

Введение. Лекарственные и эфиромасличные растения, относящиеся к семейству *Lamiaceae* (Яснотковые), представляют собой ценный растительный ресурс и являются источником биологически активных веществ (БАВ), которые могут быть использованы как биопестициды, биологически активные добавки к продуктам питания и кормам, основа для биомедицинских и биофармацевтических препаратов.

Представители рода *Thymus* известны своими лечебными свойствами, включая антибактериальные, противомикробные, противовирусные и противогрибковые (*T. vulgaris*, *T. Carma-*

nica, *T. pubescens*, *T. kotschyanus*, *T. persicus*, *T. daenensis*) [1]. Эфирное масло тимьяна обыкновенного входит в десятку самых известных эфирных масел в мире. Его мировое производство оценивается в 1,2 миллиона долларов США. Ежегодный объем мировой торговли тимьяном составляет около 15 000 т. Турция является крупнейшим производителем и экспортером (примерно на 11 000 т в год), за ней следуют Мексика, Греция и Израиль. Основными странами, импортирующими тимьян из Турции, являются США, Германия, Италия и Канада [2].

Естественных популяций тимьяна обыкновенного недостаточно для удовлетворения такого большого и даже растущего спроса на его продукцию. Поэтому актуальной является разработка эффективных приемов размножения и выращивания тимьяна в культуре.

Рост растений могут стимулировать ризобактерии (PGPR), образующие колонии на их корнях [3]. Одной из стратегий улучшения способности к укоренению древесных пород является использование ризосферных бактерий для стимуляции укоренения. Исследования показали, что ризосферные бактерии влияют на укореняемость черенков эвкалипта [4]. Микробиологический инокулянт *Bacillus subtilis* 8-32 может быть применен для стимулирования роста корней, побегов и улучшения качества саженцев сосны (*Pinus bungeana* Zuss.) в процессе выращивания [5]. Ряд непатогенных ризосферных бактерий, принадлежащих к родам *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Brassica*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Serratia*, прямо или косвенно усиливают рост растений [6].

Накопление и конечный состав эфирных масел в растениях в значительной степени зависят от погодных-климатических условий, технологии выращивания и фазы онтогенеза на момент заготовки сырья. Количество и качество света играют важную роль в формировании растений и синтезе в них эфирных масел. Исследования по выращиванию ароматических растений выявили различия по накоплению и составу в них эфирного масла в зависимости от светового спектра во время выращивания [7].

Согласно литературным данным, содержание эфирного масла в сухой биомассе тимьяна колеблется от 0,3 до 4,0 % [8]. N. Gavaric и другие показали, что накопление эфирного масла в биомассе тимьяна из Сербии находится в пределах 0,8–2,6 % [9].

Интенсивность и качество света контролируют реакции растений, включая фитохимические и физиологические процессы. Во многих исследованиях сообщалось об усилении роста растений и увеличении содержания в них лекарственных компонентов за счет изменения качества освещения в контролируемых условиях закрытых агроэкосистем [10–12].

Цель исследования – изучение влияния биоудобрений на основе адаптивных PGPR-бактерий на процесс укоренения черенков тимьяна и оценка воздействия светодиодного облучения на качественные показатели биомассы тимьяна обыкновенного.

Объекты и методы. Объект исследования – тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.), сорт 'Крымрозовец' селекции ФГБУН «НИИСХ Крыма» (авторы Платонова Т.В., Серкова А.А.). Растения высотой (23,1 ± 0,3) см, с прямостоячими стеблями, одревесневающими в нижней части. Листья светло-зеленые, мелкие, длиной 7–9 мм и шириной 2 мм, короткочерешковые. По данным конкурсного сортоиспытания массовая доля эфирного масла в свежем сырье – (0,651 ± 0,045) % ((2,576 ± 0,067) % от абсолютно сухого сырья). Особенностью данного сорта является то, что основным компонентом получаемого из его сырья эфирного масла является не типичный для данного вида тимол, а линалоол ((81,0 ± 0,4) %), представляющий ценность, обусловленную сильными антибиотическими, противовоспалительным, анксиолитическим, антиоксидантным и другими ценными свойствами [13–15].

Для проведения опытов по черенкованию тимьяна были использованы биопрепараты на основе консорциума PGPR-бацилл *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* (далее *Bacillus* sp.) и монокультура *Arthrobacter mysorens*, полученные из ФГБНУ Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург).

Размножение тимьяна проводили зелеными черенками длиной (6 ± 1) см. Черенки обрабатывали исходным раствором биоудобрений в концентрации не менее 2,0 млрд КОЕ/мл с экспозицией 30 мин, затем помещали в горшки с торфяным питательным и в кубики с минераловатным субстратами. Контролем служили необработанные черенки тимьяна (рис. 1).

Укоренение черенков тимьяна (n = 50 шт. на вариант) осуществлялось в контролируемых условиях климатической камеры при светодиодном освещении 230 ммоль/м²с, суточной температуре (20 ± 2) °С, фотопериоде 18 ч и относительной влажности воздуха (70 ± 5) % на протяжении 20 сут. Горшки и кубики орошались каждые два дня.



Рис. 1. Необработанные черенки тимьяна (контроль): А – заготовленные зеленые черенки тимьяна сорта 'Крымрозовец'; Б – варианты рабочих растворов: 1 – контроль (H_2O); 2 – *Bacillus* sp., 3 – *Arthobacter mysorens*

После завершения этапа укоренения нами были отобраны ($n = 20$ шт. на вариант) укоренившиеся растения тимьяна на торфяном субстрате (контроль) для проведения дальнейших исследований по влиянию разной облученности светодиодного освещения на качественные показатели. Выращивание растений осуществлялось в климатической камере с суточной температурой (23 ± 2) °С, относительной влажностью воздуха (60 ± 5) % и фотопериодом 16 ч. Полив осуществлялся каждые 72 ч питательным раствором, содержащим основные питательные элементы со значениями: рН ($5,9 \pm 0,3$) и электропроводность (ЕС) $1,2 \text{ мСм} \cdot \text{см}^{-1}$.

При проведении исследований были установлены два варианта облученности со спектральным составом в диапазоне от 380 до 780 нм (рис. 2):

1. Вариант облученности ФАР (фотосинтетическая активная радиация) на уровне растений – $106 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$ с параметрами: синий/blue ($18 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$), зеленый/green ($47 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$), красный/red ($38 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$) и дальний красный ($3 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$) спектр.

2. Вариант облученности ФАР на уровне растений – $230 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$ с параметрами: синий/blue ($40 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$), зеленый/green ($104 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$), красный/red ($80 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$) и дальний красный ($6 \text{ ммоль/м}^2\text{с}$) спектр.

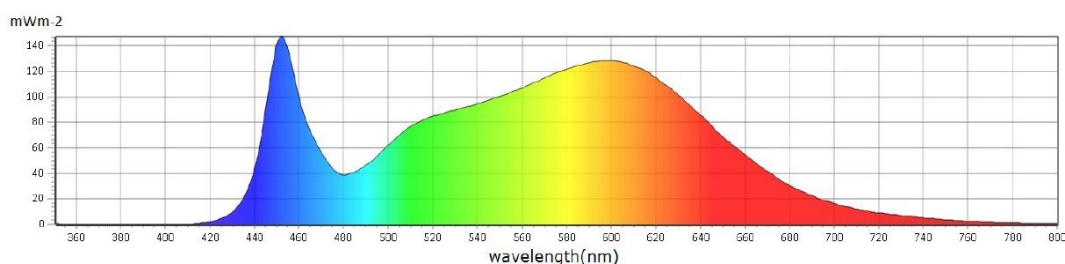


Рис. 2. Спектральный состав освещения (пропорции B:G:R ~ 17:45:35) при выращивании растений тимьяна

Измерения интенсивности освещения проводили на уровне растений с использованием спектрального измерителя ФАР MK350D Compact Spectrometer (UPRtek Corp. Miaoli County, Тайвань).

Определение массовой доли аминокислот проводили методом капиллярного электрофореза с использованием аналитического комплекса на основе системы капиллярного электрофореза «Капель-205» (Россия).

Массовую долю эфирного масла определяли в свежесрезанном сырье методом гидродистилляции по Гинзбергу. Масса навески свежего сырья для определения содержания эфирного масла составляла 50 г, повторность 3-кратная.

Статистическую обработку результатов проводили по стандартным методикам. Использовали НСР и тест Дункана для проверки значимости полученных данных при уровне вероятности $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Применение PGPR-бактерий для черенкования в качестве средства, стимулирующего корнеобразование, не было широко изучено для тимьяна. Мы стремились оценить способность к укоренению черенков, взятых от маточных растений, посред-

ством применения PGPR-бактерий в контролируемых условиях закрытой агроэкосистемы.

В результате исследований влияния типа субстрата и биоудобрений было подсчитано количество прижившихся черенков после трех недель роста (рис. 3).

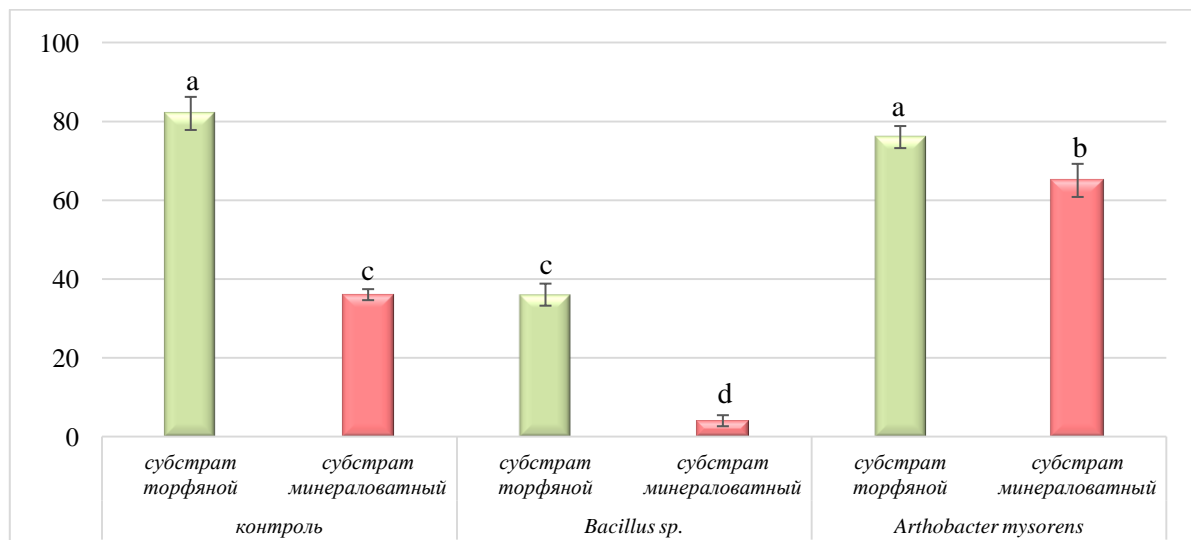


Рис. 3. Влияние биоудобрений и типа субстрата на процесс приживаемости черенков тимьяна на 20-е сут наблюдений, %

Установлено, что на этапе укоренения с применением монокультуры *Arthobacter mysorens* отмечалось 76 % приживаемости черенков на торфяном субстрате, что соответствовало контрольному варианту (82 %). Анализ приживаемости черенков тимьяна на минераловатном субстрате показал ее увеличение в 1,8 раз

(65 %) по сравнению с контролем (36 %) при использовании *Arthobacter mysorens*. Черенки имели хорошо развитую корневую систему. Обработка *Arthobacter mysorens* превзошла другие обработки как на торфяном, так и на минераловатном субстратах по укореняемости черенков тимьяна (рис. 4).



Рис. 4. Укоренившиеся зеленые черенки тимьяна сорта 'Крымрозовец' на 20-е сут наблюдений: 1 – субстрат минераловатный (контроль); 2 – субстрат минераловатный *Bacillus sp.*; 3 – субстрат минераловатный *Arthobacter mysorens*; 4 – субстрат торфяной (контроль); 5 – субстрат торфяной *Bacillus sp.*; 6 – субстрат торфяной *Arthobacter mysorens*

Применение биоудобрений на основе консорциума PGPR-бацилл *Bacillus* sp. снизило приживаемость черенков на торфяном субстрате в 2,7 раза и составило 36 % по сравнению с контрольным вариантом. Черенкование тимьяна на минераловатном субстрате не только подавляло развитие корневой системы, но и приводило к массовой гибели черенков. Общий средний процент выживших укорененных черенков составил всего 4 %.

Принимая во внимание растущий в последнее время интерес в мировом масштабе к выращиванию лекарственных растений в закрытом грунте, а также учитывая генотипическую и видовую зависимость световых реакций, мы провели исследования по влиянию разной светодиодной облученности на качественные показатели биомассы тимьяна.

Результаты показали, что между исследуемыми параметрами облученности светодиодного освещения наблюдались значительные различия по содержанию эфирного масла в биомассе тимьяна. Наибольший выход эфирного масла (1,01 %) был зафиксирован при обработке ФАР 230 ммоль/м²с, наименьший (0,46 %) – при использовании ФАР 106 ммоль/м²с. Среднее процентное содержание эфирного масла при обработке ФАР 230 ммоль/м²с увеличилось на 120 %, чем при обработке ФАР 106 ммоль/м²с.

В соответствии с требованием статьи ФС.2.50097.18 «Тимьяна обыкновенного трава» содержание эфирного масла должно быть не менее 1 % в сухом сырье. По данным 3 лет наблюдений у вида тимьяна обыкновенного разных сортов, выращенных в открытом грунте, общее содержание масла находилось в пределах 1,24 % (сортов Медок и Deutsche Winter); 1,33 (сорта Di Roma) и 1,6 % (образец из Чехии), которые соответствовали требованиям. Остальные образцы только в отдельные годы соответствовали необходимому критерию [16].

Разная облученность светодиодного освещения повлияла на высоту растений тимьяна. Наименьшая высота была зафиксирована при облученности ФАР 106 ммоль/м²с и составила (21,1 ± 0,2) см, что соответствовало параметрам растений используемого в опыте сорта тимьяна, выращиваемого в открытом грунте. При увеличении облученности до 230 ммоль/м²с высота растений составила (32,3 ± 0,3) см. Как показано на рисунке 5, биомасса тимьяна была значительно увеличена (в 1,4 раза) по массовой доле сухого вещества 37,7 % под светодиодным облучением с ФАР 230 ммоль/м²с. Воздействие более низкой облученности 106 ммоль/м²с способствовало меньшему накоплению доли сухого вещества – 25,9 %. Причина значительного накопления биомассы и сопутствующего быстрого развития тимьяна связано с повышением ФАР.

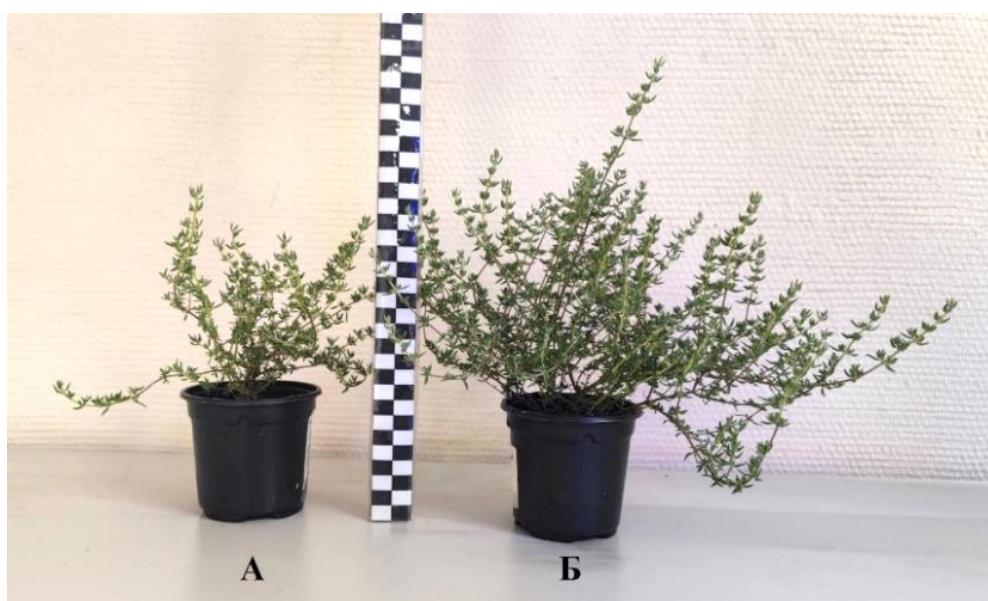


Рис. 5. Внешний вид тимьяна сорта 'Крымрозовец', выращенного при разной облученности светодиодного освещения на 82-е сут наблюдений: А – при ФАР 106 ммоль/м²с (вариант 1); Б – ФАР 230 ммоль/м²с (вариант 2)

Наибольшее количество незаменимых аминокислот человек получает с пищей, и основная их доля поступает из растений. В отличие от людей и животных растения сами синтезируют все протеиногенные аминокислоты [17]. Аминокислоты являются биоактиваторами, обеспечивающими растению энергию для компенсации потерь, вызванных дыханием.

Нами был исследован аминокислотный состав биомассы тимьяна (20 аминокислот). Среди всех проанализированных аминокислот преобладают лейцин+изолейцин (Leu+Ile) с общим содержанием от 901,1 (ФАР – 230 ммоль/м²с) до 1055,2 (ФАР – 106 ммоль/м²с) мг/100 г (рис. 6).

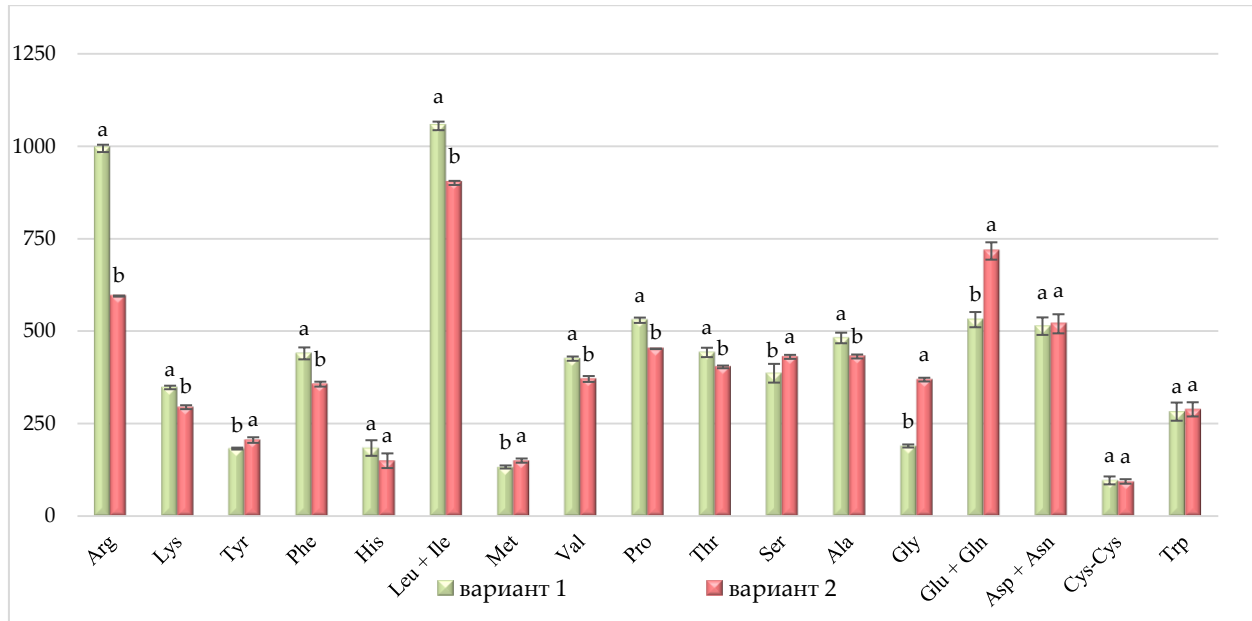


Рис. 6. Общее содержание аминокислот в биомассе тимьяна сорта 'Крымрозовец' (вариант 1 (ФАР – 106 ммоль/м²с); вариант 2 (ФАР – 230 ммоль/м²с)), мг/100 г воздушно-сухого сырья

В условиях пониженной облученности освещения (вариант 1) отмечали существенное увеличение содержания следующих аминокислот: аргинина, лизина, фенилаланина, лейцина+изолейцина, валина, пролина, треонина и аланина. Накопление аргинина имеет высокое соотношение азота к углероду, растения склонны накапливать азот в виде аргинина, когда азота много. Наибольшее количество аргинина в биомассе тимьяна соответствовало значению – 994,4 мг/100 г при ФАР 106 ммоль/м²с (вариант 1) по отношению к 595,0 мг/100 г при ФАР 230 ммоль/м²с (вариант 2).

Незаменимые аминокислоты, такие как лизин, метионин, треонин и триптофан, часто присутствуют в растениях в низких концентрациях, ограничивая их питательную ценность [18]. В наших исследованиях накопление лизина и треонина было статистически достоверно увеличено при пониженной облученности освещения (ва-

риант 1) и составило 345,9 и 442,7 мг/100 г соответственно (см. рис. 6).

Повышенная облученность (вариант 2) положительно повлияла на накопление в биомассе тимьяна метиониновой аминокислоты (150,2 мг/100 г), а также тирозина, серина, глицина, и на комплекс глутаминовой кислоты+глутамин.

Таким образом, общее содержание аминокислот (аргинина, лизина, фенилаланина, лейцина+изолейцина, валина, пролина, треонина и аланина) в биомассе тимьяна, выращенного при пониженной облученности освещения (106 ммоль/м²с), было примерно на 23,9 % выше, чем в растениях, выращенных при повышенной облученности (230 ммоль/м²с).

Различные варианты светодиодной облученности не повлияли на содержание гистидина, аспарагиновой кислоты + аспарагинтриптофана, цистина и триптофана.

Заключение. Условия освещения по-разному повлияли на ростовые процессы и накопление биологически активных веществ в биомассе тимьяна, выращенного в закрытой агроэкосистеме. Использование облученности в области ФАР 106 ммоль/м²с привело к снижению интенсивности формирования вегетативных побегов и соответственно к снижению массовой доли сухого вещества до 25,9 %. Также наблюдали снижение эфирного масла до 0,46 % при пониженной облученности. Однако при этом содержание большинства аминокислот, таких как аргинин, лизин, фенилаланин, лейцин + изолейцин, валин, пролин, треонин и аланин, в растительной продукции тимьяна возрастало. Повышенная облученность ФАР 230 ммоль/м²с в значительной степени способствовала повышению содержания эфирного масла до 1,01 % в биомассе тимьяна и ряда аминокислот (метионина, серина, глицина и на комплекс глутаминовой кислоты + глутамина).

Список источников

1. Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *Thymus vulgaris* / M.A. Hossain [et al.] // Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2013. 3(9), 705–710.
2. *In vitro* propagation from young and mature explants of thyme (*Thymus vulgaris* and *T. longicaulis*) resulting in genetically stable shoots / E.A. Ozudogru [et al.] // In Vitro Cell.Dev.Biol.-Plant 2011. 47, 309–320. DOI: 10.1007/s11627-011-9347-6.
3. Biology Rhizosphere Colonization Determinants by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) / G. Santoyo [et al.] // Biology 2021, 10, 475.
4. Nwigwe C., Fossey A., de Smidt O. Effects of Plant Growth Promoting Rhizospheric Bacteria (PGPR) on Survival, Growth and Rooting Architecture of Eucalyptus Hybrid Clones. Forests 2023, 14, 1848. DOI: 10.3390/f14091848.
5. Enhanced Root and Stem Growth and Physiological Changes in *Pinus Bungeana* Zucc / Y.M. Liu [et al.] // Seedlings by Microbial Inoculant Application. Forests 2022. 13, 1836.
6. Inoculation of *Brassica oxyrrhina* with Plant Growth Promoting Bacteria for the Improvement of Heavy Metal Phytoremediation under Drought Conditions / Y. Ma [et al.] // J. Hazard. Mater. 2016. 320, 36–44.
7. Modification of light intensity influence essential oils content, composition and antioxidant activity of thyme, marjoram and oregano / L. Milenković [et al.] // Saudi Journal of Biological Sciences, 2021 V. 28, 11, 6532–6543. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.07.018.
8. The new *Thymus vulgaris* L. hybrid cultivar (Varico 3) compared to five established cultivars from Germany, France and Switzerland / C. Carlen [et al.] // Acta Hort. 2010. (860), P. 161–166. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.860.23.
9. Natural products as antibacterial agents – antibacterial potential and safety of post-distillation and waste material from *Thymus vulgaris* L., *Lamiaceae* concepts, compounds and the alternatives of antibacterials. Varaprasad Bobbarala / N. Gavarić [et al.] // Intech Open, 2015. P. 123–151. DOI: 10.5772/60869.
10. Thymol, carvacrol, and antioxidant accumulation in *Thymus* species in response to different light spectra emitted by light-emitting diodes / B. Tohidi [et al.] // Food Chemistry, 2020. Vol. 307, 125521. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125521
11. Tabbert J.M., Schulz H., Krämer A. Increased Plant Quality Greenhouse Productivity and Energy Efficiency with Broad-Spectrum LED Systems: A Case Study for Thyme (*Thymus vulgaris* L.). // Plants 2021. 10, 960. DOI: 10.3390/plants10050960.
12. Ali He, Tong Y. Volatile oil concentration and growth of thyme (*Thymus vulgaris* L.) plants responded to red to blue light ratios. // Technology in Horticulture. 2023. 3:2. DOI: 10.48130/ТИН-2023-0002.
13. Паштецкий В.С., Невкрытая Н.В. Использование эфирных масел в медицине, ароматерапии, ветеринарии и растениеводстве (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1 (13). С. 18–40.
14. Anti-psoriatic effect of *Lavandula angustifolia* essential oil and its major components linalool and linalyl acetate / Vineet Kumar Rai [et al.] // Journal of Ethnopharmacology, 2020. Vol. 261. 113127. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113127.
15. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopu->

- shchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-raste-ni/krymrozovets-timyan (дата обращения: 22.02.2024).
16. Маланкина Е.Л., Аль Карави Х.А.Х. Внутривидовая изменчивость морфологических признаков и биохимических показателей тимьяна обыкновенного // Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. М., 2023. С. 173–176. DOI: 10.52101/9785870191102_173.
 17. Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato [et al.] // Front. Plant Sci. 2021. 12:772810. DOI: 10.3389/fpls.2021.772810.
 18. Galili G., Amir R., Fernie A.R. The Regulation of Essential Amino Acid Synthesis and Accumulation in Plants // Annual Review of Plant Biology 2016. Vol. 6, 67:153. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-112213.
 7. Modification of light intensity influence essential oils content, composition and antioxidant activity of thyme, marjoram and oregano / L. Milenković [et al.] // Saudi Journal of Biological Sciences, 2021 V. 28, 11, 6532–6543. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.07.018.
 8. The new *Thymus vulgaris* L. hybrid cultivar (Varico 3) compared to five established cultivars from Germany, France and Switzerland / C. Carlen [et al.] // Acta Hort. 2010. (860), P. 161–166. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.860.23.
 9. Natural products as antibacterial agents – antibacterial potential and safety of post-distillation and waste material from *Thymus vulgaris* L., *Lamiaceae* concepts, compounds and the alternatives of antibacterials. Varaprasad Bobbarala / N. Gavarić [et al.] // Intech Open, 2015. P. 123–151. DOI: 10.5772/60869.
 10. Thymol, carvacrol, and antioxidant accumulation in *Thymus* species in response to different light spectra emitted by light-emitting diodes / B. Tohidí [et al.] // Food Chemistry, 2020. Vol. 307, 125521. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125521
 11. Tabbert J.M., Schulz H., Krähmer A. Increased Plant Quality Greenhouse Productivity and Energy Efficiency with Broad-Spectrum LED Systems: A Case Study for Thyme (*Thymus vulgaris* L.). // Plants 2021. 10, 960. DOI: 10.3390/plants10050960.
 12. Ali He, Tong Y. Volatile oil concentration and growth of thyme (*Thymus vulgaris* L.) plants responded to red to blue light ratios. // Technology in Horticulture. 2023. 3:2. DOI: 10.48130/THH-2023-0002.
 13. Pashteckij V.S., Nevkrytaya N.V. Ispol'zovanie `efimnyh masel v medicine, aromaterapii, veterinarii i rastenievodstve (obzor) // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 1 (13). S. 18–40.
 14. Anti-psoriatic effect of *Lavandula angustifolia* essential oil and its major components linalool and linalyl acetate / Vineet Kumar Rai [et al.] // Journal of Ethnopharmacology, 2020. Vol. 261. 113127. DOI: 10.1016/j.jep.2020.113127.
 15. URL: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-seleksionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-raste->

References

- ni/krymrozovets-timyan (дата обращения: 22.02.2024).
16. *Malankina E.L., Al' Karavi H.A.H.* Vnutrividovaya izmenchivost' morfologicheskikh priznakov i biohimicheskikh pokazatelej tim'yana obyknovennogo // Sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. M., 2023. С. 173–176. DOI: 10.52101/9785870191102_173.
17. *Amino Acids in Plants: Regulation and Functions in Development and Stress Defense / M. Trovato [et al.] // Front. Plant Sci.* 2021. 12:772810. DOI: 10.3389/fpls.2021.772810.
18. *Galili G., Amir R., Fernie A.R.* The Regulation of Essential Amino Acid Synthesis and Accumulation in Plants // *Annual Review of Plant Biology* 2016. Vol. 6, 67:153. DOI: 10.1146/annurev-arplant-043015-112213.

Статья принята к публикации 05.09.2024 / The article accepted for publication 05.09.2024.

Информация об авторах:

Андрей Владимирович Титенков¹, лаборант-исследователь лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов

Инна Валерьевна Князева², старший научный сотрудник, заведующая лабораторией исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов, кандидат биологических наук

Оксана Владимировна Вершинина³, научный сотрудник лаборатории исследований технологических свойств сельскохозяйственных материалов, кандидат сельскохозяйственных наук

Юрий Владимирович Лактионов⁴, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий, кандидат биологических наук

Елена Николаевна Дроботова⁵, научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра эфиромасличных культур

Наталья Александровна Каширина⁶, научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра эфиромасличных культур

Information about the authors:

Andrey Vladimirovich Titenkov¹, Laboratory Assistant-Researcher at the Laboratory of Research of Technological Properties of Agricultural Materials

Inna Valeryevna Knyazeva², Senior Researcher, Head of the Laboratory for Research of Technological Properties of Agricultural Materials, Candidate of Biological Sciences

Oksana Vladimirovna Vershinina³, Researcher at the Laboratory of Research on Technological Properties of Agricultural Materials, Candidate of Agricultural Sciences

Yuri Vladimirovich Laktionov⁴, Leading Researcher at the Laboratory of Ecology of Symbiotic and Associative Rhizobacteria, Candidate of Biological Sciences

Elena Nikolayevna Drobotova⁵, Researcher at the Breeding and Seed Center of Essential Oilseed Crops

Natalia Alexandrovna Kashirina⁶, Researcher at the Breeding and Seed Center of Essential Oilseed Crops

