

Katarzyna KOWALCZYK
Janina GAJC-WOLSKA
Dawid BUJALSKI
Monika MARCINKOWSKA
Lucyna HEMKA

WPŁYW DOŚWIETLANIA ROZSADY POMIDORA LAMPAMI METALOHALOGENKOWYMI I WYSOKOPRĘŻNYMI LAMPAMI SODOWYMI NA WYBRANE PARAMETRY FIZJOLOGICZNE ROŚLIN

STRESZCZENIE *Badano wpływ doświetlania rozsady pomidora lampami metalohalogenkowymi (MH) i wysokoprężnymi lampami sodowymi (WLS) na wybrane parametry fizjologiczne roślin. Do badań wzięto dwie odmiany pomidora szklarniowego: Admiro F₁ – średnioowocowa i Starbuck F₁ – wielkoowocowa. Badania prowadzono w szklarni, gdzie średnia suma dobowej radiacji słonecznej wynosiła 305 J cm⁻². Przez 16 godzin na dobę połowę roślin doświetlano lampami MH, o rozkładzie emisji zoptymalizowanym do procesu fotosyntezy, a połowę WLS. Badano parametry wymiany gazowej roślin i zawartość chlorofilu w liściach oraz zawartość suchej masy liści pomidora. Rośliny doświetlane lampami WLS charakteryzowały się wyższymi wskaźnikami wymiany gazowej niż doświetlane lampami MH. Doświetlanie lampami MH wpłynęło na syntezę większej ilości chlorofilu w liściach odmiany Admiro w porównaniu z doświetlaniem lampami WLS. Istotnie więcej suchej masy miały liście pomidora, obu badanych odmian, doświetlanego lampami MH niż lampami WLS.*

Słowa kluczowe: *intensywność fotosyntezy, chlorofil, sucha masa, lampy metalohalogenkowe, lampy WLS*

**dr Katarzyna KOWALCZYK, dr hab. Janina GAJC-WOLSKA, prof. SGGW
mgr inż. Dawid BUJALSKI, mgr inż. Monika MARCINKOWSKA**

e-mail: katarzyna_kowalczyk@sggw.pl, janina_gajc_wolska@sggw.pl

Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr Lucyna HEMKA

e-mail: l.hemka@iel.waw.pl

Zakład Techniki Świetlnej i Promieniowania Optycznego, Instytut Elektrotechniki

PRACE INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI, zeszyt 256, 2012

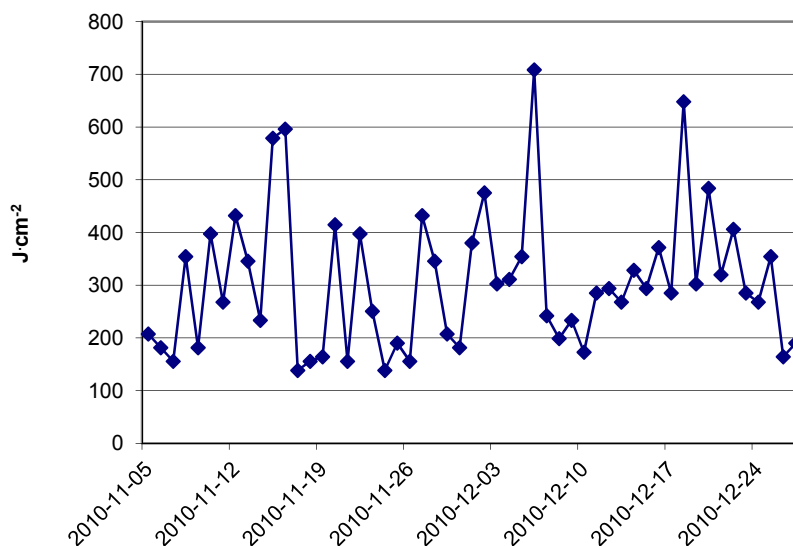
1. WSTĘP

Uprawa roślin pod osłonami, dzięki nowoczesnym technologiom, jest możliwa przez cały rok. Problemem, jeszcze do końca nie rozwiązany, jest zbyt niska intensywność napromienienia w okresie jesienno-zimowym. W ostatnich latach w wielu ośrodkach badawczo-naukowych prowadzone są prace nad udoskonalaniem doświetlania roślin. Dotyczą one badań nowych lub modernizowania używanych w ogrodnictwie sztucznych źródeł światła. Ważne zagadnienia, wymagające badań i rozwiązań, to większa sprawność, wydajność lamp oraz ich skład spektralny, co pozwoli efektywnie wpływać na rozwój roślin i zmniejszyć koszty doświetlanej uprawy. To zagadnienie szczególnie dotyczy roślin o wysokich wymaganiach świetlnych, uprawianych w okresach, gdy energii słonecznej mamy w Polsce mało. Wymagania świetlne pomidora są wysokie. Przy produkcji rozsady, pomidor do prawidłowego wzrostu potrzebuje natężenia oświetlenia około 4 tys. lx, a najlepiej rośnie i plonuje przy 14-16 tys. lx, co odpowiada natężeniu napromieniowania kwantowego dla światła typu dziennego około $252-288 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PAR) według [1]. W okresie letnim, w godzinach południowych, rośliny otrzymują światło nawet o natężeniu 100 tys. lx. Odpowiada to natężeniu napromieniowania kwantowego z zakresu PAR wielkości $1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PAR). Doświetlanie pomidora zaleca się głównie przy produkcji rozsady i w przypadku prowadzenia uprawy w miesiącach jesienno-zimowych. W pochmurne dni listopada, w wielu rejonach Polski, w południe, pada na rośliny światło o natężeniu nieprzekraczającym 1500 lx, w grudniu – 600 lx, w styczniu – 1100 lx; dopiero w lutym (w pierwszej połowie miesiąca) 3000-5000 lx [4]. Rano i po południu natężenie oświetlenia jest dużo niższe. W tym okresie doświetlanie pomidora jest więc konieczne. Trzeba je stosować łącznie z naturalnym dniem przez 16 godzin na dobę, ponieważ roślinom należy zapewnić w ciągu doby osmiogodzinną przerwę [2]. W procesie fotosyntezy jest wykorzystywana jedynie mała część spektrum promieniowania elektromagnetycznego, o zakresie długości fali 400-700 nm, w ekofizjologii roślin nazywana promieniowaniem fotosyntetycznie czynnym (PAR). Na przebieg fotosyntezy ma wpływ natężenie promieniowania, czyli gęstość strumienia fotosyntetycznych fotonów (PPFD) oraz spektralny rozkład strumienia fotonów [1]. Światło (PPFD) jest najważniejszym czynnikiem produktywności pomidora pod osłonami [9]. Obniżenie PPFD i długości okresu oświetlenia, co dotyczy zmian sezonowych, wpływa na obniżenie plonu owoców pomidora. Wzrost i plonowanie warzyw pod osłonami może być zwiększone przez doświetlanie [3].

Celem badań było sprawdzenie efektywności doświetlania rozsady pomidora zmodernizowanymi lampami MH w porównaniu do standardowych lamp WLS.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w Szklarniowym Ośrodku Doświadczalnym SGGW w Warszawie. Do badań wzięto dwie odmiany pomidora szklarniowego: Admiro F₁ – średnioowocowa i Starbuck F₁ – wielkoowocowa firmy nasiennej De Ruiters Seeds. Nasiona wysiano 5 listopada 2010 r., doświadczenie zakończono 27 grudnia 2010 r. Rozsadę produkowano w kostkach z wełny mineralnej. Pożywka do fertygacji roślin zawierała (mg dm⁻³): N-NO₃⁻ 210, P – 60, K – 340, Mg – 50, Ca – 200, Fe – 2, Mn – 0.6, B – 0.3, Cu – 0.15, Zn – 0.3, Mo – 0.05. W kamerze szklarniowej, w której rosły rośliny (od siewu do zakończenia doświadczenia), średnia dzienna temperatura po skielkowaniu nasion wynosiła 22,1°C, a nocna 20,1°C, stężenie CO₂ średnio 420 ppm, a średnie dobowe sumy radiacji 305 J cm⁻² (rys. 1). Połowę roślin doświetlano przez 16 godzin na dobę lampami metalohalogenkowymi o natężeniu napromieniania 221 μmol m⁻² s⁻¹, a połowę lampami sodowymi o natężeniu napromieniania 250 μmol m⁻² s⁻¹. W każdej kombinacji doświetlano 50 sztuk roślin. Do badań wykorzystano wysokoprężne lampy metalohalogenkowe o mocy 400 W i rozkładzie emisji zoptymalizowanym do procesu fotosyntezy, przygotowane przez zespół badawczy Instytutu Elektrotechniki w Warszawie oraz wysokoprężne lampy sodowe o mocy 400 W (GE Lucalox), powszechnie stosowane w ogrodnictwie.



Rys. 1. Średnie dobowe sumy radiacji w obiekcie szklarniowym w dniach od 5 listopada do 27 grudnia 2010 r

W trakcie doświadczenia trzy razy badano parametry wymiany gazowej roślin i zawartość chlorofilu w liściach. Pomiary wymiany gazowej wykonano na dojrzałych liściach aparatem CIRAS-2 (PP Systems, Amesbury, Massachusetts, USA). Obliczono wydajność kwantową, czyli liczbę związanych cząsteczek CO₂ podzieloną przez liczbę zaabsorbowanych kwantów (stosunek intensywności fotosyntezy do gęstości strumienia fotosyntetycznych fotonów). Zawartość chlorofilu w świeżej masie liści oznaczono metodą ekstrakcji w acetonie wg [5]. W badanych kombinacjach oznaczono także zawartość suchej masy liści pomidora metodą suszarkową w $\pm 105^{\circ}\text{C}$. Wszystkie pomiary i analizy wykonano trzykrotnie dla każdej kombinacji w trzech powtórzeniach.

Wyniki zostały poddane analizie statystycznej przy użyciu dwuczynnikowej analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (program Anova 2). Do szczegółowego porównywania średnich zastosowano test Tukeya.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

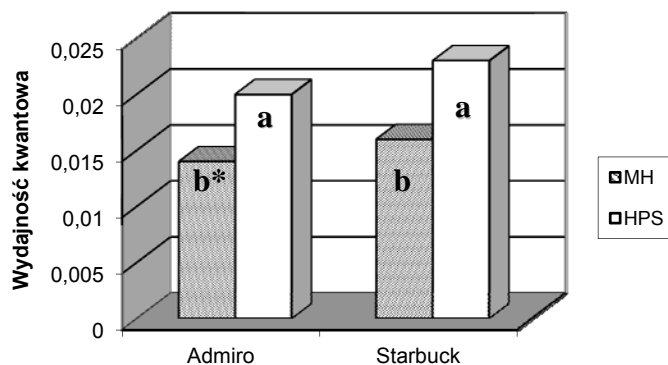
Doświetlając rośliny pomidora, przy naturalnej radiacji dobowej wynoszącej średnio 305 J cm^{-2} (rys. 1), nie obserwowano znaczących różnic w jakości wyprodukowanej rozsady, zarówno przy doświetlaniu lampami MH o natężeniu napromieniowania $221 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, jak i przy doświetlaniu lampami WLS o natężeniu napromieniowania $250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Wskaźniki wymiany gazowej pokazały jednak wyższą wydajność fotosyntezy (średnio o 37%) i transpiracji (średnio o 20%) roślin doświetlanych lampami WLS w porównaniu do zastosowanych lamp MH, u obydwu badanych odmian (tab. 1). Również wydajność kwantowa roślin doświetlanych lampami WLS była istotnie wyższa (o 30%), niż w przypadku lamp MH (rys. 2).

TABELA 1

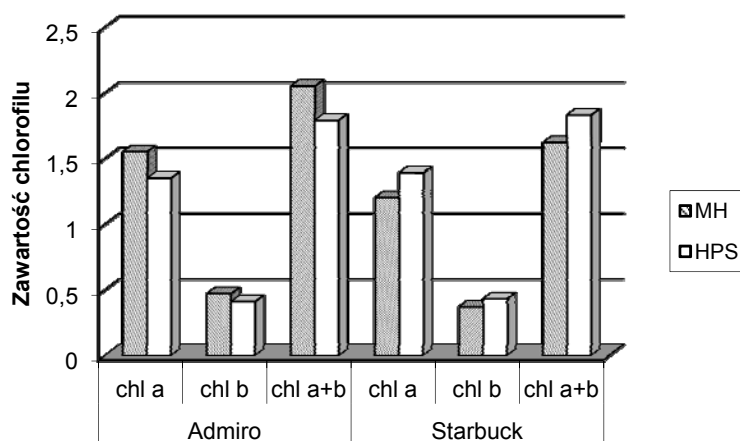
Wskaźniki wymiany gazowej liści pomidora w warunkach zróżnicowanego doświetlania

| Doświetlanie | Intensywność fotosyntezy Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) | | Intensywność transpiracji E ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) | | Przewodność szparkowa Gi ($\text{mmol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) | |
|--------------|---|----------|--|----------|---|----------|
| | Admiro | Starbuck | Admiro | Starbuck | Admiro | Starbuck |
| MH | 3,05 b* | 2,95 b | 3,27 b | 3,32 b | 286,33 a | 261,00 a |
| WLS | 4,63 a | 4,98 a | 4,45 a | 3,85 ab | 348,50 a | 312,00 a |

* Średnie wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya HSD przy $P = 0.05$

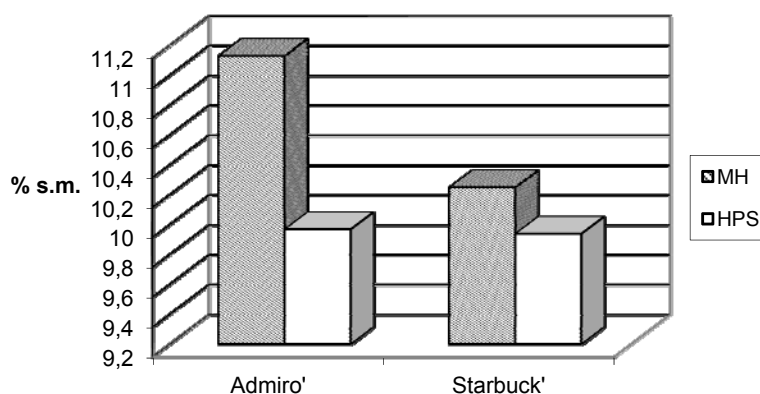


Rys. 2. Wpływ rodzaju doświetlania i odmiany na wydajność kwantową roślin pomidora ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$). * Uwaga: tabela 1



Rys. 3. Wpływ rodzaju doświetlania i odmiany na zawartość chlorofilu w liściach pomidora ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ św.m.). * Uwaga: tabela 1

Uzyskana gęstość strumienia fotonów PAR obu lamp nie była identyczna. Lampy WLS charakteryzowały się wyższą gęstością strumienia fotonów PAR, co zapewne wpłynęło korzystnie na wydajność fotosyntezy roślin w porównaniu do niższych wskaźników wymiany gazowej roślin doświetlanych lampami MH, które jednak miały nieco niższą wartość PPF. Do doświetlania roślin ogólnie akceptowalne są lampy WLS. Menard [8], doświetlając uprawę róż lampami WLS i MH o tym samym strumieniu fotonów (PPFD) $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, uzyskał lepsze rezultaty przy lampach WLS. Natomiast Roberts i in. [10] obserwowali wzrost plonu róż przy lampach MH w porównaniu z WLS, także przy tym samym PPF, chociaż w przypadku lamp WLS jakość plonu była wyższa.



Rys. 4. Wpływ rodzaju doświetlania i odmiany na zawartość suchej masy liści pomidora. * Uwaga: tabela 1

Wyniki zawartości chlorofilu w liściach pomidora wskazują na odmienną reakcję badanych odmian na doświetlanie różnymi lampami (rys. 3). Odmiana Admiro przy doświetlaniu lampami MH syntetyzowała więcej chlorofilu a, b oraz sumy chlorofilów a+b w porównaniu do roślin doświetlanych lampami WLS, w przeciwieństwie do odmiany Starbuck, która zareagowała odwrotnie. W tym przypadku więcej chlorofilu zawierały rośliny przy lampach WLS niż przy MH. Jednocześnie, rośliny obu badanych odmian zawierały istotnie więcej suchej masy w liściach przy doświetlaniu lampami MH w porównaniu do WLS (rys. 4). Szczególnie duży wzrost suchej masy liści przy lampach MH obserwowano u odmiany Admiro.

Skład spektralny lamp WLS odbiega znacznie zarówno od spektrum promieniowania słonecznego, jak i od spektrum czynnego fotosyntezy. Posiadają maksimum emisji w zakresie światła żółto-pomarańczowego, występuje u nich zbyt małe natężenie promieniowania czerwonego i niebieskiego. Lepsze spektrum w tych zakresach mają lampy MH [1].

Oprócz intensywności promieniowania w zakresie PAR, ważne jest także dopasowanie spektrum emisji lamp do wymagań fizjologicznych roślin. Różne kolory światła i ich proporcje mogą uaktywniać w roślinach wiele procesów. Światło niebieskie powoduje na przykład zwiększenie rozwarcia szparek, co prowadzi do zwiększenia transpiracji, a światło o barwie czerwonej hamuje rozwarcie szparek, co prowadzi do zmniejszenia transpiracji [11]. Według Kopsell i Kopsell [6] oraz Li i Kuboty [7], jakość światła wpływa na koncentrację składników fitochemicznych w roślinach.

4. PODSUMOWANIE

Zarówno przy doświetlaniu roślin lampami MH, jak i WLS, uzyskano dobrej jakości rozsadę pomidora. Rośliny doświetlane lampami WLS charakteryzowały się wyższymi wskaźnikami wymiany gazowej, niż doświetlane zastosowanymi w doświadczeniu lampami MH.

Doświetlanie lampami MH wpłynęło na większą kumulację chlorofilu w liściach pomidora odmiany Admiro w porównaniu z doświetlaniem lampami WLS. Istotnie więcej suchej masy miały liście pomidora doświetlanego lampami MH, niż lampami WLS.

LITERATURA

1. Czarnowski M.; Promieniowanie fotosyntetycznie czynne. *Wiad. Bot.* 37: 271-288. 1983.
2. Demers D.A., Dorais M., Chris H., Wien C.H., Gosselin A.A.; Effects of supplemental light duration on greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants and fruit yields. *Scientia Horticulturae* 74, 295-306, 1998
3. Dorais M., Gosselin A., Trudel M.J.; Annual greenhouse tomato production under a sequential intercropping system using supplemental light. *Scientia Hort.* 45, 225-234. 1991.
4. Jerzy M., Piszczek P.; Doświetlanie asymilacyjne. *Owoce Warzywa Kwiaty*. 18, 2011.
5. Kłyszajko-Stefanowicz L.; Ćwiczenia z biochemii. praca zbiorowa; PWN Warszawa, 1999.
6. Kopsell D.A., Kopsell D.E.; Genetic and environmental factors affecting plant lutein/zeaxanthin. *Agro Food Ind. Hi-Tech*. 19, 44-46. 2008.
7. Li Q., Kubota Ch.; Effects of supplemental light quantity on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environ. Exp. Bot.* 67, 59-64. 2009.
8. Ménard C., Dansereau B.; Differential responses of rose cultivars to light source and nitrogen fertilization. *Scientia Hort.* 64, 117-132. 1995.
9. Papadopoulos A.P., Pararajasingham S.; The influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.): A review. *Scientia Hort.* 69: 1-29. 1997.
10. Roberts G.L., Tsujita M.J., Dansereau B.; Supplemental light quality affects budbreak, yield and vase life of cut roses. *Hort. Sci.*, 28, 621-622. 1993.
11. Zurzycki J.; *Fizjologia roślin*, PWRiL, Warszawa, 1985.

EFFECT OF SUPPLEMENTARY LIGHTING
TOMATO SEEDLINGS METAL-HALIDE
AND HIGH PRESSURE SODIUM LAMPS
ON SELECTED PHYSIOLOGICAL PARAMETERS
OF PLANTS

Katarzyna KOWALCZYK, Janina GAJC-WOLSKA
Dawid BUJALSKI, Monika MARCINKOWSKA
Lucyna HEMKA

ABSTRACT *The effect of metal-halide (MH) and high pressure sodium (HPS) lamps supplementary lighting on selected physiological parameters of tomato plants seedlings were evaluated. For the study there was taken two cultivars of greenhouse tomato: 'Admiro' F1 – medium-sized fruit and large size fruit 'Starbuck' F1. The study was conducted in the greenhouse where the average daily solar radiation was 305 J cm^{-2} . Plants were lighted for 16 hours per day, half of plants with 400 W MH lamps which spectrum was optimized for plant photosynthesis response and half with HPS lamps (GE Lucalox 400 W). Gas exchange parameters of leaves, chlorophyll and dry matter content in leaves were studied. Plants lighted with HPS lamps were characterized by higher gas exchange rate than ones lighted with MH lamps. MH lamps usage resulted larger amount of chlorophyll in leaves of 'Admiro' F1 in comparison with the HPS lamps. Significantly more of dry matter was in leaves of both tested cultivars when lighted with MH lamps comparing to HPS.*

Keywords: *photosynthesis intensity, chlorophyll, dry matter, metal halide lamps, HPS lamps*