

ZHODNOCENÍ VLIVU SPEKTRÁLNÍHO SLOŽENÍ FAR NA FUNKČNÍ STAV FOTOSYSTÉMU II U JEČMENE

Semer Jan¹

¹ Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, Chittussiho 10, 710 00, Slezská Ostrava, P12184@student.osu.cz

Abstrakt

Kvalita FAR (fotosynteticky aktivní radiace) má zásadní vliv na schopnost rostlin využít její energii k fotosyntéze. Při dlouhodobé expozici má také vliv na fotosyntetický aparát, jeho složení a funkci. Při tomto experimentu byly zvoleny krajní podmínky (pouze modré nebo pouze červené kultivační světlo). Výsledky ukázaly, že rostliny pěstované na modrém světle mají vyšší účinnost fotosyntézy. Tyto rostliny byly schopny také lépe využít vysokou intenzitu záření. Zřejmý byl rovněž krátkodobý vliv kvality FAR. Modré světlo bylo ve fotosyntetických procesech lépe využíváno než červené a to u obou variant kultivace.

Klíčová slova: ječmen setý; PAM; spektrální složení FAR; fotosystém II

Úvod

Fotoautotrofní rostliny využívají jako primární zdroj energie záření ve viditelné oblasti spektra. Toto záření ovšem neslouží pouze jako zdroj energie, ale také jako zdroj informací o vnějším prostředí. Rostliny obsahují mnoho různých fotoreceptorů, které zaznamenávají kvalitu a kvantitu záření nebo vyhodnocují jejich poměry. Tyto informace spolu s dalšími podněty z vnějšího prostředí mají vliv na expresi genů, a tudíž na složení a s ním spojenou funkci celého systému. Znalost vlivu spektrálního složení dopadající radiace na rostlinu lze využít jak v pěstitelské činnosti tak v predikci chování rostlin na změněné světelné podmínky, např. člověkem.

V dnešní době dochází k prudkému rozvoji světlo emitujících diod, které mají velmi úzká spektra. Díky tomuto rozmachu se rovněž snižují jejich ceny a začínají se hojně využívat i jako osvětlení pěstebních prostor. Tyto vlastnosti lze velmi dobře využít při zkoumání vlivu kvality záření na rostliny bez používání filtrů a přílišného zahřívání osvětlovaného prostoru.

Dříve provedená měření s poměrem červené a modré barvy 1:2 a 2:1 nevykazovaly přílišné změny. Hogewoning [1] uvádí, že při různých poměrech červené a modré barvy během kultivace zaznamenal největší změny mezi červenou barvou a červenou z malým přídatkem modré (7 %). Proto byl proveden pokus, kdy byly rostliny kultivovány pouze při modré nebo červené barvě světla.

Materiál a metody

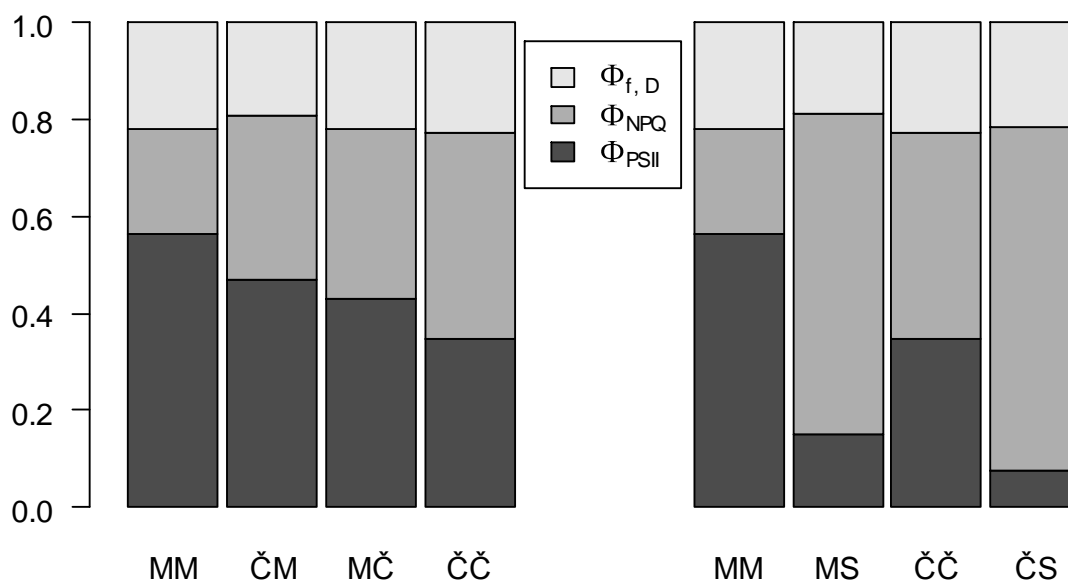
Rostliny ječmene byly pěstovány po dobu osmi dnů při intenzitě světla $240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (modrá ~420 – 480 nm nebo červená ~600 – 660 nm). Fotoperioda byla 16 hodin světlo a 8 hodin tma. Teplota během těchto intervalů byla regulována na 295 K (22°C) a 293 K (20°C).

Měření bylo provedeno na prvním listu osmidenních rostlin přístrojem PAM 101 - 103. Na počátku měření byl aplikován 800ms saturační pulz ($5,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) pro zjištění hodnot F_0

(fluorescence před aplikací pulzu) a F_M (fluorescence během pulzu). Poté bylo vyčkáno ustálení signálu (1 minuta) a zapnuto aktinické světlo totožné s kultivačním na dobu 8 minut. Následně byl proveden další saturační pulz pro zjištění hodnot F (fluorescence před saturačním pulzem) a F_M' . Po ustálení signálu (30 s) bylo aktinické světlo vypnuto a odečtena hodnota F_0' . Pak bylo aplikováno světlo se saturační ozářeností ($1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; halogenový zdroj) a po osmi minutách použit saturační pulz. Po 30s ustálení bylo světlo vypnuto a po dvouminutové inkubaci ve tmě byl aplikován saturační pulz pro odečtení hodnot F_0'' a hodnoty F_M'' . Pro zjištění krátkodobého vlivu byly další vzorky proměřeny při opačných podmínkách, než byly kultivovány.

Z naměřených hodnot fluorescence byly vypočítány parametry: maximální fotochemická účinnost PSII adaptovaném na tmu – $F_v/F_M = (F_M - F_0)/F_M$; maximální fotochemická účinnost PS II adaptovaném na dané aktinické záření – $F_v'/F_M' = (F_M' - F_0')/F_M'$; kvantový výtěžek fotosyntetických reakcí PSII – $\Phi_{\text{PSII}} = (F_M' - F)/F_M'$; kvantový výtěžek regulovaného nefotochemického zhášení – $\Phi_{\text{NPQ}} = F/F_M' - F/F_M$; kvantový výtěžek fluorescence a neregulovaného nefotochemického zhášení – $\Phi_{f, D} = F/F_M$; koeficient fotochemického zhášení – $qP = (F_M' - F)/(F_M' - F_0')$; relativní elektronový transport přes PSII – $\text{ETR} = \Phi_{\text{PSII}} 0,5 \text{ FAR } a$, kde a je absorptance a FAR je fotosynteticky aktivní radiace.

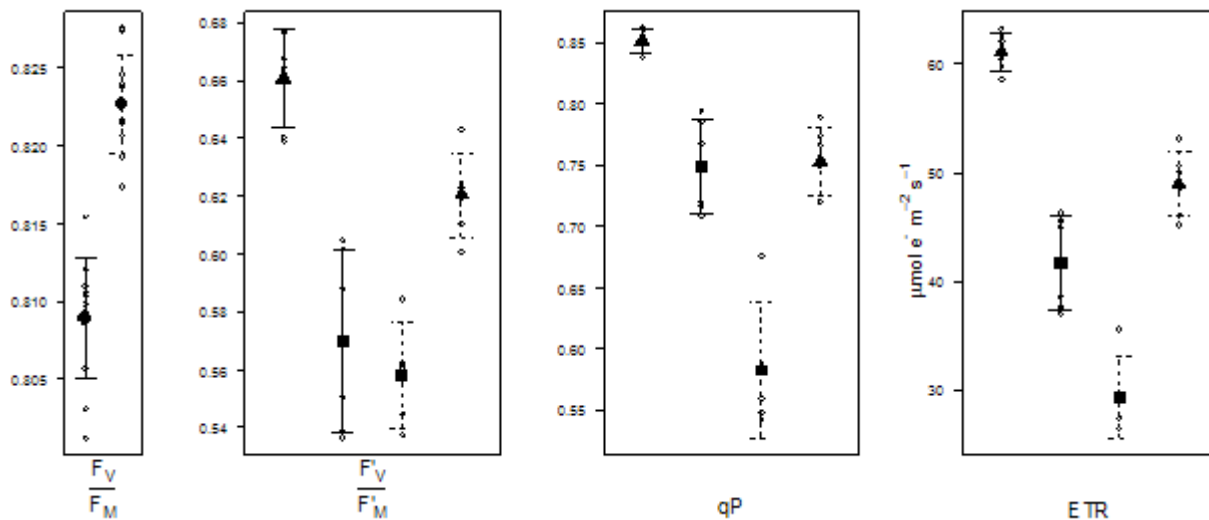
Výsledky a diskuse



Obrázek 1: Porovnání kvantových výtěžků pro různé kombinace měření. M – označuje modrou barvu; Č – označuje červenou barvu; S – označuje saturační bílé světlo. První písmeno označuje barvu kultivačního světla a druhé barvu světla během měření. Intenzity modré a červené barvy byly $240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ a saturační $1400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Na obrázku 1 je porovnávána pravděpodobnost deexcitačních procesů u první části mezi rostlinami měřenými při kultivačních podmínkách a podmínkách opačných. U druhé části mezi rostlinami měřenými při kultivačních podmínkách a při saturační ozářenosti. Z obrázku lze vidět,

že u $\Phi_{f, D}$ jsou pouze malé změny, a tudíž jsou změny v kvantovém výtěžku fotosyntetických reakcí PSII kompenzovány kvantovým výtěžkem regulovaného nefotochemického zhášení. Nejvyšší účinnost fotochemických reakcí byla pozorována u rostlin rostoucích a ozařovaných modrým světlem a nejnižší u rostlin rostoucích a ozářených červeným. Rovněž byl detekován krátkodobý vliv kvality záření. Kvantový výtěžek fotochemických reakcí u rostlin rostoucích na modrém a ozařovaných červeným světlem klesl a naopak u ječmene rostoucího na červeném a osvětleného modrým světlem stoupl. Kvantový výtěžek fotochemických reakcí PSII je rovněž vyšší u rostlin pěstovaných na modrém světle, při použití saturační ozářenosti, než u rostlin pěstovaných na světle červeném.



Obrázek 2: Porovnání fotosyntetických parametrů PSII u rostlin ječmene pěstovaných na modrém (plná čára) nebo červeném (přerušovaná čára) světle ($240 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a měřených buď při modrém (trojúhelníček) nebo červeném (čtvereček) světle. Úsečka znázorňuje směrodatnou odchylku, plný symbol průměr a kružnice naměřené hodnoty.

Vliv kvality záření jak dlouhodobý, tak krátkodobý lze vidět také na obrázku 2. Protože parametr F_V/F_M se vztahuje k rostlinám adaptovaným na tmu, vyjadřuje pouze dlouhodobý vliv. Nižší hodnota u rostlin rostoucích na modrém světle (plná čára) může být způsobena poškozením RC nebo disociací světlosběrných komplexů [2]. Vzhledem k výše zmíněným výsledkům je pravděpodobnější druhá možnost, ovšem rozdíly jsou velmi malé. Dlouhodobý vliv lze detekovat při srovnání rostlin měřených při stejných podmínkách, jak byly kultivovány (modrá – trojúhelníček a plná čára; červená - čtvereček a přerušovaná čára). Rostliny rostoucí na modrém světle mají vyšší účinnost otevřených reakčních center PSII při osvětlení (F_V'/F_M'), větší množství otevřených reakčních center (qP) i vyšší relativní transport elektronů (ETR), což je v souladu s výše uvedenými daty a ukazuje na vyšší účinnost fotosyntetických procesů u ječmene kultivovaného na modrém světle. Při srovnání rostlin pěstovaných na modrém a měřených při červeném světle (čtvereček a plná čára) a opačně (trojúhelníček a přerušovaná čára) lze detekovat krátkodobý vliv spektra radiace. Při aplikaci červeného světla na rostliny pěstované na modrém světle parametry vyjadřující fotosyntetické děje poklesly. Při použití modrého světla na rostliny kultivované při červeném světle tyto parametry naopak vzrostly.

Závěr

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že ječmen pěstovaný na modrém světle je schopen lépe využít fotosynteticky aktivní radiaci k fotosyntéze, než ječmen rostoucí na světle červeném. Ječmen kultivovaný na modrém světle rovněž lépe využívá vysoké ozáření. Rostliny ječmene jsou schopny lépe využít k fotosyntéze modrého světla nežli světla červeného.

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval Mgr. Michalovi Štrochovi, PhD. za vedení práce.

Experiment byl podpořen Ostravskou univerzitou v Ostravě prostřednictvím grantu SGS20/PřF/2013 a také Institutem environmentálních technologií (CZ.1.05/2.1.00/03.0100).

Literatura

[1] HOGEWONING, S. W., G. TROUWBORST, H. MALJAARS, H. POORTER, W. VAN IEPEREN a J. HARBINSON. *Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of Cucumis sativus grown under different combinations of red and blue light*. Journal of Experimental Botany. 2010, roč. 61, č. 11, s. 3107-3117.

[2] KALAJI, H. M., GOVINDJEE, K. BOSA, J. KOŚCIELNIAK a K. ŻUK-GOŁASZEWSKA. *Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO₂ assimilation of two Syrian barley landraces*. Environmental and Experimental Botany. 2011, roč. 73, s. 64-72.

Abstract

Quality of PAR (photosynthetically active radiation) has major impact on the ability of plants to use its energy for photosynthesis. Prolonged exposure also affects composition and function of the photosynthetic apparatus. Extreme conditions (cultivation light was only blue or only red) were chosen in this experiment. The results showed that plants grown in blue light have a higher efficiency of photosynthesis. These plants were also able to make better use of high intensity radiation. PAR quality had also short-term effect. Blue light was better used in photosynthetic processes than red light in both cultivation variants.