

УДК 633/635 - 021.66

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-153-156

Л.А. Соколова,
В.А. Васильева, ✉
А.А. Слипец

Калужский филиал Российского
государственного аграрного университета
МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Калуга,
Российская Федерация

✉ vasileva.vera.a@gmail.com

Поступила в редакцию:
20.04.2022

Одобрена после рецензирования:
31.08.2022

Принята к публикации:
01.09.2022

Влияние световых параметров на выращивание микрозелени редьки масличной

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Вопросы воздействия световых параметров на выращивание микрозелени редьки масличной в настоящее время изучены недостаточно. Целью работы было изучить влияние световых параметров на интенсивность роста редьки масличной при выращивании ее на микрозелень.

Методы. Модельной культурой являлась редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка). В качестве субстрата применялась вода. С применением светодиодных ламп при выращивании микрозелени редьки масличной было проведено 4 серии опытов в марте и октябре. Все опыты были поставлены в 4-кратной повторности. Масса семян — 5 г на контейнер площадью 144 см². Масса 1000 семян — 14 г, всхожесть семян — 96%. Средняя дневная температура выращивания редьки масличной составляла 25 °С. Фитолампы лаборатории «Интеллект» (г. Тула) включают по 72 пары светодиодов в 2 вариантах: 1) 3 красные, 1 синий (54 пары красных, 18 пар синих); 2) 7 красных, 1 синий (63 пары красных, 9 пар синих). Фитолампы были включены в течение 12 ч. Средний уровень освещенности — 2700–2800 люкс, уровень ФАР — 42 мкмоль/(м²·с).

Результаты. Дополнительное освещение фитолампами достоверно увеличивает массу проростков при значениях параметров ведущих экологических факторов в зоне оптимума. Для развития микрозелени редьки масличной весной и осенью оптимальным было соотношение красных и синих светодиодов 3:1 (54 пары красных светодиодов и 18 пар синих светодиодов). Дополнительное освещение фитолампами 2-го варианта практически не повлияло на рост проростков в оба срока опыта 2020 г. Это связано с тем, что на первых этапах развития растениям требуется больше синего света.

Ключевые слова: микрозелень, длина светового дня, качество света, редька масличная, фитолампы

Для цитирования: Соколова Л.А., Васильева В.А., Слипец А.А. Влияние световых параметров на выращивание микрозелени редьки масличной. Аграрная наука. 2022; 362 (9): 153–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-153-156>

© Соколова Л.А., Васильева В.А., Слипец А.А.

Influence of light parameters on the cultivation of oil radish microgreens

ABSTRACT

Relevance. The technology of growing microgreens of individual vegetables had been previously studied in literature. However, the issues of the influence of light parameters on the cultivation of oil radish microgreens have not been studied enough.

Methods. The model crop was oil radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., variety Tambovchanka). Water was used as a substrate. With the use of LED lamps in the cultivation of oil radish microgreens, 4 series of experiments were carried out in March and October. All experiments were carried out in 4 replications. Seed weight — 5g per container with an area of 144 cm². Weight of 1000 seeds — 14 g, seed germination — 96%. The average daily temperature for growing oilradish was 25 °C. Phytolamps of the laboratory "Intellect" (Tula) include 72 pairs of LEDs in 2 versions: 1) 3 red, 1 blue (54 pairs of red, 18 pairs of blue); 2) 7 red, 1 blue (63 pairs of red, 9 pairs of blue). Phytolamps were turned on for 12 hours. The average level of illumination is 2700–2800 lux, the level of PAR is 42 μmol/(m²·s).

Results. In spring, with an increase in the length of daylight hours, the indicators of the number and mass of seedlings of oil radish microgreens increase. In autumn, the number and weight of seedlings grown in daylight (with and without additional lighting by phytolamps) is affected by the number of sunny days. Additional lighting with phytolamps increases the mass of seedlings if the values of the parameters of the leading environmental factors are in the optimum zone. The ratio of red and blue LEDs 3:1 (54 pairs of red LEDs and 18 pairs of blue LEDs) was optimal for the development oil radish seedlings in spring and autumn. Additional lighting with phytolamps of 7:1 ratio practically did not affect the growth of seedlings in both terms of the experiment in 2020. This is due to the fact that in the early stages of development plants require more blue light.

Key words: microgreens, day length, light quality, oil radish, phytolamps

For citation: Sokolova L.A., Vasileva V.A., Slipets A.A. Influence of light parameters on the cultivation of oil radish microgreens. Agrarian science. 2022; 362 (9): 153–156. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-153-156> (In Russian).

© Sokolova L.A., Vasileva V.A., Slipets A.A.

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-153-156

Larisa A. Sokolova,
Vera A. Vasileva, ✉
Alexey A. Slipets

Kaluga branch of the Russian State Agrarian
University of the Moscow Agricultural
Academy named after K.A. Timiryazev,
Kaluga, Russian Federation

✉ vasileva.vera.a@gmail.com

Received by the editorial office:
20.04.2022

Accepted in revised:
31.08.2022

Accepted for publication:
01.09.2022

Введение / Introduction

Жители городов могут получать к столу самую свежую зелень, лекарственные травы, овощи и фрукты со своих приусадебных участков, правильно размещая и выращивая их на участке [1]. В то же время все большую востребованность приобретает сити-фермерство, когда овощи выращивают в городских условиях в теплицах с автоматически контролируемыми параметрами среды, в том числе освещением. Проще всего в таких условиях выращивать микрозелень. Это продукты здорового питания, выращивание которых стремительно набирает обороты [2]. Для усовершенствования технологии выращивания изучаются вопросы влияния органических удобрений на продуктивность микрозелени [3]. В литературных источниках показано воздействие светодиодных ламп на фотосинтез и питательную ценность микрозелени отдельных овощей [4, 5]. Однако вопросы технологии выращивания изучены недостаточно. Поэтому обозначенная тема является актуальной и востребованной.

Оптимизация условий выращивания микрозелени сократит трудозатраты и повысит эффективность процесса. В Калужском филиале Российского государственного аграрного университета МСХА имени К.А. Тимирязева были проведены исследования на образцах микрозелени. В опыте изучалось влияние субстрата и нормы высева семян на рост и развитие редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка) и были определены оптимальные параметры этих показателей [6, 7]. В продолжение этой работы были заложены опыты по влиянию длины светового дня и качества дополнительного освещения на развитие микрозелени редьки масличной.

Изучение воздействия световых параметров на рост микрозелени вносит вклад в оптимизацию технологии ее выращивания, что важно как для тепличного разведения, особенно в сити-фермерстве, так и для обывателя, выращивающего микрозелень у себя на окне.

Целью работы было изучить влияние световых параметров на интенсивность роста редьки масличной при выращивании ее на микрозелень.

В задачи исследований входило определить влияние на развитие растений редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка): длины светового дня и тенденций его изменения; дополнительного освещения фитолампами на фоне дневного света; соотношения светодиодов красного и синего света в фитолампах при разной длине светового дня.

Материал и методы исследования / Materials and method

Закладка опытов проводилась в оранжерее Калужского филиала РГАУ — МСХА имени К.А. Тимирязева в 2019–2020 гг. Модельной культурой являлась редька масличная (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка). По результатам предыдущих опытов в качестве субстрата применялась вода. Масса семян — 5 г на контейнер площадью 144 см² [7].

В опытах использовали фитолампы с разным соотношением светодиодов красного и синего спектра [8]. Фитолампы лаборатории «Интеллект» (г. Тула) [9] включают по 72 пары светодиодов (СД) в 2

вариантах: 1) 3 красных, 1 синий (54 пары красных, 18 пар синих); 2) 7 красных, 1 синий (63 пары красных, 9 пар синих). Здесь и далее мы будем применять сокращения СД 3к:1с; СД 7к:1с. Фитолампы подвешены на расстоянии 35 см друг от друга; высота над стеллажом, где размещаются растения, — 30 см. Фитолампы были включены в течение 12 часов (с 8.00 до 20.00). Средний уровень освещенности — 2700–2800 люкс, уровень ФАР — 42 мкмоль/(м²·с).

Схема опыта включала 2 варианта: 1) дневной свет; 2) дневной свет + дополнительное освещение светодиодными лампами.

С применением светодиодных ламп при выращивании микрозелени редьки масличной было проведено 4 серии опытов в марте и октябре. Методика закладки опыта аналогична исследованиям влияния нормы высева и субстратов на выращивание микрозелени [7].

Для определения достоверности результатов опытов применялся дисперсионный анализ массы проростков. Оценку разности выборочных средних производили по наименьшей существенной разности при уровне значимости 5% (НСР_{0,5}) [10].

Обсуждая результаты исследований, следует принять во внимание соотношение солнечных и пасмурных дней в период развития растений (таблица 1). Первые 3 дня — до прорастания семян — растения закрывали темной пленкой, поэтому в эти дни данный показатель не учитывали [11]. Полностью солнечных дней в период выращивания редьки не наблюдалось.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Длина светового дня в опыте повлияла на общие физиологические процессы в растениях, в частности на количество и массу проростков. Масса отдельного проростка и масса проростков на контейнер осенью были значительно ниже (на 38,6% в 2019 г.), чем весной (таблица 2).

Очевидно, количество света было более приоритетным параметром по сравнению с его спектральным составом. В 2020 г. общее количество дней с прояснениями было большим, это отразилось на количестве и массе проростков. Эти показатели были выше как весной, так и осенью во всех вариантах опыта.

В оптимальных условиях водно-воздушного режима весной 2019 г. досвечивание проростков микрозелени редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка) фитолампами СД 3к:1с оказало стимулирующее воздействие на их рост и развитие (таблица 2). Осенью всхожесть семян снизилась, развитие растений было более слабым при дневном свете, то же количество воды оказалось избыточным.

Таблица 1. Соотношение солнечных и пасмурных дней в периоды опытов (дней)
Table 1. The ratio of sunny and cloudy days during the periods of experiments (days)

Даты опыта	Число дней			Изменение длины светового дня, час
	облачно с прояснениями	пасмурно	дождь	
15.03.2019–23.03.2019	2	1	3	↑* 11.14–12.00
05.10.2019–13.10.2019	-	2	4	↓ 11.25–10.48
16.03.2020–24.03.2020	3	3	-	↑ 11.53–12.28
05.10.2020–13.10.2020	4	2	-	↓ 11.17–10.42

Примечание: * — ↑↓ — увеличение и уменьшение длины светового дня

Таблица 2. Влияние света на количество и массу проростков редьки масличной
Table 2. Influence of light on the number and weight of seedlings of oil radish

Период проведения опыта	Посев 15.03.2019, анализ 23.03.2019		Посев 05.10.2019, анализ 13.10.2019			
Экологический фактор	Дневной свет	Дневной свет + фитолампы СД (3к:1с)	Дневной свет	Дневной свет + фитолампы СД (7к:1с)		
Количество пророст- ков, шт.	408	431	299	295		
Масса проростков, г	42,6	53,3	26,2	23,9		
НСР _{0,5}	0,95		1,59			
Период проведения опыта	Посев 16.03.2020, анализ 24.03.2020			Посев 05.10.2020, анализ 13.10.2020		
Экологический фактор	Дневной свет	Дневной свет + фито- лампы СД		Дневной свет	Дневной свет + фито- лампы СД	
		(3к:1с)	(7к:1с)		(3к:1с)	(7к:1с)
Количество пророст- ков, шт.	435	459	440	336	368	307
Масса проростков, г	45,2	48,6	46,3	31,9	35,6	32,7
НСР _{0,5}	1,97			1,66		

Применение фитоламп СД 7к:1с оказало угнетающее воздействие.

В 2020 г. в марте и октябре применялись оба варианта фитоламп. В результате установлено позитивное действие дополнительного освещения проростков редьки масличной фитолампами СД 3к:1с. Дополнительное освещение фитолампами СД 7к:1с на стадии проростков было малоэффективным. Оно практически не повлияло на рост проростков в оба срока опыта 2020 г. Вероятно, это связано с тем, что на первых этапах развития рас-

тениям требуется больше синего света.

Наименьшая существенная разность (НСР_{0,5}) подтверждает достоверность полученных результатов.

Выводы / Conclusion

1. Дополнительное освещение фитолампами достоверно увеличивает массу проростков при значениях параметров ведущих экологических факторов в зоне оптимума. Для развития микрозелени редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка) весной и осенью оптимальным было соотношение красных и синих светодиодов 3:1 (54 пары красных светодиодов и 18 пар синих светодиодов).

2. Дополнительное освещение фитолампами СД 7к:1с (63 пары красных, 9 пар синих) на стадии проростков было малоэффективным. Оно практически не повлияло на рост проростков в оба срока опыта

2020 г. Это связано с тем, что на первых этапах развития растениям требуется больше синего света.

3. Фактическая разность массы проростков редьки масличной (*Raphanus sativus* L. var. *oleifera* Metzg., сорт Тамбовчанка) между вариантами опыта больше величины НСР_{0,5}, что показывает достоверное увеличение их массы в случае применения дополнительного освещения фитолампами при соотношении красных и синих светодиодов 3:1 при разной длине светового дня.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В. А. Васильева, А. И. Головня, Л. А. Соколова. Ландшафтное проектирование земельного участка. Материалы Научно-практической конференции КФ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с международным участием: Материалы докладов, Калуга, 25 апреля 2018 года. – Калуга: ИП Якунин Алексей Викторович, 2018. 65-68.
2. Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. A. Galieni, B. Falcinelli, A. Datti [et al.]. *Agronomy*. 2020. 10; (9). 1424. – DOI 10.3390/agronomy10091424
3. Growth and Nitrogen Uptake of Kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) Microgreens in A Combination of Manure and Biochar Planting Media. B. Efendi, Supriyono, W. S. Dewi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Majalengka, West Java, 20–22 ноября 2019 года. Majalengka, West Java, 2020. P. 012018. – DOI 10.1088/1755-1315/466/1/012018. – EDN SWESVC.
4. Current Review of the Modulatory Effects of LED Lights on Photosynthesis of Secondary Metabolites and Future Perspectives of Microgreen Vegetables. O. Alrifai, R. Tsao, X. Hao, M. F. Marcone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019. 67 (22): P. 6075-6090. – DOI 10.1021/acs.jafc.9b00819. – EDN PCWOOU.
5. Evaluation of growth and nutritional value of Brassica microgreens grown under red, blue and green LEDs combinations. K. Y. Kamal, A. A. Salam, S. M. A. I. Ash-Shormillesy [et al.]. *Physiologia Plantarum*. 2020. 169 (4): P. 625-638. – DOI 10.1111/ppl.13083. – EDN MJZHFk (in Eng.).

REFERENCES

1. V. A. Vasilyeva, A. I. Golovnya, L. A. Sokolova. Landscape design of a land plot. *Proceedings of the Scientific and Practical Conference of the KFU RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev with international participation: Materials of reports*, Kaluga, April 25, 2018. – Kaluga: IP Yakunin Alexey Viktorovich, 2018. 65-68. (In Russian.)
2. Sprouts and microgreens: Trends, opportunities, and horizons for novel research. A. Galieni, B. Falcinelli, A. Datti [et al.]. *Agronomy*. 2020. 10; (9). – P. 1424. – DOI 10.3390/agronomy10091424.
3. Growth and Nitrogen Uptake of Kenikir (*Cosmos caudatus* Kunth.) Microgreens in A Combination of Manure and Biochar Planting Media. B. Efendi, Supriyono, W. S. Dewi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Majalengka, West Java, 20–22 ноября 2019 года. Majalengka, West Java, 2020. P. 012018. – DOI 10.1088/1755-1315/466/1/012018. – EDN SWESVC.
4. Current Review of the Modulatory Effects of LED Lights on Photosynthesis of Secondary Metabolites and Future Perspectives of Microgreen Vegetables. O. Alrifai, R. Tsao, X. Hao, M. F. Marcone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2019: 67 (22); 6075-6090. – DOI 10.1021/acs.jafc.9b00819. – EDN PCWOOU.
5. Evaluation of growth and nutritional value of Brassica microgreens grown under red, blue and green LEDs combinations. K. Y. Kamal, A. A. Salam, S. M. A. I. Ash-Shormillesy [et al.]. *Physiologia Plantarum*. 2020. 169(4): 625-638. – DOI 10.1111/ppl.13083. – EDN MJZHFk (in Eng.).

6. Кондрашова М.В., Попова В.С., Золотарев В.В., Соколова Л.А. Плотность популяции как экологический и экономический факторы выращивания микрозелени. В сборнике: *Вклад студентов в развитие аграрной науки. Сборник статей студенческой научно-практической конференции.* 2019; 6-9

7. Соколова Л.А., Васильева В.А. Влияние нормы посева и субстратов на выращивание микрозелени редьки масличной. *Аграрная наука.* 2021. 6. 65-68.

8. Малахова С.Д., Тютюнькова М.В., Федорова З.С., Демьяненко Е.В. Светодиодное освещение при выращивании овощных культур. *Проблемы региональной экологии*, 2019, 5. 29-33.

9. Фитосветильники и фитолампы Тульский производитель - *Электронный ресурс* - Режим доступа: https://www.tula.rasteniya/fitosvetilniki_i_fitolampy_tulskiy_proizvoditel_1483057067.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5 изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

11. Восход и заход солнца в Калуге - [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://voshod-solnca.ru/sun/%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B3%D0%B0>.

6. Kondrashova M.V., Popova V.S., Zolotarev V.V., Sokolova L.A. Population density as an ecological and economic factor in growing microgreens. In the collection: *The contribution of students to the development of agricultural science. Collection of articles of student scientific-practical conference.* 2019. - p. 6-9. (In Russian.).

7. Sokolova L.A., Vasilyeva V.A. Influence of seeding rate and substrates on the cultivation of oil radish microgreens. *Agrarian science.* 2021. 6. 65-68. (In Russian.).

8. Malakhova S.D., Tyutyunkova M.V., Fedorova Z.S., Demyanenko E.V. LED lighting in the cultivation of vegetable crops. *Problems of regional ecology.* 2019, 5; 29-33. (In Russian.).

9. Phytolamps and phytolamps Tula manufacturer - *Electronic resource* - Access mode: https://www.tula.rasteniya/fitosvetilniki_i_fitolampy_tulskiy_proizvoditel_1483057067.

10. Dospechov B.A. Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., add. and reworked. M.: Agropromizdat, 1985. 351 p.

11. Sunrise and sunset in Kaluga - [Electronic resource] - Access mode: <https://voshod-solnca.ru/sun/%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%83%D0%B3%D0%B0> (In Russian.).

ОБ АВТОРАХ:

Лариса Александровна Соколова, кандидат биологических наук, доцент Калужского филиала Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, <https://orcid.org/0000-0003-3179-6112>, тел. 89105947224, e-mail: chaika12@gmail.com

Вера Алексеевна Васильева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Калужского филиала Российского государственного аграрного университета - Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева, <https://orcid.org/0000-0002-8131-6554>, тел. 89066456629, e-mail: vasilyeva.vera.a@gmail.com

Алексей Андреевич Слипец, кандидат биологических наук, доцент Калужского филиала Российского государственного аграрного университета МСХА имени К.А. Тимирязева, <https://orcid.org/0000-0002-6892-3368>, тел. 89105947224, e-mail: slipets@bk.ru

ABOUT THE AUTHORS:

Larisa Alexandrovna Sokolova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University of the Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, <https://orcid.org/0000-0003-3179-6112>, тел. 89105947224, e-mail: chaika12@gmail.com

Vera Alekseevna Vasilyeva, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University of the Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, <https://orcid.org/0000-0002-8131-6554>, тел. 89066456629, e-mail: vasilyeva.vera.a@gmail.com

Alexey Andreevich Slipets, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Kaluga Branch of the Russian State Agrarian University of the Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, <https://orcid.org/0000-0002-6892-3368>, тел. 89105947224, e-mail: slipets@bk.ru

Форум и выставка по глубокой переработке зерна и промышленной биотехнологии «Грэйнтек»

Грэйнтек
Форум и экспо по глубокой переработке зерна и биоэкономике

+7 (495) 585-5167 | info@graintek.ru | www.graintek.ru

Форум является уникальным специализированным событием отрасли в России и СНГ и пройдет 16-17 ноября 2022 года в отеле Холидей Инн Лесная Москва

В фокусе Форума – практические аспекты глубокой переработки зерна как для производства продуктов питания и кормов, так и биотехнологических продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Темы Форума: производство и рынок нативных и модифицированных крахмалов, клейковины, сиропов, органических кислот, аминокислот (лизин, треонин, триптофан и тд), сахарозаменителей (сорбит, ксилит, маннит) и других химических веществ.

18 ноября 2022 года пройдет семинар «ГрэйнЭксперт», посвященный практическим вопросам запуска и эксплуатации завода глубокой переработки зерна. Семинар проводится для технических специалистов, которые отвечают за производственный процесс и высокое качество конечной продукции.

