

*Magdalena Kusior¹, Mirosław Krośniak,
Joanna Chłopicka, Paweł Zagrodzki²*

WPŁYW ŚWIATŁA O RÓŻNEJ DŁUGOŚCI FAL NA ROZWÓJ ROŚLIN I WYBRANE PARAMETRY BIOCHEMICZNE NA PRZYKŁADZIE RZEŻUCHY (*Lepidium sativum*) I GORCZYCY (*Sinapis alba*)

Zakład Bromatologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie
Kierownik: dr hab. P. Zagrodzki

¹Liceum Ogólnokształcące im. B. Nowodworskiego w Krakowie

²Zakład Fizykochemii Jądrowej Instytutu Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego
w Krakowie

Kierownik: dr hab. J.W. Mietelski

Nowoczesne rolnictwo dąży się do uzyskania jak największych i pełnowartościowych plonów w sposób możliwie nieszkodliwy dla środowiska. Światło widzialne czerwone i – w mniejszym stopniu – niebieskie, korzystnie wpływa na niektóre parametry biochemiczne, charakteryzujące rozwój roślin i ich wartość odżywczą.

Hasła kluczowe: światło, antyoksydanty, rośliny, chlorofil

Key words: light, antioxidants, plants, chlorophyll

Rośliny do swego rozwoju potrzebują światła, dzięki któremu następuje zamiana energii fotonów w energię chemiczną. Nie tylko intensywność nasłonecznienia i temperatura, ale również długość fali światła decyduje o tempie wzrostu roślin i zawartości składników bioaktywnych (1). Kielki rzeżuchy i gorczycy mogą być hodowane w warunkach domowych i stanowią dodatek do przekąsek i sałatek. Interesującym jest pytanie, czy światło o różnej długości fali może wpłynąć na tempo wzrostu i zawartość korzystnych dla organizmu bioaktywnych składników z kielków tych roślin? Mimo badań nad składem chemicznym kielków wielu roślin, prace poświęcone wpływowi światła o różnej długości fali na skład i rozwój kielków są nieliczne.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono na kielkach rzeżuchy ogrodowej (*Lepidium sativum*) i gorczycy białej (*Sinapis alba*) - ze względu na ich szybkość wzrostu i łatwość hodowli. Do hodowli użyte zostały nasiona nieuszkodzone, ze standardowych opakowań producentów rzeżuchy (Krakowska Hodowla i Nasiennictwo Ogrodnicze

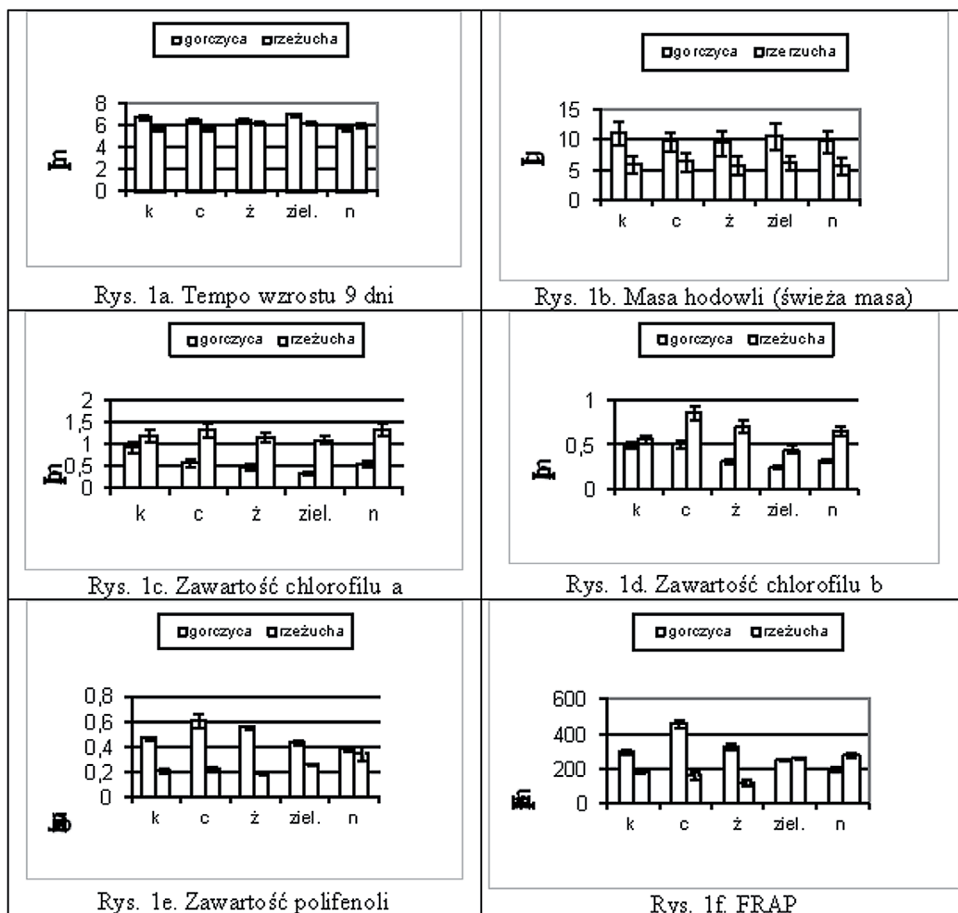
POLAN Sp. z o.o.) i gorzycy (PNOS Ożarów Mazowiecki). W każdej próbie, wysiewana była taka sama ilość (500) ziaren. Nasiona wysiewano na wilgotną watę. Odsetek niewykiełkowanych nasion w każdej z grup był poniżej 5%.

Siewki wzrastały w jednakowych warunkach, przy temperaturze ok. 22°C i wilgotności około 90%. Każda próba była zamknięta w ciemnym, tekturowym pudełku o wymiarach 20x20x30 cm, przepuszczalnym dla gazów. Źródłem światła monochromatycznego były diody LED firmy Luxeon, każda o mocy 3 W i o emisji fali odpowiednio $\lambda=650$ nm, $\lambda=570$ nm, $\lambda=550$ nm, $\lambda=490$ nm. Diody umieszczono 13 cm nad podłożem. Hodowlę kontrolną prowadzono przy świetle białym. Zastosowano 12-godzinny cykl dzień/noc (7⁰⁰-19⁰⁰)

Codziennie, o tej samej porze, siewki były kontrolowane: mierzono ich wysokość oraz dokumentowano fotograficznie. Po zakończeniu hodowli, dokonano porównania na białym tle siewek wzrastających w różnych rodzajach światła, a następnie zamrożono do momentu analizy. Przed pomiarami 1 g każdej próbki roztarto na miazgę w 20 ml metanolu i wytrząsano przez godzinę w zaciemnieniu. Po tym czasie zlewano klarowny roztwór, a do pozostałej frakcji roślinnej dodawano 20 ml acetonu i wytrząsano przez kolejną godzinę. Następnie wymieszano powstałe roztwory, które posłużyły do oznaczeń polifenoli metodą *Folin-Ciocalteu* (2) oraz aktywności antyoksydacyjnej FRAP metodą *Benzie i Strain* (3). Zawartość chlorofilu a i chlorofilu b wykonano metodą *Nagata i Yamashita* (4). Zawartość badanych substancji wyliczono na podstawie wzorów: chlorofil a = $0,999A_{663} - 0,0989A_{645}$; chlorofil b = $-0,328A_{663} + 1,77A_{645}$ (A_m – absorbcja roztworu przy długości fali m). W pracach laboratoryjnych używano następujących przyrządów: wytrząsarka Labolatory Shaker type 358S, wirówka High Speed Brushless Centrifuge MPW-350, spektrometr JASCO V-530. Całość doświadczenia została powtórzona pięciokrotnie. Istotność różnic zbadano testem t-Studenta i testem ANOVA. Poziom $p=0,05$ przyjęto jako istotny statystycznie.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Tempo wzrostu kiełków gorzycy (poza sytuacją naświetlania światłem niebieskim) było wyższe niż kiełków rzeżuchy (Ryc. 1a). Różnice te były statystycznie istotne w przypadku grupy kontrolnej, oraz światła czerwonego i zielonego. Także masa hodowli po 9 dniach była znamienne większa dla gorzycy, niezależnie od barwy światła (Ryc. 1b). Jest to związane z odmiennością gatunkową. Gorzycyca dorasta do znacznie większych rozmiarów niż rzeżucha. Dla obu gatunków zaobserwowano jednak, że światło żółte i niebieskie nie powoduje dużego przyrostu masy. Jest to wynik zgodny z wynikami pracy *Głowackiej* (5). Warto dodać, że w warunkach hodowli eksperymentalnej stosowano jedynie podłoże z waty, z dodatkiem wody. Z tego powodu dalszy rozwój roślin został zahamowany - na skutek wyczerpania substancji zapasowych zgromadzonych w nasieniu. Gdyby zastosowano wodę wzbogaconą w substancje mineralne i związki azotowe, różnice we wzroście i świeżej masie hodowli byłyby zapewne znacznie większe pomiędzy badanymi gatunkami.



Ryc. 1. Parametry biochemiczne charakteryzujące wzrost i rozwój kiełków gorczycy i rzeżuchy (k - kontrola, c - światło czerwone, ż - światło żółte, ziel. - światło zielone, n - światło niebieskie).

Fig. 1. Biochemical parameters characterising growth and development of mustard and cress sprouts (k - control, c - red light, ż - yellow light, ziel. - green light, n - blue light).

Znacznie bardziej wyraźne różnice dotyczyły związków barwnych i antyoksydantów zawartych w tych kiełkach. Zarówno w przypadku chlorofilu a (Ryc. 1c) jak i b (Ryc. 1d) zawartość tego barwnika roślinnego była znacznie większa w przypadku kiełków rzeżuchy w porównaniu do kiełków gorczycy. Zaobserwowano również znaczne różnice w zależności od zastosowanej barwy światła. W przypadku kiełków gorczycy zawartość chlorofilu a była najwyższa dla grupy kontrolnej. Barwy światła - czerwona, żółta, zielona i niebieska znacznie obniżyły zawartość tego barwnika w kiełkach gorczycy. Dla chlorofilu b statystycznie istotne obniżenie stężenia tego barwnika zaobserwowano dla barw żółtej, zielonej i niebieskiej. Zawartość obu związków barwnych w kiełkach rzeżuchy była bardziej zróżnicowana w zależności od zastosowanej barwy światła. Statystycznie istotne

obniżenie zaobserwowano w przypadku barwy zielonej, a statystycznie istotne podwyższenie zawartości chlorofilu w przypadku barwy niebieskiej. Dla chlorofilu b zastosowanie barwy czerwonej i żółtej znamienne podwyższyło zawartość tego barwnika, natomiast światło zielone znamienne ją obniżyło w stosunku do grupy kontrolnej. Bardzo interesujący był wpływ barwy światła na zawartość składników ważnych dla obrony antyoksydacyjnej organizmu człowieka. Zawartość polifenoli była istotnie większa w kielkach gorczycy w stosunku do kielków rzeżuchy (Ryc. 1e). W przypadku niebieskiej barwy światła kielki gorczycy miały większą zawartość polifenoli, jednak nie była to różnica statystycznie istotna. Światło czerwone i żółte znamienne podwyższyło zawartość polifenoli w kielkach gorczycy w stosunku do grupy kontrolnej. Światło zielone i niebieskie nie miało wpływu na zmiany zawartości polifenoli. W przypadku kielków rzeżuchy uzyskano odmienne wyniki. Światło zielone i niebieskie podwyższyło zawartość polifenoli, a czerwone i żółte nie wpływało na ten parametr w stosunku do grupy kontrolnej. Aktywność antyoksydacyjna FRAP składników zawartych w ekstrakcie metanolowo-acetonowym była znamienne wyższa w przypadku kielków gorczycy dla barwy czerwonej, i nieznamienne dla barwy żółtej, w porównaniu z grupą kontrolną, oraz znamienne niższa dla barwy niebieskiej (Ryc. 1f). Dla kielków rzeżuchy - odmiennie - barwa zielona i niebieska podwyższały znamienne FRAP w stosunku do grupy kontrolnej. Odmienne obserwacje poczyniono także dla barwy czerwonej i żółtej, dla których zaobserwowano znamienne obniżenie FRAP w stosunku do grupy kontrolnej. Barwa żółta spowodowała najsilniejsze obniżenie aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów z kielków tej rośliny.

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Różnice w zawartości chlorofilu a lub b w zależności od barwy światła można wytłumaczyć mechanizmami fotosyntezy, natomiast wyjaśnienie zmiany zawartości polifenoli oraz FRAP wymaga dalszych badań. Zaobserwowane zmiany były zależne nie tylko od długości fali świetlnej, ale również od gatunku rośliny.

2. Użycie światła czerwonego pozwoliło na uzyskanie dużej masy przez siewki rzeżuchy i umożliwiło prawidłowy rozwój liści (wyniki nie pokazane). Z innych badań wiadomo, że światło to ma silny wpływ na fotomorfogenezę roślin i regulację ekspresji wielu genów za pośrednictwem fitochromów (1). Korzystnie wpływa również na wytwarzanie chlorofilu a i b oraz likopenu, a także polifenoli.

3. Światło niebieskie pozwoliło na prawidłowy rozwój liści oraz wytworzenie dużej ilości chlorofilu a i polifenoli w kielkach rzeżuchy, a także dość znacznej ilości chlorofilu b.

4. Zmianę składu spektralnego promieniowania używanego do naświetlania roślin można wykorzystać w celu zwiększenia produkcji zarówno roślin uprawnych, jak i żywności funkcjonalnej.

M. Kusior, M. Krośniak, P. Zagrodzki

THE INFLUENCE OF LIGHT COLOUR ON THE PLANT DEVELOPMENT AND SELECTED BIOCHEMICAL PARAMETERS IN CRESS (*Lepidium sativum*) AND MUSTARD (*Sinapis alba*)

Summary

Light plays a key role in plant development. The study demonstrated the influence of light of different wavelengths (daylight, red, yellow, green, and blue) on the growth and development of mustard and cress sprouts. Red light and daylight, and - to a lesser extent - the blue light had positive effect on some biochemical parameters characterizing the development of plants and their nutritional value, such as concentrations of chlorophyll a and b, concentrations of polyphenols and FRAP. The knowledge of these relationships can be applied to increase production and as well as quality of crops and functional foods.

PIŚMIENNICTWO

1. *Kopcewicz J., Lewak St.*: Fizjologia Roślin. PWN, Warszawa 2002.– 2. *Singleton V.L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M.*: Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.*, 1999; 299: 152-178.– 3. *Benzie I.F.F., Strain J.J.*: The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of „Antioxidant Power“: The FRAP assay. *Anal. Biochem.*, 1996; 239: 70-76.– 4. *Nagata M., Yamashita I.*: Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J. Japan Soc. Food Sci. Technol.*, 1992; 39: 925-928.– 5. *Głowacka B.*: Wpływ barwy światła na wzrost rozsady pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 2002; 1: 93-103.

Adres: 30-688 Kraków, ul. Medyczna 9.