- 2. Samul' V.I. Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti. M.: Vyssh. shk., 1982. 264 s.
- 3. *Alfutov N.A., Zinov'ev P.A., Popov B.G.* Raschet mnogoslojnyh plastin i obolochek iz kompozicionnyh materialov. M.: Mashinostroenie, 2008. 430 s.
- Golushko S.K., Nemirovskij Ju.V. Prjamye i obratnye zadachi mehaniki uprugih kompozitnyh plastin i obolochek vrashhenija. – M.: FIZMATLIT, 2008. – 420 s.
- Matveev A.D., Grishanov A.N. Odno- i dvuhsetochnye krivolinejnye jelementy trehmernyh cilindricheskih panelej i obolochek // Izvestija AltGU. Ser. Matematika i mehanika. – 2014. – №1/1. – S. 84–89.
- 6. *Matveev A.D., Grishanov A.N.* Mnogosetochnye lagranzhevye krivolinejnye jelementy v trehmernom analize kompozitnyh cilindricheskih panelej i obolochek // Vestn. KrasGAU. 2015. № 2. S. 75–85.
- 7. *Matveev A.D., Grishanov A.N.* Trehmernye kompozitnye mnogosetochnye konechnye jelementy obolochechnogo tipa // Izvestija AltGU. Ser. Fiz.-mat. nauki. 2017. № 4. S. 120–125.
- Matveev A.D. Raschet tonkih plastin i obolochek s primeneniem mnogosetochnyh konechnyh jelementov so svobodnymi granicami // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 3. – S. 44–47.
- 9. *Matveev A.D.* Metod mnogosetochnyh konechnyh jelementov v raschetah trehmernyh odnorodnyh i kompozitnyh tel // Uchen. zap. Kazan. un-ta. Ser. Fiz.mat. nauki. 2016. T. 158, Kn. 4. S. 530–543.
- Matveev A.D. Multigrid finite element method in stress of three-dimensional elastic bodies of heterogeneous structure // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. – 2016. – V. 158. – № 1. – Art. 012067. – P. 1–9.
- 11. *Matveev A.D.* Metod mnogosetochnyh konechnyh jelementov v raschetah kompozitnyh plastin i balok // Vestn. KrasGAU. 2016. № 12. S. 93–100.

- 12. *Matveev A.D.* Metod mnogosetochnyh konechnyh jelementov v raschetah kompozitnyh plastin i balok slozhnoj formy // Vestn. KrasGAU. 2017. № 11. S. 131–140.
- Matveev A.D. Metod mnogosetochnyh konechnyh jelementov // Vestn. KrasGAU. – 2018. – № 2. – S. 90– 103.
- 14. *Matveev A.D.* Metod mnogosetochnyh konechnyh jelementov v raschetah kompozitnyh obolochek vrashhenija i dvojakoj krivizny // Vestn. KrasGAU. 2018. № 3. S. 126–137.
- Matveev A.D. Raschet uprugih konstrukcij s primeneniem skorrektirovannyh uslovij prochnosti // Izv. AltGU. Ser. Fiz.-mat. nauki. – 2017. – № 4. – S. 116– 119
- 16. *Matveev A.D.* Opredelenie fiktivnyh modulej uprugosti dlja trehmernyh kompozitov na osnove zhestkostnyh sootnoshenij odnorodnyh konechnyh jelementov // Vestn. KrasGAU. 2008. № 5. S. 34–47.
- 17. *Matveev A.D.* Opredelenie fiktivnyh modulej uprugosti kompozitov slozhnoj struktury s otverstijami // Vestn. KrasGAU. 2006. № 5. S. 212–222.
- Matveev A.D. Sovmestnoe primenenie mikro- i makropodhodov v diskretnom analize dvumernyh kompozitov s malym kojefficientom napolnenija // Chislennye metody reshenija zadach uprugosti i plastichnosti: tr. XXI Vseros. konf. – Novosibirsk: Parallel', 2009. – S. 158–167.
- Matveev A.D. Vzaimno odnoznachnaja svjaz' mezhdu uprugimi i zhestkostnymi kojefficientami odnorodnyh konechnyh jelementov // Matematicheskie modeli i metody ih issledovanija: tr. Mezhdunar. konf. – Krasnojarsk, 2001. – T. 2. – S. 90–93.

УДК 621.321

П.П. Долгих, Г.Н. Хусенов

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЛУЧЕНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САЛАТА СОРТОВ КРИЛДА И АУВОНА

P.P. Dolgikh, G.N. Khusenov

THE INFLUENCE OF RADIATION PARAMETERS ON THE PRODUCTIVITYAND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF SALAD OF KRILDA AND AUVONA VARIETIES

Долгих П.П. – канд. техн. наук, доц. каф. системоэнергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dpp10@yandex.ru

Хусенов Г.Н. – асп. каф. системоэнергетики Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: dpp10@yandex.ru

Для получения качественной овощной продукции в технологическом процессе овощеводства защищенного грунта применяют светодиодные облучательные ус-

Dolgikh P.P. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Systems of Energetics, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: dpp@rambler.ru

Khusenov G.N. – Post-Graduate Student, Chair of Systems of Energetics, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: dpp10@yandex.ru

тановки, эффективность которых не вызывает сомнения. Установлено, что для управления продукционным процессом необходимо формировать спектр фитоизлу-

чателей определенным образом, с применением разного соотношения светодиодов синего и красного диапазонов длин волн, а также полного спектра излучения. Цель исследования – разработка технологии эффективного облучения для культуры салата на базе LEDфитоизлучателей. В эксперименте применялись два облучателя, один из которых имеет соотношение излучения в отдельных областях фотосинтетически активной радиации: синий (с) - 24 %, белый (б) - 27, красный (к) -49 %; другой: c-17 %, 6-17, $\kappa-66$ %. Средняя облученность составила 150 мкмоль/м²·с. В качестве экспериментальной культуры применяли два сорта салата: Крилда и Аувона. Определялась урожайность, а также накопление макро-и микроэлементов. Под первым облучателем урожайность сорта Крилда выше на 1,15 кг/м², чем под вторым. По сорту Аувона урожайность также выше под первым облучателем, чем под вторым, на 1,04 кг/м². Биохимический анализ показал, что важным преимуществом правильно сформированного полного спектра является положительное влияние на биохимию и морфологию (отсутствие отклонений формы) растений. Так, у салата Крилда, выращенного под первым облучателем, показатели усвоения макро- и микроэлементов не выходят за пределы нормы. Под вторым наблюдается превышение содержания натрия на 70 % у салата того же сорта, что могло стать причиной нарушения солевого баланса и, как следствие, изменения структуры листа.

Ключевые слова: теплицы, технологии облучения, LED-фитоизлучатели, спектральный состав излучения, светодиодные модули, управляемое растениеводство, урожайность, качество растений.

To obtain high-quality vegetable products in technological process of vegetable growing of protected soil, LED irradiation devices are used, the effectiveness of which is beyond doubt. It is established that to control the production process it is necessary to form a spectrum of phyto-emitters in a certain way, using different ratio of light-emitting diodes of blue and red wavelength ranges, as well as full spectrum of radiation. The aim of the study was to develop an effective irradiation technology for a salad culture based on LED phyto-emitters. Two irradiators were used in the experiment, one of which had radiation ratio in separate regions of photosynthetically active radiation: blue (b) -24 %, white (w) -27, red (r) -49 %; another: b – 17 %, w – 17, r – 66 %. The average irradiance was 150 µmol/m²s. As an experimental culture, two varieties of salad were used: "Krylda" and "Auvona." The yield, as well as the accumulation of macro- and microelements, were determined. Under the first irradiator, the yield of "Krylda" variety was 1.15 kg/m² higher than under the second one. In "Auvona" variety, the yield was also higher under the first irradiator by 1.04 kg/m², than under the second one. Biochemical analysis showed that an important advantage of properly formed full spectrum was a positive effect on biochemistry and morphology (the absence of form deviation) of plants. Thus, in "Krylda" salad grown under the first irradiator, the indicators of assimilation of macro- and microelements are within the norm. Under the second one, sodium content is exceeded by 70 % for the salad of the same variety, which could be the cause of salt balance infringement and as a result the change in leaf structure.

Keywords: greenhouses, irradiation technology, LED-phyto-emitters, spectral composition of radiation, LED modules, managed crop production, yield, plant quality.

Введение. Овоши занимают важное место в структуре питания населения нашей страны, их регулярное употребление оказывает непосредственное влияние на здоровье, работоспособность и продолжительность жизни людей. По данным НИИ питания РАН, овощи могут удовлетворять потребности человека: на 15-25 % в белках, на 60-80 - в углеводах и на 70-90 % в витаминах и минеральных солях. Кроме того, важное значение имеют лечебно-профилактические свойства овощей, так как они являются источником природных антиоксидантов (ферментов, бета-каротина, альфа-токоферола, аскорбиновой кислоты, флавоноидов, кумаринов), других биологически активных веществ, которых нет в других продуктах. Природные антиоксиданты нейтрализуют свободные радикалы, канцерогенные вещества, тяжелые металлы и радионуклиды в организме человека, способствуют их выведению из организма, его оздоровлению, увеличивают продолжительность жизни людей [1].

Рекомендуемая Всемирной организацией здравоохранения норма потребления овощей составляет 130– 150 кг на человека в год, в том числе 12–15 кг свежей продукции во внесезонный период.

Обеспечением населения внесезонной овощной продукцией занимается овощеводство защищенного грунта — одна из наиболее энерго- и наукоемких, динамично развивающихся отраслей растениеводства. К 2020 г. запланировано увеличить площадь зимних теплиц до 4,7 тыс. га, валовой сбор тепличных овощей — до 1,72 млн т. В связи с этим большое значение приобретают разработка и широкое внедрение в практику ресурсосберегающих технологий и технических средств, конструкторских решений, позволяющих повысить эффективность производства и получать высококачественную овощную продукцию [1].

Технологии выращивания растений в защищенном грунте требуют применения высокоэффективных источников оптического излучения (ОИ), облучателей, облучательных установок (ОбУ), самими эффективными из которых являются LED-фитоизлучатели [2].

Основные стратегии построения спектра светодиодных фитоизлучателей представлены в таблице 1.

На сегодня существует два основных подхода к формированию спектра:

- использование преимущественно красных и синих светодиодов, дающих спектр, имеющий высокий коэффициент корреляции с целевым спектром поглощения хлорофиллов А и В;
- использование в качестве целевой функции спектральной чувствительности растений по МакКри (МсСгее К.J.) или спектра естественного излучения (дневное небо).

Сравнение различных технологий формирования спектра фитоизлучателя [3]

Показатель	Хлорофилл		Полный спектр			
Hokasarenb	Blue+Red	White+Red	90 CRI White	70 CRI White		
Совпадение со спектром поглощения хлорофиллов	++++	+++	++	+		
Совпадение с кривой McCree	+++	++++	+++	++		
Совпадение со спектром дневного неба	+	++	+++	++		
Эффективность (PPF/W)	++++	+++	+	+++		
Качество цветопередачи	+	++++	++++	+++		
Возможность динамического контроля	+++	+++	+	+		
	455 нм Глубокий синий+660 нм Красный	4000К, 70 CRI Белый+660 нм Красный	4000К, 90 CRI Белый	4000К, 70 CRI Белый		
Светодиоды	***					

Многочисленные исследования, проводимые российскими учеными, и результаты, полученные при выращивании салата при LED-фитоизлучателях в работах [4–10], не дают четкого ответа, как влияют интенсивность и спектральный состав излучения на формирование наиболее важных составляющих продукционного процесса — урожайность и накопление макро- и микроэлементов.

Цель исследования. Разработать технологию эффективного облучения для культуры салата на базе LED-фитоизлучателей.

Задачи: провести анализ технологий формирования спектра фитоизлучателей; разработать модели облучателей с двумя видами соотношений излучения в отдельных областях фотосинтетически активной радиации (ФАР); экспериментальным путем определить эффектив-

ные режимы облучения для зеленных овощных культур на примере салата сортов Крилда и Аувона.

Методы исследования. В качестве экспериментальной культуры применяли два сорта салата: салат дуболистный Крилда [11] и пригодный для свежего рынка и переработки Аувона [12], включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации. При проведении экспериментов учитывали рекомендации [13].

В эксперименте необходимо определить урожайность, а также накопление макро- и микроэлементов в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения.

Салат выращивался в двух блоках вегетационной установки, представленной на рисунке 1.

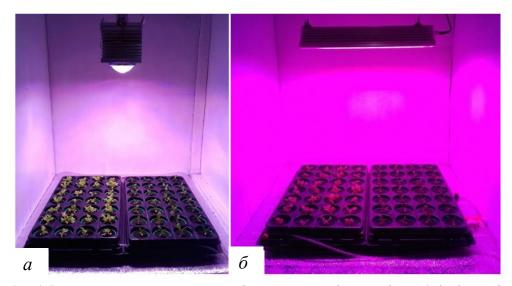


Рис. 1. Блоки вегетационной установки с облучателями в работе: а – блок №1; б – блок № 2

Вегетационная установка включает в себя четыре системы для поддержания параметров среды: 1) система

полива; 2) система вентиляции и обогрева; 3) система подкормки углекислым газом; 4) система облучения.

Параметры микроклимата в обоих блоках одинаковые согласно требованиям [13, 14]. Системы облучения имеют существенные отличия в спектре излучения, но сопоставимы по мощности.

В блоке № 1 установлен облучатель со светодиодным излучающим модулем, характеристики которого промоделированы и получены в калькуляторе Cree [15] (табл. 2). При формировании спектра применили нестандартную

технологию «Blue+Red» с целевым спектром поглощения хлорофиллов A и B в комбинации со светодиодами белого спектра (full spectrum). Модуль содержит 46 светодиодов. В результате получили характеристики, представленные на рисунке 2. Мощность облучателя P=92 Вт, световой поток Φ =6496 лм, фотосинтетический поток фотонов PPF – 153 мкмоль/с.

Таблица 2 Характеристики светодиодного излучающего модуля для блоков № 1 и № 2

Модель LED	Вариант для белого спектра	Цвет	Длина волны/цветовая	Количество свето- диодов	
			температура	Блок №1	Блок №2
PROLIGHT OPTO PK2N-3LLE		UV425	425	3	-
Cree XLamp XP-E2 (R8)		Royal Blue	452	6	4
Cree XLamp MHB-B 9V (AWT)	750 Cree CXA/CXB 50G	White	4916	4	-
Cree XLamp MHB-B 9V (AWT)	830 Cree CXA/CXB 30G	White	3030	6	
Cree 3 w full spectrum		White	2700	-	4
Cree XLamp XR-C LEDs		Red-Orange	620	-	4
Cree XLamp XP-E2 (R)		Red	635	9	12
Cree XLamp XP-E High Eff. (PR)		Photo Red	656	9	-
Cree XLamp XP-E (FR)		Far Red	728	9	-

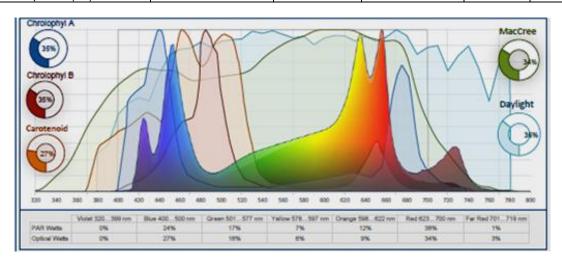


Рис. 2. Результаты для растениеводства и спектральные характеристики

В блоке № 2 установлен облучатель со светодиодным излучающим модулем, характеристики которого были исследованы на сертифицированном оборудовании в Федеральном бюджетном учреждении «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Красноярском крае» (рис. 3). Модуль содержит 24 светодиода. Мощность облучателя P=92 Вт, световой поток Φ =3402 лм, фотосинтетический поток фотонов PPF – 106,47 мкмоль/с.

Таким образом, получается, что в блоке № 1 облучатель имеет следующее соотношение излучения в отдельным областях ФАР: синий (c) -24 %, белый (б) -27, красный (к) -49 %. В блоке № 2: c-17 %, 6-17, $\kappa-66$ %.

Эксперимент проходил при высоте подвеса облучателей 0,6 метра над поверхностью поддонов. Таким образом, средняя облученность составила E=150 мкмоль/м²·с. В каждый салатный горшок добавляли верховой нейтрализованный торф, в который высаживается по три семени Крилда и по одному семени Аувона на глубину 0,2–0,3 см (согласно нормам высева). Таким образом, получается, что в каждом блоке высажено по 84 семени салата сорта Крилда и 28 семян сорта Аувона.

На 10-й день в поливную воду начали добавлять удобрения. Удобрение для гидропоники micro [16]: NO3-3,5; NH4-1,5; Ca-6; B-0,01; Fe (6% EDDHA; 11% EDTA)-0,12; Cu EDTA-0,01; Mn EDTA-0,05; Zn EDTA-0,015; Mo-0,004; Co EDTA-0,0005; B1-0,3; B2-0,35; B6-0,7; B12-0,15;

PP-0,8; C-0,5; Butanedioic acid-0,7. Удобрение для гидропоники grow [17]: NO3-1,5; NH4-0,5; P-4; K-8,7; Mg-1,5; S-2. В таблице 3 показана норма содержания макро- и микроэлементов в салате.

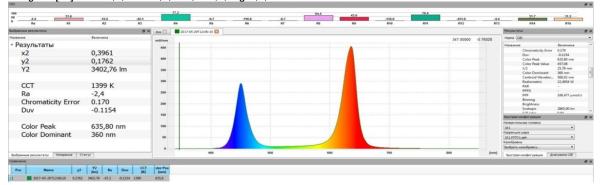


Рис. 3. Спектрограмма облучателя для блока № 2

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов в салате

Продукт питания		Содержание макро- и микроэлементов в 100 граммах, мг									
	K	Ca	Mg	Na	Р	Fe	Co	Mn	Cu	Мо	Zn
Салат	220	77	40	8	34	0,6	0,004	0,3	0,12	0,009	0,27

Дозировку удобрений подбирали по следующей схеме:

micro (A), grow (B). A/B=50/50 %; 210 ppm — A; 210 ppm — B; 80+210=290 ppm; 290+210=500 ppm. 80 — это примеси (так как поливочная вода не идеально чистая).

Последние две недели дозировку удобрения поднимали от 500 до 850 ppm. Каждый раз (через день) увели-

чивали дозу удобрения на 16 ppm, например, 500+16= 516 ppm. Также использовали фосфорную кислоту, которая вносится до достижения необходимого уровня pH, который выявляли pH-метром.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 4 показан результат в каждом блоке установки перед уборкой урожая.



1-й блок: сорт Крилда, сорт Аувона

2-й блок: сорт Крилда, сорт Аувона

Рис. 4. Результаты перед уборкой урожая (55-й день)

Из рисунка 4 видно, что сорт салата Крилда в блоке № 1 имеет лист среднего размера, светло-зеленый дольчатый, сильнопузырчатый, обратнотреугольный, слабоволнистый по краю. Розетка листьев полупрямостоячая до прижатой, кочан открытый, рыхлый. В блоке № 2 растения данного сорта вялые, имеются листья как малого, так и большого размера, розетка листьев неоднородная. Сорт Аувона в блоке №1 имеет лист среднего размера, продолговатый, зеленый, сильнопузырчатый, слабовол-

нистый по краю. Кочан закрытый, удлиненно-овальный, средней плотности. В блоке № 2 листья более плотные, крупные, продолговатой формы, темно-зеленые. Кочан закрытый, удлиненно-овальный.

Показатели урожайности определяли путем взвешивания полученных результатов на электронных весах DIGITALSCALE. К моменту уборки урожая каждое растение салата содержало от 8 до 12 листьев (см. рис. 4). Масса растений по блокам представлена в таблице 4.

Показатели по массе салата, г

	Один горшок		Одна	кассета	Оба блока	
Номер блока	Салат Крилда	Салат Аувона	Салат Крилда	Салат Аувона	Салат Крилда	Салат Аувона
1	63,5±3	65,5±2	1778	1834	2024	2276 0
2	52 ±3	55,1±2	1456	1542,8	3234	3376,8

Из таблицы 4 видно, что если рассматривать полученную массу салата независимо от технологии облучения (суммарную по сортам в обоих блоках), то различие несущественное. Если же рассмотреть тот же показатель

отдельно по блокам, то в блоке № 1 общая масса салата 3,6 кг, а в блоке № 2 – 3 кг.

Учитывая площадь каждого посевного поддона S=0,28 м², определили урожайность (рис. 5).

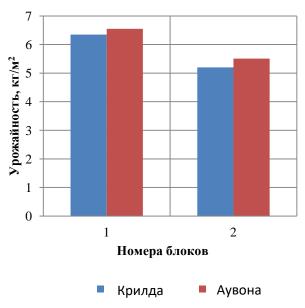


Рис. 5. Урожайность салата по блокам

Из графика рисунка 5 видно, что урожайность салата сорта Крилда в первом блоке составляет $6,35\ \rm kr/m^2$, что на $0,85\ \rm kr/m^2$ выше, чем средняя, заявленная в нормах [18] — $5,5\ \rm kr/m^2$. Во втором блоке урожайность составляет $5,2\ \rm kr/m^2$, что ниже нормы на $0,3\ \rm kr/m^2$. Салат сорта Аувона в первом блоке дал урожайность $6,55\ \rm kr/m^2$, что на $1,35\ \rm kr/m^2$ выше, чем средняя, заявленная в нормах [19], — $5,2\ \rm kr/m^2$. Во втором блоке урожайность составляет $5,51\ \rm kr/m^2$, что также выше норм на $0,31\ \rm kr/m^2$.

Если же сравнивать урожайность по блокам, то в блоке № 1 урожайность сорта Крилда выше на 1,15 кг/м², чем в блоке № 2. По сорту Аувона урожайность также выше в блоке № 1, чем в блоке № 2, на 1,04 кг/м².

Для определения качественных показателей в ФГБУ ГЦАС «Красноярский» был проведен биохимический анализ салата. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5
Результаты по показателям накопления макро-и микроэлементов в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения

Определяемый		Результаты испытаний				
показатель	Ед. изм.	Методика испытаний	Салат Крилда		Салат Аувона	
(на натуральную влагу)			Блок №1	Блок №2	Блок №1	Блок №2
1	2	3	4	5	6	7
Медь	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	0,198 ± 0,040	0,269 ± 0,054	0,286 ± 0,057	0,237 ± 0,047
Цинк	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Кобальт	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Марганец	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	1.8 ± 0.54	2,22 ± 0,67	3.4 ± 1.0	2,11 ± 0,63

					Оконч	нание табл. 5
1	2	3	4	5	6	7
Железо	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Молибден	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Азот	%	ГОСТ 13496.4-93 (п.2)	0.14 ± 0.05	0.23 ± 0.06	$0,24 \pm 0,06$	0.18 ± 0.06
Фосфор	%	ГОСТ 26657-97 (п.4.5)	0,029± 0,012	$0,036 \pm 0,013$	0.037 ± 0.013	$0,027 \pm 0,011$
Аммоний	%	M 04-65-2010	$0,015 \pm 0,004$	$0,028 \pm 0,008$	$0,026 \pm 0,007$	$0,017 \pm 0,005$
Калий	%	M 04-65-2010	$0,15 \pm 0,03$	$0,23 \pm 0,05$	$0,20 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,03$
Натрий	%	M 04-65-2010	0,062 ± 0,012	0,106 ± 0,021	0,042 ± 0,012	0,057 ± 0,011
Магний	%	M 04-65-2010	0.037 ± 0.010	$0,047 \pm 0,013$	$0,027 \pm 0,008$	$0,030 \pm 0,008$
Кальций	%	M 04-65-2010	$0,090 \pm 0,018$	0,100 ± 0,020	0,056 ± 0,011	0,048 ± 0,013

Как видно из таблицы 5 и рисунка 4, важным преимуществом правильно сформированного полного спектра является положительное влияние на биохимию и морфологию (отсутствие отклонений формы) растений. Так, у салата Крилда, выращенного в первом блоке, показатели усвоения макро- и микроэлементов не выходят за пределы нормы. Во втором блоке наблюдается превышение содержания натрия на 70 % у салата того же сорта, что могло стать причиной нарушения солевого баланса и, как следствие, изменения структуры листа. По салату сорта Аувона в блоке № 1 и № 2 показатели в норме.

Выводы

- 1. Разработанная технология выращивания салата в вегетационной установке (содержащей два блока, включающих общую систему полива, вентиляции и обогрева, подкормки CO_2 , отличающихся тем, что при облучении в каждом блоке используются разные типы LED-фитоизлучателей, один из которых круглосимметричной формы мощностью 92 Вт и излучением в отдельным областях Φ AP: c-24 %, белый -27, $\kappa-49$ %, другой ассиметричный, мощностью 92 Вт и излучением: c-17 %, белый -17, $\kappa-66$ %) позволила определить закономерности влияния спектрального состава на количественные и качественные характеристики зеленных овощных культур.
- 2. Более эффективным в формировании урожая салата является излучение ФАР с соотношением: с – 24 %, белый − 27, к − 49 %. Излучение, где доминируют красные лучи, имеет сравнительно низкую эффективность у салата Крилда при облученнсти 150 мкмоль/м²·с, однако для салата Аувона эффективность этого излучения резко возрастает. Опыты с величиной облученности 150 мкмоль/м²·с показали. что урожайность салата сорта Крилда в первом блоке составляет 6,35 кг/м², что на 0,85 кг/м² выше, чем средняя, заявленная в нормах, - 5,5 кг/м². Во втором блоке урожайность составляет 5,2 кг/м² и ниже норм на 0,3 кг/м². Салат сорта Аувона в первом блоке дал урожайность 6,55 кг/м², что на 1,35 кг/м² выше, чем средняя, заявленная в нормах, - 5,2 кг/м². Во втором блоке урожайность составляет 5,51 кг/м 2 , что также выше норм на 0,31 кг/м 2 . Если же сравнивать урожайность по блокам, то в блоке № 1 урожайность сорта Крилда выше, чем в блоке № 2. на 1,15 кг/м². По сорту Аувона урожайность также выше в блоке № 1, чем в блоке № 2, на 1,04 кг/м².
- 3. Преимуществом правильно сформированного полного спектра является положительное влияние на биохимию и морфологию (отсутствие отклонений формы) растений. Так, у салата Крилда, выращенного в первом блоке, показатели усвоения макро- и микроэлементов не

выходят за пределы нормы. Во втором блоке наблюдается превышение содержания натрия на 70 % у салата того же сорта, что могло стать причиной нарушения солевого баланса и, как следствие, изменения структуры листа. В блоке № 2 растения данного сорта вялые, имеются листья как малого, так и большого размера, розетка листьев неоднородная.

4. Для формирования конкурентных преимуществ растениеводческой продукции можно рекомендовать режим облучения для сорта Крилда, где источник излучения представляет собой круглосимметричный излучатель, имеющий рассеивающую линзу из боросиликатного стекла с глубокой кривой силы света класса (Г), работающий на высоте подвеса 0,6 м над облучаемой поверхностью, обеспечивающей облученность 150 мкмоль/(м²-с) и имеющий процентное соотношение областей ФАР: с – 24 %, белый – 27, к – 49 %. В данном случае урожайность составит 6,35 кг/м², что на 0,85 кг/м² выше, чем средняя, заявленная в нормах. Для салата сорта Аувона также рекомендуется данный режим облучения, который дает урожайность 6,55 кг/м², что на 1,35 кг/м² выше, чем средняя, заявленная в нормах.

Литература

- Сооружения, технологии и технические средства для производства овощной продукции в защищенном грунте: метод. рекомендации / С.С. Литвинов, Р.Дж. Нурметов, А.Ф. Разин [и др.]. – М.: ФГБНУ Росинформагротех, 2015. – 122 с.
- 2. Долгих П.П., Хусенов Г.Н. Современные LED-фитоизлучатели для тепличных технологий // Эпоха науки 2018. № 14. С. 112–120.
- Юсупов С., Червинский М., Ильина Е. [и др.]. Создание эффективных светодиодных фитосветильников // Полупроводниковая светотехника. 2016. № 6. С. 56–64.
- Ефремов Н.С. Оценка интенсивности искусственного освещения светодиодного облучателя на листовой салат в защищенном грунте // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 102(08). – С. 1–10.
- 5. Далькэ И.В., Буткин А.В., Табаленкова Г.Н. [и др.]. Эффективность использования световой энергии тепличной культурой листового салата // Известия ТСХА. 2013. № 5. С. 60–68.
- Далькэ И.В., Табаленкова Г.Н., Малышев Р.В. [и др.]. Продуктивность и компонентный состав биомассы листового салата при разной интенсивности освещения в условиях защищенного грунта// Гавриш. – 2013. – № 4. – С. 13–16.

- 7. Мишанов А.П., МарковаА.Е., Ракутько С.А. [и др.]. Влияние соотношения долей зеленого и красного излучения на биометрические показатели салата // Сб. науч. тр. ИАЭП. 2015. Вып. 87. С. 264–271.
- Курьянова И.В., Олонина С.И. Оценка влияния различных спектров светодиодного светильника на рост и развитие овощных культур // Вестн. НГИЭИ. 2017. № 7 (74) С. 35–44.
- 9. Ракутько С.А., Мишанов А.П., Маркова А.Е. [и др.]. Математическая модель биометрических показателей растения салата (Lactuca Sativa L.) в светокультуре при различных дозах облучения // Теоретический и научно-практический журнал ИАЭП. 2016. Вып. 89. С. 118—126.
- Lin K.H., Huang M.Y., Huang W.D. [et al.]. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata) // Scientia Horticulturae. – 2013. – V. 150. – P. 86–91.
- Крилда / Krilda RZ. Зеленый дуболистный салат для салатных линий. URL: https://www.rijkzwaan.ru/sites/default/files/varieties/5729_Krilda.pdf (дата обращения: 05.03.2017).
- 12. International Catalogue. URL: https://www.rijkzwaan. com/sites/default/files/442830rzw_international_cat_2015 _xlr_phone.pdf (дата обращения: 05.03.2017).
- Технология промышленного производства овощей в зимних теплицах: рекомендации / С.И. Шуничев, Н.И. Савинова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1987. – 109 с.
- 14. Овощеводство / Г.И. Тараканов, В.Д. Мухин, К.А. Шуин [и др.]; под ред. Г.И. Тараканова В.Д. Мухина. 2-е изд., перераб. доп. М.: КолосС, 2003. 472 с.
- Lighting Payback Calculator. URL: http://lighting.cree. com/resources/payback-calculator (дата обращения: 15.02.2017).
- Hydroponics Micro. URL: https://floragrowing.com/ru/ shop/hydroponics-micro (дата обращения: 21.08.2017).
- Hydroponics Grow. URL: https://floragrowing.com/ru/ shop/hydroponics-grow (дата обращения: 21.08.2017).
- 18. Салат Крилда. URL: http://vparnike.ru/spravka/5209 (дата обращения: 20.12.2017).
- 19. Салат, овощные 8653341 Аувона. URL: http://www.yfermer.ru/selskohozyaistvennierastenia/330 185.html (дата обращения: 20.12.2017).

Literatura

- Sooruzhenija, tehnologii i tehnicheskie sredstva dlja proizvodstva ovoshhnoj produkcii v zashhishhennom grunte: metod. rekomendacii / S.S. Litvinov, R.Dzh. Nurmetov, A.F. Razin [i dr.]. – M.: FGBNU Rosinformagroteh, 2015. – 122 s.
- Dolgih P.P., Husenov G.N. Sovremennye LEDfitoizluchateli dlja teplichnyh tehnologij // Jepoha nauki – 2018. – № 14. – S. 112–120.
- Jusupov S., Chervinskij M., Il'ina E. [i dr.]. Sozdanie jeffektivnyh svetodiodnyh fitosvetil'nikov // Poluprovodnikovaja svetotehnika. – 2016. – № 6. – S. 56–64.

- Efremov N.S. Ocenka intensivnosti iskusstvennogo osveshhenija svetodiodnogo obluchatelja na listovoj salat v zashhishhennom grunte // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2014. – № 102(08). – S. 1–10.
- Dal'kje I.V., Butkin A.V., Tabalenkova G.N. [i dr.]. Jeffektivnost' ispol'zovanija svetovoj jenergii teplichnoj kul'turoj listovogo salata // Izvestija TSHA. – 2013. – № 5. – S. 60–68.
- Dal'kje I.V., Tabalenkova G.N., Malyshev R.V. [i dr.].
 Produktivnost' i komponentnyj sostav biomassy listovogo salata pri raznoj intensivnosti osveshhenija v uslovijah zashhishhennogo grunta// Gavrish. 2013. № 4. S. 13–16.
- 7. *Mishanov A.P., MarkovaA.E., Rakut'ko S.A.* [i dr.]. Vlijanie sootnoshenija dolej zelenogo i krasnogo izluchenija na biometricheskie pokazateli salata // Sb. nauch. tr. IAJeP. 2015. Vyp. 87. S. 264–271.
- Kur'janova I.V., Olonina S.I. Ocenka vlijanija razlichnyh spektrov svetodiodnogo svetil'nika na rost i razvitie ovoshhnyh kul'tur // Vestn. NGIJel. – 2017. – № 7 (74) – S. 35–44.
- Rakut'ko S.A., Mishanov A.P., Markova A.E. [i dr.].
 Matematicheskaja model' biometricheskih pokazatelej
 rastenija salata (*Lactuca Sativa* L.) v svetokul'ture pri
 razlichnyh dozah obluchenija // Teoreticheskij i
 nauchno-prakticheskij zhurnal IAJeP. 2016. Vyp. 89.
 – S. 118–126.
- Lin K.H., Huang M.Y., Huang W.D. [et al.]. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata) // Scientia Horticulturae. – 2013. – V. 150. – P. 86–91.
- Krilda / Krilda RZ. Zelenyj dubolistnyj salat dlja salatnyh linij. – URL: https://www.rijkzwaan.ru/sites/default /files/varieties/5729_Krilda.pdf (data obrashhenija: 05.03.2017).
- 12. International Catalogue. URL: https://www.rijkzwaan.com/sites/default/files/442830rzw_international_cat_2015_xlr_phone.pdf (data obrashhenija: 05.03.2017).
- 13. Tehnologija promyshlennogo proizvodstva ovoshhej v zimnih teplicah: Rekomendacii / S.I. Shunichev, N.I. Savinova [i dr.]. M.: Agropromizdat, 1987. 109 s.
- 14. Ovoshhevodstvo / G.I. Tarakanov, V.D. Muhin, K.A. Shuin [i dr.]; pod red. G.I. Tarakanova V.D. Muhina. 2-e izd., pererab. dop. M.: KolosS, 2003. 472 s.
- Lighting Payback Calculator. URL http://lighting.cree.com/resources/payback-calculator (data obrashhenija: 15.02.2017).
- 16. Hydroponics Micro. URL: https://floragrowing.com/ru/shop/hydroponics-micro (data obrashhenija: 21.08.2017).
- 17. Hydroponics Grow. –URL: https://floragrowing.com/ru/shop/hydroponics-grow (data obrashhenija: 21.08.2017).
- 18. Salat Krilda. URL: http://vparnike.ru/spravka/5209 (data obrashhenija: 20.12.2017).
- Salat, ovoshhnye 8653341 Auvona. URL: http://www.yfermer.ru/selskohozyaistvennierastenia/330 185.html (data obrashhenija: 20.12.2017).