

ФОРМУВАННЯ РОЗСАДИ САЛАТУ ТА КАПУСТИ ПІД ВПЛИВОМ ДОДАТКОВОГО ОСВІТЛЕННЯ

Г. Б. ПОПОВИЧ, кандидат біологічних наук, доцент кафедри
плодоовочівництва і виноградарства,
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

А. О. МАЛІНІНА, кандидат фізико-математичних наук, старший
науковий співробітник проблемної науко-дослідної лабораторії фізичної
електроніки ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
E-mail: halina.porovich@uzhnu.edu.ua; antonina.malinina@uzhnu.edu.ua

Анотація. Одним із лімітуючих факторів за вирощування овочів у закритому ґрунті у позасезонний період є світло. Дефіцит сонячної енергії призводить до зниження врожаю, затримки його формування, зменшення вмісту цукрів і вітамінів, погіршує товарні якості продуктових органів. Враховуючи це, нестачу сонячного освітлення необхідно компенсувати за рахунок додаткового штучного освітлення в залежності від періоду року, конструкції споруди та погодних умов.

Мета досліджень полягала у вивченні росту та розвитку розсади салату та капусти під впливом додаткового освітлення в умовах закритого ґрунту. В якості джерела світла використовували світлодіодні лампи потужністю 30 Вт. Проводили фенологічні спостереження, біометричні вимірювання та застосовували статистичні методи дослідження.

Виявлено позитивний вплив додаткового джерела світла на формування молодих рослин. Показано, що варіанти із досвічуванням рослини салату головчастого перевищують контрольні зразки за їх висотою, діаметром і площею асиміляційної поверхні листків. Додаткове освітлення позитивно впливало на площу листків у капусти білоголової та висоту рослин капусти брюссельської. У всіх рослин за досвічування спостерігали збільшення маси кореневої та надземної частин.

Ключові слова: додаткове освітлення, світлодіодна лампа, закритий ґрунт, розсада, салат, капуста, біометричні параметри

Актуальність.

Вирощування рослин у закритому ґрунті дає можливість забезпечити населення свіжою овочевою продукцією упродовж всього року, особливо, у зимово-весняний період, коли організм відчуває нестачу вітамінів. Важливу роль при цьому відводять зеленним овочам, оскільки навіть незначна кількість спожитої зелені людиною дає позитивний ефект. Систематичне введення в раціон харчування зеленних культур сприяє профілактиці й лікуванню багатьох захворювань.

Зеленні відносяться до низьковитратних культур, це рослини довгого дня, холодостійкі. Однак, нині ринок пропонує обмежений асортимент і кількість зеленних овочів, особливо у осінньо-зимово-весняний період. Вирощуючи овочі у позасезонний період за природного освітлення, рослини відчувають дефіцит сонячної радіації. Відповідно, якість такої продукції знижується, а термін вирощування збільшується (Абиян М. В., Гиш Р. А., Подушин Ю. В., 2004; Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т., 2008).

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

На сучасному етапі перспективним напрямом в овочівництві є світлокультура – вирощування рослин у спорудах закритого ґрунту із застосуванням додаткового до природного освітлення або ж за застосування виключно штучних джерел світла.

Світлова енергія є важливим фактором, що визначає ріст рослин, особливо у розсадний період. Традиційні джерела світла, наприклад, натрієві

лампи високого тиску тощо не є високоефективними і генерують високу температуру випромінювання. Все частіше в теплицях за вирощування розсади і товарної продукції овочевих культур використовують світлодіоди. Серед відомих джерел світла світлодіоди мають ряд переваг, зокрема, не містять шкідливі матеріали, вирізняються високою енергоефективністю, низькою вартістю обслуговування, довговічністю, низькою температурою опромінення, можливістю регулювання спектру опромінення, безінертністю, екологічно чисті, а головне – є можливістю регулювання спектральним складом опромінення (Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т., 2008; Курьянова И. В., Олонина С. И., 2017; Ракутько С. А., Мишанов А. П., Маркова А. Е., Ракутько Е. Н., 2016; Bourget C. Michael, 2008; Gioia D. Massa, Hyeon-Hye Kim, Raymond M. Wheeler, Cary A. Mitchell, 2008).

В області фотосинтетично активної радіації (ФАР) виділяють наступні діапазони: синій (B – blue) 400–500 нм, зелений (G – green) 500–600 нм, червоний (R – red) 600–700 нм, а також важливе опромінення у інфрачервоному діапазоні (FR – infrared) 700–800 нм. Світлодіодні джерела освітлення найчастіше містять світлодіоди R, G і FR. Зеленні культури з успіхом культивують у разі застосування світлодіодів цих діапазонів (Ракутько С. А., Мишанов А. П., Маркова А. Е., Ракутько Е. Н., 2016). У зв'язку з тим, проводилися дослідження впливу додаткового штучного освітлення на ріст і розвиток розсади деяких зеленних культур у ранньо-весняний період.

Мета досліджень полягала у вивченні росту та розвитку розсади салату та капусти під впливом додаткового освітлення в умовах закритого ґрунту.

Матеріали і методи дослідження.

Матеріалом для дослідження слугували: сорт салату головчастого Айсберг компанії «Enzaden», гібрид капусти білоголової Мішутка F_1 від «Semco» та капусти брюссельської *Brüsszeli félmagas* фірми «ZKI» (Угорщина).

Дослідження проводили в межах проекту «Розробка нових газорозрядних джерел світла для технологічного оновлення та розвитку парникового господарства» у зимовій теплиці Ботанічного саду ДВНЗ «УжНУ» у ранньовесняний період 2018 р. Досліди закладали на змонтованих стелажах, над якими розміщували світлодіодні лампи 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 (додаткове освітлення). Різні варіанти досліду розділяли чорнимісвітлонепроникними плівками для уникнення попадання світла між ними. Закладали два варіанти досліду у трикратній повторності: 1) природне освітлення без досвічування, 2) додаткове до природного – досвічування світлодіодними лампами. Контролем слугував перший варіант досліду без застосування штучного досвічування.

Температура повітря в теплиці під час вирощування розсади знаходилася на рівні 16–19°C вдень та 10–12°C вночі. Насіння висівали у полістиролові касети з розміром чарунок 5,2×5,2×6,5 см на глибину 1 см у першій декаді березня. Використовували ґрунтову суміш «Жива земля для розсади» (*Terra Vita*) – повністю готову з додаванням біогумусу, в якому присутня суміш різних видів торфу і збалансованого складу таких поживних елементів, як азот,

фосфор, калій, кальцій, магній, залізо і мікроелементи. За появи сходів встановлювали режим освітлення рослин з експозицією 14 год на добу. У процесі догляду за рослинами проводили регулярні поливи та контроль за температурою і вологістю повітря.

Під час досліджень проводили фенологічні спостереження та біометричні вимірювання розсади рослин згідно із загальноприйнятими методиками (Бондаренка Г. Л., Яковенко К. І., 2001). Відзначали дати появи поодиноких і масових сходів, утворення справжніх листків. У фазі розгорнутих сім'ядольних листків вимірювали висоту гіпокотіля та епікотіля. У міру вступання сіянців у наступну фазу розвитку обліки проводили раз у тиждень. Починаючи з фази двох справжніх листків вимірювали висоту стебла, розміри справжніх листків та діаметр стебла. Біометричні параметри рослин фіксували до утворення п'яти-шести 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 і надземної частин.

Результати досліджень та їх обговорення.

Досліджуючи вплив освітлення на ріст і розвиток розсади у ранньовесняний період, слід відмітити позитивний вплив додаткового освітлення на молоді рослини.

Середня тривалість періодів від висіву насіння до появи сходів у салату головчастого становила 11 днів та 7 днів – у капусти брюссельської та білоголової. Надалі, після появи перших сходів, застосовували світлодіодне освітлення у дослідному варі-

анті. У салату головчастого і капусти білоголової через 2 дні відмічали масові сходи у контрольному (відповідно, 79 % і 92 %) і дослідному (65 % і 93 %) варіантах, у капусти брюссельської – наступного дня (84 % – у контролі та 68 – % у досліді). Слід зазначити, що поява повних сходів у досліджуваних культур відбувалася одночасно у обох варіантах досліду.

Згідно з даними досліджень, у салату головчастого формування справжніх листків відбувалося одночасно у контролі й досліді, однак, за використання додаткового освітлення показники середньої площі листка та їх сумарної площі рослині (показники фотосинтетичної активності рослини) значно різнилися. На рисунку 1 показано динаміку зміни площі листків розсади салату головчастого за природного і додаткового освітлення.

На п'ятий день після масових сходів спостерігали початок формування першого справжнього листка у контролі, в той час як у варіанті із досвічуванням рослини знаходилися у фазі розгорнутих сім'ядольних листків. Перші виміри довжини і ширини

листка (площі асимілюючої поверхні) проводили на дев'ятий день. Так, у досліді в середньому площа першого справжнього листка на 17 % перевищувала контроль (ширина листка при цьому у обох варіантах була однаковою і становила 0,50 см, довжина – перевищувала контроль на 17 %).

Через п'ять днів спостерігали збільшення розмірів листкової поверхні першого листка. Зокрема, його довжина у досліді в середньому на 9 % перевищувала контроль, ширина, навпаки, на 25 % була меншою. Середня площа поверхні першого листка у контролі на 17 % (0,21 см²/росл.) перевищувала дослідний варіант. В той же час за обох варіантів досліду фіксували формування другого справжнього листка.

У фазі двох справжніх листків, площа першого листка збільшилася на 41 % у контролі, а в досліді – на 55 %. Довжина листка контролю на 25 % була меншою, а ширина, як і за попередніх вимірювань, перевищувала дослід на 20 %. В середньому площа другого листка у досліді перевищувала контроль лише на 1 %, а сумарна площа листків на рослині – на 3 %.



Рис. 1. Динаміка наростання площі листкової поверхні розсади салату головчастого (см² / рослину) за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

Необхідно відмітити, що наступні п'ять днів у рослин салату відбувалося значне наростання вегетативної маси. У фазі розвинених чотирьох справжніх листків, їх загальна середня площа у досліді становила 33,22 см²/росл., у контролі – на 19 % менше. Порівнюючи довжину і ширину листків, зазначаємо, що довжина у досліді завжди перевищувала контроль, а ширина всіх листків, навпаки, була меншою у досліді. За природного освітлення зменшення довжини листової поверхні компенсувалося її ростом у ширину.

Оцінка якості розсади салату головчастого свідчить, що за площею листової поверхні у фазі п'яти справжніх листків (на час висаджування розсади у відкритий ґрунт), виділялася розсада варіанту із досвічуванням (70,65 см²/росл.), що на 23 % перевищувало контроль. В подальшому, досвічування рослин світлодіодами вже не викликало позитивного результату. Так, у варіанті із застосуванням додаткового освітлення спостерігали лише зачатки шостого листка, в той час як у контролі у 15 % рослин розсади фіксували розвиток шостого та початок формування сьомого листків.

Діаметр розетки листків в середньому у контрольному варіанті становив 9,6 см, на 14 % менше, ніж у варіанті з досвічуванням. Крім того, враховували стан розвитку кореневої системи рослин, визначали співвідношення між масою надземної і кореневої частин. Так, за відношенням сирової маси коренів до надземної частини більші показники спостерігали у розсади, вирощеної за додаткового освітлення – 36 %, у контролі цей показник становив 24 % (рис. 2).

Як свідчать результати досліджень, на час висаджування розсади у відкритий ґрунт, більшу масу коренів і надземної частини мали рослини розсади за досвічування. Збільшення маси кореневої системи супроводжувалося збільшенням її довжини. Так, за вирощування розсади без додаткового освітлення коренева система розвивалася значно слабше в порівнянні з варіантом, де розсада досвічувалася світлодіодними фітолампами.

Відмінності у швидкості росту капусти білоголової проявилися уже на ранніх етапах. Аналіз даних показав, що у контрольному варіанті спостерігали менший приріст стебла у висоту

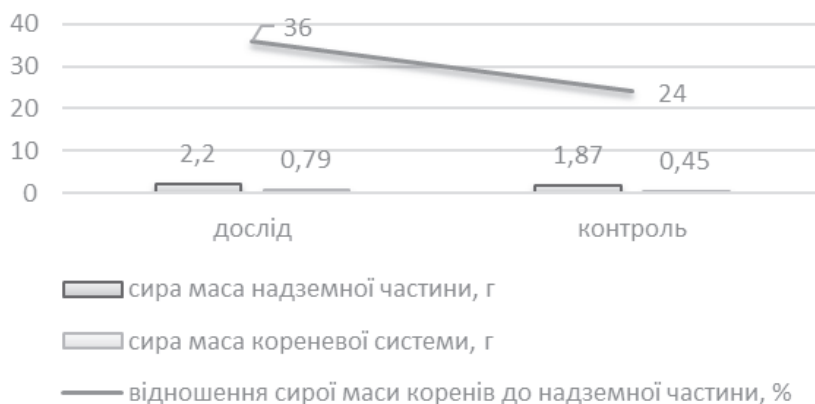


Рис. 2. Показники якості розсади салату головчастого за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

та меншу площу листової поверхні однієї рослини. Так, у варіанті із застосуванням штучного освітлення у фазі сім'ядольних листків висота гіпокотилу перевищувала контроль на 44 %, а площа листової поверхні у фазі першого справжнього листка в середньому на 16 % була більшою (рис. 3, 4).

У фазі двох справжніх листків різниця у висоті гіпокотилу та епікотилу між дослідними варіантами становила 45 % та 9 % відповідно, а площа листової поверхні за використання досвічування перевищувала контроль лише на 1 %. Більш різкі відмінності спостерігали у фазі чотирьох-шести справжніх листків, де висота рослин у досліді різнилася на 32 % і 24 % відповідно, а площа поверхні листків – на 9 % і 7 %.

Крім того, у фазі шести листків вимірювали товщину стебла. У контролі цей показник в середньому дорівнював 0,3 см, у досліді – 0,38 см. Таким чином, додаткове освітлення позитивно впливало на висоту рослин, її діаметр, а площа листків (асиміляційної поверхні) збільшувалася більш швидкими темпами.

Більша маса надземної частини і коренів відмічена у варіанті із досвічуванням. Збільшення маси кореневої системи супроводжувалася збільшенням її довжини. Сира маса розсадних рослин капусти білоголової в середньому на 14 % перевищувала варіант із природним освітленням. Відношення сирової маси коренів до надземної частини показано на рис. 5.

За фенологічними спостереженнями молоді розсадні рослини капусти

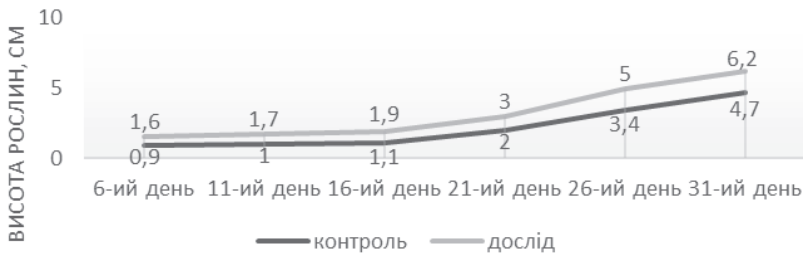


Рис. 3. Динаміка зміни висоти рослин капусти білоголової за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення



Рис. 4. Динаміка наростання площі листової поверхні розсади капусти білоголової (см² / росл.) за природного (контроль) та додаткового штучного освітлення (дослід)

брюссельської розвивалися майже однаково. Переваги у розвитку спостерігали вже у фазі формування п'ятого і шостого справжніх листків. Так, за пересаджування розсади у 53 % рослин дослідного варіанту відмічали добре розвинений шостий та початок формування сьомого справжнього листка, в той час як у контролі шостий листок лише починав формуватися.

За висотою рослин та площею листової поверхні розсада значно різнилася.

Так, у варіанті із досвічуванням за високою рослини перевищували контроль, однак, за площею листової поверхні, навпаки, більшою площею листків характеризувалися контрольні рослини. У фазі розгорнутих сім'ядольних листків висота гіпокотилу за досвічування в середньому на 26 % перевищувала контроль. На цьому етапі розвитку рослини обох варіантів дослідження перебували на початковій стадії формування першого справжнього листка (рис. 6).

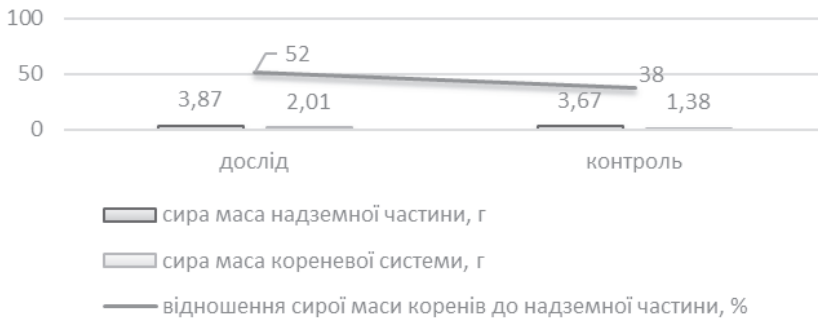


Рис. 5. Показники якості розсади капусти білоголової за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення

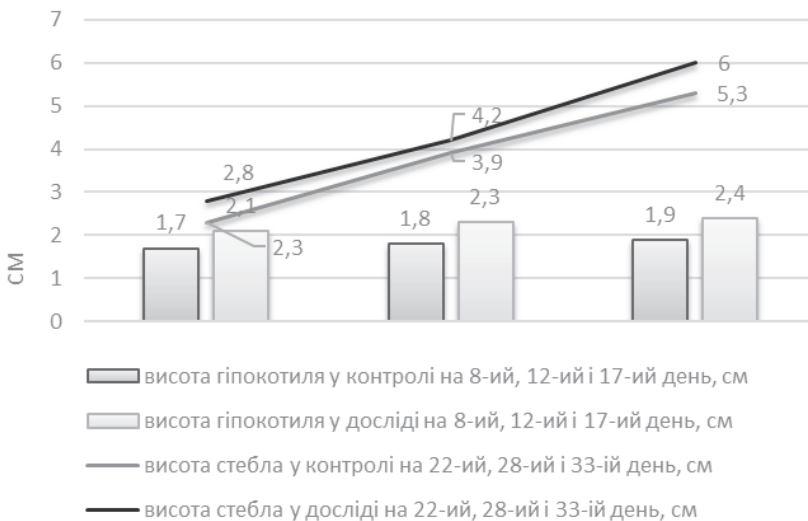


Рис. 6. Динаміка зміни висоти рослин капусти брюссельської за природного (контроль) і додаткового (дослід) освітлення



Рис. 7. Динаміка наростання площі листкової поверхні розсади капусти брюссельської (см² / роsl.) за природного (контроль) та додаткового штучного освітлення (дослід)

У фазі першого справжнього листка площа листкової поверхні за природного освітлення на 4 % перевищувала дослідний варіант. У подальшому спостерігали значне збільшення площі листкової поверхні в рослин без досвічування. Зокрема, у фазі двох справжніх листків їх сумарна площа у досліді на 27 % була меншою, а висота рослин при цьому – на 18 % більша контролю (рис. 7).

У фазі п'яти-шести справжніх листків за висаджування розсади капусти брюссельської у відкритий ґрунт, у 53 % рослин досліді спостерігали добре розвинений шостий та початок формування сьомого справжнього листка, в той час як шостий листок контролю тільки починав розвиватися. За додаткового освітленні розсади висота рослин перевищувала контроль на 11,7 %, проте сумарна площа поверхні листків на 4 % була меншою. Товщина стебла при цьому у обох варіантах досліді була однаковою і становила 0,2 см. Більшу масу кореневої і надземної частин відмічали за додаткового освітлення.

Висновки і перспективи.

Проведені дослідження показали ефективність застосування світлодіодних ламп потужністю 30 Вт, що випромінюють в області ФАР, у ранньовесняний період за вирощування розсади в умовах закритого ґрунту. Додаткове освітлення позитивно впливало на площу асиміляційної поверхні листків розсади салата, висоту рослин, їх діаметр та площу листків у капусти білоголової, висоту рослин капусти брюссельської. У всіх рослин у разі досвічування спостерігали збільшення маси коренів та надземної частини.

References

1. Abyian M.V., Hysh R.A., Podushin Yu.V. (2014). Vliyanye perioda iskusstvennogo osveshcheniya na formyrovaniye rassady salata. (The influence of artificial lighting on the formation of seedlings of lettuce). Nauchnyi zhurnal KubHAU № 101 7, 1–12. URL.: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/147.pdf>
2. Hil L.S., Pashkovskiy A.I., Sulima L.T. (2008). Suchasni tekhnolohii ovochivnytstva zakrytoho i vidkrytoho ґruntu. Ch. 1. Zakrytyi ґrunt. Navchalnyi posibnyk

- (Modern technologies of vegetable cultivation of the closed and open soil. Part 1. Closed soil. Tutorial). Vinnytsia, Ukraine, 368. URL.: <https://books.google.com.ua/books?isbn=9663822031>
3. Kurianova Y.V., Olonyina S.Y. (2017). Otsenka vliyaniya razlichnyh spektrov svetodiodnogo svetilnika na rost v razvitie ovoshchnyh kultur. (Evaluation of the influence of various spectra of the LED lamp on the growth in the development of vegetable crops). Vestnik NHYEY № 7 74, 35–44. URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-razlichnyh-spektrov-svetodiodnogo-svetilnika-na-rost-i-razvitie-ovoshchnyh-kultur>
 4. Bondarenka H.L., Yakovenka K.I. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi. (Experimental methodology in vegetable growing and melon growing). Kharkiv, Ukraine: Osnova, 369.
 5. Rakutko S.A., Myshanov A.P., Markova A.E., Rakutko E.N. (2016). Otsenka effektivnosti svetodiodnogo obluchatelya «Optolyuks-speis-ahro» dlya svetokultury. (Evaluation of the efficiency of the LED light "Optolyuks-space-achro" for light culture). Teoretycheskyi y nauchno-praktycheskyi zhurnal. YAEP № 88, 59–68. URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-svetodiodnogo-obluchatelya-optolyuks-speys-agro-dlya-svetokultury>
 6. Bourget C. Michael. (2008). An Introduction to Light-emitting Diodes. Hortscience Vol. 43 7, 1944–1946. URL.: <https://www.col-center.ca/wp-content/uploads/2012/08/An-introduction-to-light-emitting-diodes.pdf>
 7. Massa Gioia D., Hyeon-Hye Kim, Raymond M. Wheeler, Cary A. Mitchell. (2008). Plant Productivity in Response to LED Lighting. Hortscience Vol. 43 7, 1951–1956. URL.: <https://journals.ashs.org/hortsci/content/43/7/1951.full>
 8. Pattison P.M., Tsao J.Y., Krames M.R. (2016). Light-Emitting-Diode Technology Status and Directions: Opportunities for Horticultural Lighting. VIII International Symposium on Light in Horticulture. East Lansing, Michigan, USA: East Lansing. URL.: https://www.actahort.org/books/1134/1134_53.htm

H. B. Popovich, A. O. Malinina (2019). Formation of salad and cabbage seedlings under the influence of additional lightning. PLANT AND SOIL SCIENCE, 10(2): 58–66. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.058>

Abstract. One of the limiting factors in the cultivation of vegetables in greenhouses during off-season is light. The lack of solar energy leads to a decrease in yield, a delay in its formation, a decrease in the content of sugars and vitamins, and a deterioration in the commodity qualities of food organs. Given this, the lack of solar lighting must be compensated for by additional artificial lighting, depending on the period of the year, the structures of construction and weather conditions. The purpose of the research was to study the growth and development of seedlings of salad and cabbage under the influence of additional lighting in protected ground conditions. Led lamps with a power of 30 Watts were used as a light source. Phenological observations, biometric measurements were carried out and statistical research methods were used. The positive effect of an additional light source on the formation of young plants has been revealed. It is shown that in the variant with additional lighting, Lettuce salad plant exceed the control samples for their height, diameter and area of the assimilation surface of the leaves. Additional lightning had a positive effect on the leaf area of white cabbage and the height of Brussels cabbage plant. An increase in the mass of the root and aerial parts was observed in all plants under the use of additional lighting.

Keywords: additional lighting, LED lamp, indoor ground, seedlings, lettuce, cabbage, biometric parameters.