

Radiační režim v porostu kukuřice **Radiation regime of the maize canopy**

Středa T., Pokladníková H., Rožnovský J.

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno, Česká republika, e-mail: tomas.streda@chmi.cz, tel. +420 541 421 028.

ABSTRAKT

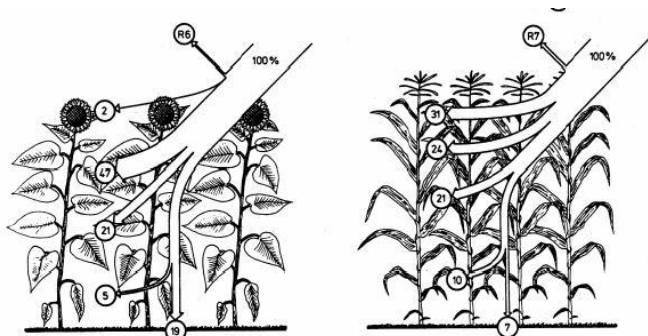
Měření radiačního režimu v porostu kukuřice probíhalo v roce 2007 na experimentální ploše v Žabčicích u Brna. K měření dopadající globální radiace, odražené globální radiace v efektivní výšce porostu a radiace transmittované porostem byla použita čidla LI-COR. Kontrolní čidlo KIPP bylo umístěno na meteorologickém stožáru ve výšce 12 m. Čidla byla umístěna do porostu kukuřice na zrno (středně pozdní hybrid RIBERA, FAO 410), pěstované ve sponu 75x16 cm, o hustotě přibližně 80 tis. jedinců na hektar. Pro vyhodnocení byly použity denní sumy globální radiace v $J.cm^{-2}$. Procentuelní vyjádření radiace procházející plně vyvinutým porostem (měsíce srpen a září) ve srovnání s globální radiací porostem neovlivněné (výška měření 12 m) je následující: ve 2 m 97 %, v efektivní výšce 54 %, v přízemní výšce 16 %. Absolutně nejvyšší úroveň transmise porostu činila 100 % (16. 6. 2007). Absolutně nejnižší úroveň transmise porostu činila 6 % (2. 8. 2007), což představuje LAI (leaf area index) přibližně $4 m^2.m^{-2}$.

ABSTRACT

The radiation regime measurement of maize canopy was realized in 2007 at Zabcice near Brno (Czech Republic) experimental area. The LI-COR sensors were used for measurement of incoming global radiation, reflected radiation at effective height and transmitted radiation to the ground height. Control sensor KIPP was placed at 12 m height. LI-COR sensors were placed to the maize canopy (hybrid RIBERA, FAO 410), density of canopy was 80 thousand plants per hectare (75x16 cm). For evaluation the daily sums of global radiation in $J.cm^{-2}$ were used. Percentage expression of transmitted radiation of fully developed canopy (August and September) in compare with radiation non-influenced by canopy (height of measurement 12 m) is following: at 2 m 97%, at effective height 54%, at ground height 16%. Absolute maximum of canopy transmissivity was 100% (16th June 2007) and absolute minimum 6% (2nd August 2007) what means LAI (leaf area index) approximately $4 m^2.m^{-2}$.

ÚVOD

Základním zdrojem energie pro rostliny je sluneční radiace, měřená v meteorologii jako globální radiace (Rožnovský a Brotan, 1999). Pro fyziologické procesy, hlavně fotosyntézu je nejdůležitější množství globální radiace pohlceného porostem (Rožnovský et al., 2000). Fotochemicky jsou totiž účinná pouze ta kvanta záření, která jsou absorbována. Měření absorbované sluneční radiace v porostech jsou základem pro výpočty tzv. utilizačních koeficientů, které kvantifikují efektivnost s jakou daný ekosystém transformuje sluneční energii do biomasy (Marek, 2002). Na základě normálu 1961 až 1990 jsou nejvyšší úhrny globálního záření pro ČR zaznamenávány v červenci. S tím, že se objevují průběhem netypické ročníky, kdy je maxim dosahováno v jiných měsících. S ohledem na vlnovou délku dopadajícího záření je pro rostlinu nejpodstatnější fotosynteticky aktivní radiace (FAR) s vlnovou délkou přibližně od 400 do 735 nm (Salisbury a Ross, 1992). Měření této formy slunečního záření není zatím běžné, a proto jsou jeho hodnoty často vypočítávány z intenzit globální radiace na základě empirických rovnic. Za jasného dne činí střední hodnoty konverzního faktoru u podílu fotosynteticky aktivní radiace v globální radiaci 0,525; v den zatažený jsou střední hodnoty konverzního faktoru 0,445 (Edessa, 1996). Na distribuci energie v agroekosystému a tím na hodnoty meteorologických prvků mají značný vliv porost a jeho charakter (Matejka a Hurtalová, 1981). Porostní povrchy jsou velmi komplikované, členité, několika vrstevnaté, typické vícenásobným odrazem záření, ale také schopností propouštět část globálního záření (Klabzuba a Kožnarová, 1991), problémem je nehomogenita radiačních polí, lepší penetrace difúzní složky globálního záření porostem, změna spektrálního složení uvnitř porostu apod. (Klabzuba a Kožnarová, 2002). V porostu vznikají například tzv. sluneční skvrny, které pronikají náhodnými skulinami a jsou zdrojem přímého záření uvnitř porostu, čímž dochází k ovlivnění mikroklimatu porostu. Část záření je v listech absorbována (absorpce), část propuštěna (transmise), když tenké listy propouštějí až 40 %, středně silné listy 10 – 20 % záření a část je od povrchu listu odrazena (reflexe). Bilance krátkovlnné radiace porostu tak vychází z globální radiace mínus odražená a procházející radiace (Grace, 1987; Mašková a Rožnovský, 1999) – Obr. 1. V zemědělské praxi měření světelných poměrů porostu nachází využití zejména při optimalizaci organizace porostu (Zimolka, Islam, Belan, 1994). Měření FAR mimo porost a při zemi v porostu kukuřice zjišťoval Žalud (1993) závislost mezi transmittancí a listovou pokrývností (LAI – leaf area index). Zjištění závislosti mezi uvedenými veličinami umožňuje jednoduché odvození LAI bez použití pracných manuálních nebo nákladných instrumentálních metod. Hodnota LAI má podstatný vliv na schopnost porostu absorbovat záření.



.....ace u porostu slunečnice (Hiroi and Monsi, 1966) a u porostu kukuřice (Allen et al., 1964)

MATERIÁL A METODY

Experimentální plocha se nachází na polní pokusné stanici Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně v katastru obce Žabčice (20 km jižně od Brna). Rovinatý pozemek je situován v nivě řeky Svratky v průměrné nadmořské výšce okolo 184 m n. m. Podle agroklimatického členění (Kurpelová, Coufal, Čulík, 1975) je lokalita řazena do makrooblasti teplé, oblasti převážně teplé, podoblasti převážně suché, okrsku s poměrně mírnými zimami. Z hlediska zemědělské kategorizace se jedná o kukuřičnou výrobní oblast. Roční teplotní normál v období 1961 – 1990 činí 9,2 °C, roční srážkový normál 483 mm.

Měření globální radiace probíhalo v porostu kukuřice na zrno (středně pozdní hybrid RIBERA/PR37M34 – FAO 410), pěstované ve sponu 75x16 cm, o hustotě přibližně 80 tis. jedinců na hektar, ve vegetačním období roku 2007. Porost byl založen 24. 4. 2007 a sklizen 4. 10. 2007. K měření radiace v porostu byla použita čidla LI-COR, měřící v patnáctiminutovém kroku. Čidlo umístěné ve výšce 20 cm nad zemí (Obr. 2 a 5) monitorovalo radiaci prošlou porostem. V efektivní výšce porostu, tj. v 0,7 násobku výšky porostu bylo umístěno čidlo měřící dopadající radiaci a čidlo měřící radiaci odraženou (Obr. 3 a 4). Ve výšce 2 m měřilo stabilně čidlo dopadající radiaci. Pro srovnání byly použity výstupy z pyranometru Kipp & Zonen typ CM 5 (Kipp & Zonen Delft BV, Holandsko), umístěného na meteorologickém stožáru ve výšce 12 m.

Pro vyhodnocení byly použity denní hodnoty globální radiace. Čidla zaznamenávají radiaci ve $W \cdot m^{-2}$. Pro hodnocení byly naměřené hodnoty přepočteny na $J \cdot cm^{-2}$.



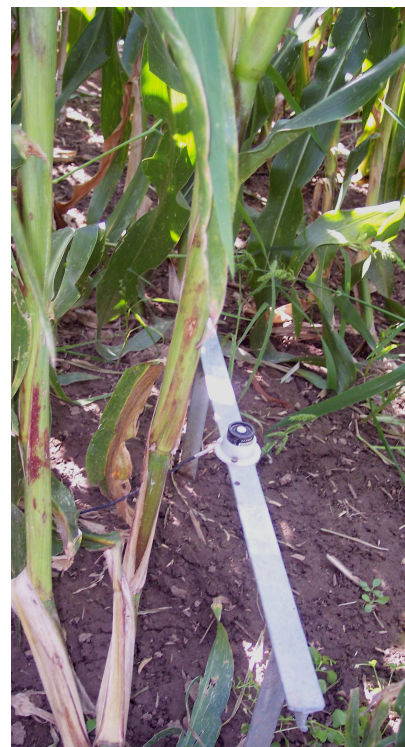
Obr 2. Čidlo Li-COR



Obr 3. Měření globální a odražené radiace



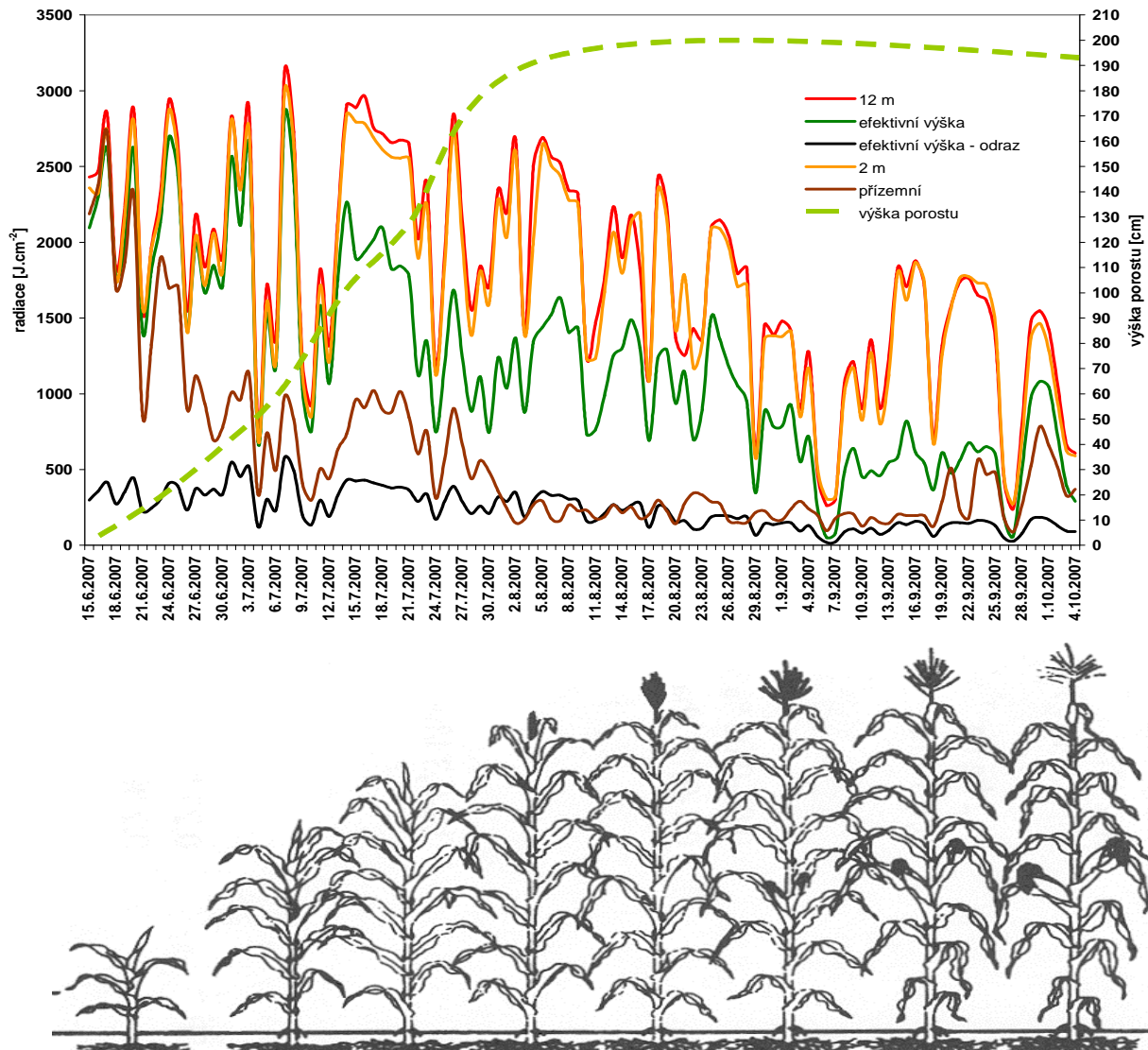
Obr. 4. Měření radiace v porostu



Obr. 5 Přízemní čidlo

VÝSLEDKY

Hodnocený porost kukuřice měl dle předpokladů největší příkon globálního záření za jasných dnů. V oblasti Žabčic ve vegetačním období 2007 dosáhla denní suma globální radiace neovlivněná porostem maximálně 3130 J.cm⁻² (7.července) a minimálně 241 J.cm⁻² (27. září). Odraz globální radiace dosáhl maxima 580 J.cm⁻² 7.července. Minimální hodnota odražené globální radiace byla 18 J.cm⁻² (6. září). Vliv zapojení a výšky porostu je patrný z průběhu hodnot globální radiace měřené v efektivní a přízemní výšce porostu kukuřice ve srovnání s hodnotami globální radiace měřené ve výšce 12 m. Např. 5. srpna (porost již plně zapojen) dosahovala denní suma globální radiace ve 12 m maximální hodnoty dosažené v měsíci srpnu a to 2690 J.cm⁻², suma v efektivní výšce porostu činila 1438 J.cm⁻² a suma v přízemní výšce byla 293 J.cm⁻². Graf na Obr. 6 zachycuje globální radiaci měřenou v různých výškách v porostu kukuřice a srovnávací měření ve výšce 12 m.



Obr. 6 Denní sumy globální radiace a vývoj porostu kukuřice – vegetační období 2007

Intenzivní vegetativní růst kukuřice je ukončen přibližně na počátku měsíce srpna. Od srpna je již porost plně vyvinut a má největší vliv na velikost procházející radiace. Měření na meteorologickém stožáru ve výšce 12 m reprezentuje 100% dopadajícího globálního záření neovlivněného porostem. Procentuelní vyjádření radiace procházející porostem je následující: globální radiace měřená ve 2 m odpovídá 97,4 %, v efektivní výšce 54 %, v přízemní výšce 16 %.

statistický ukazatel	výška 12 m	efektivní výška	efektivní výška - odraz	výška 2 m	přízemní výška
Stř. hodnota	1787,0	1207,9	235,3	1733,7	566,7
Chyba stř. hodnoty	67,3	62,6	11,8	64,0	50,7
Medián	1806,7	1119,2	209,6	1743,8	329,8
Směr. odchylka	712,3	662,5	125,1	677,2	536,9
Minimum	241,8	51,3	18,1	274,4	87,7
Maximum	3130,6	2843,6	580,1	3001,7	2726,3
Rozdíl max-min	2972,3	2792,3	562,0	2727,3	2638,6

Tab. 1 Statistické charakteristiky globální radiace ($J.cm^{-2}$)

ZÁVĚRY

- Denní suma globální radiace neovlivněné porostem dosáhla maximálně $3130 J.cm^{-2}$ (7.červenec) a minimálně $241 J.cm^{-2}$ (27. září).
- Odraz globální radiace dosáhl maxima $580 J.cm^{-2}$ 7.července. Minimální hodnota odražené globální radiace byla $18 J.cm^{-2}$ (6. září).
- Procentuelní vyjádření radiace procházející plně vyvinutým porostem (měsíce srpen a září) ve srovnání s globální radiací porostem neovlivněné (výška měření 12 m) je následující: ve 2 m 97,4 %, v efektivní výšce 54 %, v přízemní výšce 16 %.
- Absolutně nejvyšší úroveň transmise porostu činila 100 % (16. 6. 2007). Absolutně nejnižší úroveň transmise porostu činila 6 % (2. 8. 2007), což po přepočtu na FAR představuje dle závěrů Žaluda (1993) LAI přibližně $4 m^2.m^{-2}$.

LITERATURA

- ALLEN, L. H. et al. Photosynthesis under field conditions. VII. Radiant energy Exchange within a corn canopy and implications in water use efficiency. *Agronomy Journal*, 1964, vol. 56, pp. 253-259.
- EDESSA, S. Podíl GR, FAR a UV-B v denním chodu sluneční radiace na EEP Bílý Kříž. In: XII. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Velké Bílovice. ČBkS, Praha, 1996.
- GRACE, J. C. Modelling the Interception of Solar Radiant Energy and Net Photosynthesis In: *Forest Growth: Process Modelling of Responses to Environmental Stresses* Chapter 11, 1989, pp. 142-157.
- HIROI, T., MONSI, M. Dry matter economy of *Helianthus annuus* communities grown at varying densities on light intensities. *J. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, 1966, no. 9, pp. 241-285.
- KLABZUBA, J., KOŽNAROVÁ, V. Využití slunečního záření porostem řepy cukrové. In: *Setrvalý rozvoj rostlinné a živočišné produkce – cesta k rozvoji českého venkova*. Praha, ČZU, 2002, s. 85.
- KLABZUBA, J., KOŽNAROVÁ, V. Zářivá energie jako faktor mikroklimatu porostu. *VŠZ, Praha*, 1991, 118 s.
- MAREK, V. M. Význam bioklimatologie pro ekofyziologický výzkum produkčních procesů lesních dřevin. In: XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě. ČBkS, Praha, 2002, s. 663-664.
- MAŠKOVÁ, M., ROŽNOVSKÝ, J. Global and photosynthetically active radiation in the upper parts of the Beskids. *Contr. Geophys. Inst. SAS, Ser. Meteorology*, 1999, vol. 19, pp. 41-62.
- MATEJKA, F., HURTALOVÁ, T. Podiel globálneho žiarenia na celkovej variabilite radiačnej bilancie. In: *Sborník z konference „Vztahy mezi slunečním zářením a atmosférickými ději“*. Hradec Králové, 1981, s. 185-194.
- ROŽNOVSKÝ, et al. Vertikální rozložení slunečního záření v porostu kukuřice. In: *Bioklimatológia a životné prostredie*. SHMÚ, Košice, 2000, 8 s, CD-ROM.
- ROŽNOVSKÝ, J., BROTAN, J. Hodnocení globálního záření v roce 1998 v oblasti Žabčic. *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun. Brno*, 1999, XLV, no. 3, pp. 7-16.
- SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. *Plant Physiology*. Wadsworth, Belmont, California, USA, 1991.
- ZIMOLKA, J., ISLAM, M. A., BELAN, F. Dynamika intenzity osvětlení u ječmene vlivem organizace porostu. In: *Klimatická změna a zemědělství. Sborník referátů*. ČBkS, Praha, 1994, s. 84-87.
- ŽALUD, Z. Stanovení LAI na základě transmitance u kukuřice. In: *Agrometeorologická konference 93. Sborník referátů*. ČBkS, Praha, 1993, s. 12-14.

Poděkování

Práce vznikla jako výstup projektu MŠMT ČR č. 2B06101 s názvem „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“.