UDC 631.544:635.63:635.64

INFLUENCE ADDITIONAL ARTIFICIAL LIGHTING IN THE INITIAL STAGES OF GROWTH AND DEVELOPMENT SEEDLING FOR TOMATOES AND CUCUMBERS

Popovich H. B., Malinina A. O., Aksenyuk I. I., Hrytsak R. V.

SHEI "Uzhhorod National University"

Pidgirna str., 46, Uzhhorod, Transcarpathian rg., Ukraine, 88000

E-mail: halina.popovich@uzhnu.edu.ua

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2018-64-44-49>

The aim of the research. The study of the effect of additional artificial lighting in the initial stages of growth and development of seedlings of cucumber and tomato in greenhouses. **Methods.** Phenological observations, biometric measurements, statistical research methods. **Results.** It was established that differences in the growth rate of hybrids of tomato and cucumber appeared already in the early stages. Especially, the most dramatic differences were observed in tomatoes. In the variant with the additional light, on the fifth day, the cotyledon leaves were well developed, the height of the hypocotyl was on average 3.6 cm, the leaf surface area of the first true leaf was 3.08 cm². At the same time, in the control, the plants were at the stage of unfolding of cotyledonary leaves. In the phase of two to four true leaves, both in height of the stem and in the area of the leaf surface, the seedlings of the option with additional lighting were distinguish. It was established that the plants, with additional lighting were more aligned in height, had a strong, strongly pubescent, larger stem diameter, wet weight of plants on average by 19% exceeded the version with natural light. According to phenological observations, cucumber plants developed almost equally, according to morphometric data, plants with additional lighting exceeded control. In the phase of unfolded cotyledon leaves, the height of hypocotyl on average by 23% exceeded control. For this period, the plants of both variants of the experiment were at the initial stage of the formation of the first true leaf. Later on, a significant acceleration of growth was observed in plants with additional lighting. In the phase of two true leaves, the plant height in the experiment was 45% higher than the control, and the leaf surface area – by 30%, while the stem thickness was 7.9% less in the control. **Conclusions.** Studies have shown the effectiveness of LED phytolamp 30 W in the spring period for growing seedlings in greenhouses. Throughout the experiment, in the variant with additional luminescence in tomato and cucumber plants, accelerated growth, large height, leaf surface area and the mass of the aerial part were observed. In addition, with additional lighting in tomato plants of the same age observed significant differences in the growth rate of true leaves.

Keywords: additional lighting, LED lamp, indoor ground, seedlings, tomato, cucumber, biometric parameters.

ВПЛИВ ДОДАТКОВОГО ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ПОЧАТКОВІ ЕТАПИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ РОЗСАДИ ПОМІДОРА І ОГІРКА

Попович Г. Б., Малініна А. О., Аксенюк І. І., Грицак Р. В.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, Закарпатська обл., Україна, 88000

E-mail: halina.popovich@uzhnu.edu.ua

Мета. Вивчення впливу додаткового штучного освітлення на початкові етапи росту та розвитку розсади огірка і помідора в умовах закритого ґрунту. **Методи.** Фенологічні спостереження, біометричні вимірювання, статистичні методи дослідження. **Результати.** Встановлено, що відмінності у швидкості росту гібридів помідора й огірка проявилися вже на ранніх етапах. Найбільш різкі відмінності спостерігали у помідора. У варіанті з досвічуванням вже на п'ятий день відмічали добре розвинені сім'ядольні листки, висота гіпокотилія при цьому становила в середньому 3,6 см, площа листової поверхні першого справжнього листка – 3,08 см². У той самий час у контролі рослини перебували на стадії розгортання сім'ядольних листків. У фазі двох – чотирьох справжніх листків як за висотою

стебла, так і за площею листової поверхні виділялася розсада варіанту з досвічуванням. Встановлено, що рослини при досвічуванні були більш вирівняні за висотою, мали міцне, сильно опушене, більшого діаметру стебло, сира маса рослин у середньому на 19% перевищувала варіант із природним освітленням. За фенологічними спостереженнями рослини огірка розвивалися майже однаково, за морфометричними даними рослини, які додатково досвічували, перевищували контроль. У фазі розгорнутих сім'ядольних листків висота гіпокотіля в середньому на 23% перевищувала контроль. На цей період рослини обох варіантів дослідів перебували на початковій стадії формування першого справжнього листка. У подальшому спостерігали значне прискорення росту в рослин, які додатково досвічували. У фазі двох справжніх листків висота рослин у досліді на 45% перевищувала контроль, а площа листової поверхні – на 30%, товщина стебла при цьому у контролі на 7,9% була меншою. **Висновки.** Проведені дослідження свідчать про ефективність застосування світлодіодних фотоламп 30 Вт у весняний період для вирощування розсади в умовах закритого ґрунту. Протягом усього дослідів у варіанті з додатковим досвічуванням у рослин помідора й огірка спостерігали прискорений ріст, більші висоту, площу поверхні листків та масу надземної частини. Крім того, при досвічуванні у рослин помідора одного віку спостерігали суттєві відмінності за темпами розвитку справжніх листків.

Ключові слова: додаткове освітлення, світлодіодна лампа, закритий ґрунт, розсада, помідор, огірок, біометричні параметри

Вступ. Сонячна радіація є основним джерелом енергії для рослин. Оптимізація фотосинтезу шляхом регулювання мікроклімату – дуже важливе завдання у тепличному овочівництві. Освітлення є одним із найбільш вагомих факторів, які впливають на ріст та розвиток рослин у закритому ґрунті, перш за все – у розсадний період, коли рослини швидко ростуть і є високо чутливими до факторів зовнішнього середовища. Якість світла впливає на фізіологічні процеси, які відбуваються у рослині, особливо на фотосинтез. Отримання більш високого і раннього врожаю передбачає вирощування розсади певної якості та стандарту. Потреба й попит на розсаду овочевих культур постійно зростає (Sadovska N.P., 2011; Rakutko S.A., 2016).

При цілорічному і позасезонному вирощуванні високоякісних овочів і розсади, як правило, природного освітлення не вистачає. Недостатнє освітлення призводить до зниження врожайності, затримки його формування, знижує вміст цукрів і вітамінів, погіршує товарні якості продуктових органів. Так, у помідорів і огіроків – опадають квітки, формуються плоди меншого розміру з низькими смаковими якостями. Саме тому, нестачу сонячного освітлення необхідно компенсувати за рахунок додаткового штучного освітлення залежно від періоду року, конструкції споруди й погодних умов (Sadovska N.P., 2011; Liu W., 2012).

Аналіз останніх досліджень і публікацій з досліджуваної теми. Численні дослідження (Bantis F., 2016; Gomez C., 2015; Gomez C., 2018; Jensen N. B., 2018; Jishi T., 2016; Lin K.-H., 2013; Yorio N. C., 2001; Abduragimo-

v A.R., 2016; Viktorova I.A., 2017; Sharupich V.P., 2011) з додаткового штучного освітлення при вирощуванні культур у спорудах закритого ґрунту вказують на переваги його застосування. У тепличних комплексах багатьох розвинених країн світу широко використовують світлодіодні світильники. Порівняно з традиційними джерелами світла, світлодіоди можуть випромінювати світло будь-якої довжини хвилі, у тому числі фізіологічно активної радіації (ФАР), яка необхідна для функціонування рослинного організму, мають довгий термін експлуатації, високий ККД, енергоефективність, екологічно чисті; можна контролювати їх яскравість, світловий потік і його спектральний склад (Baharev I., 2010; Galiullin R.R., 2016; Namor A.F., 2016; Rakutko S.A., 2016).

Рослини потребують усього спектра випромінювання (сонячної радіації чи досвічування штучними джерелами освітлення) у межах ФАР (380–750 нм). Оптимальним є варіант опромінювача з триколіоровим складом світлодіодів: білий (теплий відтінок), синій ($\lambda_p=420\text{--}465$ нм), червоний ($\lambda_p=660$ нм) (Korepanov V.I., 2016).

Світлодіодні лампи з різним спектром опромінювання можуть служити альтернативним джерелом освітлення рослин при вирощуванні культур у спорудах закритого ґрунту, позитивно впливають на ріст біомаси, біохімічний склад, смакові властивості рослин і ефективність виробництва культури (Kuryanova I.V., 2017; Li Q., 2009).

Мета досліджень полягала у вивченні впливу додаткового штучного освітлення на почат-

кові етапи росту та розвитку розсади огірка й помідора в умовах закритого ґрунту.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводили в межах проекту «Розробка нових газорозрядних джерел світла для технологічного оновлення та розвитку парникового господарства» у зимовій теплиці Ботанічного саду ДВНЗ «Ужгородський національний університет» у весняний період 2018 р. Досліди заклали на встановлених стелажах, над якими розміщували додаткові джерела освітлення. Варіанти досліду розділяли чорними світлонепроникними плівками для уникнення попадання світла між ними. Повторність дослідів – трикратна.

Матеріалом для дослідження слугували: ранньостиглий, індетермінантний гібрид помідора *Prios F₁* голландської селекції «Ergon» та ранній, партенокарпічний гібрид огірка *Monneyfest F₁* італійської фірми «Solar Sementi». Предмет дослідження – вплив додаткового штучного освітлення на фенологічні й біометричні показники розсади помідора й огірка.

Використовували два варіанти досліду: природне освітлення без досвічування (контроль) та додаткове досвічування до природного освітлення. Для досвічування рослин використовували світлодіодні фітолампи потужністю 30 Вт, кольорова температура (повний спектр): червоний (630–660 нм), синій (430–470 нм), білий (6500–3500 К), інфрачервоний 730 нм, ультрафіолетовий 380 нм, світловий потік 2600 Лм.

Температура повітря в теплиці знаходилася на рівні 19–21 °C вдень та 15–19 °C вночі і була оптимальною для росту й розвитку рослин.

Насіння висівали у касети з розміром чарунок 5,2x5,2x6,5 см на глибину 1 см у середині квітня. Використовували ґрунтову суміш «Жива земля для розсади» (*Terra Vita*) – повністю готову з додаванням біогумусу, у якому присутня суміш різних видів торфу й збалансованого складу таких поживних елементів, як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, залізо й мікроелементи. При появі сходів встановлювали режим освітлення рослин з експозицією 11 год. на добу. Догляд за рослинами полягав у проведенні регулярних поливів та контролю за температурою й вологістю повітря.

Протягом досліджень відмічали фенофази рослин та проводили біометричні вимірювання за загальноприйнятими методиками (Bondarenko H.L., 2001). Починаючи з фази сім'ядольних листків проводили вимірювання висоти гіпокотилу. Подальші обліки проводили раз на тиждень, у міру вступання сіянців у наступну фазу розвитку. Починаючи з фази двох справжніх листків, вимірювали висоту стебла, розміри справжніх листків та діаметр стебла. Біометричні параметри рослин фіксували до утворення чотирьох – п'яти листків. Вимірювання проводили на 20 рослинах у кожному повторенні обох варіантів досліду. Перед висаджуванням у відкритий ґрунт визначали середнє значення сирової маси всієї рослини та, окремо, кореневої й надземної частин.

Результати досліджень. У результаті експериментальних досліджень встановлено, що штучне досвічування рослин (як додаткове до природного освітлення) було сприятливим для росту й розвитку розсади помідора й огірка.

Середня тривалість періодів від висівання насіння до появи сходів становила 9 діб у помідора та 5 діб у огірка. Після появи перших сходів включали світлодіодне освітлення у варіанті з дослідом. Слід відмітити дружність появи масових сходів, відповідно у помідора – через 2 доби (у середньому 66% насіння), у огірка – через добу (79%) після перших сходів.

Відмінності у швидкості росту гібридів помідора й огірка проявилися вже на ранніх етапах. Найбільш різкі відмінності спостерігали у помідора. Так, у варіанті з застосуванням штучного освітлення вже на 5-у добу відмічали добре розвинені сім'ядольні листки, висота гіпокотилу при цьому становила в середньому 3,6 см, площа листової поверхні першого справжнього листка – 3,08 см². У той самий час у контрольному варіанті з природним освітленням рослини перебували на стадії розгортання сім'ядольних листків.

На рисунку 1 представлено динаміку висоти розсади помідора за природного (контроль) та з використанням додаткового світлодіодного освітлення (дослід).

Рисунок 1. Вплив додаткового освітлення на довжину стебла (см) і кількість справжніх листків розсади помідора

Аналіз даних показав, що в контрольному варіанті спостерігали менший приріст висоти стебла та відставання у формуванні справжніх листків. Відповідно, при використанні додаткового освітлення, приріст стебла на 11-у добу після появи масових сходів у фазі двох справжніх листків був на 2,74 см більшим від контролю, а через шість днів (тобто у фазі чотирьох справжніх листків) різниця була більш значною й становила 5,60 см. Крім того, на 17-у добу вимірювали товщину стебла. У контролі цей показник у середньому дорівнював 0,28 см, у досліді – 0,31 см. Це свідчить про те, що додаткове освітлення впливало не тільки на ріст стебла у висоту, але й на його діаметр.

У фазі двох – чотирьох справжніх листків як за висотою стебла, так і за площею листкової поверхні виділялася розсада варіанту з досвічуванням. На 17-у добу після появи масових сходів у контролі відмічали три добре розвинені справжні листки, у той час як у досліді з використанням світлодіодних ламп їх було уже чотири, а у 7,14% – навіть п'ять сформованих справжніх листків.

Порівнюючи варіанти, слід відмітити, що розміри листків (довжина й ширина) у рослин помідора також суттєво відрізнялися. Так, за площею одного листка й загальною площею листкової поверхні однієї рослини краще себе проявили рослини за додаткового досвічування.

У фазі двох справжніх листків відмічали більшу площу листкової поверхні однієї рослини у досліді – 21,75 см² порівняно з контролем, де цей показник на 10,64 см² був меншим (рис. 2).

На 17-у добу у фазі трьох справжніх листків рослин площа листкової поверхні в контролі в середньому сягала 40,03 см², у той час як у варіанті з світлодіодним досвічуванням рослини знаходилися у фазі чотирьох справжніх листків і, відповідно, середня величина площі листкової поверхні суттєво різнилася (була 81,32 см², що на 41,29 см² більше). Крім того, рослини з досвічуванням були більш вирівняними за висотою, мали міцне, сильно опушене стебло. Таким чином, при досвічуванні розсади помідора висота рослин і площа листків (асиміляційної поверхні) збільшувалася більш швидкими темпами. Важливим показником якості розсади вважають стан надземної й кореневої систем.

За даними дослідження, найбільшу масу надземної частини й коренів відмічено у варіанті з досвічуванням. Збільшення маси кореневої системи супроводжувалося збільшенням її довжини. Сира маса розсадних рослин помідора в середньому на 19% перевищувала варіант із природним освітленням. Співвідношення між масою надземної й кореневої частин знаходилося на рівні 4,5:1 у варіанті з досвічуванням та 3:1 – у контролі.

Рисунок 2. Динаміка наростання площі листкової поверхні розсади помідора (см²/росл.) за природного (контроль) та додаткового штучного освітлення (дослід)

Деякі параметри росту й розвитку розсади огірка за додаткового освітлення представлено на рисунку 3.

Аналіз результатів свідчить про істотну перевагу рослин за показниками при застосуванні додаткового освітлення. За фенологічними спостереженнями рослини розвивалися майже однаково, за морфометричними даними – рослини, які додатково досвічували – перевищували

контроль. Так, у фазі розгорнутих сім'ядольних листків на 3-й день після масових сходів висота гіпокотіля в середньому на 23% перевищувала контроль. У цей період рослини обох варіантів досліду перебували на початковій стадії формування першого справжнього листка. У фазі одного справжнього листка різниця гіпокотіля (за висотою) становила 3,35 см, площа листкової поверхні перевищувала контроль на 2,03 см.

Рисунок 3. Вплив додаткового освітлення на висоту стебла (см) та площу листкової поверхні (см²/росл.) розсади огірка

Надалі спостерігали значне прискорення росту в рослин, які додатково досвічували. Зокрема, у фазі двох справжніх листків висота рослин у досліді в середньому сягала 11,55 см, що на 45% більше контролю, а площа листкової поверхні – 59,10 см, що на 30% перевищувала контроль. Товщина стебла при цьому дорівнювала 0,38 см при досвічуванні, а у контролі на 7,9% була меншою.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження свідчать про ефективність застосування світлодіодних фотоламп 30 Вт у весняний період для вирощування розсади в умовах закритого ґрунту.

Протягом усього досліді у варіанті з додатковим досвічуванням у рослин помідора й огірка спостерігали прискорений ріст, більші висоту, площу поверхні листків та масу надземної частини. Крім того, при досвічуванні у рослин по-

мідора одного віку спостерігали суттєві відмінності за темпами розвитку справжніх листків.

References

- Abduragimov, A. R., Vinogradov, A. V., Romanov A.N. Issledovaniye vliyaniya dosvetki s ispolzovaniyem effekta additivnogo fotosinteza na rost i razvitie kultury ogurtsa. Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal «Innovatsionnaya nauka». 2016. № 3. S. 48–51. [in Russian].
- Baharev, I., Prokofev, A., Turkin, A. i dr. Prime-neniye svetodiodnykh svetilnikov dlya osveshche-niya teplits: realnost i perspektivy. Razrabotki. Selskoye khozyaystvo. 2010. S. 76–82. [in Russian].
- Bantis, F., Ouzounis, T., Radoglou, K. Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success. *Scientia Horticulturae*. 2016. V. 198. P. 277–283.
- Galiullin, R. R., Karimov, I. I. Effektivnost is-polzovaniya svetodiodnykh svetilnikov v teplich-nykh khozyaystvakh. Elektrotehnicheskie i infor-matsionnyye komplekxy i sistemy. 2016. № 1, T. 12. S. 34–39. [in Russian].
- Gomez, C., Izzo, L. G. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *Agriculture and Food*. 2018. V. 3 (2). P. 135–153.
- Gomez, C., Mitchell, C. A. Growth Responses of Tomato Seedlings to Different Spectra of Supplemental Lighting. *HortScience*. 2015. V. 50 (1). P. 112–118.
- Jensen, N. B., Clausen, M. R., Kjaer, K. H. Spectral quality of supplemental LED grow light permanently alters stomatal functioning and chilling tolerance in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Scientia Horticulturae*. 2018. V. 227, P. 38–47.
- Jishi, T., Kimura, K., Matsuda, R. et al. Effects of temporally shifted irradiation of blue and red LED light on cos lettuce growth and morphology. *Scientia Horticulturae*. 2016. V. 198, P. 227–232.
- Hamor, A. F., Sadovska, N. P., Kavchak, S. I. Efektyvnist svitlodiodnykh lamp za vyroshchuv-annia ovochevykh kultur. Ahrarna nauka – vyrobnytstvu: tezy dopovidei derzhavnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Bila Tserkva, 2016. Ch. 2. S. 7–8. [in Ukrainian].
- Korepanov, V. I., Omirova, N. I., Omarhan, A. Sh. Svetodiodnyy obluchatel dlya teplits. Materialy i tekhnologii novykh pokoleniy v sovremennom materialovedenii: sbornik trudov Mezhdunarodnoy konferentsii. Tomsk: Izd-vo TPU, 2016. S. 372–377. [in Russian].
- Kuryanova, I. V., Olonina, S. I. Otsenka vliyaniya razlichnykh spektrov svetodiodnogo svetilnika na rost i razvitiye ovoschnykh kultur. Vestnik NGIEI, 2017. № 7 (74). S. 35–44. [in Russian].
- 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.
- Li, Q., Kubota, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*. 2009. Vol. 67 (1). P. 59–64.
- Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi / Za red. H. L. Bondarenka, K. I. Yakovenka. Kharkiv: Osnova, 2001. 369 s. [in Ukrainian].
- Rakutko, S. A., Mishanov, A. P., Markova, A. E. ta in. Otsenka effektivnosti svetodiodnogo obluchatelya «Optolyuks-speys-agro» dlya svetokultury. Teoreticheskyy i nauchno-prakticheskyy zhurnal. IAEP, 2016. Vyip. 88. S. 59–68. Liu W. Light Environmental Management for Artificial Protected. *Horticulture. Agrotechnol-ogy*. 2012. V. 1 (1). P. 1–4. [in Russian].
- Sadovska, N. P., Marhitai, L. H., Symochko, V. V. ta in. Ovochivnytstvo zakrytoho gruntu: navchalnyi posibnyk. Uzhhorod: Vydavnytstvo UzhNU «Hoverla», 2011. 160 s. [in Ukrainian].
- Sharupich, V. P., Sharupich, T. S., Kolomyitsev, E. V. Vliyaniye dopolnitelnogo iskusstvennogo oblucheniya na fenologicheskie, biometricheskie i produktsionnyye pokazateli tomata sorta «Plamya» pri vyiraschivaniy metodom mnogoyarusnoy uzkostellazhnoy gidroponiki. Vestnik OrelGAU. 2011. № 2 (29). S. 84–88. [in Russian].
- Viktorova, I. A., Chudinova, YU. V., Sosnin, E. A. i dr. Vliyanie izlucheniya eksilampy na urozhaynost ogurtsa. Vestnik NGAU. 2017. № 2 (43). S. 9–15. [in Russian].
- Wang, H., Gu, M., Cui, J. et al. Effects of light quality on CO₂ assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 2009. V. 96 (1). P. 30–37.
- Yorio, N. C., Goins, G. D., Kagie, H. R. et al. Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. *HortScience*. 2001. V. 36 (2). P. 380–383.