

Jadwiga TREDER
Iwona SOWIK
Anna BORKOWSKA
Krzysztof KLAMKOWSKI
Waldemar TREDER

AKLIMATYZACJA MIKROSADZONEK TRUSKAWKI Z ZASTOSOWANIEM DOŚWIETLANIA LAMPAMI LED

STERSZCZENIE *W doświadczeniu oceniano wpływ doświetlania lampami LED na rozwój mikrosadzonek truskawki podczas aklimatyzacji. Nieukorzone mikrosadzonki odmiany „Pink Rosa” z laboratorium in vitro, oczyszczone z agaru, posadzono do multiplatów, do podłoża składającego się z wełny mineralnej chłonna i niechłonna (1:1). Rośliny uprawiano w kamerach wzrostowych zapewniając im wysoką wilgotność (80-90%), temperaturę 20-22°C oraz doświetlając je 16 godzin na dobę. Źródłem światła były: lampa sodowa 400 W (HPS), lampa LED – DAPLON-plus/2011 skonstruowana w Instytucie Elektrotechniki, emitująca światło w zakresach widmowych: czerwonym 68,5%, niebieskim 28,4% i bliskiej podczerwieni 3,1% (LED I) oraz lampa LED GrowBox emitująca światło czerwone i niebieskie 8:1 (LED II). Ze względu na wrażliwość mikrosadzonek początkowo rośliny cieniowano tak by natężenie napromienienia wynosiło $50 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, natomiast po 3 tygodniach zwiększono je do poziomu $100-120 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Wszystkie rośliny nawożono identycznie płynną pożywką nawozową zawierającą makro i mikroelementy. Wzrost i rozwój mikrosadzonek oceniono po 7 tygodniach aklimatyzacji. Zastosowane do doświetlania lampy LED wpłynęły bardzo korzystnie na wzrost mikrosadzonek truskawki. Mikrosadzonki doświetlane lampami DAPLON-plus/2011 (LED I) miały największą świeżą masę, powierzchnię liści oraz najdłuższe korzenie. Nieznacznie słabiej rozwiniętą część nadziemną miały rośliny doświetlane drugim wariantem lamp, LED II. Rośliny doświetlane lampami LED wytworzyły więcej korzeni oraz miały grubsze szyjki korzeniowe niż doświetlanie lampami HPS.*

Słowa kluczowe: aklimatyzacja, truskawka, doświetlanie roślin, mikrosadzonki, diody LED

dr hab Jadwiga TREDER
e-mail: Jadwiga.treder@inhort.pl

dr Iwona SOWIK, dr Krzysztof KLAMKOWSKI,
mgr Anna BORKOWSKA, prof. dr hab. Waldemar TREDER

Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 268, 2015

1. WSTĘP

Truskawka (*Fragaria x ananassa* Duch.) należy do najpopularniejszych gatunków roślin jagodowych na świecie. Również w Polsce jest to gatunek o bardzo dużym znaczeniu gospodarczym, zajmując pod względem zbiorów (170-200 tys. ton rocznie) drugie miejsce w Europie, po Hiszpanii [8, 23]. Niestety ta stosunkowo wysoka pozycja Polski na rynku nie jest wynikiem wysokich plonów owoców (w uprawie towarowej 6–8 ton z hektara), ale dużej powierzchni uprawy, w zależności od roku od 40 tys. do 60 tys. ha. Malejąca opłacalność uprawy truskawek przemysłowych sprawia, że wprowadzane są intensywnie na rynek odmiany deserowe, których uprawa wymaga większych nakładów, ale jednocześnie jest bardziej opłacalna. Ostatnio rozpowszechnia się również sterowana uprawa truskawek deserowych, która umożliwia wydłużenie sezonu dostępności tych owoców. Najszybszym sposobem rozmnażania i szybkiego wprowadzania na rynek nowych odmian jest metoda *in vitro*. Podstawowe zasady rozmnażania truskawek tą metodą opracował Boxus [4] w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Technologia rozmnażania truskawek *in vitro* jest ciągle udoskonalana [1, 2, 5, 12, 16]. Wykazano, że sadzonki uzyskane metodą *in vitro* są wartościowym materiałem do uprawy na plantacjach produkcyjnych [3]. Wytwarzają więcej rozłogów, obficie kwitną, dają większy plon, chociaż średnia wielkość owoców może być mniejsza [27]. Szczególnym etapem dla roślin uzyskanych metodą *in vitro* jest ich aklimatyzacja do naturalnych warunków tuż po wyjęciu ze szkła. Mikrosadzonki truskawki, podobnie jak inne rośliny rozmnażane tą metodą po wyjęciu ze szkła wymagają okresu adaptacji przez kilka tygodni. Liście roślin z *in vitro* mają, bowiem niecałkowicie wykształcony aparat fotosyntetyczny oraz mechanizm regulacji otwierania się szparek. Są też bardzo podatne na wysychanie. Fabbri i in. [7] wykazali, że ochronna warstwa wosku na powierzchni liści mikrosadzonek truskawek tworzy się przez co najmniej 20 dni po przeniesieniu do warunków *ex vitro*. Podczas aklimatyzacji szczególne znaczenie ma wilgotność powietrza oraz światło [5, 12, 14, 22,]. Mikrosadzonki po przeniesieniu do warunków *ex vitro* i posadzeniu do podłoża muszą wykształcić nowe korzenie, dzięki którym będą pobierały składniki mineralne. Zhou i in. [28] wykazali, że na proces rizogenezy truskawek wpływają warunki świetlne zarówno podczas etapu *in vitro* jak *ex vitro*. Stosowane podczas aklimatyzacji światło fluorescencyjne może być dla roślin niewystarczające, zaś światło z lamp sodowych powoduje wzrost temperatury wokół roślin, przegrzewanie liści i ich wysychanie. Dynamiczny rozwój badań dotyczących zastosowania lamp LED w uprawie roślin [16, 11, 9, 10, 19, 17, 24] stwarza szerokie możliwości ich wykorzystania również do rozmnażania roślin *in vitro* oraz podczas aklimatyzacji mikrosadzonek [23]. Ograniczone wydzielanie ciepła oraz możliwość modyfikacji widma światła stwarza duże szanse na poprawę przeżywalności oraz jakości mikrosadzonek podczas aklimatyzacji. Możliwość zastąpienia lamp sodowych lub fluorescencyjnych lampami LED daje szansę znaczącej poprawy jakości mikrosadzonek truskawki poprzez intensyfikację procesu fotosyntezy (wzrost wegetatywny), a także sterowanie procesem morfogenezy.

Celem podjętych badań było określenie wpływu doświetlania lampami LED produkcji polskiej (DAPLON-plus) na wzrost i rozwój mikrosadzonek truskawki podczas aklimatyzacji.

2. MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w laboratorium Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach w okresie od 11 czerwca do 5 sierpnia 2013 r. Materiałem wyjściowym do założenia kultur *in vitro* były merystemy truskawki odmiany „Pink Rosa”, wypreparowane z wierzchołków rozłogów pobranych z roślin matecznych, wolnych od wirusów. Kultury pędowe truskawki rosły na zmodyfikowanej pożywce wg Boxusa [4]. Wszystkie etapy kultur *in vitro* prowadzono w komorach hodowlanych w temperaturze 21°C przy 16-godzinnym fotoperiodzie, zgodnie z metodyką opracowaną przez Borkowską i in. [3]. Ukorzenie pędów prowadzone było w warunkach *ex vitro* i przebiegało równocześnie z aklimatyzacją i wytwarzaniem nowych liści. Jako podłoże zastosowano mieszankę 1:1 hydrofobowej i hydrofilnej wełny mineralnej (GRODAN). Wyizolowane pojedyncze mikrosadzonki (fot. 1) pozbawiano resztek agaru i umieszczano w multipaletach wypełnionych podłożem, po uprzednim namoczeniu go w roztworze nawozu rozpuszczalnego Peters® Professional firmy Scotts (10% N, 52% P, 10% K) o stężeniu 0,25 g dm⁻³. Wysoka zawartość fosforu (P) stymuluje tworzenie się korzeni. Palety z roślinami umieszczono w kamerach wzrostowych zapewniając im wilgotność na poziomie 80-90%, temperaturę 22-25°C oraz fotoperiod 16/8 godzin (dzień/noc). Zastosowano 3 warianty doświetlania, wykorzystując (i) lampy sodowe HPS o mocy 400 W jako kontrolę oraz (ii) oprawy LED DAPLON-plus/2011 (Instytut Elektrotechniki) o mocy 110 W, emitujące światło w zakresach widmowych: czerwonym (68,5%), niebieskim (28,4%) i bliskiej podczerwieni (3,1%) oraz (iii) lampy LED GrowBox emitujące światło czerwone i niebieskie 8:1, o mocy 120 W. Lampy zawieszono na takiej wysokości by uzyskać identyczne natężenie światła we wszystkich kombinacjach. Przez pierwsze dwa tygodnie rośliny cieniowano tak by natężenie światła na poziomie roślin wynosiło 50 μmol m⁻²s⁻¹ zaś później, po zdjęciu cieniówek wynosiło 100-120 μmol m⁻² s⁻¹. Wszystkie rośliny nawożono identycznie stosując dwa razy w tygodniu roztwór nawozu wieloskładnikowego Peters Professional 20% N, 10% P, 20% K w stężeniu 0,8 g l⁻¹. Po 4 tygodniach ukorzone mikrosadzonki (fot. 2) przesadzono pojedynczo do doniczek o średnicy 5 cm, do podłoża zawierającego parowany torf + piasek + kokos (10:1:1), z dodatkiem nawozu



Fot. 1. Mikrosadzonki truskawki „Pink Rosa” po wyjęciu ze szkła



Fot. 2. Mikrosadzonki po 3 tygodniach ukorzeniania w granulacie wełny mineralnej

błędu standardowego. W każdej kombinacji było 18 roślin, z których każda stanowiła powtórzenie. Obliczenia wykonano przy użyciu programu Statistica 10 (StatSoft Inc., USA).

PG Mix $0,5 \text{ g dm}^{-3}$. Po przesadzeniu rośliny nawożono stosując nawóz wieloskładnikowy (Kristalon 12:12:36) i saletrę wapniową, po $0,6 \text{ g dm}^{-3}$. Parametry pożywki nawozowej: EC $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ i pH 6,2.

Po 7 tygodniach aklimatyzacji oceniono parametry wzrostu i rozwoju mikrosadzonek truskawek. Wykonano pomiary budowy morfologicznej tj. wysokość, liczbę i powierzchnię liści, zawartość świeżej masy oraz oceniono wybarwienie liści przy użyciu miernika CCM-200 (Opti-Sciences, USA). Do pomiaru powierzchni liści wykorzystano miernik Area Measurement System (Delta-T Devices, Wielka Brytania). Zmierzono również grubość szyjki korzeniowej, długość korzeni i określono liczbę korzeni oraz przeprowadzono ocenę bonitacyjną w skali 5-stopniowej: 1-słaby system korzeniowy, 5-silny, rozbudowany system korzeniowy.

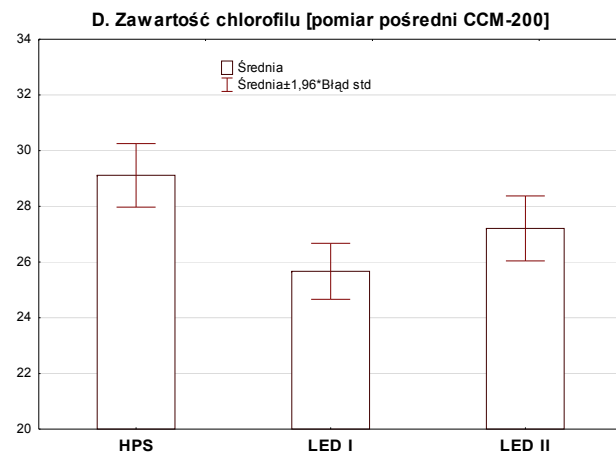
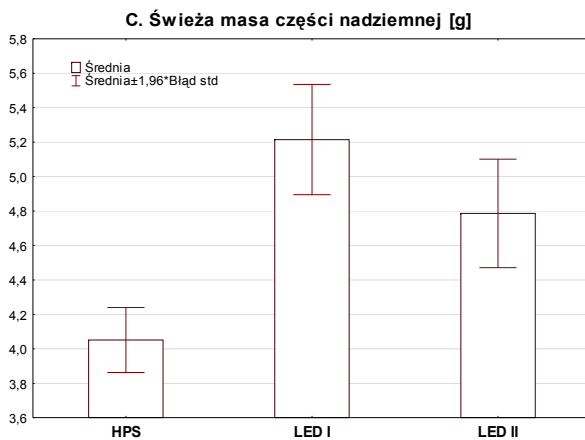
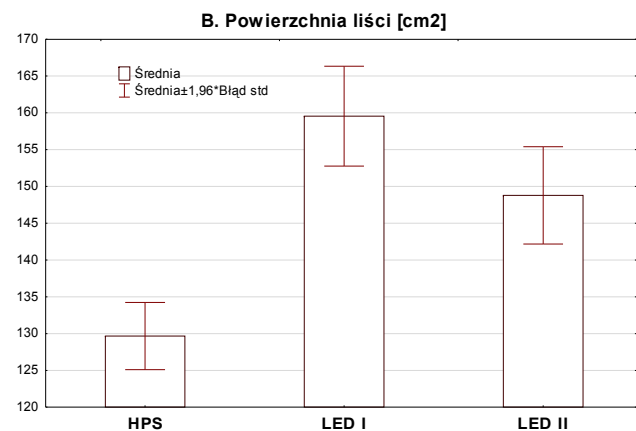
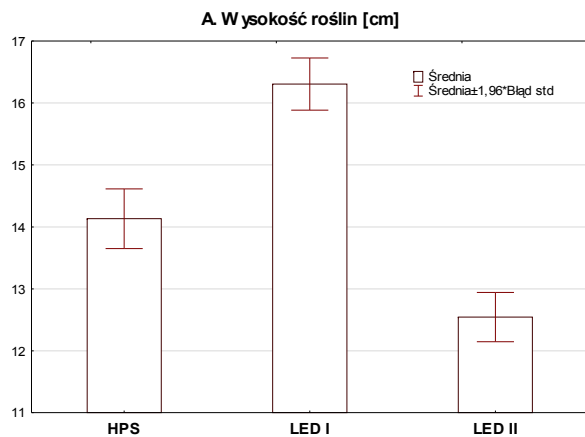
Wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono je graficznie, oceniając różnice pomiędzy kombinacjami za pomocą

3. WYNIKI I DYSKUSJA

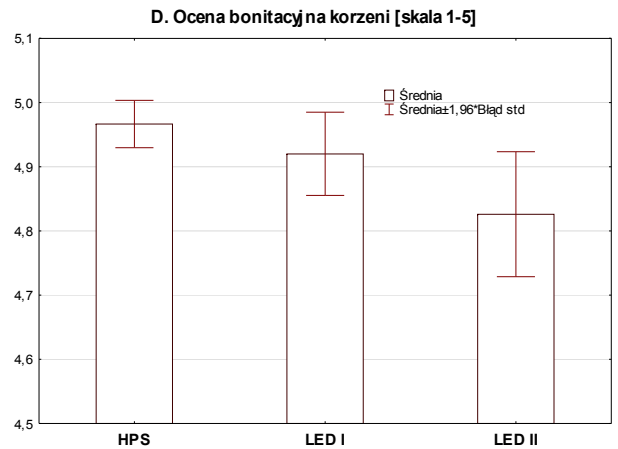
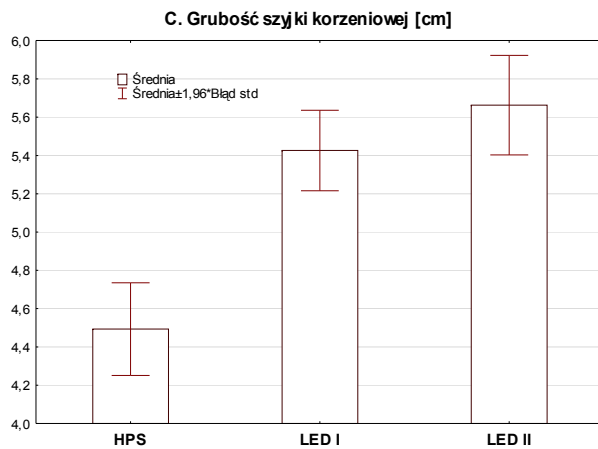
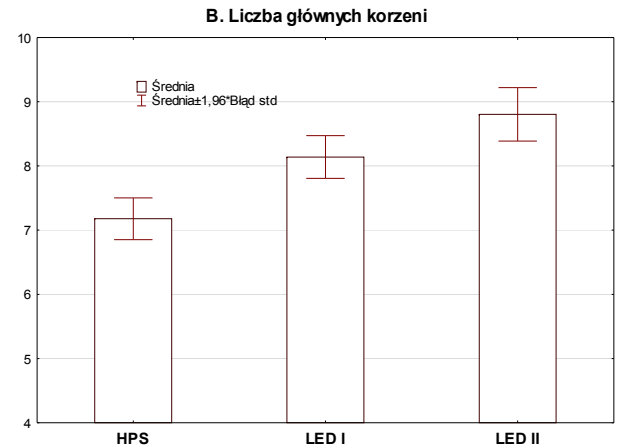
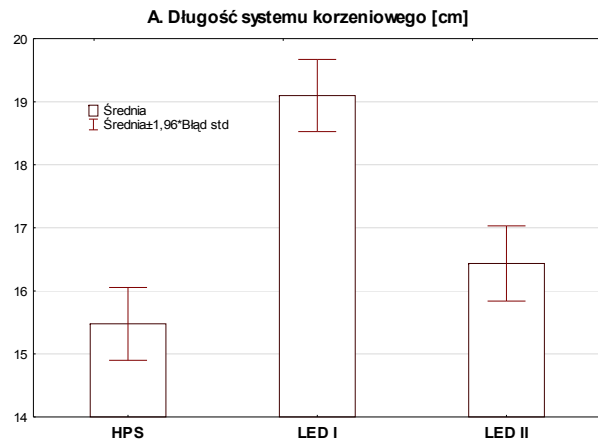


Fot. 3. Truskawki „Pink Rosa” po 7 tygodniach aklimatyzacji przy zastosowaniu różnych źródeł światła

W przeprowadzonym doświadczeniu przeżywalność mikrosadzonek truskawek „Pink Rosa” niezależnie od zróżnicowania źródeł światła wyniosła 100%. Ocena końcowa przeprowadzona po 7 tygodniach aklimatyzacji pozwoliła na stwierdzenie, że wszystkie sadzonki nadawały się do dalszej uprawy, jednak poszczególne parametry wzrostu części nadziemnej jak i korzeni różniły się w poszczególnych kombinacjach (fot. 3). Mikrosadzonki doświetlane lampami LED DAPLON-Plus/2011 (LED I) były najwyższe (rys. 1A) miały największą powierzchnię liści (rys. 1) oraz



Rys. 1. Wpływ zróżnicowanego doświetlenia na wzrost części nadziemnej truskawki „Pink Rosa” po 7 tygodniach aklimatyzacji



Rys. 2. Wpływ zróżnicowanego doświetlenia na wzrost systemu korzeniowego truskawki „Pink Rosa” po 7 tygodniach aklimatyzacji

osiągnęły największą masę części nadziemnej (rys. 1C). Klamkowski i in [13] stosując lampy tego samego typu (LED DAPLON-plus/2011) do doświetlania rozsady pomidora również uzyskali wyższe rośliny o większej masie w porównaniu do roślin doświetlanych lampami sodowymi. Rośliny doświetlane lampami LED II były wprawdzie najniższe (rys. 1 A), lecz inne parametry takie jak duża powierzchnia liści i świeża masa części nadziemnej wskazują, że były dobrze rozwinięte i bardzo zwarte. Miały również najgrubsze szyjki korzeniowe (rys. 2C). Grubość szyjki korzeniowej truskawki w istotny sposób wpływa na dalszy rozwój roślin po posadzeniu na miejsce stałe. Świeża masa sadzonek doświetlanych lampami LED II była wyższa o 18% w stosunku do masy sadzonek doświetlanych lampami HPS (rys. 1C). Wydaje się, że pozytywny, stymulujący efekt doświetlania lampami LED I w porównaniu do lampy HPS oraz LED II mógł wynikać z dużego udziału w widmie światła barwy niebieskiej, która w lampie DAPLON plus stanowi 28,4%. Udział tego pasma w lampie LED II wynosi tylko 11%. W badaniach dotyczących wpływu światła na rośliny wykazano istotną rolę światła niebieskiego w procesie fotosyntezy, a tym samym na wzrost i rozwój roślin [11, 18, 21, 29]. Samouliene i in. [26] badając wpływ różnej barwy światła na stymulację wzrostu sadzonek „frigo” truskawki „Elkat” do uprawy sterowanej stwierdzili, że doświetlanie tylko światłem czerwonym stymuluje wzrost wydłużeniowy (wyższe rośliny), zaś światło czerwone i niebieskie sprzyja rozwojowi roślin tj. tworzeniu kwiatostanów i rozłogów oraz wpływa na wzrost zawartości węglowodanów, co w efekcie poprawia plon owoców. Nhut i in. [20] najlepszy wzrost mikrosadzonek truskawki „Akihime” uzyskali stosując lampy LED zawierające pasmo czerwone i niebieskie w stosunku 70:30. Badając różne natężenie światła tj. 45, 60 i 75 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ najlepszy wzrost uzyskali stosując światło o natężeniu 60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Ocena mikrosadzonek była jednak przeprowadzona po 30 dniach aklimatyzacji. Na wyższe zapotrzebowanie truskawek na światło podczas tego procesu wskazuje Desjardins i in. [6] podając, że zastosowanie natężenia światła na poziomie 150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ może znacząco skrócić (nawet o 15 dni) czas aklimatyzacji szczególnie, jeśli dodatkowo zastosuje się dokarmianie mikrosadzonek CO_2 . Również Laforge i in. [14] wskazują na wysokie zapotrzebowanie truskawki na światło podczas aklimatyzacji. W prezentowanym doświadczeniu na odmianie „Pink Rosa” uzyskano bardzo dobry wzrost i rozwój sadzonek stosując początkowo, przez pierwsze dwa tygodnie natężenie światła na poziomie 50 a później 100-120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Wydaje się, że takie stopniowe zwiększanie natężenia światła jest konieczne podczas aklimatyzacji mikrosadzonek, również innych gatunków. Pomiar wybarwienia liści miernikiem optycznym wykazał, że truskawki doświetlane lampami sodowymi (HPS) miały najlepiej wybarwione (najciemniejsze) liście (rys. 1D). Być może słabsze wybarwienie liści roślin doświetlanych lampami LED I i LED II wynikało z tego, że rośliny te były większe i miały większą powierzchnię liści. Ponieważ stosowano identyczne nawożenie we wszystkich kombinacjach słabsze wybarwienie mogło być spowodowane „efektem rozcieńczenia” składników mineralnych w liściach.

4. PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki wskazują, że lampy LED zawierające światło czerwone i niebieskie pozwalają uzyskać podczas aklimatyzacji bardzo dobry jakościowo materiał

nasadzeniowy pochodzący z laboratoriów *in vitro*. Na pokrój roślin i przyrost masy ma wpływ wzajemny udział światła czerwonego do niebieskiego w widmie. Zbyt niski udział światła niebieskiego spowodował uzyskanie, niskich, bardzo zwartych roślin o nieco mniejszej masie. Zastosowanie jako źródła światła podczas aklimatyzacji lamp LED wydaje się być bardzo dobrym rozwiązaniem dla profesjonalnych producentów młodego materiału nasadzeniowego truskawki.

LITERATURA

1. Ayvaz Sönmez D., Kafkas E.: Development of *in vitro* methods for regeneration of strawberry 'Festival' and 'RubyGem' varieties (*Fragaria* × *annanasa* Duch.), *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11(4) 2012, s. 129-142.
2. Borkowska B.: Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted *in vitro* or *ex vitro*, *Scientia Hort.*, 89, 2001, s. 195-206.
3. Borkowska B., Szczygieł, Pierzga: Direct *ex vitro* rooting technique of micropropagated strawberry shoots. *J. Fruit Ornament. Plant Res.*, 7(1), 1999, s. 1-10.
4. Boxus Ph: The production of strawberry plants by *in vitro* micropropagation, *J. Hort. Sci.*, 49, 1974, s. 209-210.
5. Debenath S. C., Teixeira da Silva J. A.: Strawberry cultured *in vitro*: Applications in genetic transformation and biotechnology, *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, Global Science Books, s., 1-12, 2007.
6. Desjardins, Y., Gosselin, A., Yelle, S.: Acclimatization of *ex vitro* strawberry plantlets in CO₂-enriched environments and supplementary lighting – *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112, 1987, s. 846-851.
7. Fabbri A., Sutter E., Dunston S. K.: Anatomical changes in persistent leaves of tissue cultured strawberry plants after removal from culture, *Sci. Hort.*, 28 (4), 1986, s. 331–337.
8. Gołębiewska B., Sobczak N.: Kierunki wykorzystania i opłacalność produkcji truskawek, *Zesz. Nauk. Wyd. SGGW, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, 98, 2012, s. 109-122.
9. Grzesiak W., Nowak S., Początek J., Skwarek A., Hubert F., Skoczowski A.M., Czyczyło-Mysza I., Kurpaska S.: Zastosowanie diod LED w systemach doświetlania roślin wyzwaniem na dziś i na jutro, *Elektronika*, 10, 2009, s. 73-76.
10. Grzesiak W., Żupnik M., Wojciechowska R.: Inteligentny system doświetlania roślin bazujący na technologii SSL i LED, *Pace Instytutu. Elektrotechniki*, z. 255, 2012, s. 259-276.
11. Heo J. W., Lee C. W., Paek K. Y.: Influence of Mixed LED radiation on the growth of annual plants, *J. of Plant Biol.*, 49(4), 2006, s. 286-290.
12. Jofre-Garfias, A. E., Vazquez-Sanchez, M. N., Hernandez-Razo, A. R. and Davalos-Gonzalez, P. A.: Production and acclimatization of *in vitro* produced strawberry plants, *Acta Hort.*, 727, 2006, s. 67-72.
13. Klamkowski K., Treder W., Treder J., Puternicki A., Lisak E.: Wpływ doświetlania lampami sodowymi i LED na aktywność fotosyntetyczną oraz wzrost roślin pomidora, *Prace Instytutu Elektrotechniki*, z. 256, 2012, s. 75-86.

14. Laforge, Lussier C., Desjardins Y., Gosselin A.: Effect of light intensity and CO₂ enrichment during in vitro rooting on subsequent growth of plantlets of strawberry, raspberry and asparagus in acclimatization, *Sci. Hort.*, 47, 1991, s. 259-269.
15. Litwińczuk W., Zubel A.: Growth in vitro cultures of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) depending on different photoperiods, *Folia Hort.*, 17/2, 2005, s. 81-87.
16. Massa G. D., Kim H-H., Wheeler R. M., Mitchell C. A.: Plant productivity in response to LED lighting, *HortSci.*, 43(7), 2008, s. 1951-1956.
17. Mitchell C. A., Both A. J., Bourget M. C, Burr J. F., Kubota C, Lopez R. G., Morrow R. C., Runkle E. S.: LEDs: The future of greenhouse lighting!, *Chronica Hort.*, 52(1), 2012, s. 6-12.
18. Moe R. Heins R.D.: Control of plant morphogenesis and flowering by light quality and temperature, *Acta Hort.*, 272, 1990, s. 81-89.
19. Morrow R. C.: LED Lighting in Horticulture, *HortScience*, 43(7), 2008, s. 1947-1950.
20. Nhut D. T., Takamura T., Watanabe H., Okamoto K., Tanaka M.: Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs), *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 2003, s. 43-52.
21. Nhut D. T., Takamura T., Watanabe H., Tanaka M.: Light emitting diodes (LEDs) as a radiation source for micropropagation of strawberry, *Rozdz. w "Transplant production in the 21st Century, (edytorzy, Kubota C i Chun C): s. 114-118, 2000.*
22. Pospišilowa J., Tichá I., Kadleček P., Haisel D., Plzáková Š.: Acclimatization of micropropagated plants to ex vitro conditions, A review. *Biologia Plantarum*, 42 (4), 1999, s. 481-497.
23. Puternicki A., Lisak E., Tomczuk P.: Analiza możliwości zastosowania półprzewodnikowych źródeł światła w laboratoriach kultur tkankowych – in vitro, *Przegląd Elektrotechniczny*, 9, 2013, s. 236-240.
24. Runkle E.: LEDs in floriculture. *Greenhouse Production News*, 54, 2009.
25. Rusnak J.: Truskawka. http://www.modr.pl/img/Truskawka_www.pdf 2012.
26. Samuolienė G., Brazaitytė A., Urbonavičiūtė A., Šabajevienė G., Duchovskis P.: The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97(2), 2010, s. 99-104.
27. Szczygieł, A., Pierzga, K. and Borkowska, B.: Performance of micropropagated strawberry plantlets after planting in the field, *Acta Hort.*, (ISHS), 567, 2002, s. 317-32.
28. Zhou Y.H., Guo D.P. Zhu Z.J. Qian Q.Q.: Effects of in vitro rooting environments and irradiance on growth and photosynthesis of strawberry plantlets during acclimatization, *Plant Cell Tiss Organ Cult.*, 81, 2005, s. 105-108.
29. Woźny A.: Use of light to control the growth of *Salvia splendens* Sellow ex Roem. et. Schult, Seedlings. *Acta Sci. Pol. Hort. Cultus.*, 10(4), 2011, s. 99-106.

EFFECT OF LEDS LAMPSON STRAWBERRY GROWTH
AND DEVELOPMENT DURING EX VITRO
ACCLIMATIZATION

Jadwiga TREDER, Iwona SOWIK,
Krzysztof KLAMKOWSKI, Anna BORKOWSKA, Waldemar TREDER

ABSTRACT *The effect of artificial lighting, using HPS and LED lamps during acclimatization of strawberry was evaluated. Unrooted strawberry plantlets 'Pink Rosa' obtained from in vitro laboratory were planted into growing media consisted of mineral wool granulates, water repellent and water absorbent (50:50 v/v). Plantlets were grown in growth chambers, with high humidity (80-90%), temp. 20-22°C and with artificial lighting using HPS (400 W) and LED lamps, photoperiod 16/8 h (day/night). Two types of LED lamps were used: LED I (Daplon-plus/2011 - emitted, red, blue and far red diodes at ratios 68,5%, 28,4% and 3,1%, respectively) and LED II (LED GrowBox – emitted red and blue light at ratios 8:1). Quantum irradiance was maintained at the same level in all treatments: 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ during the first 3 weeks and later on 100-120 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. All plants were fertigated twice a week using the same nutrient solution, contained macro and microelements. Plants were evaluated after 7 weeks of acclimatization. Both LED lamps used in this experiment resulted in greater weight, higher leaf area and better root development comparing to plantlets grown with HPS lamps.*

Keywords: *Fragaria × ananassa L., meristem culture, micropropagation, ex vitro rooting, hardening, supplemental lighting, LED light*