

ANITA WOŹNY, DOMINIKA RYMARZ

Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J Śniadeckich w Bydgoszczy, e-mail: wozny@utp.edu.pl

UKORZENIANIE SADZONEK CHRYZANTEMY WIELKOKWIATOWEJ Z ZASTOSOWANIEM DIOD ELEKTROLUMINESCENCYJNYCH

Doświetlanie upraw jest powszechnie wykorzystywane do poprawy plonowania i jakości roślin ozdobnych. Diody to obiecujące rozwiązania technologiczne, których liczne zalety przewyższają tradycyjnie stosowane lampy sodowe. W produkcji chryzantem szczególnie istotne jest pozyskanie prawidłowo wykształconych i dobrze ukorzenionych sadzonek. W całorocznej uprawie sterowanej konieczne jest doświetlanie sadzonek ukorzenianych od listopada do połowy lutego. W przeprowadzonym doświadczeniu badano możliwość zastosowania światła emitowanego przez diody w trakcie ukorzeniania sadzonek trzech odmian chryzantemy wielkokwiatowej. Wykazano, iż lampy do doświetlania roślin zbudowane w technologii LED mogą z powodzeniem zastąpić lampy sodowe (HPS) jako dodatkowe źródło światła na etapie ukorzeniania sadzonek. Mniejsze zużycie energii w porównaniu z konwencjonalnymi lampami sodowymi z pewnością zwiększy opłacalność całorocznej produkcji chryzantem.

Słowa kluczowe: doświetlanie, ukorzenianie, diody, lampy sodowe, sadzonki

I. WSTĘP

Chryzantema wielkokwiatowa *Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam. należy do grupy najpopularniejszych roślin ozdobnych na świecie. Jest gatunkiem o ogromnym potencjale ze względu na oryginalne kształty kwiatostanów, występujące w szerokiej palecie barw oraz długie i obfite kwitnienie. W Polsce chryzantemy kojarzone są głównie ze Świętem Zmarłych, stąd też produkcja ich nastawiona jest na kwitnienie w tym okresie. Ze względu na długą trwałość po ścięciu oraz bogactwo kolorów, rośliny te chętnie wykorzystywane są przez florystów w trakcie całego roku do przygotowywania bukietów i kompozycji kwiatowych. Zapotrzebowanie rynku kwiaciarskiego na chryzantemy cięte i doniczkowe wymaga odpowiednio zaplanowanej produkcji, co wiąże się z koniecznością dostarczania ukorzenionych sadzonek, pozyskiwanych z wierzchołkowych części pędu rośliny matecznej. Czas trwania ukorzeniania sadzonek chryzantem wynosi od 2 do 5 tygodni w zależności od pory roku. Najkrócej ukorzenianie trwa od maja do lipca, natomiast najdłużej w grudniu, gdyż niedobór światła zimą opóźnia inicjację oraz wzrost korzeni. Z tego względu w systemie uprawy sterowanej konieczne jest doświetlanie sadzonek ukorzenianych w okresie niedoboru światła

tj. od listopada do połowy lutego. W tym czasie naturalny dzień przedłużany jest do 16-18 godzin, co w połączeniu z aplikacją substancji wzrostowych gwarantuje skrócenie okresu ukorzenia nawet do 2, 3 tygodni. Optymalne natężenie światła określa się na 5000 lx.

W produkcji ogrodniczej od lat do doświetlania wykorzystuje się przede wszystkim wysokoprężne lampy sodowe. W ostatnich latach wyraźnie wzrasta zainteresowanie źródłami światła, które są wydajne i energooszczędne, pozwalają skrócić cykl produkcji oraz w szerokim zakresie kontrolować wzrost i rozwój roślin [Morrow 2008, Meng i Runkle 2014, Woźny 2015]. Cechy te posiadają diody elektroluminescencyjne, które oprócz długiej trwałości (w obecnie oferowanych konstrukcjach powyżej 100 tysięcy godzin), dają możliwość wytwarzania selektywnego spektrum światła dostosowanego do aktualnych potrzeb rośliny. W licznych badaniach prowadzonych w ośrodkach naukowych oraz przez producentów sprzętu oświetleniowego wykazano możliwość zastosowania diod jako źródeł światła w uprawie wielu gatunków roślin ozdobnych [Treder i in. 2012, Currey i Lopez 2013, Jeong i in. 2014, Randal i Lopez 2014, Bergstrand i in. 2016]. Wykorzystanie ich w trakcie całorocznej produkcji ogrodniczej pozwala zredukować zużycie energii nawet do 80% w stosunku do konwencjonalnie stosowanych lamp, zapewniając tym samym ogromne oszczędności. Diody w przeciwieństwie do innych źródeł światła nie emitują energii cieplnej, w związku z czym mogą być instalowane blisko roślin, co znacznie zwiększa skuteczność doświetlania. Długa trwałość diod elektroluminescencyjnych oraz brak rtęci w ich konstrukcji pozwala zaliczyć te źródła światła do rozwiązań bezpiecznych dla środowiska, a tym samym idealnie wpisujących się w koncepcję zrównoważonego ogrodnictwa.

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania lamp zawierających diody do doświetlania sadzonek chryzantemy wielokwiatowej w czasie ich ukorzenia.

II. MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w szklarni Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii, Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy w terminie od 28 stycznia do 18 lutego 2016 r. W badaniach wykorzystano sadzonki trzech odmian chryzantemy wielokwiatowej *Chrysanthemum x grandiflorum* (Ramat.) Kitam.: 'Polka', 'Kujawianka' i 'Bydgoszczanka', które pobrano z roślin matecznych, uprawianych w szklarni. Sadzonki ukorzeniano pojedynczo, po 30 sztuk z każdej odmiany, w komorach multiplatów o pojemności 40 ml każda. Jako podłoże wykorzystano torf odkwaszony wymieszany z perlitem w stosunku 2:1. Przed posadzeniem na końcu pędu (miejsce odcięcia od rośliny matecznej) każdej sadzonki zaaplikowano ukorzeniacz A aqua Himal. W doświadczeniu do doświetlania wykorzystano następujące źródła światła: wysokoprężną lampę sodową o mocy 600W firmy LeuTech oraz oprawę Xenergo Greenhouse LED Module 120W 3-Row Medium 1200mm, emitującą światło o następującym składzie: 55,43% (660-670 nm), 11,60% (450-460 nm), 24,74% (380-800 nm), 7,79% (600-610 nm) i 0,43% (700-740nm). Oba typy lamp (LED i sodowa) zostały zamontowane w sposób gwarantujący wyrównanie poziomu natężenia napromieniowania kwantowego w zakresie PAR (Photosynthetically Active Radiation 400-700nm) na stołach uprawowych. Pomiarów wykonano na wysokości wierzchołków roślin za pomocą fotoradiometru Delta OHM HD2302.0. Natężenie napromieniowania mierzone w trakcie doświetlania sadzonek wyniosło $80 \mu\text{mol m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Doświetlanie było włączone codziennie, w przedłużeniu dnia w godzinach od 16.00 do 23.00.

W trakcie trwania doświadczenia temperatura powietrza w szklarni utrzymywana była na poziomie 21°C w dzień i 19°C w nocy. Prowadzono również stałą rejestrację temperatury podłoża. Na podstawie uzyskanych pomiarów obliczono średnie dobowe temperatury, które wyniosły odpowiednio 18,0°C dla sadzonek ukorzenianych pod diodami

i 18,3°C dla ukorzenianych przy doświetlaniu za pomocą lampy sodowej. W celu utrzymania optymalnej wilgotności powietrza rośliny kilkakrotnie w ciągu dnia zraszano. Po trzech tygodniach ukorzeniania sadzonki chryzantem pobrano w celu obliczenia udziału sadzonek ukorzenionych i oceny jakości części podziemnej. Za pomocą chlorofilomierza OSI CCM200 Plus (ADC BioScientific Ltd.) dokonano pomiarów zawartości chlorofilu w liściach. Ponadto określono świeżą i suchą masę systemu korzeniowego.

Przed wykonaniem analizy statystycznej zastosowano test Shapiro-Wilka w celu oceny zgodności rozkładu zmiennych zależnych z rozkładem normalnym. Uzyskane wyniki poddano transformacji poprzez pierwiastkowanie, dzięki czemu każda zmienna zależna zyskała rozkład zgodny z rozkładem normalnym. Wyniki poddano analizie wariancji ANOVA dla układów czynnikowych, a średnie poddano ocenie testem Newmana-Keulsa przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Analizę statystyczną przeprowadzono w programie Statistica 12 PL.

III. WYNIKI BADAŃ

W doświadczeniu wykazano, iż reakcja na źródło światła zastosowane na etapie ukorzeniania sadzonek chryzantemy zależna była przede wszystkim od odmiany (tab. 1). Niezależnie od rodzaju użytego światła sadzonki odmiany 'Bydgoszczanka' ukorzeniły się lepiej niż pozostałych odmian. W przypadku odmiany 'Polka' doświetlanie z wykorzystaniem diod przyczyniło się do uzyskania większej liczby sadzonek ukorzenionych w porównaniu z roślinami, u których dzień przedłużany był przy pomocy lampy sodowej. Sadzonki odmiany 'Kujawianka' i 'Bydgoszczanka' nieznacznie lepiej ukorzeniły się doświetlane lampą sodową.

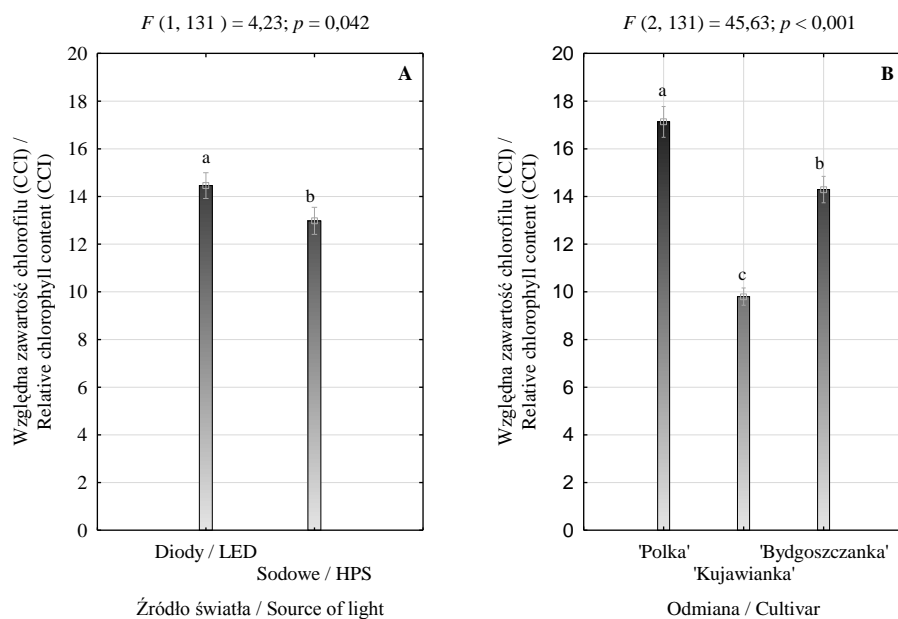
Tabela 1 – Table 1

Udział ukorzenionych sadzonek [%] trzech odmian chryzantemy w zależności od zastosowanego rodzaju światła / *Percentage of rooted cuttings [%] of three cultivars of chrysanthemum, depending on the source of light*

Odmiana <i>Cultivar</i>	Źródło światła <i>Source of light</i>	Udział sadzonek ukorzenionych [%] <i>Percentage of rooted cuttings [%]</i>
'Polka'	Lampa LED <i>LED lamp</i>	70,0
	Lampa HPS <i>HPS lamp</i>	56,7
'Kujawianka'	Lampa LED <i>LED lamp</i>	66,7
	Lampa HPS <i>HPS lamp</i>	70,0
'Bydgoszczanka'	Lampa LED <i>LED lamp</i>	96,7
	Lampa HPS <i>HPS lamp</i>	100,0

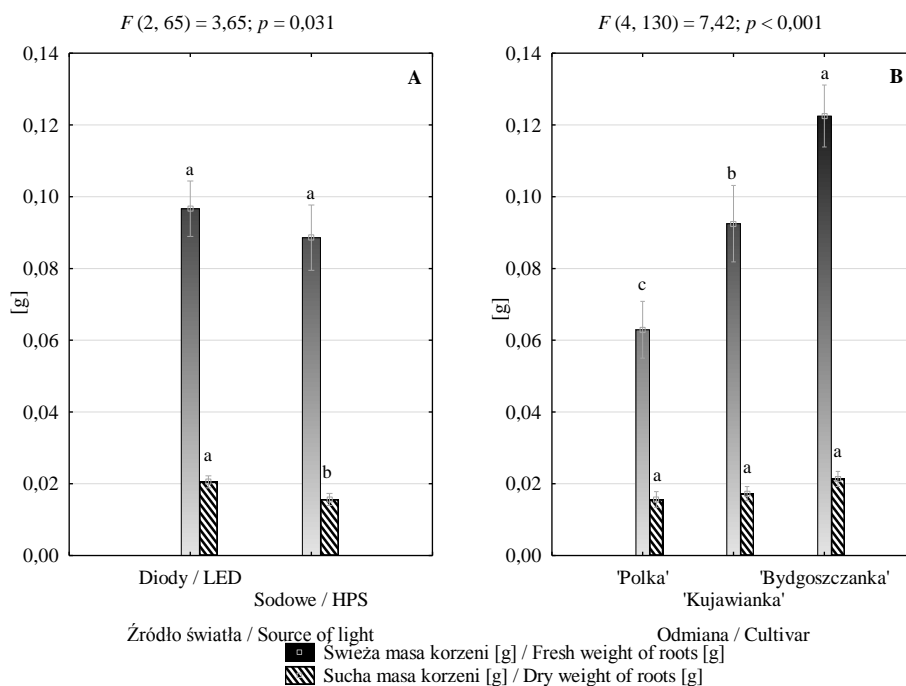
Na podstawie analizy otrzymanych wyników wykazano wpływ źródła światła użytego do doświetlania i odmiany na zawartość chlorofilu w liściach ukorzenianych sadzonek (ryc. 1). Niezależnie od odmiany sadzonki doświetlane diodami miały lepiej wybarwione liście w porównaniu z roślinami ukorzeniającymi się przy doświetlaniu lampą sodową (ryc. 1. A). Najwyższy indeks zielonej barwy (CCI) odnotowano w liściach sadzonek odmiany 'Polka', najniższy zaś odmiany 'Kujawianka' (ryc. 1. B).

Nie odnotowano wpływu źródła światła na świeżą masę systemu korzeniowego (ryc. 2. A). W doświadczeniu wykazano natomiast zróżnicowaną reakcję roślin ocenianych odmian na zastosowane doświetlanie. Świeża masa systemu korzeniowego była największa u sadzonek odmiany 'Bydgoszczanka', najmniejsza zaś u odmiany 'Polka' (ryc. 2. B). Sadzonki ukorzeniane przy doświetlaniu diodami charakteryzowały się większą suchą masą systemu korzeniowego w porównaniu z roślinami poddanymi działaniu światła sodowego (ryc. 2. A). W badaniach nie odnotowano różnic między odmianami w odniesieniu do tej cechy jakościowej (ryc. 2. B).



Ryc. 1. Wpływ źródła światła (**A**) oraz odmiany (**B**) na zawartość chlorofilu [CCI] w liściach ukorzenionych sadzonek. Średnie (\pm) błąd standardowy (SE) oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $p \leq 0,05$, zgodnie z testem Newmana-Keulsa

Fig. 1. Effect of source of light (**A**) and cultivar (**B**) on the chlorophyll content [CCI] in the leaves of the cuttings. The means (\pm) standard error (SE) marked with the other letters are significantly different at $p \leq 0.05$, according to Newman-Keuls test



Ryc. 2. Wpływ źródła światła (A) i odmiany (B) na świeżą i suchą masę korzeni [g]. Średnie (\pm) błąd standardowy (SE) oznaczone tymi samymi literami należą do grup homogenicznych przy $p \leq 0,05$, zgodnie z testem Newmana-Keulsa

Fig. 2. Effect of source of light (A) and cultivar (B) on fresh and dry weight of roots [g]. The means (\pm) standard error (SE) marked with the same letters mean homogeneous groups at $p \leq 0,05$, according to Newman-Keuls test

IV. DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu wpływ zastosowanych źródeł światła na udział sadzonek ukorzenionych zależał od odmiany. Sadzonki odmiany 'Polka' zdecydowanie lepiej ukorzeniały się doświetlane diodami. U pozostałych odmian różnice w reakcji na użyte światło były niewielkie. Wyniki te potwierdzają rezultaty innych badań, w których wykazano, że reakcja na światło, podobnie jak na inne czynniki zewnętrzne zależy nie tylko od gatunku ale i od odmiany [Klamkowski i Treder 2011, Meng i Runkle 2014].

Odpowiednia zawartość barwników asymilacyjnych, w tym chlorofilu wpływa na prawidłowe funkcjonowanie aparatu fotosyntetycznego. W doświadczeniu własnym liście sadzonek chryzantem ukorzenianych i doświetlanych diodami zawierały więcej chlorofilu niż rośliny poddane działaniu światła sodowego. Również Kurilčik i współautorzy [2008] dowiedli, że barwa emitowanego światła ma istotny wpływ na zawartość barwników fotosyntetycznych. Stwierdzili, że wysoki udział niebieskiego składnika widma światła diod zwiększa koncentrację barwników fotosyntetycznych w mikrosadzonkach chryzantem. Na zmniejszenie ich zawartości wpływa obecność dalekiej czerwieni [Kurilčik i in. 2011]. Prawidłowo ukorzeniona sadzonka chryzantemy powinna posiadać dobrze rozwinięty i silny system korzeniowy. Gwarantuje to optymalny wzrost i rozwój rośliny po

posadzeniu do doniczki, a tym samym umożliwia uzyskanie wczesnego kwitnienia oraz wysoką jakość kwiatów. W przeprowadzonym doświadczeniu zastosowane do doświetlania źródła światła nie miały wpływu na świeżą masę korzeni. Taką samą reakcją odnotowali w swoich badaniach Jeong i in. [2012]. Zaobserwowano, iż sadzonki u których dzień przedłużany był przy wykorzystaniu diod wydały system korzeniowy o większej suchej masie w porównaniu z roślinami uprawianymi pod lampą sodową. W badaniach Kurilčika i współautorów [2008] w kulturach *in vitro* chryzantemy wielkokwiatowej odmiany 'Ellen' wykorzystano diody LED emitujące światło o natężeniu napromieniowania kwantowego rzędu $43 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Autorzy wykazali, że mieszanina światła niebieskiego, czerwonego i dalekiej czerwieni wpłynęła na wzrost długości i liczby korzeni. Parametry te były o wiele gorsze w przypadku roślin umieszczonych pod światłem bez dodatku komponentu niebieskiego czy dalekiej czerwieni. Jednak zbyt duży udział światła niebieskiego wpływał na hamowanie tworzenia się korzeni. Ci sami autorzy stwierdzili, że korzenie są bardziej podatne na działania światła niż część nadziemna chryzantem.

Strumienie światła czerwonego i niebieskiego są najintensywniej absorbowane przez barwniki fotosyntetyczne obecne w roślinie. Odpowiednio skomponowane proporcje udziału tych barw warunkują prawidłowy rozwój rośliny. Technologia LED daje możliwość wyboru specyficznej części widma, co pozwala idealnie dopasować spektrum emisji światła do widma absorpcji roślin. Zastosowane w przeprowadzonym doświadczeniu diody emitują światło mieszane, w którym czerwone stanowi ponad połowę natomiast światło niebieskie około 11%, z kolei daleka czerwień 0.43%. Wyniki uzyskane w doświadczeniu wskazują, iż taki skład emitowanego światła gwarantuje optymalny przebieg procesu ukorzenia sadzonek chryzantemy.

Wysokoprężne lampy sodowe największą wydajność w emisji światła w zakresie PAR osiągają przy największym poborze energii elektrycznej. Ponadto w miarę eksploatacji spada intensywność promieniowania [Wallace i Both 2016]. Diody elektroluminescencyjne to trwałe źródła światła, które nie pogarszają swoich parametrów nawet przy długim użytkowaniu.

W całorocznej produkcji chryzantem doświetlanie jest zabiegiem niezbędnym dla utrzymania optymalnego poziomu fotosyntezy. Producenci roślin ozdobnych poszukują rozwiązań technologicznych, które pozwolą ograniczyć zużycie energii, a tym samym wpłyną na wzrost opłacalności produkcji kwiatów. Przy rekomendacji diod jako źródeł polecanych do doświetlania upraw pod osłonami nie można zapomnieć o aspektach związanych z ochroną środowiska. Diody nie zawierają szkodliwej rtęci, a jako energooszczędne źródła światła doskonale wpisują się w ideę zrównoważonego ogrodnictwa.

V. WNIOSKI

1. Badane odmiany chryzantemy wielkokwiatowej wykazują różną reakcję na źródło światła użyte na etapie ukorzenia sadzonek.
2. Doświetlanie ukorzeniających się sadzonek lampami LED wzmacnia akumulację chlorofilu w liściach oraz wpływa na wzrost suchej masy systemu korzeniowego.
3. Energooszczędne lampy elektroluminescencyjne (diody) mogą z powodzeniem zastąpić tradycyjne źródła światła wykorzystywane w trakcie ukorzenia sadzonek chryzantem.

BIBLIOGRAFIA

1. Bergstrand K.-J., Asp H., Schüssler H.K. 2016. Growth control of ornamental and bedding plants by manipulation of photoperiod and light quality. *Acta Horticulturae*. 1134. 33-40.
2. Currey C.H.J., Lopez R.G. 2013. Cuttings of impatiens, pelargonium and petunia propagated under light-emitting diodes and high-pressure sodium lamps have comparable growth, morphology, gas exchange and post-transplant performance. *HortScience*. 48 (4). 428-434.
3. Jeong S., Hogewoning S., Van Leperen W. 2014. Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. *Scientia Horticulturae*. 165. 69-74.
4. Jeong S.W., Park S., Jin J.S., Seo O.N., Kim G.S., Kim Y.H., Bae H., Lee G., Kim S.T., Lee W.S., Shin S.C. 2012. Influences of four different light – emitting diode lights on flowering and polyphenol variations in the leaves of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*). *J. Agric. Food Chem.* 60 (39). 9793-9800.
5. Klamkowski K., Treder W. 2011. Wpływ deficytu wody na wymianę gazową liści, wzrost i plonowanie dwóch odmian truskawki uprawianych pod osłonami. *Infr. Ekol. Ter.Wiej.* 5. 105-113.
6. Kurilčik A., Mikluūytė-Čanova R., Dapkūnienė S., Žilinskaitė S., Kurilčik G., Tamulaitis G., Duchovskis P., Žukauskas A. 2008. In vitro culture of Chrysanthemum plantlets using light-emitting diodes. *Central European Journal of Biology*. 3 (2). 161-167.
7. Kurilčik A., Dapkūnienė S., Kurilčik G., Duchovskis P., Urbonavičiūtė A., Ūilinskaitė S., Ūukauskas A. 2011. Effect of far – red light on the growth of chrysanthemum plantlets in vitro. *Scien. Wor. of the Lith. Inst. of Hort. and Lith. Univ. of Agric. Sodininkystė ir Daržininkystė*. 30 (3-4). 103-108.
8. Meng Q., Runkle E. 2014. Controlling flowering of photoperiodic ornamental crops. *HortTechnology*. 24 (6). 702-711.
9. Morrow R.C. 2008. LED lighting in horticulture. *HortScience*. 43 (7). 1947-1950.
10. Randal W.C., Lopez R.G. 2014. Comparison of supplemental lighting from high-pressure sodium lamps and light-emitting diodes during bedding plant seeding production. *HortScience*. 49 (5). 589-595.
11. Treder J., Klamkowski K., Treder W., Puternicki A., Lisak E. 2012. Wpływ doświetlania lampami sodowymi LED na wybrane parametry wzrostu roślin rabatowych. *Prace Instytutu Elektrotechniki*. 256. 143-154.
12. Wallace C., Both A.J. 2016. Evaluating operating characteristics of light sources for horticultural applications. *Acta Horticulturae*. 1134. 435-444.
13. Woźny A. 2015. Źródła światła wykorzystywane w produkcji ogrodniczej. *Prace Instytutu Elektrotechniki*. 269. 47-54.

LEDS APPLICATION IN ROOTING OF CHRYSANTHEMUM

Summary

Supplementary lighting is commonly used to increase yield and quality of ornamental plants. Light – emitting diodes (LEDs) represent a promising technology for the greenhouse industry that has technical advantages over traditional sodium lamps. In the production of chrysanthemums it is particularly important to have properly developed and

well-rooted cuttings. In year – round controlled cultivation of chrysanthemums it is necessary to use supplementary lighting from November to mid-February.

The possibility of application of LED during the rooting of two cultivars of chrysanthemums was investigated. Our data suggest that LEDs are suitable replacements for HPS lamps as supplemental light sources during the cuttings rooting. Lower energy consumption compared to conventional sodium lamps will increase the profitability of year – round controlled production of chrysanthemums.

Keywords: supplementary lighting, rooting, light-emitting diodes (LEDs), sodium lamps (HPS), cuttings