

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

WPŁYW RODZAJU ŹRÓDŁA ŚWIATŁA NA WYBRANE PARAMETRY FIZJOLOGICZNE ROŚLIN POMIDORA

STRESZCZENIE *Badano wpływ rodzaju źródła światła na wybrane parametry fizjologiczne roślin pomidora. Do badań wzięto dwie odmiany pomidora szklarniowego: Starbuck F₁ – wielkoowocowa i Admiro F₁ – średnioowocowa. Doświadczenie prowadzono w kamerach fitotronowych. Jedna kamera fitotronowa była wyposażona w lampy metalohalogenkowe (MH) o rozkładzie emisji zoptymalizowanym do procesu fotosyntezy, druga kamera wyposażona była w wysokoprężne lampy sodowe (WLS) standardowe wyposażenie kamery fitotronowej. Badano parametry wymiany gazowej roślin i zawartość chlorofilu w liściach oraz zawartość suchej masy liści pomidora. Rośliny naświetlane lampami WLS charakteryzowały się wyższą intensywnością fotosyntezy niż naświetlane lampami MH. Wskaźniki wymiany gazowej roślin takie jak intensywność transpiracji, przewodność szparkowa i wydajność kwantowa były wyższe u roślin naświetlanych lampami MH niż WLS. Naświetlanie lampami MH wpłynęło na większą kumulację chlorofilu w liściach pomidora. Istotnie więcej suchej masy miały liście pomidora spod lamp WLS niż lamp MH.*

Słowa kluczowe: *naświetlanie roślin, fotosynteza, chlorofil, sucha masa, lampy MH, lampy WLS*

dr hab. Janina GAJC-WOLSKA, prof. SGGW, dr inż. Katarzyna KOWALCZYK
e-mail: janina_gajc_wolska@sggw.pl, katarzyna_kowalczyk@sggw.pl

mgr inż. Dawid BUJALSKI, mgr inż. Monika MARCINKOWSKA
e-mail: dawid_bujalski@sggw.pl, monika_marcinkowska@sggw.pl

Katedra Roślin Warzywnych i Leczniczych
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

dr Lucyna HEMKA
l.hemka@iel.waw.pl

Instytut Elektrotechniki

1. WSTĘP

W uprawie pod osłonami, w celu zwiększenia produktywności roślin w okresach niskiego napromienienia, stosuje się doświetlanie [4, 13]. W przypadku warzyw, w Polsce doświetla się najczęściej produkcje rozsąd na najwcześniejsze terminy uprawy. Coraz większe jest zainteresowanie także uprawą całoroczną czy zimową, na przykład pomidora. Pomidor do prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebuje natężenia oświetlenia około 14-16 tys. lx, co, według Czarnowskiego [3], odpowiada natężeniu napromieniowania kwantowego dla światła typu dziennego około $252-288 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (PAR). Na przebieg fotosyntezy ma wpływ natężenie promieniowania, czyli gęstość strumienia fotosyntetycznych fotonów (PPFD) oraz spektralny rozkład strumienia fotonów [3]. W produkcji ogrodniczej najczęściej używane są lampy WLS. Doświetlanie upraw jest drogie, dlatego poszukuje się nowych rozwiązań, które zapewnią wyższą produktywność roślin przy niższych nakładach. Warunki fitotronowe pozwalają, w kontrolowanym mikroklimacie, bez wpływu światła słonecznego, ocenić efekt naświetlania roślin światłem sztucznym.

Celem pracy była ocena wybranych parametrów fizjologicznych roślin pomidora w zależności od źródła światła użytego do naświetlania roślin.

2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Do badań wzięto dwie odmiany pomidora szklarniowego: Starbuck F_1 – wielkoowocowa i Admiro F_1 – średnioowocowa firmy nasiennej De Ruiters Seeds. Nasiona wysiano 5.11. 2010. Rozsadę produkowano w kostkach z wełny mineralnej. Pożywka do fertygacji roślin zawierała ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N- NO_3 – 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. Rośliny pomidora wstawiono do dwóch kamer fitotronowych. Jedna kamera fitotronowa była wyposażona w lampy metalohalogenkowe (MH) o natężeniu napromieniowania $123,44 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, do badań wykorzystano wysoko- i niskoprężne lampy metalohalogenkowe o mocy 400 W i rozkładzie emisji zoptymalizowanym do procesu fotosyntezy, przygotowane przez zespół badaczy Instytutu Elektrotechniki w Warszawie (rys. 4 i 5). Druga kamera wyposażona była w lampy sodowe (WLS) o natężeniu napromieniowania $345,23 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (standardowe wyposażenie kamery fitotronowej). W obu kamerach średnia temperatura powietrza wynosiła w dzień 22°C , a w nocy 19°C . Długość dobowego

naświetlania ustawiono na 16 godzin i 8 godzin ciemności. W każdej kamerze naświetlano po 20 sztuk roślin. 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 podzielona przez liczbę zaabsorbowanych kwantów (stosunek intensywności fotosyntezy do gęstości strumienia fotosyntetycznych fotonów). Zawartość chlorofilu w świeżej masie liści oznaczono metodą ekstrakcji w acetonie wg Kłyszajko-Stefanowicz [7]. W badanych kombinacjach oznaczono także zawartość suchej masy liści pomidora metodą suszarkową w ±105°C. Wszystkie pomiary i analizy wykonano dla każdej kombinacji trzykrotnie w trzech powtórzeniach.

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

3. WYNIKI I DYSKUSJA

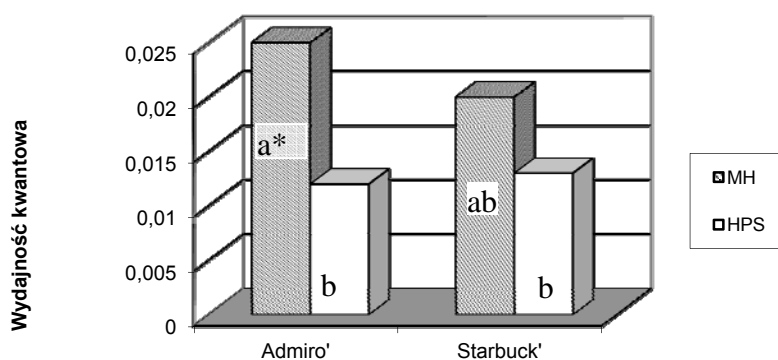
Wzrost i rozwój roślin jest zależny od ilości i jakości światła [3, 4]. Światło (PPFD) jest najważniejszym czynnikiem produktywności pomidora pod osłonami [13]. Według Mortensen i Strømme [12] manipulując jakością światła pod osłonami można kontrolować wzrost i rozwój roślin. W przeprowadzonym doświadczeniu, rośliny pomidora naświetlane w fitotronie lampami WLS miały wyższą intensywność fotosyntezy w porównaniu do roślin naświetlanych lampami MH średnio o około 40% (tab. 1). Różnice istotne statystycznie udowodniono w przypadku odmiany Starbuck. Takie wskaźniki wymiany gazowej, jak intensywność transpiracji i przewodność szparkowa oraz wydajność kwantowa, lepiej wypadły w przypadku naświetlania pomidora lampami MH niż lampami WLS odpowiednio o ponad 60% wyższa intensywność transpiracji, o 80% przewodność szparkowa i o 40% wydajność kwantowa (tab. 1 i rys. 1). W warunkach kamery wyposażonej w lampy WLS uzyskano wyższą gęstością strumienia fotonów PAR, co zapewne wpłynęło korzystnie na wydajność fotosyntezy roślin pomidora. Niższa wartość strumienia fotonów (PPFD) w kamerze wyposażonej w lampy MH była wystarczająca dla prawidłowego wegetatywnego wzrostu pomidora. Pomidor w fazie rozsady potrzebuje natężenia oświetlenia około 4 tys. lx, co według Czarnowskiego [3] odpowiada natężeniu napromieniowania kwantowego dla światła dziennego około 72 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (PAR).

TABELA 1

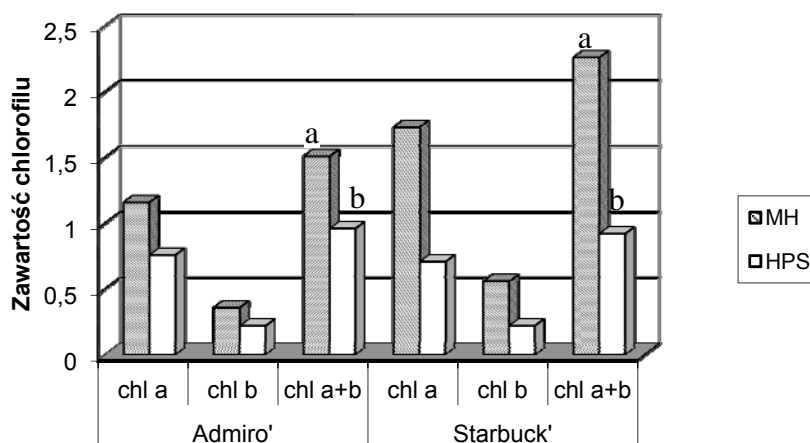
Wskaźniki wymiany gazowej liści pomidora w zależności od sposobu naświetlania roślin

Doświetlanie	Intensywność fotosyntezy ($\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		Intensywność transpiracji ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		Przewodność szparkowa ($\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	
	Admiro	Starbuck	Admiro	Starbuck	Admiro	Starbuck
MH	2,57 b*c	2,38 c	4,22 a	4,68 a	567,67 a	536,33 a
WLS	4,05 ab	4,68 a	1,60 b	1,33 b	101,83 b	79,50 b

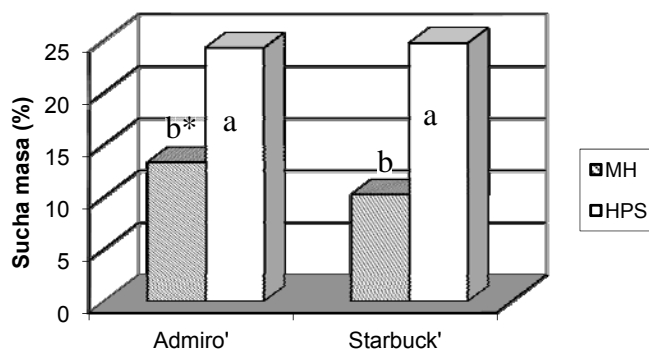
* Średnie wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya HSD przy $P = 0.05$



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

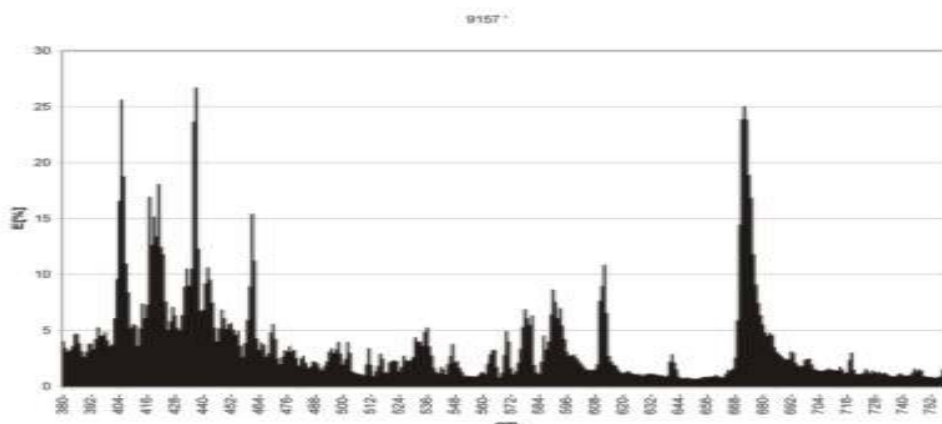


Rys. 2. Wpływ rodzaju oświetlenia i odmiany na zawartość chlorofilu w liściach pomidora ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ św.m.). * Uwaga tabela 1

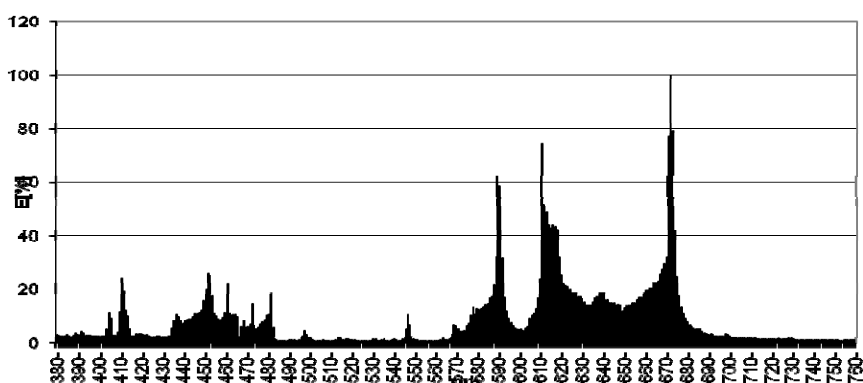


Rys. 3. Wpływ rodzaju oświetlenia i odmiany na zawartość suchej masy liści pomidora. * Uwaga: tabela 1

Rośliny rosnące w warunkach napromienienia emitowanego lampami MH miały wyższą zawartość chlorofilu a, b i sumy chlorofilów a+b (rys. 2). Oprócz intensywności promieniowania w zakresie PAR, ważne jest także dopasowanie spektrum emisji lamp do wymagań fizjologicznych roślin. Lampy WLS 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 [3]. 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 [18]. Według Schuerger i in. [15] światło niebieskie jest ważne dla syntezy chlorofilu. W tym procesie bierze udział także światło czerwone [8]. Głowacka [2] badała wpływ barwy światła na wzrost rozsady pomidora, stosując natężenie napromienienia kwantowego rzędu $57\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Stwierdziła najwyższą zawartość chlorofilu u roślin rosnących pod lampami o świetle żółtym i zielonym, a najniższą u roślin rosnących w świetle niebieskim i dziennym. Wykazała wpływ światła niebieskiego u rozsady pomidora na skrócenie międzywęźli, podobnie jak Wheeler i in. [17] stwierdzili tę zależność u soi, Brown i in. [1] u papryki czy Hoenecke i in. [5] u sałaty. U pomidora, jak i u wielu innych gatunków, synteza antocyjanów zwiększa się pod wpływem między innymi światła niebieskiego [16]. Kopsell i Kopsell [9] oraz Li i Kubota [10] donoszą także, że jakość światła wpływa na koncentrację składników fitochemicznych w roślinach. Analizując suchą masę, stwierdzono niższą jej zawartość w liściach pomidora rosnącego przy lampach MH w porównaniu do roślin spod lamp WLS (rys. 3). Głowacka [2] uzyskała najniższą zawartość suchej masy w liściach rozsady pomidora rosnącej przy świetle żółtym, a wysoką przy świetle niebieskim.



Rys. 4. Lampa metalohalogenkowa o mocy 400 W do doświetlania szklarniowej uprawy roślin (napętnienie chemiczne złożone z jodku litu, galu, rtęci, gadolinu)



Rys. 5. Lampa metalohalogenkowa o mocy 400 W do doświetlania szklarniowej uprawy roślin (napętnienie chemiczne złożone z jodku rtęci, lutetu, tulu i litu)

4. PODSUMOWANIE

Rośliny naświetlane lampami WLS charakteryzowały się wyższą intensywnością fotosyntezy niż naświetlane zastosowanymi w doświadczeniu lampami MH. Wskaźniki wymiany gazowej roślin, takie jak intensywność transpiracji, przewodność szparkowa i wydajność kwantowa, były wyższe u roślin naświetlanych lampami MH niż WLS.

Naświetlanie lampami MH wpłynęło na większą kumulację chlorofilu w liściach pomidora. Istotnie więcej suchej masy miały liście pomidora spod lamp WLS niż lamp MH.

LITERATURA

1. Brown C.S., Schuerger A.C., Sager J.C.: Growth and photomorphogenesis of pepper plants under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120, 808-813, 1995.
2. Głowacka B.: Wpływ światła na wzrost rozsady pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Hortorum Cultus* 1, 93-103, 2002.
3. Czarnowski M.: Promieniowanie fotosyntetycznie czynne. *Wiad.i Bot.* 37: 271-288, 1983.
4. 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.
5. Hoenecke, M.E., Bula R.J., Tibbitts T.W.: Importance of 'blue' photon levels for lettuce seedlings grown under red-light-emitting diodes. *Hort. Science* 27(5), 427-430, 1992.
6. Jerzy M., Piszczek P.: Doświetlanie asymilacyjne, *Owoce Warzywa Kwiaty*, 18, 2011.
7. Kłyszajko-Stefanowicz L.: Ćwiczenia z biochemii. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 1999.
8. Kopcewicz J., Tretyn A., Cymerski M.: Fitochrom i morfogeneza roślin. PWN, Warszawa, 1992.
9. Kopsell D.A., Kopsell D.E.: Genetic and environmental factors affecting plant lutein/zeaxanthin. *Agro Food Ind. Hi-Tech.* 19, 44-46, 2008.
10. Li Q., Kubota Ch.: Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environ. Exp. Bot.* 67, 59-64, 2009.
11. Ménard C., Dansereau B.: Differential responses of rose cultivars to light source and nitrogen fertilization. *Scientia Hort.* 64, 117-132, 1995.
12. Mortensen L. M., Strømme E.: Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia Hort.* 33, 27-36, 1987.
13. 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.
14. Roberts G.L., Tsujita M.J., Dansereau B.: Supplemental light quality affects budbreak, yield and vase life of cut roses. *Hort. Science*, 28, 621-622, 1993.
15. Schuerger A.C., Brown C.S., Stryjewski E.C.: Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. *Ann. Bot.* 79, 273-282, 1997.
16. Sponga F., Deitzer G.F., Mancinelli A.L.: Cryptochrome, phytochrome, and the photo-regulation of anthocyanin production under blue light. *Plant Physiol.* 82, 952-955, 1986.
17. Wheeler R.M., Mackowiak C.L., Sager J.C.: Soybean stem growth under high-pressure sodium with supplemental blue lighting. *Agron. J.* 83, 903-906, 1991.
18. Zurzycki J.: Fizjologia roślin, PWRiL, Warszawa, 1985.

INFLUENCE SOURCES OF LIGHT ON SELECTED PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF TOMATO PLANTS

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

ABSTRACT *The effect of the type of light source on selected physiological parameters of tomato plants. For the study there was taken two cultivars of greenhouse tomato: 'Admiro' F1 – medium-sized fruit and 'Starbuck' F1 – large size fruit. The experiment was conducted in two phytotron growth chambers. One of them was equipped with metal-halide lamps (MH) which the distribution of emissions was optimized for photosynthesis, a second one was equipped with a sodium lamps (HPS) as standard equipment of phytotron chamber. Gas exchange parameters of plants and chlorophyll and dry matter content in tomato leaves were studied. HPS lamps lighted plants were characterized by a higher rate of photosynthesis than MH lamps lighted. Indicators of plant gas exchange such as the intensity of transpiration, stomatal conductance and quantum yield were higher in plants exposed on MH light than under HPS lamps. MH lamps irradiation resulted in a greater accumulation of chlorophyll in the leaves of tomato. Significantly more dry matter was in tomato leaves under HPS lamps than under MH.*

Keywords: *irradiation of plants, photosynthesis, chlorophyll, dry matter, MH lamps, HSP lamps*