

WPLYW ŚWIATŁA LED NA WZROST PIEPRZYCY SIEWNEJ (*LEPIDIUM SATIVUM*)

Deta Łuczycka, Gabriel Zygmunt
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W artykule przedstawiono efekty jakie uzyskano oświetlając pieprzycę siewną dwoma rodzajami światła w zakresie 460-475nm oraz 610-630nm. Porównano uzyskane efekty z próbami kontrolnymi wystawionymi na działanie światła słonecznego. Do oświetlenia roślin wykorzystano dwa rodzaje diod mocy firmy Helio: diody czerwone HSHP-E3LR o mocy 3W i widmie z zakresu 610-630 nm, diody niebieskie HSHP-E3LB o mocy 3W oraz zakresie widma 460-475nm. Sterowanie czasami włączenia i wyłączenia oświetlenia, oraz regulacja obrotów wentylatorów odbywała się za pośrednictwem komputera PC pracującego wraz ze sterownikiem otwartego źródła Arduino UNO. Obserwowano zdolność kiełkowania oraz dynamikę wzrostu w pierwszych pięciu dniach. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zastosowane światło czerwone (460-475nm) w dużym stopniu wpływa na zdolność kiełkowania oraz wzrost roślin. W przypadku oświetlenia światłem niebieskim zaobserwowano, że wzrost roślin jest podobny jak w próbie kontrolnej oświetlanej światłem słonecznym. Ponadto światło niebieskie powodowało widoczne uszkodzenia korzeni oraz żółknięcie krawędzi liści.

Słowa kluczowe: doświetlanie roślin, sterowanie oświetleniem, pieprzycę siewna

Wstęp

O sukcesie w uprawie roślin pod osłonami decyduje między innymi zapewnienie im właściwego oświetlenia. Przyspieszenie cyklu produkcji oraz konieczność pozyskiwania roślin w okresie deficytu światła naturalnego powoduje konieczność doświetlania roślin światłem sztucznym. Istotnym czynnikiem wpływającym na czas produkcji i jakość roślin jest dobranie optymalnych parametrów oświetlenia dla danej rośliny. Od prawie 50 lat wykorzystuje się do doświetlania roślin lampy sodowe, żarowe i neonowe [Kubota i in 2011]. Szybki rozwój technologii półprzewodnikowej, sprawił iż pojawiły się na rynku alternatywne, oszczędniejsze źródła światła, na przykład budowane z diod LED. Charakteryzuje je już w tej chwili moc świetlna umożliwiająca zastosowanie do doświetlania roślin a ich żywotność jest nawet kilkukrotnie większa w porównaniu do lamp sodowych. Dodatkową ich zaletą możliwość zasilania niskim, bezpiecznym napięciem. Wymienione cechy

oraz odporność LED na uszkodzenia mechaniczne sprawia iż stanowią doskonałą alternatywę dla innych źródeł światła [Katalog firmy Osram; Gondek, Kocioł 2008; Morrow 2008; Puternicki 2010].

Diody LED umożliwiają uzyskiwanie światła w wąskim zakresie pasma a tym samym dobranie takiego zakresu widma, które jest właściwe dla określonej rośliny w danej fazie wzrostu. Stosowanie wybranych widm daje możliwość ograniczenia zużycia energii eliminując jej straty spowodowane emisją widma w małym stopniu wykorzystywanego przez rośliny. Na podstawie prowadzonych, przez różnych autorów [Kubota i in 2011; Puternicki 2010] badań, można wnioskować, że zapotrzebowanie roślin na światło o określonej długości fali zależy od fazy wzrostu rośliny. W badaniach nad doświetlaniem sadzonek pedowych pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Głowacka [2002a] stwierdziła, że światło niebieskie powodowało korzystny wpływ na długość, liczbę oraz masę korzeni. Badania prowadzone przez zespół Woźnego i Jerzego [Woźny, Jerzy 2004] nad wpływem barwy światła w doświetlaniu tulipanów, wykazały brak wpływu barwy światła o natężeniu $12,5 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ a istotne różnice uzyskano stosując natężenie rzędu $25 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Takie różnice uzyskiwane w wyniku badań nad doświetlaniem roślin nasuwają hipotezę, że nie ma uniwersalnej barwy dla wszystkich roślin jak również faza w jakiej aktualnie znajduje się roślina pociąga za sobą stosowanie innych barw światła [Głowacka 2002a; 2002b; Woźny, Jerzy 2004]. Wskazują na to również wyniki badań wielu autorów cytowanych w publikacjach z zakresu fizjologii roślin już od ponad 20 lat [Bula i in 1991]. Dla określenia najważniejszych długości fali i wyznaczenia precyzyjnej charakterystyki źródła światła do oświetlania roślin niezbędne jest zbadanie jaki wpływ na rośliny ma oświetlenie ich światłem w bardzo wąskich zakresach widma. Wyniki serii takich doświadczeń (dla różnych roślin) będą stanowić podstawę do projektowania systemu sterowania wraz z oprogramowaniem do inteligentnego oświetlania czy też doświetlania roślin.

Celem przeprowadzonych badań jest wykazanie znaczącego wpływu barwy światła na rozwój roślin na przykładzie pieprzycy siewnej.

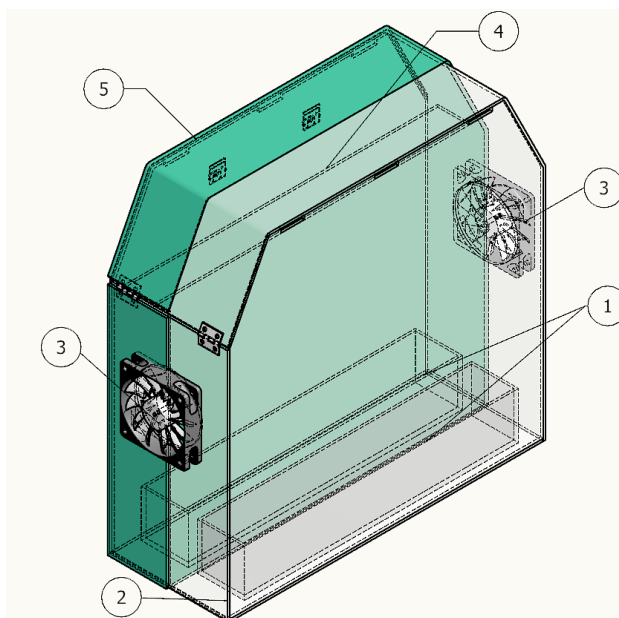
Material i metody badawcze

Do doświadczeń wybrano pieprzycę siewną – *Lepidium sativum* – roślinę o krótkim okresie wegetacji, oraz małych wymaganiach, co pozwoliło na eliminację wpływu innych czynników (np. rodzaj podłoża, nawożenie) na wzrost badanych roślin. Do badań zastosowano nasiona o zbadanej i gwarantowanej mocy siewnej.

Pieprzycę siewną jest wartościową (zawierającą duże ilości witamin i minerałów) rośliną produkowaną w formie kielków, a więc wyniki doświadczeń mogą mieć zastosowanie praktyczne.

Badania prowadzone były w Instytucie Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu na specjalnie skonstruowanym stanowisku (rys. 1). Stanowisko badawcze zostało zbudowane z tworzywa Plexiglas o grubości 3 mm i ma wymiary 400 x 400 x 150 mm, połowę szklarni odizolowano od dostępu światła słonecznego (PCV). Zamontowane wentylatory mają za zadanie chłodzić diody LED jak również powodować mieszanie powietrza w obu komorach niwelując różnice temperatur. Zastosowane rozwiązanie dało możliwość porównania zdolności wzrostu roślin oświetlanych sztucznie oraz światłem

słonecznym przy zapewnieniu takich samych pozostałych warunków (temperatura, wilgotność) w obu komorach wegetacyjnych.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 1. Model przestrzenny stanowiska wykorzystywanego do oświetlania roślin światłem sztucznym oraz słonecznym, 1 – kuwety na rośliny o wymiarach 6x35x6 cm, 2 – otwierane drzwi 3 – wentylatory nawiewowy i wywiewowy 4 – listwa z diodami LED mocy 5 – dodatkowa osłona z PCV nie przepuszczająca światła

Fig. 1. Spatial scheme of a stand used for lighting plants with artificial and sun light, 1 – plant cuvettes of dimensions 6x35x6 cm, 2 – door opening, 3 – ventilation and out-take fan, 4 – a slat with LED diodes of power, 5 – additional PVC light proof casing

Próbki wysiewane były w specjalnych szklanych pojemnikach o wymiarach 60 x 350 x 60 mm. Nasiona siewne były wstępnie selekcjonowane (wybierano nieuszkodzone, wyrównane pod względem wielkości nasiona), a następnie wysiewane na gazie w dwóch rzędach po 20 nasion na pojemnik. Następnie po skielkowaniu w odstępach 24 godzinnych każda z roślin była mierzona w celu porównania szybkości wzrostu. Doświadczenie prowadzono przez 5 dni, po tym czasie rośliny stawały się już zbyt duże aby mogły mieć przeznaczenie handlowe. Sterownik załączał oświetlenie, komory odizolowanej od światła słonecznego, 30 minut po wschodzie słońca a wyłączał na 30 min przed zachodem słońca zapewniając w ten sposób porównywalną ilość światła oświetlającego rośliny w obu próbkach.

- Do oświetlania roślin wykorzystane były dwa rodzaje diod mocy firmy Helio:
- diody czerwone HSHP-E3LR o mocy 3W i widmie 610-630 nm,
 - diody niebieskie HSHP-E3LB o mocy 3W oraz zakresie widma 460-475nm.

Lampa umieszczona na wysokości 300 mm nad oświetlanymi roślinami emitowała światło o natężeniu na poziomie $14 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Na podstawie pomiarów natężenia światła słonecznego stwierdzono iż rośliny kontrolne otrzymały w ciągu dnia średnio około $17,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Natężenie oświetlenia określane było na podstawie deklaracji producenta stosowanych źródeł światła oraz pomiarów wykonywanych luksomierzem laboratoryjnym (kl. 1), oczywiście ze względu na małą powierzchnię oświetlaną nie analizowano rozkładu natężenia na powierzchni oświetlanej zakładając że te nierównomierności przy tej wielkości powierzchni nie miały wpływu na uzyskane wyniki.

W oparciu o dane literaturowe [Rutkowski, Wojciech 2006; Wachowicz 2009; Grodzki 2010] sformułowano założenia konstrukcyjne dla sterownika, wynikające z wymagań stawianych urządzeniom sterującym doświetlaniem roślin w warunkach produkcyjnych (szklarnia). Sterowanie czasami włączenia i wyłączenia oświetlenia, oraz regulacja obrotów wentylatorów odbywała się za pośrednictwem komputera PC pracującego wraz ze sterownikiem otwartego źródła Arduino UNO opartym na procesorze ATmega 328.

Ze względu na bardzo delikatną strukturę młodych roślin, pomiar odbywał się poprzez wykonywanie zdjęć roślin wraz z przymiarem. Zdjęcia były obrabiane za pomocą oprogramowaniu typu CAD, dokonywano obrys rośliny i określano długość części naziemnej oraz korzenia. Dalszym analizom poddawano otrzymane w ten sposób wartości charakteryzujące wzrost roślin.

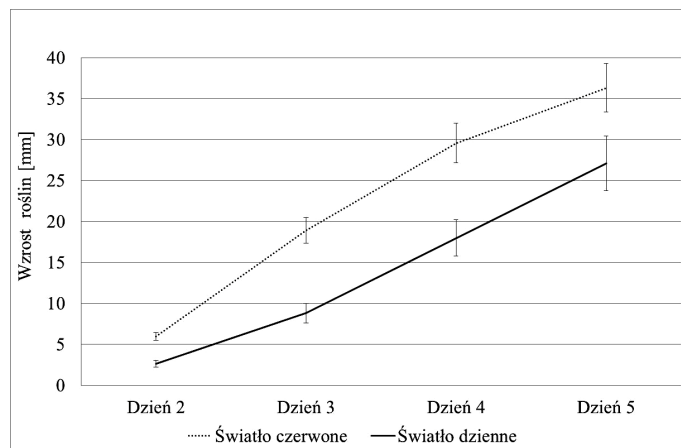
Wyniki badań

Uzyskane wyniki pomiarów roślin, dla oświetlania światłem czerwonym, w przejrzysty sposób obrazują wpływ tej barwy na wzrost pieprzycy siewnej. Rośliny cechowały się dobrze rozwiniętym systemem korzeniowym, intensywnym kolorem liści, nie stwierdzono jakichkolwiek oznak negatywnego wpływu tej barwy. Również jakościowo przewyższały rośliny wystawione na działanie światła słonecznego (rys. 2).

Światło niebieskie (rys. 3) powodowało deformacje korzeni roślin, żółknięcie liści, również liścienie nie otwierały się w pełni. Przyrost długości odbywał się głównie na łodydze, a liścienie w początkowej fazie miały kolor bardzo ciemny. Oświetlenie pieprzycy siewnej światłem niebieskim spowodowało mniejszy jej przyrost niż dla grupy kontrolnej oświetlanej światłem naturalnym (słonecznym), różnice nie były znaczące ale zauważalne. W porównaniu do efektów uzyskanych w świetle czerwonym wyniki uzyskane przy oświetleniu światłem niebieskim są jeszcze wyraźniej gorsze. Nie można wprost porównać wyników uzyskanych przy oświetlaniu roślin światłem niebieskim i czerwonym bo obydwa doświadczenia były prowadzone w różnym czasie.

Na podstawie wyznaczonych odchyłeń standardowych można stwierdzić, że w odróżnieniu od światła niebieskiego wpływ światła czerwonego na wzrost siewek pieprzycy siewnej jest istotnie pozytywny w porównaniu do wyników uzyskanych przy oświetlaniu światłem naturalnym. Oświetlenie światłem czerwonym powodowało przyspieszenie wzrostu największe w początkowym okresie (dzień 1-3) – o ponad 100% w stosunku do grupy

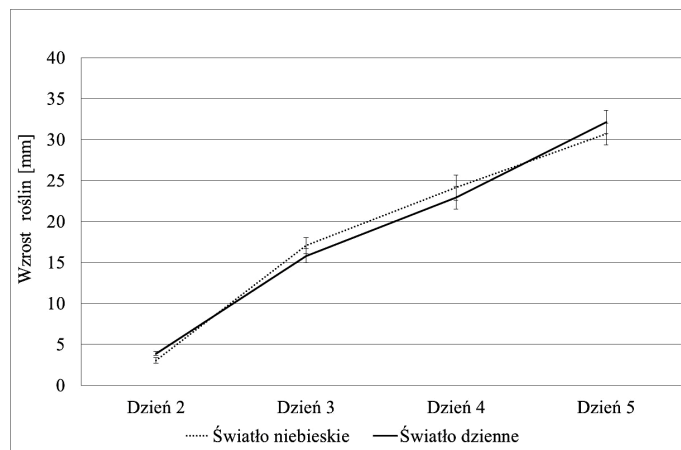
kontrolnej. Pieprzycy siewna osiągała wielkość handlową w czasie o 30% krótszym niż przy oświetlaniu światłem naturalnym.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Uśrednione wyniki wraz z odchyleniami standardowymi uzyskane przy oświetlaniu pieprzycy siewnej światłem czerwonym (610-630 nm) oraz światłem naturalnym

Fig. 2. Averaged results along with standard deviations obtained at lighting garden cress with red light (610-630 nm) and with natural light



Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Uśrednione wyniki wraz z odchyleniami standardowymi uzyskane przy oświetlaniu pieprzycy siewnej światłem niebieskim (460-475 nm) oraz światłem naturalnym

Fig. 3. Averaged results along with standard deviations obtained at lighting garden cress with blue light (460-475 nm) and with natural light

Podsumowując, do oświetlania pieprzycy siewnej zastosowano w opisywanym doświadczeniu światło czerwone oraz niebieskie o natężeniu napromieniowania kwantowego rzędu $14 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Stwierdzono istotne różnice w porównaniu do wyników prezentowanych w publikacjach opierających się na podobnym schemacie badań, jednak dotyczących innych roślin [Głowacka 2002a; Głowacka 2002b; Woźny, Jerzy 2004]. Rozpoczęte aktualnie badania nad wpływem światła czerwonego na doświetlanie sałaty kruchej odmiany Arka wykazują negatywny wpływ światła czerwonego w stosunku do próbki kontrolnej oświetlanej światłem słonecznym powodując negatywną zmianę pokroju rośliny. Uzasadnia to konieczność przeprowadzenia dalszych badań dotyczących wpływu barwy światła na rozwój roślin w celu określenia grup roślin mających porównywalne wymagania w zakresie barwy światła której zastosowanie przyspieszy wzrost roślin i zarazem skróci cykl produkcji zapewniając jednak produkt o najwyższej jakości.

Wnioski

1. Barwa światła zastosowanego do oświetlania roślin ma istotny wpływ na ich rozwój.
2. Oświetlanie pieprzycy siewnej światłem czerwonym przyspiesza istotnie jej wzrost w porównaniu do roślin oświetlanych światłem naturalnym.
3. Oświetlanie światłem niebieskim nie miało istotnego wpływu na wzrost pieprzycy siewnej w porównaniu z roślinami oświetlanymi światłem naturalnym, ponadto powodowało gorszą kondycję roślin (obumieranie korzeni, żółknięcie liści).
4. Celowym wydaje się prowadzenie dalszych badań nad wyznaczeniem programów doświetlania roślin w zależności od ich gatunku i fazy wzrostu.

Bibliografia

- Bula R.J., Morrow R.C., Tibbits T.W., Barta D.J., Ignatius R.W., Martin T.S.** (1991): Light-emitting-diodes as a radiation source for plants. *HortScience*, 26, 203-205.
- Głowacka B.** (2002a): Wpływ barwy światła na ukorzenie sadzonek pędowych pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 1(2), 83-91.
- Głowacka B.** (2002b): Wpływ barwy światła na wzrost rozsady pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 1(2), 93-103.
- Gondek J., Kociol J.** (2008): Energooszczędne źródła światła na diodach LED- mocy, w najnowszych systemach oświetleniowych. (on-line), [dostęp 2-03-2012], Dostępny w Internecie: www.klaster.agh.edu.pl/pliki/gondek.pdf.
- Grodzki L.** (2010): Stałoprądowe sterowanie grupowe diodami LED. *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 244, 171-180.
- Kubota, C., Chia, P., Yang, Z., Li, Q.** (2012): Applications of far-red light emitting diodes in plant production under controlled environments. *Acta Hort. (ISHS)*, 952, 59-66.
- Morrow R.C.** (2008): LED lighting in Horticulture. *HortScience*, 43(7), 1947-1950.
- Puternicki A.** (2010): Zastosowanie półprzewodnikowych źródeł światła do wspomaganie wzrostu roślin. *Prace Instytutu Elektrotechniki*, 245, 69-86.
- Rutkowski K., Wojciech J.** (2006): Metodyka doboru urządzeń do doświetlania roślin w szklarni. *Inżynieria Rolnicza*, 11(86), 417-422.

Wachowicz E. (2009): System sterowania czynnikami wzrostu roślin w szklarni. Inżynieria Rolnicza, 6(115), 315-321.

Woźny A., Jerzy M. (2004): Wpływ barwy światła na jakość tulipanów pędzonych metodą +5°C. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 3(2), 3-11.

Katalog firmy Osram (on-line), [dostęp 2-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://catalogx.myosram.com>.

INFLUENCE OF LED LIGHT ON GROWTH OF GARDEN CRESS (LEPIDIUM SATIVUM)

Abstract. The article presents results obtained by lighting garden cress with two types of light within the range of 460–475 nm and 610–630 nm. The obtained results were compared with control samples exposed to sun light. Two types of Helio diodes were used for lighting plants: red diodes HSHP-E3LR of 3W power and spectrum within the range of 610–630 nm, blue diodes HSHP-E3LB of power 3W and spectrum range 460–475 nm. Controlling times of turning on and of the light and regulation of fan turnarounds took place through a PC operating along with a driver of an unsealed source Arduino UNO. Germination ability and dynamics of growth in first five days were reported. It was determined on the basis of the obtained results, that red light which was applied (460–475 nm) significantly influences germination ability and plants growth. In case of blue light, it was noticed that plant growth is similar to the one in case of a control sample lighted with sun light. Moreover, blue light caused visible damage to roots and yellowing of leaves edges.

Key words: relighting plants, controlling lighting, garden cress

Adres do korespondencji:

Deta Łuczycka e-mail: deta.luczycka@up.wroc.pl

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

ul Chełmońskiego 37-41

51-630 Wrocław