

УДК 58.035.4
DOI: 10.26456/vtbio401

ВЛИЯНИЕ СВЕТА РАЗЛИЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ШАЛФЕЯ ДУБРАВНОГО В УСЛОВИЯХ *IN VITRO**

В.А. Черных, Л.А. Тохтарь, В.К. Тохтарь

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

Исследование направлено на поиск оптимальных световых режимов, которые позволяют управлять ростом и развитием растений шалфея дубравного в условиях *in vitro*. Для оценки влияния света различного спектрального состава на морфометрические показатели растений шалфея дубравного в условиях *in vitro* были изучены пять вариантов освещения с разными соотношениями красного, синего и зеленого света. Сравнение высоты микрорастений, количества образовавшихся побегов и листьев позволило определить наиболее подходящий спектральный состав света для культивирования ш. дубравного.

Ключевые слова: шалфей дубравный, *Salvia nemorosa*, световые спектры, *in vitro* культивирование, оптимизация освещения, эфиромасличные культуры.

Введение. Эфиромасличные культуры представляют собой важный элемент современного сельского хозяйства и фармацевтической индустрии, благодаря своей способности вырабатывать биологически активные соединения. Эти растения являются источником ценных эфирных масел, находящих применение в медицине, косметологии, пищевой промышленности и ароматерапии. Особый интерес для науки и агропромышленного комплекса представляет *Salvia nemorosa* L. (шалфей дубравный). Интерес вызван его целебными свойствами и способностью адаптироваться к различным условиям, что делает его привлекательным для выращивания в разных климатических зонах. Однако традиционные методы сталкиваются с медленным ростом этих растений и их зависимостью от конкретных почвенно-климатических

* Исследование выполнено в рамках проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 075-15-2024-540 «Разработка природоподобных технологий управления свойствами и качественными показателями растений с использованием методов биофотоники и цифровых систем»).

условий.

Технологии *in vitro* позволяют ускорить размножение, сохранить генетические ресурсы и контролировать биохимический состав растений. (Тохтарь и др., 2017). Одним из ключевых аспектов оптимизации условий выращивания растений является регулирование освещения. Спектр света существенно влияет на фотосинтетическую активность и накопление вторичных метаболитов. Использование биотехнологий и точного контроля режимов выращивания растений может способствовать созданию оптимальной системы для выращивания эфиромасличных растений (Zhou et al., 2019; Muratova et al., 2020).

Шалфей дубравный (*Salvia nemorosa* L.) — многолетнее травянистое растение, семейства Яснотковые (Lamiaceae), достигающее в высоту от 40 до 100 сантиметров. Его стебли прямые, ветвистые, с характерной ребристой поверхностью, покрытой пушистыми листьями. Листья имеют размер от 4 до 10 сантиметров. Цветки шалфея дубравного собраны в ложные мутовки, образуя верхушечное колосовидное соцветие. Период цветения этого растения приходится на июнь и август. В природе шалфей дубравный произрастает в средней полосе европейской части России. Он предпочитает сухие луга, степи, обочины дорог и поля (Дудченко и др., 1989).

S. nemorosa является источником биологически активных метаболитов. В ходе одного из исследований были проанализированы эфирные масла, полученные из листьев и цветков шалфея дубравного. В результате было установлено, что масла, полученные из листьев и цветков, содержат схожие основные соединения: спатуленол (57,8 и 23,0%) и оксид кариофиллена (28,2 и 45,0%). Также в маслах преобладали оксигенированные сесквитерпены (86 и 68% соответственно).

Эфирное масло, полученное из шалфея дубравного, обладает высоким антимикробным потенциалом. Более чувствительными к его действию оказались грамположительные бактерии. Эфирное масло из листьев продемонстрировало высокую ингибирующую активность против *Staphylococcus aureus*, а масло из цветков — против *Candida albicans*. Результаты исследования показывают, что *Salvia nemorosa* обладает высокой антимикробной активностью в отношении грамположительных бактерий и штаммов грибов по сравнению с другими видами рода *Salvia* (Bahadori et al., 2017).

Методика. В рамках нашего исследования изучено влияние спектрального состава светового излучения на морфометрические параметры растений шалфея дубравного при культивировании в условиях *in vitro*. Микро растения культивировались на среде Мурасиге-Скуга (Murashige, Skoog, 1962) с добавлением 0,25 мг/л 6-

бензиламинопурина. Значение pH среды корректировалось до 5,6–5,8 с использованием децинормального раствора NaOH. Стерилизация осуществлялась автоклавированием (1 атм, 20 мин). Растения выращивались в колбах объемом 250 мл, содержащих 50 мл среды, герметизированных алюминиевой фольгой и лентой «Парафильм».

Влияние спектрального состава на характеристики роста и развития растений изучали на фитостеллажах «X-bright Fito Spectr V1.0» производства ООО «Электронные системы «БелГУ».

Фитостеллажи «X-bright Fito Spectr V1.0» оснащены диодными источниками освещения с возможностью регулировки спектрального состава и интенсивности светового излучения. Система управления фитостеллажами выполнена на базе панельного логического контроллера, при этом работа каждой из полок фитостеллажа осуществляться по индивидуальному графику, определяемому оператором в настройках системы. Контрольную группу растений культивировали на фитостеллажах, оснащенных светодиодными лампами Navigator (220V T8 G13 18W 6500K 120 0мм 1600Лм).

Спектральный анализ источников света проводили спектрометром UPRtek MK350D, что позволило количественно оценить параметры излучения и подобрать оптимальные режимы облучения.

В экспериментах использовались 5 вариантов освещения с различным соотношением красного (R), синего (B) и зеленого (G) света (табл. 1):

- 1 – R:B:G = 1:1:1,
- 2 – G:B:R = 2:1:1,
- 3 – B:R:G = 2:1:1,
- 4 – R:B:G = 2:1:1,
- 5 – контроль.

Таблица 1

Варианты спектрального состава и интенсивности освещения растений в контрольной и экспериментальных группах

Показатель	Вариант опыта				
	1	2	3	4	5 (контроль)
PPF	50,04	44,20	51,46	59,79	44,18
PPF-B	18,19	12,56	24,47	17,29	12,53
PPF-G	16,21	20,16	12,38	14,45	13,85
PPF-R	16,08	12,01	14,94	28,42	18,04

В помещении лаборатории поддерживалась температура воздуха в пределах $24 \pm 2^\circ\text{C}$, влажность воздуха – 50%.

Продолжительность светового периода 16-часов. После 28-суточного цикла анализировали морфометрические параметры: высоту эксплантов; количество побегов, листьев и жизнеспособность растений. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel 2024.

Результаты и обсуждение. В ходе исследований было установлено, что различные спектры света по-разному влияют на рост и развитие растений *Salvia nemorosa* (рис. 1, табл. 2).

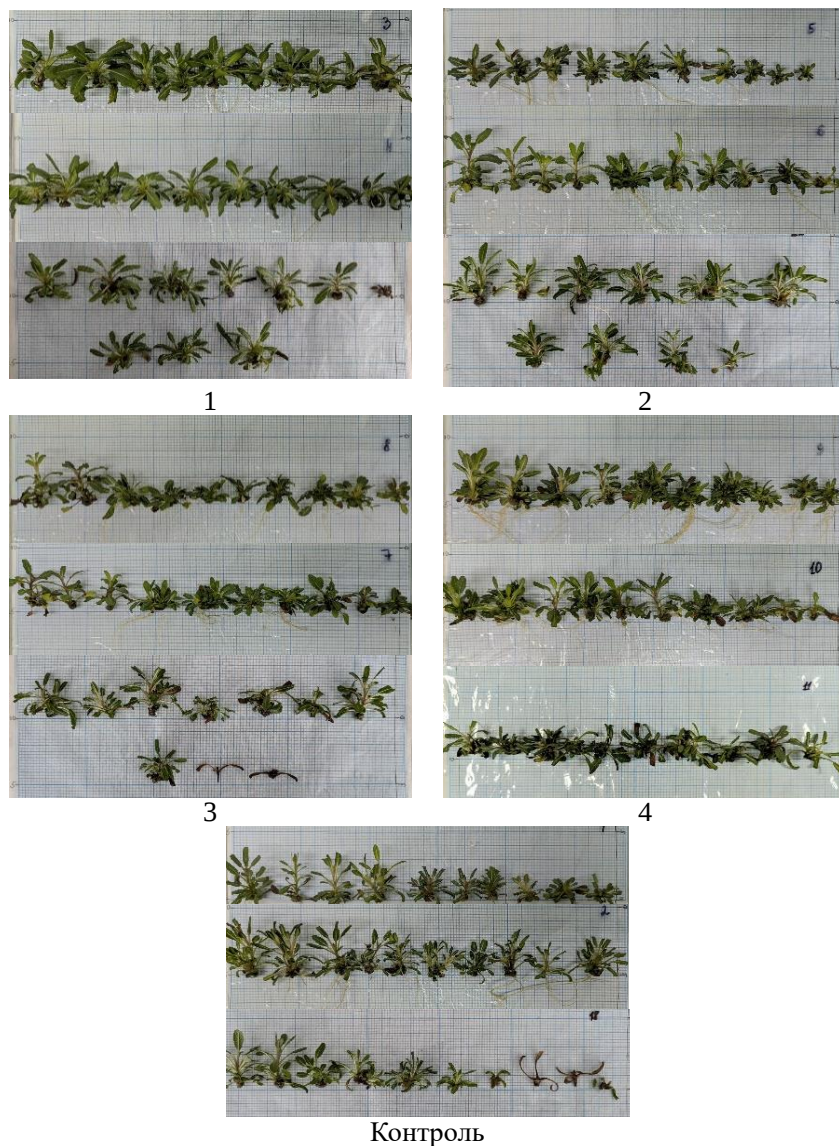


Рис. 1. Влияние различных спектров на рост и развитие растений шалфея дубравного в условиях *in vitro*: 1, 2, 3, 4 – режимы освещения в эксперименте

Таблица 2

Влияние светового излучения различного спектрального состава на морфометрические показатели растений *Salvia nemorosa* L. в условиях *in vitro*

Вариант освещения	Высота, см	Кол-во побегов, шт	Кол-во листьев, шт	% жизнеспособных
1	2,79±0,49	1,83±0,86	20,62±5,6	96,67
2	2,52±0,7	2,07±0,62	20,4±5,59	100
3	2,38±0,59	2,21±0,7	22,5±7,36	93,33
4	2,34±0,61	2,87±0,84	26,2±8,63	100
5 (контроль)	2,72±0,62	2±0,62	21,81±3,9	86,67

При первом варианте освещения высота растений достигала своего максимального значения и составляла $2,79 \pm 0,49$ см. В вариантах 3 и 4 этот показатель был минимальным и составлял $2,38 \pm 0,59$ и $2,34 \pm 0,61$ см соответственно. Наибольшее количество побегов было зафиксировано при использовании четвёртого варианта - $2,87 \pm 0,84$ шт. Наименьшее количество побегов наблюдалось при использовании режима освещения в первом варианте - $1,83 \pm 0,86$ шт. Максимальное количество листьев было получено при применении четвёртого варианта - $26,2 \pm 8,63$ шт., минимальное - при первом и втором вариантах - $20,62 \pm 5,6$ и $20,4 \pm 5,59$ шт. соответственно. Варианты 2 и 4 обеспечили 100% жизнеспособность растений, а контроль - 86,67%.

Закключение. Проведенное исследование выявило существенное влияние спектрального состава света на формирование морфометрических показателей *Salvia nemorosa* в условиях *in vitro*. Наибольшая высота микрорастений ($2,79 \pm 0,49$ см) наблюдалась при применении равномерного сочетания красного, синего и зелёного спектров (вариант 1: R:B:G=1:1:1), что свидетельствует об их синергетическом действии на их рост и развитие. Однако данный режим оказался неэффективным для стимуляции развития побегов, продемонстрировав в этом аспекте минимальное значение ($1,83 \pm 0,86$ шт.).

Преобладание красного спектра в сочетании с синим и зелёным (вариант 4: R:B:G=2:1:1) стимулировало максимальное образование побегов ($2,87 \pm 0,84$ шт.) и листьев ($26,2 \pm 8,63$ шт.), а также обеспечило 100% жизнеспособность растений. Это указывает на ключевую роль красного света в активации процессов морфогенеза у изученных растений *Salvia nemorosa*.

Помимо стимулирующих эффектов, исследование выявило ряд

негативных последствий, связанных с дисбалансом спектрального состава света. Применение варианта 3 (B:R:G = 2:1:1) с преобладанием синего спектра привело не только к формированию растений с минимальной из высотой ($2,38 \pm 0,59$ см), но и к снижению их жизнеспособности (93,33%) в сравнении с вариантами 2 и 4. Контрольная группа (вариант 5) показала снижение жизнеспособности растений до 86,67%, что подтверждает необходимость оптимизации спектральных параметров для повышения устойчивости культур.

Установлено, что оптимальные световые режимы, которые позволяют контролировать рост микрорастений шалфея дубравного, – это применение для выращивания равномерного спектра света (вариант 1: R:B:G=1:1:1), что стимулировало вертикальный рост. Преобладание красного света в спектре освещения растений (вариант 4: R:B:G=2:1:1) способствовало усилению побегообразования и листообразования у изученных растений *Salvia nemorosa*.

Список литературы

- Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В. 1989. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения: Справочник / Отв. ред. К.М. Сытник. К.: Наукова думка. 304 с.
- Тохтарь В.К., Мартынова Н.Н., Шевченко И.В. 2017. Лекарственные растения, произрастающие в коллекции ботанического сада НИУ «БелГУ», их свойства и правила применения. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 124 с.
- Bahadori, M. B., Asghari, B. Dinparast, L., Zengin, B., Sarikurkcu, C., Abbas-Mohammadi, M., Bahadori, S. 2017. *Salvia nemorosa* L.: A novel source of bioactive agents with functional connections, LWT, V. 75. P. 42-50.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bioassays with Tobacco Tissue Cultures // *Physiologia Plantarum* V. 15, Issue 3. P. 473-497.
- Muratova S., Melehov I., Budagovskiy, A., Tokhtar L., Tokhtar V. 2020. The effect of low-intensity coherent radiation on the efficiency of rhizogenesis of the genus *Rubus* L. // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. V. 21. P. 97-102.
- Zhou J., Li P., Wang J., Fu W. 2019. Growth, Photosynthesis, and Nutrient Uptake at Different Light Intensities and Temperatures in Lettuce // *HortScience horts*. V. 54(11). P. 1925-1933.

EFFECT OF LIGHT SPECTRAL COMPOSITION ON MORPHOMETRIC PARAMETERS OF *SALVIA NEMOROSA* UNDER *IN VITRO* CONDITIONS

V.A. Chernykh, L.A. Tokhtar, V.K. Tokhtar

Belgorod State National Research University, Belgorod

This study aims to identify optimal light regimes for regulating the growth and development of *Salvia nemorosa* (woodland sage) under *in vitro* conditions. To evaluate the influence of varying light spectra on morphometric parameters, five lighting treatments with distinct ratios of red, blue, and green light were tested. Comparisons of microplant height, shoot number, and leaf count revealed the most effective spectral composition for *S. nemorosa* cultivation.

Keywords: *Salvia nemorosa*, light spectra, in vitro cultivation, light optimization, essential oilseed crops.

Об авторах:

ЧЕРНЫХ Владислав Алексеевич – аспирант, НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ», ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Научно образовательный центр «Ботанический сад НИУ «БелГУ», 308015, Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: chernykh_v@bsuedu.ru.

ТОХТАРЬ Людмила Анатольевна – кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биотехнологии растений НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ», ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Научно образовательный центр «Ботанический сад НИУ «БелГУ», 308015, Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: ltokhtar@bsuedu.ru.

ТОХТАРЬ Валерий Константинович – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, директор НОЦ «Ботанический сад НИУ «БелГУ», ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» Научно образовательный центр «Ботанический сад НИУ «БелГУ», 308015, Белгород, ул. Победы, 85, e-mail: tokhtar@bsuedu.ru.

Черных В.А. Влияние света различного спектрального состава на морфометрические показатели шалфея дубравного в условиях *in vitro* / В.А. Черных, Л.А. Тохтарь, В.К. Тохтарь // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2025. № 1(77). С. 99-105.

Дата поступления рукописи в редакцию: 06.01.25

Дата подписания рукописи в печать: 25.03.25