

Рассада капусты, томатов и перца под светодиодным освещением

Seedlings of cabbage, tomatoes and peppers under led lighting

Сельмен В.Н., Сельмен Е.В.

Sel'men V.N., Sel'men E.V.

Аннотация

Abstract

Цель исследований: изучение выращивания рассады капусты, томатов и перца под светодиодными лампами и определение величины полученного в открытом грунте урожая этих культур. Работа выполнена в Мещерском филиале Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова (ФГБНУ ВНИИГиМ), г.Рязань. Объектом исследований в 2019–2022 годах была рассада капусты (сорт Слава 1305), томатов (сорт Суперклуша), перца (сорт Князь Игорь). Контролем служила рассада, выращенная традиционным для населения способом под солнечным освещением, в опыте – рассада, выращенная под искусственным светодиодным освещением. Изучалось влияние естественного и искусственного освещения на рост и развитие рассады, а также величину полученного из этой рассады урожая овощных культур в открытом грунте. Опыты с рассадой закладывали на песчаной почве, типичной для левобережья Оки около Рязани. Светоустановка для рассады была полностью изолирована от естественного солнечного освещения и оборудована светодиодными лампами, с установочной мощностью освещения 80 Вт/м². В контроле и опыте рассада капусты и томатов выращивалась в пластмассовых ящиках по рекомендованной схеме 6×6 см (256 шт. на 1 м²), перцы – по схеме 7×7 см (196 шт. на 1 м²). Длительность светового дня составляла 14 часов, продолжительность выращивания рассады согласно рекомендациям для капусты была 45, для томатов – 60, для перца – 75 дней соответственно. Овощная рассада успешно растет под светодиодным освещением, по массе (капуста – 113%, томаты – 151% и перец – 129%) и по внешнему виду превосходит рассаду, выращенную при естественном освещении. Рассада овощных культур после светодиодного освещения хуже переносит пересадку в поле, чем в контроле. Ей требуется адаптация к условиям открытого грунта. Величины урожая из рассады, выращенной под естественным (капуста – 59,7 т/га, томаты – 24,1 т/га, перец – 8,5 т/га) и под светодиодным освещением (капуста – 65,1 т/га, томаты – 23,2 т/га, перец – 10,0 т/га), близки друг другу. Выращивание рассады овощных культур под искусственным светодиодным освещением будет экономически выгодно.

The purpose of the research: to study the cultivation of seedlings of cabbage, tomatoes and peppers under LED lamps and to determine the value of the harvest of these crops obtained in the open ground. The work was carried out in the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Meschera branch (FSBSI ARRIHELRL), Ryazan. The object of research in 2019–2022 was seedlings of cabbage (variety Slava 1305), tomatoes (variety Superbush), pepper (variety Prince Igor). The control was seedlings grown in the traditional way for the population under sunlight, in the experiment – seedlings grown under artificial LED lighting. The influence of natural and artificial lighting on the growth and development of seedlings was studied, as well as the amount of vegetable crops obtained from this seedling in the open ground. Experiments with seedlings were laid on sandy soil typical of the left bank of the Oka near Ryazan. The light plant for seedlings was completely isolated from natural sunlight and equipped with LED lamps, with an installation lighting power of 80 W/m². In the control and experiment, cabbage and tomato seedlings were grown in plastic boxes for seedlings according to the recommended scheme of 6×6 cm (256 pcs. per 1 m²), peppers according to the scheme of 7×7 cm (196 pcs. per 1 m²). The duration of daylight was 14 hours, the duration of growing seedlings was, according to the recommendations, for cabbage – 45, for tomatoes – 60, for pepper – 75 days. Vegetable seedlings grow successfully under LED lighting, by weight (cabbage – 113%, tomatoes – 151% and pepper – 129%) and in appearance surpasses seedlings grown under natural light. Seedlings of vegetable crops after LED lighting tolerate transplanting in the field worse than in the control. She needs to adapt to the conditions of the open ground. The yield from seedlings grown under natural (cabbage – 59.7 t/ha, tomatoes – 24.1 t/ha, pepper – 8.5 t/ha) and under LED lighting (cabbage – 65.1 t/ha, tomatoes – 23.2 t/ha, pepper – 10.0 t/ha) is close to each other. Growing seedlings of vegetable crops under artificial LED lighting will be economically profitable.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, светокультура, светодиодное освещение, рассада овощей.

Key words: food security, light culture, LED lightening, vegetable seedlings.

Для цитирования: Сельмен В.Н., Сельмен Е.В. Рассада капусты, томатов и перца под светодиодным освещением // Картофель и овощи. 2023. №3. С. 17–20. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.24.68.004>

For citing: Sel'men V.N., Sel'men E.V. Seedlings of cabbage, tomatoes and peppers under led lighting. Potato and vegetables. 2023. No3. Pp. 17–20. <https://doi.org/10.25630/PAV.2023.24.68.004> (In Russ.).

Появление в начале XXI века светодиодных ламп, 60% электроэнергии в которых идет на образование света, значительно повысило интерес к исследованиям по вопросам светокультуры – выращиванию растений с использованием искусственного освещения [1–4].

Для северо-восточных регионов нашей страны, которые нужно актив-

но заселять и осваивать, потребуются надежная продовольственная база. В условиях тайги, тундры, болот, гор и вечной мерзлоты, характерных для этих областей РФ, традиционное сельское хозяйство в большинстве случаев невозможно. Нужна разработка принципиально новых способов производства продовольствия, одним из которых может стать

круглогодичное выращивание растениеводческой продукции в закрытых помещениях под искусственным освещением. В условиях вечной мерзлоты и полярной ночи необходимо организовать производство растениеводческой продукции в помещениях, где люди живут и работают. В настоящее время страна располагает энергетическими возможностями



Рис. 1. Выращивание рассады капусты, томатов и перца под светодиодным освещением

ми для производства части с.-х. растений под искусственным освещением [5]. Начинать эти работы следует с овощных культур.

Выращиванием растений в светокультуре впервые в нашей стране начали заниматься с 1932 года в Агрофизическом научно-исследовательском институте (г. Санкт-Петербург). Работают по этой тематике на факультете агрономии и биотехнологии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, во Всероссийском институте механизации, Институте медико-биологических проблем РАН, Институте биофизики Сибирского отделения РАН и ряде других. Исследования по тематике светокультуры проводили и в Мещерском филиале ВНИИГиМ [6, 7].

Целью исследований, проводившихся в 2019–2022 годах, стало изучение выращивания рассады капусты, томатов и перца под светодиодными лампами и определение величины полученного в открытом грунте урожая этих культур.

Условия, материалы и методы исследований

Работа выполнена в ФГБНУ ВНИИГиМ (Мещерский филиал), г. Рязань. Объектом исследований в 2019–2022 годах была рассада капусты (сорт Слава 1305), томатов (сорт Суперклуша), перца (сорт Князь Игорь). Контролем служила рассада, выращенная традиционным для населения способом под солнечным освещением, в опыте – рассада, выращенная под искусственным светодиодным освещением. Изучалось

влияние естественного и искусственного освещения на рост и развитие рассады, а также величину полученного из этой рассады урожая овощных культур в открытом грунте.

Опыты с рассадой закладывали на песчаной почве, типичной для левобережья Оки около Рязани. Перед высадкой в открытый грунт типичные растения контрольной и светодиодной рассады взвешивали. Для капусты схема высадки рассады в открытом грунте – гряда шириной 140 см, на гряде два ряда рассады, между рядами 70 см, между растениями в ряду 40 см. На делянке 8 растений. Площадь учетной делянки 2,24 м². Для томатов и перца гряда шириной 140 см, на гряде три ряда рассады, между рядами 35 см, между растениями в ряду 40 см. На делянке 9 растений. Площадь учетной делянки 1,68 м². Повторность опыта четырехкратная. Уход за растениями в период вегетации соответствовал традиционной технологиям выращивания этих культур. Для капусты проводи-

ли разовый учет урожая, для томатов и перца – раздельный, по мере созревания плодов.

Светустановка для рассады (рис. 1) была полностью изолирована от естественного солнечного освещения и оборудована светодиодными лампами, с установочной мощностью освещения 80 Вт/м² (над квадратным метром площади светустановки располагались светодиодные лампы общей мощностью 80 Вт). В светустановке использовали две светодиодные фитолампы и две светодиодные лампы теплого свечения с цоколем Е 27, как у традиционных ламп накаливания. В контроле и опыте рассада капусты и томатов выращивались в пластмассовых ящиках по рекомендованной схеме 6×6 см (256 шт. на 1 м²), перцы – по схеме 7×7 см (196 шт. на 1 м²). Длительность светового дня составляла 14 часов, продолжительность выращивания рассады согласно рекомендациям была для капусты – 45, для томатов – 60, для перца – 75 дней.

Результаты исследований

К моменту высадки в открытый грунт рассада после светодиодного освещения имела более толстые и короткие стебли, равномерно распределенные по сторонам более мясистые и интенсивно окрашенные листья. Товарный вид рассады после светодиодного освещения существенно превосходил контрольную рассаду. Разница в состоянии рассады после естественного и искусственного светодиодного освещения к моменту высадки в открытый грунт представлена на рис. 2.

Было проведено взвешивание типичных растений рассады. За период 2019–2022 годов средняя масса 1 штуки рассады капусты в контроле составила 4,61 г, рассады после светодиодного освещения – 5,21 г или

Таблица 1. Высота и диаметр розетки листьев овощных культур по состоянию на 5 июля 2022 года

Культура	Освещение	Высота растений		Диаметр розетки	
		см	% к контролю	см	% к контролю
Капуста	Контроль	21,0	100	48,5	100
	Светодиод	26,0	124	61,7	127
	НСП ₀₅	4,7	–	7,6	–
Томаты	Контроль	30,7	100	24,9	100
	Светодиод	26,8	87	26,9	105
	НСП ₀₅	6,5	–	4,3	–
Перец	Контроль	12,1	100	12,9	100
	Светодиод	13,5	112	14,6	113
	НСП ₀₅	4,2	–	2,8	–



Рис. 2. Вид рассады перца после естественного и светодиодного освещения

113%. Средняя масса 1 штуки рассады томатов в контроле была 8,01 г, рассады после светодиодного освещения – 12,09 г, или 151% от контроля. Средняя масса 1 штуки рассады перца в контроле равнялась 6,49 г, рассады после светодиодного освещения – 8,38 г, или 129% от контроля. При отмывании корней от земли при взвешивании рассады замечено, что земля с корней рассады, выросшей под светодиодами, легко отмы-

валась, а с корней контрольной рассады держалась прочнее.

В ходе опытов в эти годы отмечалось, что в случае жаркой сухой погоды угнетение высаженной рассады после светодиодного освещения более существенное, чем в контроле, а также фиксировалось частичное опадание листьев. Рассада томатов в большей степени подвержена стрессовым явлениям, чем капуста и перца. В целом рассада

овощей после светодиодного освещения хуже перенесла пересадку в поле и хуже адаптировалась к условиям открытого грунта, чем в контроле. В связи с этим в 2022 году ящики с овощной рассадой в контроле и на опыте три дня до посадки выдерживались для адаптации на улице под переменным солнечным освещением и в тени. Отмечено, что высаженная рассада успешно прижилась и адаптировалась к условиям открытого грунта. Проведенные через месяц после высадки биометрические замеры показали преимущество светодиодной рассады капусты над контрольной и отсутствие существенных различий на рассаде томатов и перца (табл. 1).

Данные об урожайности овощей, выращенных из контрольной и светодиодной рассады, представлены в табл. 2.

Средняя величина полученного урожая из рассады, выращенной под естественным и под светодиодным освещением за период 2019–2022 годов, примерно одинакова. Наибольшие прибавки от светодиодного освещения получены в 2020 году, когда были неблагоприятные условия для выращивания рассады под естественным освещением, в мае был только один солнечный день. Самые худшие результаты от светодиодного освещения получены в 2019 и 2021 годах, когда высаженная в открытый грунт рассада подверглась стрессу из-за жаркой и сухой погоды.

Выращивание рассады под искусственным освещением сдерживается опасениями существенных затрат на электроэнергию. Один киловатт-час в Рязани в начале 2023 года стоил 5,82 р. Соответственно стоимость освещения одной штуки рассады капусты будет равна 1,15 р., томатов – 1,53 р., перца – 2,49 р., что составляет незначительную часть от стоимости продажи рассады на рынках и в магазинах Рязани. Расчет стоимости освещения одной штуки рассады представлен в табл. 3.

Как видим, организация выращивания рассады овощных культур

Таблица 2. Урожайность капусты, томатов и перца из контрольной и светодиодной рассады, 2019–2022 годы

Культура	Освещение	Урожайность, т/га				Средняя урожайность	
		2019	2020	2021	2022	т/га	% к контролю
Капуста	Контроль	–	40,3	73,3	65,5	59,7	100
	Светодиод	–	55,0	71,5	68,8	65,1	109
	НСР ₀₅	–	3,7	5,0	8,8	–	–
Томат	Контроль	31,4	5,8	43,8	15,5	24,1	100
	Светодиод	20,5	15,2	40,3	16,9	23,2	96
	НСР ₀₅	1,3	2,1	6,3	4,5	–	–
Перец	Контроль	7,3	1,1	13,7	11,8	8,5	100
	Светодиод	6,5	5,8	13,9	13,6	10,0	118
	НСР ₀₅	2,6	1,4	2,2	1,4	–	–

Таблица 3. Стоимость светодиодного освещения рассады овощных культур, 2023 год

Культура	Установочная мощность освещения, Вт/м ²	Световой день		Период выращивания		Стоимость освещения 1 м ² , р.	Стоимость освещения 1 шт. рассады, р.
		Продолжительность, ч	Расход электроэнергии на 1 м ² , кВт·ч	Продолжительность, дни	Расход электроэнергии на 1 м ² , кВт·ч		
Капуста	80	14	1,12	45	50,4	293	1,15
Томат		14		60	67,2	391	1,53
Перец		14		75	84,0	489	2,49

тур под искусственным светодиодным освещением будет экономически оправдана.

Проведенные исследования дают надежду на разработку в будущем рентабельной технологии выращивания овощной рассады в закрытых помещениях под светодиодными лампами. В основу такой технологии должен быть заложен принцип многоярусного конвейерного производства. Оптимальный вариант многоярусного конвейера предложен в полученном нами патенте Российской Федерации №2258352 [8].

Выводы

Овощная рассада успешно растет под светодиодным освещением, по массе (капуста – 113%, томаты – 151% и перец – 129%) и по внешнему виду превосходит рассаду, выращенную при естественном освещении.

Рассада овощных культур после светодиодного освещения хуже переносит пересадку в поле, чем в контроле. Ей требуется адаптация к условиям открытого грунта.

Величины урожая из рассады, выращенной под естественным (капуста – 59,7 т/га, томаты – 24,1 т/га, пе-

рец – 8,5 т/га) и светодиодным освещением (капуста – 65,1 т/га, томаты – 23,2 т/га, перец – 10,0 т/га), близки друг другу.

Выращивание рассады овощных культур под искусственным светодиодным освещением будет экономически выгодно.

Библиографический список

References

- 1.«Светодиодная революция» и новые возможности повышения эффективности светокультуры растений / Г.В. Боос, Л.Б. Прикупец, В.И. Трухачев, И.Г. Тараканов, В.Г. Терехов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. №5. С. 36–41.
- 2.Кулешова Т.Э. и др. Световая среда растений: основы создания и перспективы развития // Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства: материалы междунар. науч. конф. (14–15 апреля, 2022). СПб., 2022. С. 139–145.
- 3.Биологические особенности редиса (*Raphanus sativus* L.) при выращивании в условиях интенсивной светокультуры / А.Б. Курина, А.М. Артемьева, Н.Г. Синявина, А.А. Кочетов, Г.Г. Панова // Картофель и овощи. 2019. №4. С. 26–29. DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.68.78.004>.
- 4.Определение эффективности светодиодных источников облучения при выращивании рассады томата и огурца / С.А. Ракутько, А.Е. Маркова, В.Н. Судаченко, Т.В. Колянова // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2013. №84. С. 82–90.
- 5.Сельмен В.Н. Энергетические потребности для промышленного использования светокультуры // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки» (Санкт-Петербург, 1–2 октября 2020 года). СПб.: ФГБНУ АФИ, 2020. С. 248–253.
- 6.Сельмен В.Н., Ильинский А.В., Виноградов Д.В. Обоснование круглогодичного производства растениеводческой продукции при освоении Арктики и других перспективных территорий России // Вестник Рязанского агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2017. №3(35). С. 68–72.
- 7.Сельмен В.Н. Растениеводство без поля // Сельский механизатор. 2019. №10. С. 34–35.
- 8.Пат. 2258352. Российская Федерация, МПК А 01 G 9/24, А 01 G 31/02. Многоярусная светоустановка для выращивания предбазисного оздоровленного семенного картофеля и другой сельскохозяйственной продукции / В.Н. Сельмен, А.В. Поляков, П.И. Пыленок, И.В. Сидоров. №2003119943/12; заявл. 04.07.03; опубл. 20.08.05. Бюл. №23. 10 с.

- 1.«Light-emitting diode revolution» and new opportunities for increasing the efficiency of plant light culture. G.V. Boos, L.B. Prikupets, V.I. Trukhachev, I.G. Tarakanov, V.G. Terekhov. Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2022. No5. Pp. 36–41 (In Russ.).
- 2.Kuleshova T.E. et al. The light environment of plants: the foundations of creation and development prospects. Agrophysical Institute: 90 years in the service of agriculture and crop production. Materials of the international scientific conference (April 14–15, 2022). Saint-Petersburg. 2022. Pp. 139–145 (In Russ.).
- 3.Biological features of radish (*Raphanus sativus* L.) when grown under intensive light culture. A.B. Kurina, A.M. Artem'eva, N.G. Sinyavina, A.A. Kochetov, G.G. Panova. Potato and vegetables. 2019. No4. Pp. 26–29 DOI: <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.68.78.004> (In Russ.).
- 4.Determination of the efficiency of LED sources of irradiation when growing seedlings of tomato and cucumber. S.A. Rakut'ko, A.E. Markova, V.N. Sudachenko, T.V. Kolyanova. Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2013. No84. Pp. 82–90 (In Russ.).
- 5.Selmen V.N. Energy requirements for the industrial use of light culture. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation «The contribution of agrophysics to the solution of fundamental problems of agricultural science». St. Petersburg (October 1–2, 2020). St. Petersburg. FSBSI AFI. 2020. Pp. 248–253 (In Russ.).
- 6.Selmen V.N., Ilyinsky A.V., Vinogradov D.V. Substantiation of year-round production of crop products during the development of the Arctic and other promising territories of Russia. Bulletin of the Ryazan Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2017. No3(35). Pp. 68–72 (In Russ.).
- 7.Selmen V.N. Crop production without a field. Rural mechanic. 2019. No10. Pp. 34–35 (In Russ.).
- 8.Patent 2258352. Russian Federation. IPC A 01 G 9/24, A 01 G 31.02. Multi-tiered light installation for growing prebasic healthy seed potatoes and other agricultural products. V.N. Sel'men, A.V. Polyakov, P.I. Pylenok, I.V. Sidorov. No2003119943/12. dec. 07.04.03. publ. 08.20.05. Bull. No23. 10 p. (In Russ.).

Об авторах

Author details

Сельмен Вадим Николаевич, канд. с.-х. наук, с.н.с. E-mail: vadim.selmen@mail.ru

Сельмен Екатерина Вадимовна, н.с. E-mail: selmen.cat@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, Мещерский филиал (ФГБНУ ВНИИГиМ, Мещерский филиал)

Sel'men V.N., Cand. Sci. (Agr.), senior research fellow. E-mail: vadim.selmen@mail.ru

Sel'men E.V., research fellow. E-mail: selmen.cat@yandex.ru
All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Meschera branch (FSBSI ARRIHELRL, Meschera branch)