

Anita WOŹNY

ZASTOSOWANIE ŚWIATŁA W KONTROLI WZROSTU I ROZWOJU ROŚLIN OZDOBNYCH

STRESZCZENIE *Chemiczne regulatory wzrostu są nadal powszechnie stosowane w produkcji ogrodniczej. Jednak rosnące zanieczyszczenie środowiska i troska o jego stan, a także względy ekonomiczne, powodują konieczność poszukiwania nowych, ekologicznych sposobów uzyskiwania pożądanego pokroju roślin. W praktyce zastosowanie znalazło już modyfikowanie wzrostu poprzez oddziaływanie odpowiednią temperaturą lub stosowanie bodźców mechanicznych wywołujących stres prowadzący do zahamowania wzrostu, bez negatywnego wpływu na jakość roślin.*

W wielu badaniach wykazano, iż światło o określonej jakości może wpływać na wzrost i morfogenezę wielu gatunków roślin. W produkcji ogrodniczej zastosowanie znalazły fotoselektywne folie, jednak ze względu na stosunkowo krótką trwałość oraz mniejszą przepuszczalność światła słonecznego bardziej przydatne, z praktycznego punktu widzenia, mogą okazać się źródła światła o określonym składzie spektralnym. Dotyczy to zwłaszcza coraz popularniejszych diod.

Słowa kluczowe: *skład spektralny światła, doświetlanie roślin, lampy LED*

1. WSTĘP

Światło emitowane przez Słońce jest podstawowym źródłem energii, niezbędnym dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin (Tretyn, 2002). Nie całe

dr inż. Anita WOŹNY
e-mail: wozny@utp.edu.pl

Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych,
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 255, 2012

promieniowanie słoneczne dociera bezpośrednio do powierzchni Ziemi. Po drodze jest częściowo pochłaniane i rozpraszane przez atmosferę ziemską. Wysokość Słońca nad horyzontem, położenie danego miejsca na powierzchni Ziemi oraz stan zachmurzenia i czystość atmosfery decydują w jakim stopniu promieniowanie zostanie pochłonięte i rozproszone (Płochocki, 2003).

Rozwój organizmu roślinnego zależy od zawartej w nim informacji genetycznej oraz od wpływu środowiska zewnętrznego. Światło zaliczane jest do najistotniejszych abiotycznych czynników środowiskowych, wywierających silny wpływ na wzrost i rozwój roślin (Kraepiel i wsp., 2001). Rośliny wykorzystują energię słoneczną w procesie fotosyntezy, którego istotą jest przetwarzanie energii promienistej w energię chemiczną magazynowaną w postaci węglowodanów, białek, lipidów i innych związków organicznych. Promieniowanie słoneczne poza udziałem w fotosyntezie, wpływa na funkcjonowanie genów kontrolujących metabolizm roślin. Indukowanie niezależnych od fotosyntezy procesów wzrostu i rozwoju określa się mianem fotomorfogenezy. Dostępność światła w pełnym zakresie widma jest gwarancją prawidłowego przebiegu fotomorfogenezy (Tretyn, 2002). Synteza, rozkład oraz tempo uwalniania substancji wzrostowych z form związanych mogą być regulowane przez światło. Wpływa ono również na wrażliwość tkanek na działanie regulatorów, a także ich transport w roślinie (Kopcewicz i wsp., 1992).

Sygnaly świetlne odbierane są przez wyspecjalizowane fotoreceptory roślinne. Poza fotosyntetycznie czynnym chlorofilem, występują w roślinach inne barwniki mające zdolność absorbowania światła o różnej długości fali. Dotychczas najlepiej poznano fitochrom i kryptochrom (Tretyn, 2002). Fitochrom uznawany jest za uniwersalny receptor kontrolujący fotomorfogenezę roślin, ponieważ poza czerwienią i daleką czerwienią absorbuje również część widma w zakresie światła niebieskiego i bliskiego ultrafioletu (Kopcewicz i wsp., 1992). Kryptochrom to fotoreceptor światła niebieskiego odpowiedzialny między innymi za ruchy aparatów szparkowych, zjawisko fototropizmu oraz wiele innych procesów wywołanych przez światło o długości fali od 370nm do 500nm (Batschauer, 1998; Kopcewicz i Lewak, 1998).

Zakres widmowy promieniowania fotosyntetycznie czynnego (370-740 nm) jest trochę inny niż światła widzialnego (380-770 nm), w przybliżeniu jednak obydwa zakresy pokrywają się. W procesie fotosyntezy roślina wykorzystuje przede wszystkim światło fioletowo – niebieskie oraz pomarańczowo – czerwone i takie pochłania najsilniej.

Od kilku lat w związku z rosnącą troską o stan środowiska naturalnego prowadzone są badania nad przyjaznymi dla otoczenia metodami kontroli wzrostu i rozwoju roślin. Ma to prowadzić do ograniczenia bądź całkowitego wyeliminowania stosowania w produkcji ogrodniczej chemicznych regulatorów wzrostu. W produkcji ogrodniczej powszechnie reguluje się pokrój i kwitnienie

roślin ozdobnych poprzez oddziaływanie odpowiednią temperaturą lub sekwencją temperatur. Coraz częściej wykorzystuje się również działanie bodźców mechanicznych lub innych czynników stresogennych, prowadzących do określonej reakcji np. pożądanego zahamowania wzrostu bez negatywnego wpływu na jakość finalnego produktu. Dużą uwagę przywiązuje się nie tylko do roli natężenia światła, ale i do jakości w rozumieniu składu spektralnego, a wyniki wielu badań wskazują na to, że można silnie modyfikować wzrost i rozwój roślin, stosując w trakcie ich uprawy światło o określonej barwie.

2. WYKORZYSTANIE FILTRÓW I FOLII FOTOSELEKTYWNYCH

Wśród wielu propozycji praktycznego zastosowania jakości światła w kontroli wzrostu roślin, zwraca uwagę możliwość zmiany składu spektralnego naturalnego światła pod osłonami za pomocą filtrów spektralnych. Wyniki licznych badań wskazują, że stosowane w produkcji ogrodniczej filtry pochłaniające światło w zakresie dalekiej czerwieni są skuteczne w hamowaniu wzrostu wielu gatunków roślin ozdobnych a zarazem wykazują działanie zbliżone do powszechnie stosowanych retardantów (Runkle i Heins 2002; Kim i wsp., 2002; Cerny i wsp., 2003; Bachman i McMahon, 2006). W prowadzonych doświadczeniach wykorzystywano filtry w postaci płaskich, dwuwarstwowych, przezroczystych paneli, wypełnionych roztworem siarczanu miedzi (Mortensen i Strømme, 1987; Benson i Kelly, 1990; Incrocci i wsp., 1994; Rajapakse Kelly, 1994; McMahon i Kelly, 1999). Filtry takie usuwają ze światła fale z zakresu czerwieni i dalekiej czerwieni, jednak redukcja dalekiej czerwieni jest dużo większa. Światło po przejściu przez filtr ma w stosunku do zawartości dalekiej czerwieni, znacznie wyższy udział światła czerwonego. Wykazano, iż ukorzenione sadzonki chryzantemy rosnące pod filtrami zawierającymi 16% wodny roztwór CuSO_4 były o około 40% niższe w porównaniu z roślinami kontrolnymi (McMahon i wsp. 1991). Niektórzy autorzy zahamowanie wzrostu roślin i skrócenie międzywęźli tłumaczą zwiększeniem stosunku czerwieni do dalekiej czerwieni (McMahon i wsp. (1991); Incrocci i wsp., 1994). Jednak należy też uwzględnić fakt, że chociaż filtry nie zwiększają bezwzględnej ilości fotonów z niebieskiego zakresu widma, to jednak usuwając część światła czerwonego i większość dalekiej czerwieni, zwiększają względny udział światła niebieskiego w stosunku do innych barw (Rajapakse i Kelly, 1992; Rajapakse i wsp., 1992). W badaniach, w których chryzantemy były pod filtrami doprowadzane do kwitnienia, stwierdzono różne reakcje – przyspieszenie kwitnienia w warunkach dnia długiego oraz brak wpływu w dniu krótkim.

Niejednoznaczne wyniki uzyskano też badając jakość kwiatów (McMahon i wsp. 1991; McMahon i Kelly, 1999). Miniaturowe róże 'Mejikatar' rosnące pod filtrami z 6% roztworem siarczanu miedzi były niższe i miały krótsze międzywęzła w porównaniu z kontrolą, przy czym reakcja wiosną była silniejsza niż latem (Rajapakse i Kelly, 1994). Zahamowanie wzrostu pod filtrami z roztworem CuSO_4 odnotowano też u szalwii (Incrocci i wsp., 1994), bratka, petunii, geranium, niecierpka (Benson i Kelly, 1990).

Ponieważ ceny siarczanu miedzi są dość wysokie i może on wykazywać działanie fitotoksyczne w przypadku niekontrolowanego wycieku, podjęto badania nad zastosowaniem innych barwnych roztworów jako potencjalnych filtrów światła. Działanie roztworów jako filtrów spektralnych nie jest zależne tylko od ich zabarwienia, ale także od składu chemicznego, implikującego właściwości fotoselektywne.

Z czasem bardziej praktycznym rozwiązaniem od filtrów okazały się polietylenowe folie o właściwościach fotoselektywnych, z możliwością zastosowania przez ogrodników zarówno w szklarniach, jak i tunelach (Oyaert i wsp., 1999; Li i wsp., 2000; Ilias i Rajapakse, 2005). W celu uzyskania niskich, krępych roślin należy w trakcie uprawy zastosować folie zawierające barwnik pochłaniający lub odbijający daleką czerwień. Wykorzystując folie o różnym stężeniu barwnika usuwającego ze światła fale dalekiej czerwieni uzyskano chryzantemy 'Bright Golden Anne' o 22% niższe w porównaniu z kontrolą. Rośliny o zwartym pokroju są mniej podatne na uszkodzenia w trakcie transportu i sprzedaży. Podobne efekty hamowania wzrostu osiągnięto u sadzonek chryzantemy 'White Reagan'. Redukcja wysokości wynosiła 11, 14 i 22% dla folii o odpowiednio 1, 2 i 3% stężeniu niebieskiego barwnika, a efekt działania był zauważalny już po 10 dniach (Oyaert i wsp., 1999). Niektórzy autorzy sugerują, że mechanizm działania folii fotoselektywnych może polegać na zakłócaniu w roślinach biosyntezy giberelin (Tatineni i wsp., 2000). Wciąż prowadzone badania nad zastosowaniem folii foto-selektywnych w ogrodnictwie, wykazały pozytywne – hamujące wzrost efekty działania w przypadku takich gatunków jak cynia, kosmos, chryzantema, eustoma i pachystachys. Jednocześnie autorzy podkreślają różne reakcje, zależne od gatunku, odmiany i fazy rozwoju roślin. Wykorzystując folie o barwie czerwonej i niebieskiej do okrywania cienio-lubnej rośliny, jaką jest sępolia, uzyskano w obu przypadkach ograniczenie wzrostu (Boschi i wsp., 2000). Li i wsp., (2003) wykazali, iż folie fotoselektywne pochłaniające daleką czerwień są najbardziej skuteczne w hamowaniu elongacji w fazie wegetatywnej wzrostu chryzantem. Gdy rośliny wejdą w fazę generatywną spada tempo wzrostu, a tym samym skuteczność folii. Runkle i Heins (2002) odnotowali opóźnienie kwitnienia bratka, wyżlinu i petunii w następstwie zbyt długiej uprawy prowadzonej pod folią zawierającą filtry dalekiej czerwieni. Zdaniem autorów zastosowanie filtrów może być skuteczną metodą kontroli

wysokości rozsady, przy minimalnym wpływie na termin kwitnienia, pod warunkiem przeniesienia roślin w odpowiedniej fazie do środowiska neutralnego.

Wadą folii pochłaniających daleką czerwień jest zmniejszenie transmisji promieniowania fotosyntetycznie czynnego (PAR) nawet do 25%, co może ograniczać ich stosowanie w miesiącach jesienno-zimowych, a także opóźnić kwitnienie od kilku do kilkunastu dni (Runkle i Heins 2002; Bachman i MacMahon, 2006).

W krajach o wysokim nasłonecznieniu, gdzie powszechnie stosuje się kurtyny cieniujące w celu ochrony roślin przed destrukcyjnym działaniem temperatury i światła, możliwe jest kontrolowanie wzrostu roślin poprzez użycie do cieniowania kurtyn lub siatek o określonej barwie. W przeprowadzonych doświadczeniach nad wieloma gatunkami roślin ozdobnych, takimi jak pospornica, myszopłoch, łubin żółty, eustoma, śniedek stwierdzono, że siatki o zabarwieniu niebieskim hamują wzrost, czerwone pobudzają do wzrostu, a szare stymulują rozwój pędów bocznych (Priel, 2001).

3. MODYFIKOWANIE WZROSTU I ROZWOJU ROŚLIN OZDOBNYCH ZA POMOCĄ SZTUCZNYCH ŹRÓDEŁ ŚWIATŁA

Źródła światła wykorzystywane w produkcji roślinnej powinny charakteryzować się wysoką wydajnością przemiany energii elektrycznej w energię promienistą, wysoką intensywnością promieniowania w zakresie fotosyntetycznie czynnym oraz dostosowaniem spektrum emisji lamp do wymagań fizjologicznych roślin, a szczególnie do spektrum czynnego fotosyntezy. Obecnie w produkcji ogrodniczej najczęściej wykorzystuje się lampy sodowe ale rozwój technologii związanej z doświetlaniem jest dość szybki i na rynku stale pojawiają się innowacyjne rozwiązania dotyczące sposobów dostarczania roślinom światła.

Wyniki wielu prac wskazują na możliwość zahamowania elongacji pędu roślin ozdobnych poprzez zmianę składu spektralnego światła. Zaobserwowano, że reakcja roślin zależy od rodzaju zastosowanego źródła światła, ale przede wszystkim od gatunku.

Rośliny rozmnażane w warunkach *in vitro* wykorzystują światło głównie w procesie morfogenezy, a nie fotosyntezy, ponieważ źródłem energii są dla nich węglowodany zawarte w pożywce. Michalczuk (2000) wykazała, że zastosowanie zróżnicowanego światła, którego źródłem są lampy fluorescencyjne może być wykorzystywane w kulturach tkankowych do sterowania procesami morfogenezy. Pozwoliłoby to w przyszłości ograniczyć zużycie w mikrorozmnażaniu roślin drogich regulatorów wzrostu. Stosując odpowiedni rodzaj światła można zmieniać zawartość w roślinie endogennych hormonów wzrostu. Jakość

spektralna światła może w istotny sposób wpływać na podniesienie efektywności rozmnażania roślin w kulturach *in vitro*, ukorzeniania mikrosadzonek i ich aklimatyzacji w warunkach *ex vitro* (Latkowska i Chmiel, 1996; Miler i Zalewska, 2006; Zalewska i wsp., 2008; Miler i wsp., 2008).

W literaturze można znaleźć różne, często sprzeczne relacje dotyczące wpływu barwy światła na termin kwitnienia i jakość ozdobnych roślin cebulowych. Wymagania świetlne pędzonych tulipanów i narcyzów nie są duże w aspekcie fotosyntezy, gdyż w cebulach zgromadzone są materiały zapasowe. Rośliny mogą kwitnąć w szklarni lub pomieszczeniach bez dostępu światła naturalnego, zaopatrzonych jedynie w sztuczne źródło światła, które konieczne jest dla uzyskania prawidłowego pokroju roślin w procesie fotomorfogenezy (Gude i Dijkema 1992; Gude i in., 1996).

Zdaniem Bach i wsp. (1997) okres pędzenia tulipanów ulegał znacznemu skróceniu pod wpływem 12-godzinnego doświetlania światłem niebieskim i czerwonym w porównaniu do roślin doświetlanych lampami sodowymi lub niedoświetlanych. Według Toneckiego (1998) tulipany i hiacynty doświetlane w szklarni światłem czerwonym kwitły wcześniej niż rośliny kontrolne. Przyspieszenie kwitnienia w warunkach światła czerwonego potwierdzono w badaniach Woźny i Jerzego (2004). Z kolei Suh (1997) badając wpływ światła czerwonego, dalekiej czerwieni, światła pomarańczowego, niebieskiego i ciemności stwierdził, iż rodzaj światła nie wpływa na termin kwitnienia tulipanów 'Apeldoorn'. W badaniach Gude (1992) światło niebieskie powodowało poprawę jakości, powstanie dłuższych i sztywniejszych tulipanów w porównaniu ze światłem czerwonym. Odwrotną reakcję na światło niebieskie odnotowali Woźny i Jerzy (2004) w trakcie pędzenia narcyzów z wykorzystaniem lamp fluorescencyjnych.

Młode, rozmnażane generatywnie rośliny wykazują silniejszą reakcję na jakość światła niż rozmnażane wegetatywnie rośliny cebulowe. Wynikać to może z większych wymagań świetlnych oraz innej budowy morfologicznej. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, iż efektywność w hamowaniu wzrostu zależy od gatunku rośliny, źródła i natężenia światła, a w przypadku roślin fotoperiodycznie wrażliwych także od długości dnia. Khattak i Pearson (1997; 2006) zaobserwowali, że światło niebieskie jest bardziej skuteczne w kontroli wzrostu chryzantem przy niższych poziomach natężenia światła ($3,05 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$) w porównaniu z lepszymi warunkami świetlnymi ($7,4 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dzień}^{-1}$). Z kolei w badaniach Woźny i Zalewskiej (2006) światło niebieskie emitowane przez lampy jarzeniowe hamowało wzrost doniczkowej odmiany chryzantem tylko przy natężeniu napromienienia kwantowego wynoszącym $140 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, zarówno w warunkach dnia długiego jak i krótkiego.

Zaobserwowano, iż światło o określonej długości fali może być wykorzystywane nie tylko do przyspieszenia kwitnienia roślin ale także poprawy jakości pozbiorczej kwiatów (Jerzy i wsp., 2011).

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają możliwość użycia lamp emitujących światło o określonym składzie widmowym i natężeniu promieniowania w modyfikowaniu wzrostu popularnych gatunków roślin jednorocznych. Wykazano, iż zastosowanie światła niebieskiego o natężeniu napromienienia kwantowego w zakresie PAR na poziomie $110 \mu\text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, w produkcji rozsady aksamitki wyniosłej i petunii ogrodowej nie miało wpływu na wysokość otrzymanych roślin (Woźny, 2010). Z kolei w produkcji rozsady szalwii lśniącej z zastosowanie światła niebieskiego, emitowanego przez lampy jarzeniowe odnotowano oczekiwane z praktycznego punktu widzenia ograniczenie wzrostu (Woźny, 2011).

Obecnie na świecie gwałtownie rośnie zainteresowanie źródłami światła, które są wydajne i energooszczędne, pozwalają skrócić cykl produkcji oraz umożliwiają w szerokim zakresie kontrolować wzrost i pokrój roślin. Cechy takie posiadają diody elektroluminescencyjne, określane w literaturze jako diody świecące albo LED (ang. *Light Emitting Diode* - dioda świecąca). W zależności od potrzeb, można stosować diody emitujące światło o określonej długości fali. Są one bardzo trwałe i żywotne, nie pogarszają swoich parametrów nawet przy długim użytkowaniu. Wysoka sprawność energetyczna diod LED sprawia, że tylko niewielka część energii elektrycznej zamienia się w ciepło. Temperatura świecącej diody jest niewiele większa od temperatury otoczenia. W trakcie pracy zużywają mało energii elektrycznej, dzięki czemu pozwalają na zmniejszenie kosztów uprawy. Średnia, użyteczna trwałość diod LED jest nawet kilkunastokrotnie wyższa niż popularnych lamp fluorescencyjnych i kilkudziesięciokrotnie wyższa niż zwykłych żarówek. Zastosowanie tych trwałych, wydajnych, a przede wszystkim energooszczędnych źródeł światła może prowadzić do obniżenia kosztów produkcji. W związku z tym, od kilku lat prowadzone są badania mające na celu opracowanie technologii produkcji roślin ozdobnych z wykorzystaniem diod. Elektroluminescencyjne źródła światła znajdują coraz szersze zastosowanie w kulturach *in vitro* (Tanaka i wsp., 1998; Lian i wsp., 2002). Emisja światła o ściśle określonej długości fali, optymalnej dla danej rośliny pozwala doskonalić technologie mikrorozmnażania gatunków odgrywających kluczową rolę w produkcji kwaciarskiej (Kurilčik i wsp., 2008). W licznych badaniach wykazano możliwość regulowania wzrostu i rozwoju roślin ozdobnych dzięki zastosowaniu diod w produkcji roślin kwietnikowych. W doświadczeniach tych odnotowano niejednoznaczną reakcję roślin na zastosowane światło, co może wynikać z różnic genetycznych (Heo i wsp., 2000a i b). Uzyskane wyniki wskazują na to, iż w przyszłości światło emitowane przez diody może stać się skutecznym narzędziem modyfikowania wzrostu i pokroju roślin ozdobnych. Wprowadzenie ich do wielkotowarowej produkcji kwaciarskiej, wymaga jednak działań mających na celu dalszą optymalizację widma promieniowania, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań poszczególnych gatunków roślin.

LITERATURA

1. Bach A., Włodarski Z., Świdorski A.: Wpływ rodzaju światła na wzrost i rozwój tulipanów pędzonych w szklarni. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 449, str. 23-30, 1997.
2. Bachman G.R., McMahon M.J.: Day and night temperature differential (DIF) or absence of far-red light alters cell elongation in 'Celebrity White' petunia. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 131(3), str. 309-312, 2006.
3. Batschauer A.: Photoreceptors of higher plants. Planta, 206, str. 479-492, 1998.
4. Benson J., Kelly J.: Effect of copper sulphate filters on growth of bedding plants. Hort. Science, 25 str. 1144 Abstr. str. 566, 1990.
5. Boschi C., Di Benedetto A., Papayami P., Cremona C.: Cover films and light quality responses in *Saintpaulia ionantha*. Acta Hort., 515 str. 135-140, 2000.
6. Cerny T.A., Faust J., Layne D., Rajapakse N.C.: Flower development of photoperiod sensitive species under modified light environments. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 128, str. 486-491, 2003.
7. Gude H.: The effects of light quality and cold treatment on the propagation of hyacinth bulbs. Acta Hort., 325, str. 157-164, 1992.
8. Gude H., Dijkema M.: The role of light in the forcing of tulips and hyacinthus and in the propagation of hyacinth bulbs. Acta Horticulture, 305 str. 111, 1992.
9. Gude H., Jong K.Y., Vreeburg P.J.M.: The forcing of tulip and hyacinth under artificial light. Seventh Intern. Symp. On Flower Bulbs, Herzliya Israel, Abstracts:79, 1996.
10. Heo J., Lee C., Chakrabarty D., Peak K.: Growth responses of marigold and salvia plants as affected by monochromatic or mixture radiation provided by a light-emitting diode (LED). Plant Growth Regulation, 38, str. 225-230, 2002a.
11. Heo J., Lee C., Peak K.: Characteristic of growth and flowering on some bedding plants grown in mixing fluorescent tube and light-emitting diode. Acta Hort., 580, str. 77-82, 2002b.
12. Ilias I.F., Rajapakse N.: The effects of end-of-the-day red and far-red light on growth and flowering of *Petunia x hybrida* 'Countdown Burgundy' grown under photosensitive films. HortScience, 40(1), str. 131-133, 2005.
13. Incrocci L., Serra G., Lercari B.: Height control of bedding plant (*Salvia splendens* F.Sellow) by copper sulphate filters Acta Hort., 361, str. 491-494, 1994.
14. Jerzy M., Zakrzewski P., Schroeter-Zakrzewska A.: Effect of colour of light on the opening of inflorescence buds and post-harvest longevity of pot. Acta Agrobotanica, Vol. 64(3), str.13-18, 2011.
15. Khattak A.M., Pearson S.: The effects of light quality and temperature on the growth and development of chrysanthemum cvs. Bright Golden and Snowdon. Acta Hort., 435, str.113-122, 1997.
16. Khattak A.M., Pearson S.: Spectral filters and temperature effects on growth and development of chrysanthemums under low light integral. Plant Growth Regulation, 49, str.61-68, 2006.
17. Kim H.H., Heins R.D., Carlson W.H.: Development and flowering of petunia grown in far-red deficient light environment. Acta Hort., 580, str.127-153, 2002.
18. Kopcewicz J., Lewak S.: Podstawy fizjologii roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1998.
19. Kopcewicz J., Tretyn A., Cymerski.: Fitochrom i morfogeneza roślin. Wydawnictwo Naukowe PWN, 1992.
20. Kraepiel Y., Agnès C., Thiery L., Maldiney R., Miginiac E., Delaure M.: The growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hypocotyls in the light and in darkness differentially involves auxin. Plant Science, 161, str.1067-1074, 2001.

21. Kurilčik A., Miklušyte-Čanova R., Dapkūnienė S., Žilinskaite S., Kurilčik G., Tamulaitis G., Duchovskis P., Žukauskas A.: In vitro culture of chrysanthemum plantlets using light-emitting diodes. *Cent. Eur. J. Biol.*, 3(2), str.161-167, 2008.
22. Latkowska M., Chmiel H.: Wpływ jakości światła i regulatorów wzrostu na regenerację i ukorzenianie *in vitro* pędów chryzantemy wielkokwiatowej (*Dendranthema grandiflorum*) cv. Eskort. Zeszyty Naukowe ATR, nr 197 – Rolnictwo (39), str. 129-136, 1996.
23. Li S., Rajapakse N.C.; Far-red absorbing photoselective plastic films affect growth and flowering of chrysanthemum cultivars. *HortScience*, 38(2),str. 284-287, 2003.
24. Li S., Rajapakse N.C., Young R.E., Oi R.: Growth responses of chrysanthemum and bell pepper transplants to photoselective plastic films. *Scientia Horticulturae*, 84, str. 215-225, 2000.
25. Lian M.L., Murthy H.H., Paek K.Y.: Effects of light emitting diodes (LEDs) on the in vitro induction and growth bulblets of *Lilium* oriental hybrid 'Pesaro'. *Sci.Hortic.*, 94, str. 365-370, 2002.
26. McMahon M.J., Kelly J.W.: CuSO₄ filters influence flowering of chrysanthemum cv. Spears. *Scientia Horticulturae*, 79, str. 207-215, 1999.
27. McMahon M. J., Kelly J. W., Decoteau D. R.: Growth of *Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura under various spectral filters. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116(6), str. 950-954, 1991.
28. Michalczyk B. Wpływ jakości światła oraz eksplantatu na morfogenezę pędów petunii w kulturach *in vitro*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 473, str.177-184, 2000.
29. Miler N., Zalewska M.: The influence of light colour on micropropagation of chrysanthemum. *Acta Hortic*, 725, str. 347-350, 2006.
30. Miler N., Zalewska M., Dąbrowska D.: Wpływ barwy światła na organogenezę przybyszową u chryzantemy wielkokwiatowej (*Chrysanthemum x grandiflorum* (RAMAT.) KITAM.) w kulturach *in vitro*. cz. II. Jakość pędów przybyszowych. *Zeszyt Probl. Post. Nauk Roln.*, 525, str. 519-524, 2008.
31. Mortensen L.M., Strømme E.: Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia Horticulturae*, 33, str. 27-36, 1987.
32. Oyaert E., Volckaert E., Debergh P.C.: Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*, 79, str. 195-205, 1999.
33. Płochocki Z.: *Fizyka dla ogrodników*. Wydawnictwo WSEH, 2003.
34. Priel A.: Coloured nets can replace chemical growth regulators. *Flower Tech.*, 4(3), str. 12-13, 2001.
35. Rajapakse N. C., Kelly J.W.: Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(3), str. 481-485, 1992.
36. Rajapakse N. C., Kelly J.W.: Influence of spectral filters on growth and postharvest quality of potted miniature roses. *Scientia Horticulturae*, 56, str. 245-255, 1994.
37. Rajapakse N. C., Pollock R.K., McMahon M.J., Kelly J.W., Young R.E.: Interpretation of light quality measurements and plant responses in spectral filter research. *HortScience*, 27(11), str. 1208-1211, 1992.
38. Runkle E.S., Heins R.D.: Stem extension and subsequent flowering of seedlings growth under film creating a far-red deficient environment. *Scientia Horti.*, 96, str. 257-265, 2002.
39. Suh J.K.: Stem elongation and flowering response of tulipa cultivars as influenced by bulb cooling, growth regulators and light quality. *Acta Hortic.*, 430, str. 101-106, 1997.
40. Tanaka M., Takamura T., Watanabe H., Endo M., Panagi T., Okamoto K.: In vitro growth of *Cymbidium* plantlets cultured under superbright red and blue light-emitting diodes. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 73, str. 39-44, 1998.
41. Tatineni A., Rajapakse N.C., Fernandez R.T., Rieck J.R.: Effectiveness of plant growth regulators under photoselective greenhouse covers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(6) str. 673-678, 2000.

42. Tretyn A.: Wzrost i rozwój roślin (w;) Fizjologia roślin, red. Kopcewicz J., Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
43. Tonecki J.: Wykorzystanie systemu fitochromowego do sterowania procesami wzrostu i kwitnienia roślin. Ogólnopolska konferencja „Ogrodnictwo ozdobne przełomu wieków”, Kraków:92., 1998.
44. Woźny A.: Wpływ jakości światła na wzrost rozsady wybranych gatunków roślin kwiatnikowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.,551, str. 423-429, 2010.
45. Woźny A.: Use of light to control the growth of *Salvia splendens* Sellow ex. Roem. et Schult. Seedlings. Acta. Sci. Pol., Hortorum Cultus, 10(4),str. 99-106, 2011
46. Woźny A., Jerzy M.: Wpływ barwy światła na zimowe kwitnienie tulipana. Pr. Komis. Nauk Rol. i Biot. BTN, seria B, nr 52, str. 375-381, 2004.
47. Woźny A., Jerzy M.: Effect of light wavelength on growth and flowering of narcissi forced under short-day and low quantum irradiance conditions. JHSB, 82 (6), str. 924-928, 2007.
48. Woźny A., Zalewska M.: The effect of blue light on the growth of chrysanthemum under long and short day. EJPAU, 9(13)#16, 2006.
49. Zalewska M., Miler N., Dąbrowska D.: Wpływ barwy światła na organogenezę przybyszową u chryzantemy wielkokwiatowej (*Chrysanthemum x grandiflorum* (RAMAT.) KITAM.) w kulturach *in vitro*. cz.I. Regeneracja pędów przybyszowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.,525, str. 511-518, 2008.

Rękopis dostarczono dnia 05.04.2012 r.

USE OF LIGHT TO CONTROL THE GROWTH AND MORPHOGENESIS OF ORNAMENTAL PLANTS

Anita WOŹNY

ABSTRACT *Even though chemical growth regulators are still commonly applied in horticultural production, the increasing environmental pollution and high retardant costs call for a search for new organic methods to produce the desired plant habit. In practice growth modification by providing an adequate temperature or the application of mechanical stimuli triggering stress leading to the growth inhibition, without a negative effect on the plant quality have been already applied.*

Many reports demonstrate that light of a specific colour can affect growth and morphogenesis of many plant species. In horticultural production photoselective films are used, however due to a relatively short durability and a lower sunlight transmission, in practice, the sources of light of a specific spectral composition can be more applicable. It refers particularly diodes, becoming more and more popular.

Keywords: *light spectral composition, supplementary lighting, LED lamps*