

## **Ovlivnění teploty půdy tkanými textiliemi ve školkařské výrobě**

**Tomáš Litschmann, Petr Salaš, Jana Mokričková, Hana Sasková**

### **Abstract:**

This article describes the evaluation of various colours of the woven shade fabric “Agrojutex“, from the point of view of their influence on soil temperatures at a depth of 10cm compared to un-shaded bare soil. The basic physical properties of individual covers with regard to solar radiation were measured, such as albedo and transparency. It was shown that in the darker coloured textiles (black, brown and green) there was an almost direct relationship between these physical properties and the influence on soil temperatures, and that the lighter coloured textiles allowed more light to penetrate to the surface of the soil, which then encouraged weeds, even though they had a higher albedo compared to the darker coloured textiles. A detailed and thorough account is given of the methods used to measure the physical properties of individual covers and the resulting influence on average soil temperatures.

### **Souhrn:**

V předloženém příspěvku jsou zhodnoceny různé barevné odstíny tkané textilie Agrojutex z hlediska ovlivnění půdních teplot v hloubce 10 cm v porovnání s holou půdou. Byly změřeny základní radiační charakteristiky jednotlivých povrchů, jako je albedo a transparentnost. Ukázalo se, že u tmavých textilií (černá, hnědá a zelená) jsou rozdíly jak v radiačních charakteristikách, tak i v ovlivnění půdních teplot přibližně na stejné úrovni, bílá textilie propouští více záření k povrchu půdy, čímž přispívá k růstu plevelů, rovněž má vyšší albedo ve srovnání s tmavými textiliemi. V příspěvku je podrobněji rozpracovaný postup výpočtu radiační bilance jednotlivých povrchů a z ní odvozený vliv na teplotní poměry půdy.

### **Úvod:**

Tkané i netkané textilie se používají v zahradnictví pro různé účely. Jednou z oblastí využití je množení a školkařská produkce okrasných dřevin. Textilie jsou v současnosti nejvíce používány jako podkladový a izolační prvek při produkci dřevin v kontejnerech (pokrytí povrchové vrstvy kontejnerovny), dají se však velmi dobře použít také při kultivaci dřevin, zejména při zakládání matečných porostů. Textilie zde plní zejména funkci mulčovací – brání růstu plevelů v mezirádí a snižují tak riziko poškození matečných rostlin při obdělávání mechanizačními prostředky. Ovlivňují také růstovou kondici rostlin a zvyšují tím nepřímou kvalitu řízků i jejich množství (optimalizace vlhkostních a teplotních podmínek v půdě, vliv na délku vegetace matečných rostlin). Neméně významná je funkce hygienická – matečnice je pro odběr řízků přístupná i za nepříznivého vlhkého počasí, snižuje se nebezpečí zavlečení chorob, přenášených obuví, do množáren.

Při použití nevhodné textilie však mohou nastat pro pěstitele i různé provozní problémy. Textilie musí být dostatečně nepropustná pro sluneční záření, v opačném případě nastává intenzivní růst plevelů v optimálních podmínkách pod textilií, naopak ovšem dostatečně prodyšná, aby nedocházelo k přehřívání půdy pod textilií, zejména v letním období. Nebezpečné je také kolísání teplot v průběhu dne. Na změnu teploty jsou rostliny velmi citlivé. Aniž by došlo k poškození rostlin, může se teplota měnit jen v úzkém rozmezí intervalu od 5 do 35 °C. Teplota velmi často interaguje se zářením (Procházka et al., 2003). Na rostliny má mimo teplotu půdy vliv i teplota okolního vzduchu (Švihra et al., 1989). Van't Hoffovo pravidlo říká, že stoupne-li teplota v určitých rozmezích o 10 °C, růstová rychlost rostlin se zvýší 2 - 3krát (Procházka et al., 2003; Švihra et al., 1989). Švihra (1989) dále dodává, že při teplotě vyšší než 30 °C růst prudce klesá. Růst ustává při dosažení maximální teploty, ta

je u každé rostliny jiná a závisí na více faktorech (Procházka et al., 2003). Teplota ovlivňuje i příjem vody kořeny. Při teplotě kořenového prostředí nad 30 °C se snižuje příjem vody a tím i růst kořenů (Kolek, Kozinka et al., 1988). Na trhu se objevují různé druhy textilií, ne všechny jsou však svými parametry využitelné pro zahradnickou produkci. Potřebné technické parametry se mnohdy těžce zjišťují a volba správného typu textilie je pak často poměrně složitá.

#### Materiál a metodika:

Pokus se čtyřmi barevnými variantami (bílá, hnědá, černá, a zelená) tkané textilie zn. Agrojutex (JUTA, Dvůr Králové n. Labem) se specifickou hmotností 100g.m<sup>2</sup> byl založen v září roku 2008 na pozemku kontejnerovny Ústavu šlechtění a množení zahradnických rostlin ZF MZLU, nalézající se v areálu Mendelea v Lednici. Pásky jednotlivých barevných variant textilie o šířce 2,10 m a délce 10 m byly položeny za sebou na zem a po obou stranách osázeny rostlinami druhů *Berberis thunbergii*, 'Rose Glow' a *Deutzia gracilis*, 'Nikko' a *Deutzia scabra*, 'Plena'. Pod každou barevnou variantu byl do hloubky 10 cm umístěn snímač teploty, propojený kabelem s dataloggerem Meteo-UNI (AMET Velké Bílovice), který v 15-ti minutových intervalech zaznamenával jednotlivé hodnoty. Kromě toho byla registrována teplota ve stejné hloubce v půdě nepokryté textilií, udržovaná v herbicidním úhoru. Pohled na uspořádání pokusu přináší Obr. 1. Teplota vzduchu v areálu kontejnerovny byla měřena stanicí AMET-NOEL (Obr. 2), údaje o globálním záření byly použity z meteorologické stanice umístěné ve vzdálenosti cca 200 m od kontejnerovny. Jak bylo dodatečně zjištěno, při ulehávání půdy po založení pokusu došlo k změně hloubky teploměru pod černou textilií, proto byla tato varianta ze zpracování teplotních poměrů vyloučena. Poslední měření po korekci hloubky u této varianty ukazují, že teoretické předpoklady byly správné a že se teploty v této variantě neodlišují od ostatních tmavých textilií, je však zapotřebí delší časové řady pro objektivní vyhodnocení.

V průběhu experimentu bylo rovněž dne 7.8.2009 v období kulminace Slunce měřeno albedo jednotlivých povrchů albedometrem sestaveným z dvojice solarimetrů Moll-Gorczyński (CM5, Kipp Zonen) měřících v rozsahu 0,3 – 2,5 μm a registrujících intenzitu záření v kroku 1 sec. (Obr. 3). Před započítáním měření albeda byly za jasné oblohy porovnány údaje z obou pyranometrů a provedeny příslušné korekce. Stejným přístrojem byla dne 14.7.2009 ve dvou termínech měřena transparentnost jednotlivých variant textilie.

#### Výsledky a diskuse:

##### *Albedo a transparentnost jednotlivých povrchů*

Albedo představuje podíl dopadajícího a odraženého záření od jednotlivých povrchů. V podstatě tak udává, jaká část krátkovlnného záření, přicházejícího od Slunce, se odrazí zpět do atmosféry a jaká část je zachycena povrchem, popřípadě jím prochází. Výsledky našich měření, prezentované na Obr. 4, kvantifikují albedo jednotlivých zkoumaných textilií a holé půdy. Jak se dalo předpokládat, nejvíce slunečního záření odrazí bílá textilie, nejméně černá. Hnědá a zelená textilie mají albedo 0,02 – 0,03 vyšší než černá, holá půda pak má albedo 0,17, tj. přibližně poloviční než bílá textilie.

Z hlediska radiační bilance povrchu půdy pod jednotlivými textiliemi nestačí znát pouze jejich albedo, je nutné mít též i informaci o tom, jaká část záření jimi prochází. Proto byla změřena transparentnost zkoumaných textilií ve dvou termínech za jasné oblohy při různých výškách Slunce, přičemž výsledky z obou termínů jsou dosti podobné a jsou znázorněny na Obr. 5. Bylo zjištěno, že bílá textilie propouští přibližně polovinu dopadajícího slunečního záření k půdnímu povrchu, zatímco u zbývajících tří textilií to je desetkrát méně, přičemž rozdíly mezi nimi jsou minimální.

Relativní množství radiační energie, transformující se na jednotlivých površích na tepelnou energii, lze vyjádřit rovnicí:

$$Q_{ap}/Q = (1 - \varphi)(1 - a_{ap})$$

kde Q – celkové množství globálního záření

Q<sub>ap</sub> – záření přeměněné na aktivním povrchu

φ – transparentnost

a<sub>ap</sub> – albedo aktivního povrchu



Obr. 1 Uspořádání experimentu s tkanými textiliemi, vpravo datalogger půdních teplot



Obr. 2 Meteorologická stanice zaznamenávající teplotu vzduchu v kontejnerovně



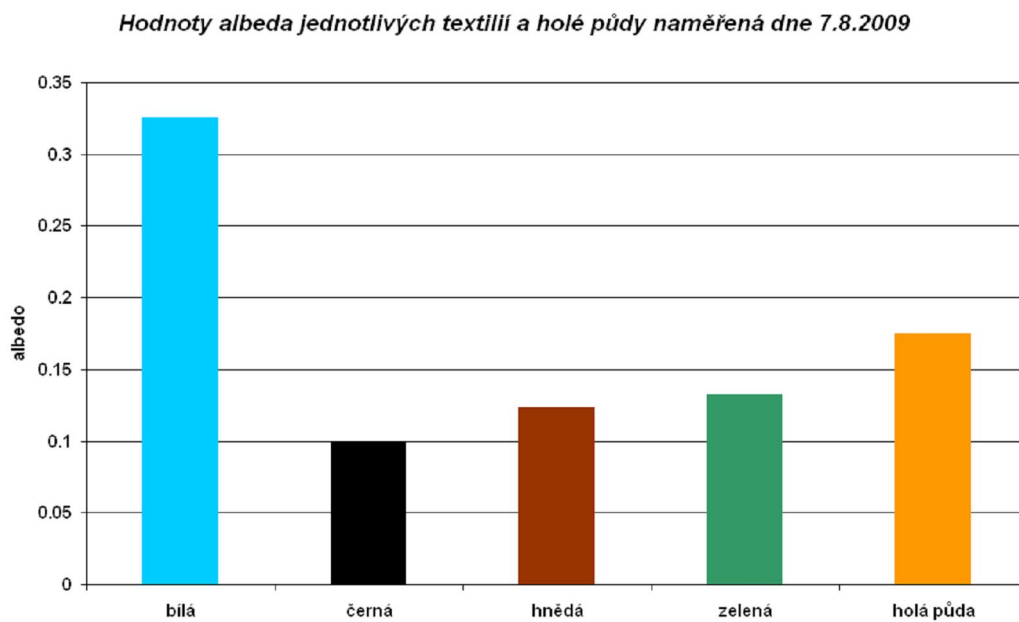
Obr. 3 Měření albeda jednotlivých povrchů dne 7.8.2009

V případě zakrytí povrchu půdy textilií dopadá na její povrch relativní množství slunečního záření, které lze vyjádřit rovnicí:

$$Q_p/Q = \varphi(1 - a_{ap})(1 - a_p)$$

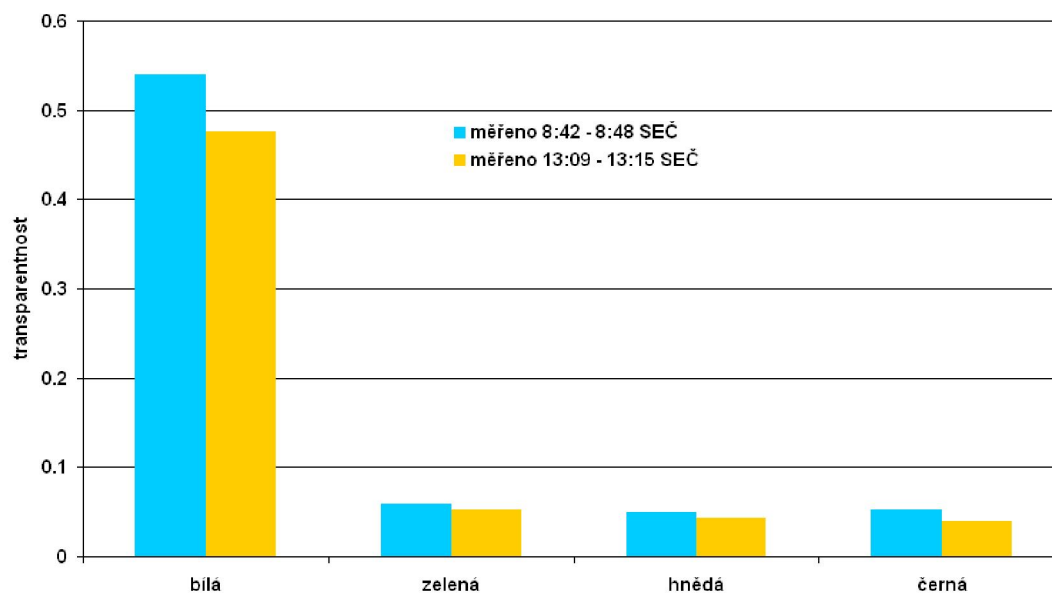
kde  $Q_p$  – záření, dopadající na povrch půdy

$a_p$  – albedo půdy



Obr. 4 Albeda jednotlivých povrchů

### Transparentnost jednotlivých textilií



Obr. 5 Transparentnost jednotlivých textilií

Dosažením příslušných čísel pro jednotlivé povrchy obdržíme relativní hodnoty krátkovlnného záření, dopadajícího na textilie anebo na půdu pod nimi, tak jak jsou znázorněny na Obr. 6. Na holé půdě dochází k transformaci 82 % energie dopadajícího slunečního záření na teplo a přispívá tudíž k jejímu ohřívání přímo, tam, kde je povrch zakryt tmavými textiliemi, transformuje se přibližně stejně velké množství energie na teplo přímo na jejím povrchu a pouze malá část, cca 3 – 4 %, až na povrchu půdy. U bílé textilie se cca 30 % sluneční energie transformuje přímo na jejím povrchu a přibližně stejné množství až na půdě pod ní. Tomuto schématu odpovídají i teploty povrchů textilií, naměřené IR teploměrem. Při intenzitě globálního záření 750 – 800 W.m<sup>-2</sup> byly naměřeny teploty na tmavých textiliích kolem 50 °C, zatímco na bílé o 16 °C nižší. Nebyl zjištěn významný rozdíl mezi povrchovými teplotami jednotlivých tmavých textilií, a to ani při různých intenzitách dopadajícího záření.

Výměna tepla mezi textilií a půdou probíhá dlouhovlnným zářením a vedením tepla přes vzduchovou mezeru mezi textilií a půdou. Tok tepla lze pak vyjádřit vztahem:

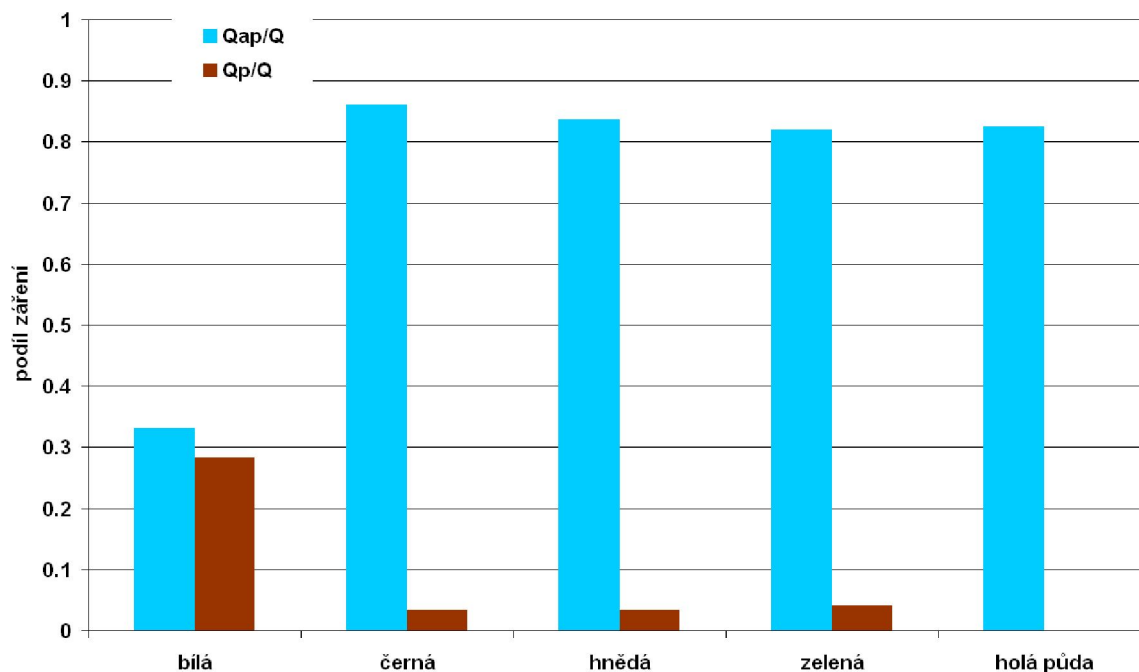
$$q = (\lambda/d + \sigma n)(t_i - t_p)$$

kde  $\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti vzduchu  
 $d$  – vzdálenost mezi povrchem půdy a textilií  
 $\sigma$  – Stefan-Boltzmannova konstanta  
 $t_i$  - teplota vnitřního povrchu textilie  
 $t_p$  - povrchová teplota půdy  
 $n = (t_i^4 - t_p^4) / (t_i - t_p)$

Pro provedení exaktního výpočtu by bylo zapotřebí znát teploty povrchu půdy a vnitřního povrchu textilie, jakož i přesnou vzdálenost mezi půdou a ní. Pokud však vycházíme z předpokladu, že textilie byly položeny na experimentální plochu stejným způsobem, musí být v průměru i stejně silná vzduchová mezerka. Tok tepla je pak již ovlivněn pouze rozdílem teplot povrchu půdy a textilie. Jak jsme si ověřili měřením IR teploměrem, není významný rozdíl mezi povrchovými teplotami tmavých textilií, pouze u bílé textilie byla naměřena výrazně nižší teplota. Dá se proto předpokládat, že u tří tmavých zkoumaných textilií by i vzhledem k tomu, že jejich ostatní charakteristiky, jako jsou albedo

a transparentnost, si jsou navzájem velmi podobné, by měly být i podobné teploty v půdě pod nimi. U bílé textilie významnější část přímého slunečního záření ohřívá přímo povrch půdy a proto se zde může výrazněji projevit „skleníkový efekt“ textilie, zadržující část dlouhovlnného záření při povrchu půdy.

**Podíl krátkovlnného záření transformovaného na povrchu textilií (holé půdy) a na povrchu půdy pod nimi**



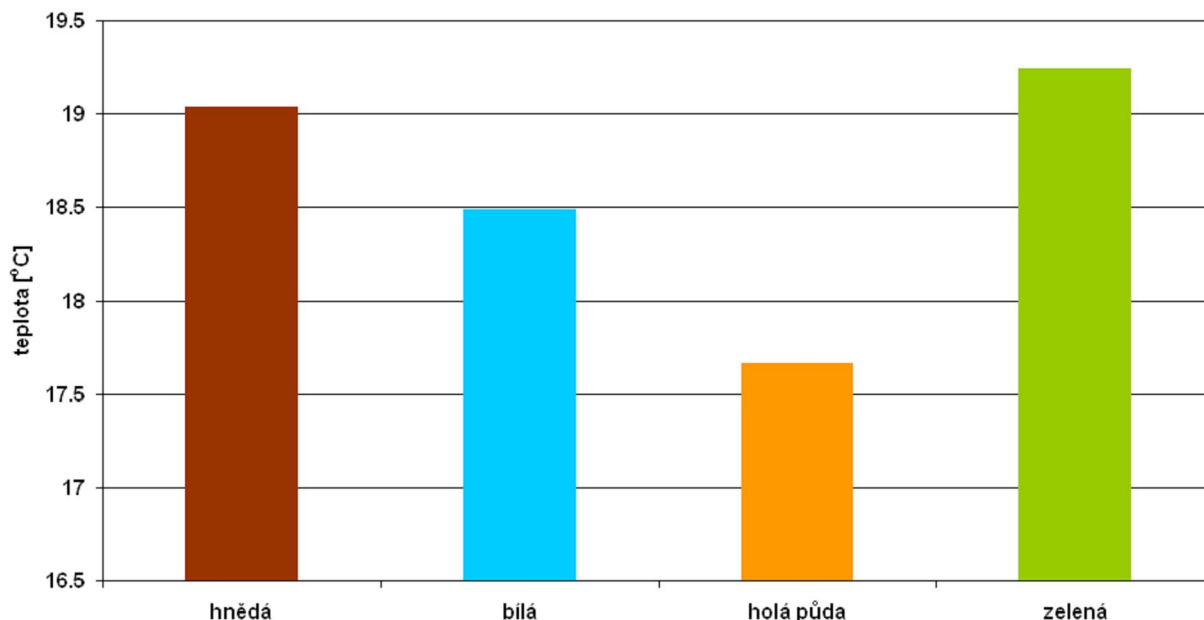
Obr. 6

#### *Teplotní charakteristiky pod jednotlivými povrchy*

Zpracováním teplotních údajů půdy z patnáctiminutových měření ve vegetačním období v hloubce 10 cm pod jednotlivými textiliemi byly zjištěny následující skutečnosti:

Nejvyšší průměrné hodnoty teplot (Obr. 7) byly naměřeny pod tmavými textiliemi, přičemž v souladu s teoretickými předpoklady nejsou významné rozdíly mezi tmavými textiliemi. Nejnižší teplota byla naměřena pod holou půdou, což je logické, poněvadž zde v důsledku vyššího albeda dochází k nižšímu příjmu zářivé energie ze Slunce, je zde zvýšená ztráta energie v důsledku latentního toku tepla a neuplatňuje se zde izolační efekt vzduchové mezery jako u půdy přikryté textiliemi. U bílé textilie je teplota půdy vyšší oproti holé půdě o 0,8 °C, je však o 0,6 – 0,8 °C nižší než u tmavých textilií. Je to dáno jejím vysokým albedem, které odráží značnou část dopadajícího slunečního záření zpět, čímž se snižuje celkové množství dopadající zářivé energie k ohřevu textilie a půdy pod ní včetně výměny tepla vedením a dlouhovlnným zářením. U tmavých textilií dochází ve vegetačním období ke zvýšení průměrné teploty půdy v hloubce 10 cm o 1,4 – 1,6 °C oproti holé půdě. Kožnarová a kol. (2007) uvádí, že došlo ke zvýšení teploty půdy pod černou netkanou textilií o 0,7 °C, bohužel však neuvádějí, v jaké hloubce.

**Průměrné teploty půdy v hloubce 10 cm ve vegetačním období pod jednotlivými textiliemi**

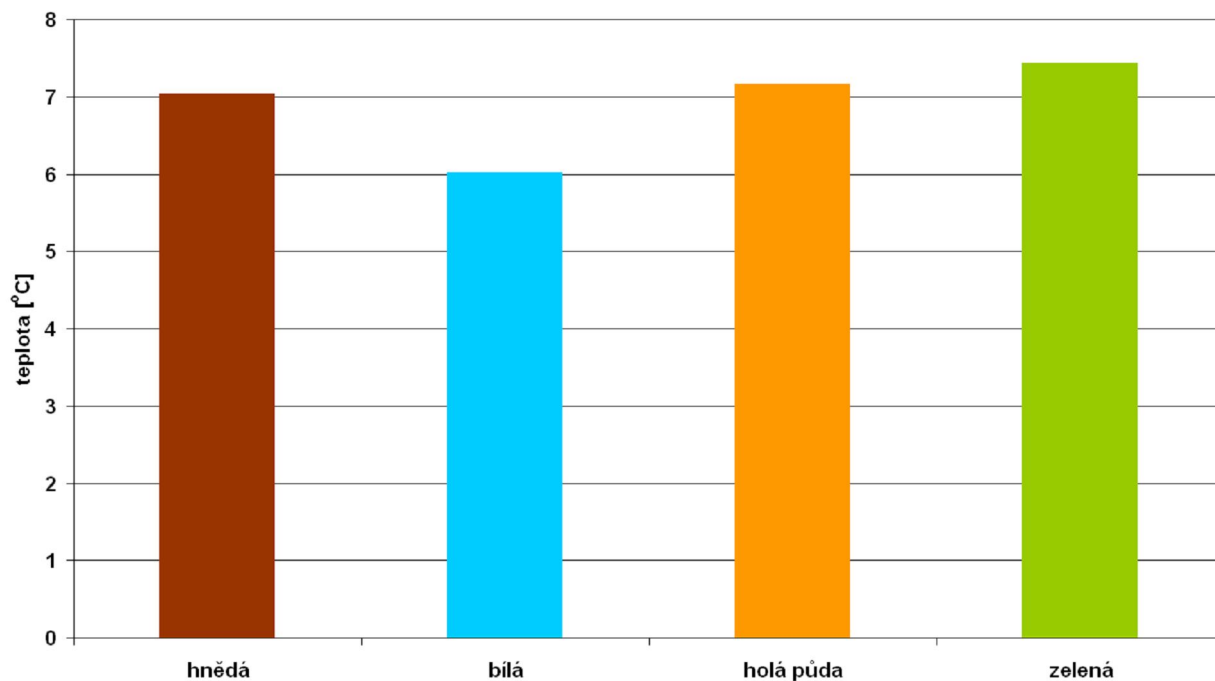


Obr. 7

Pro růst a správné fungování kořenového systému rostlin jsou rovněž důležité i extrémní hodnoty teplot v půdě. Z Obr. 8, který je rozdílem hodnot z Obr. 9 a 10, lze vysledovat, že difference v průměrných denních amplitudách teploty půdy nejsou příliš velké a odpovídají očekáváním. Nejmenší amplituda je pod bílou textilií, která odráží více slunečního záření a současně izoluje povrch půdy před ztrátou tepla v nočních hodinách turbulentní výměnou a dlouhovlnným vyzařováním. Přesto však jsou maximální hodnoty teploty půdy pod ní vyšší než pod půdou bez pokryvu. U holé půdy jsou ztráty tepla získaného pohlcením slunečního záření způsobeny zvýšeným latentním tokem, turbulentní výměnou i efektivním vyzařováním a jsou proto vyšší, výslednicí energetické bilance je pak i vyšší amplituda teploty oproti bílé textilií, což je dáno především nižšími minimálními teplotami oproti půdě pokryté některou z textilií (Obr. 9). U tmavých textilií byly naměřeny největší amplitudy teplot, které jsou vyvolány především vyššími maximálními teplotami vlivem transformace větší části slunečního záření na tepelnou energii. Izolační efekt všech zkoumaných textilií v nočních hodinách je stejný, v důsledku čehož jsou i velmi podobné minimální teploty v půdě pod nimi, oproti holé půdě se zvyšují asi o 1 °C.

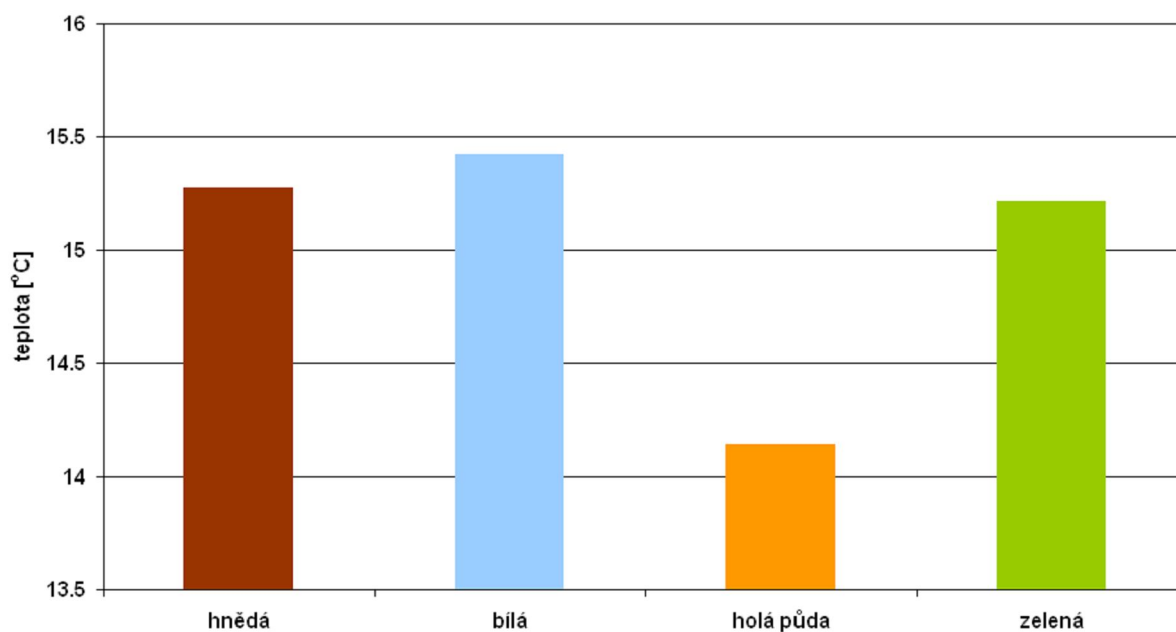
Obr. 11 přináší zajímavý pohled na vztah mezi průměrným denním množstvím globálního záření a amplitudou teploty pod jednotlivými povrchy. Poměrně vysoké koeficienty determinace (průměrně kolem 0,8) pro tmavé textilie svědčí o tom, že velikost amplitudy u nich do značné míry závisí na příkonu sluneční radiace, nejmenší koeficient je u holé půdy, na jejímž povrchu dochází s větší intenzitou k dalším tokům energie, na něž se spotřebovává část radiční energie. Bílá textilie, alespoň pokud jde o velikost koeficientu determinace, tvoří přechod mezi holou půdou a tmavými textiliemi.

**Průměrné amplitudy teploty půdy v hloubce 10 cm ve vegetačním období pod jednotlivými textiliemi a v holé půdě**



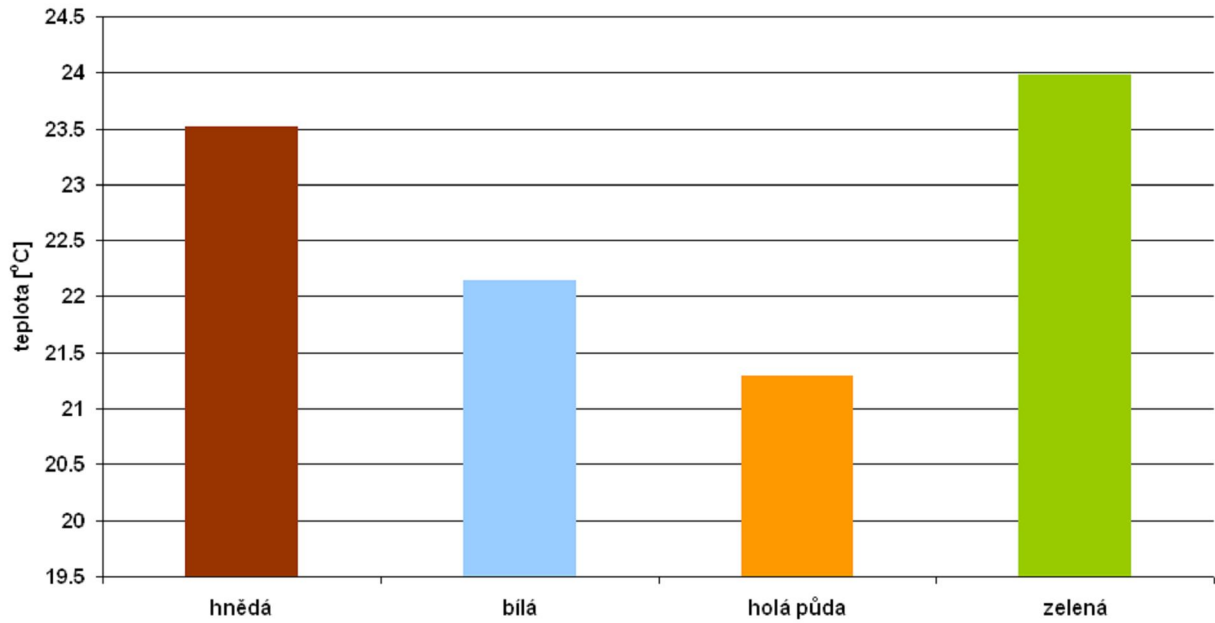
Obr. 8

**Průměrné minimální teploty půdy pod jednotlivými textiliemi ve vegetačním období**



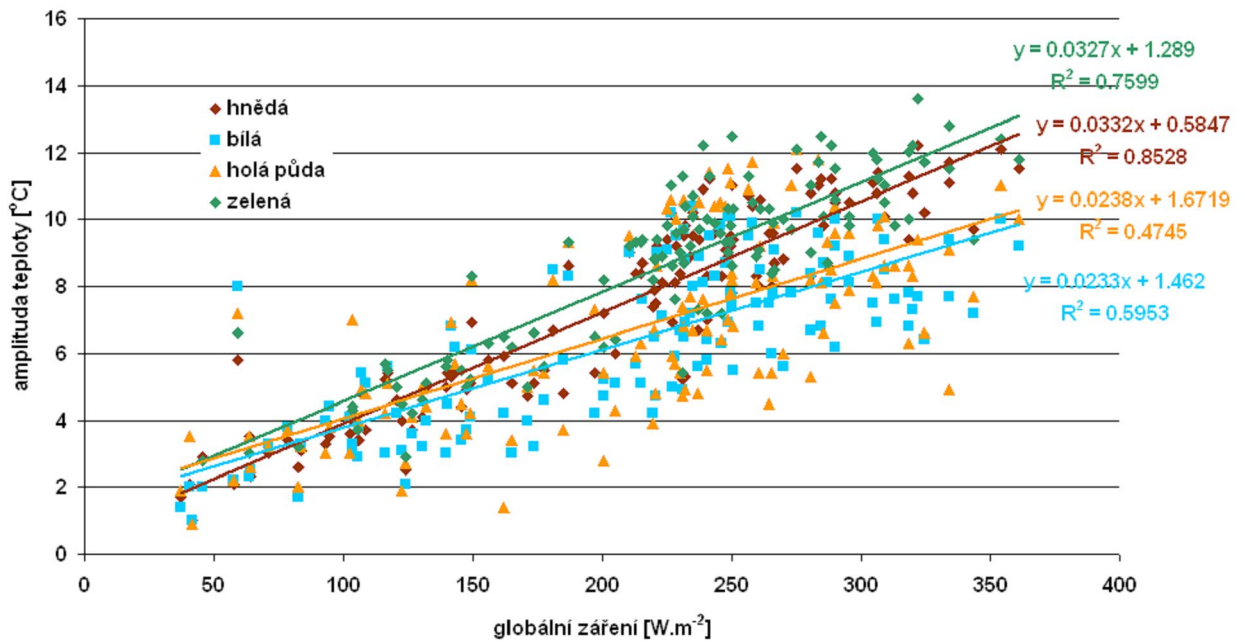
Obr. 9

**Průměrné maximální teploty pod jednotlivými textiliemi ve vegetačním období**



Obr. 10

**Vztah mezi denní amplitudou teploty půdy pod jednotlivými foliemi a globálním zářením**



Obr. 11

#### Závěr:

Pokrytí půdy tkanou textilií zvyšuje v průměru její teplotu ve stanovené hloubce 10 cm, nejvíce je teplota zvýšena pod tmavými textiliemi a nejméně pod bílou textilií. U tmavých textilií se rovněž projevuje výraznější závislost denní amplitudy teploty (v důsledku ovlivnění maximálních teplot) na globálním záření.

Experimentální využití několika barevných odstínů (bílá, hnědá, černá, a zelená) tkané textilie zn. Agrojutex ve srovnání s holou půdou (tj. s půdou bez pokryvu) prokázalo vliv textilie i barvy textilií na sledované parametry. Při praktické aplikaci do školkařské praxe bude míra využití záviset na lokalizaci školky v rámci ČR a s tím souvisejícím dopadajícím zářením i průběhem teplot během vegetace. Případnou vyšší propustnost textilií pro sluneční záření lze eliminovat kombinací různých barev textilií, případně zdvojením textilie při aplikaci na půdu. Toto opatření však musí být ekonomicky zdůvodnitelné (zvýšení nákladů).

#### Poděkování:

Príspevek je súčasťou grantového projektu 2B08020 NPV II (Modelový projekt zamezení biologické degradace půd v podmínkách aridního klimatu), podpořeného MŠMT ČR v rámci Národního programu výzkumu II.

#### Literatura:

- Kolek, J., Kozinka, V. Fyziológia koreňového systému rastlín. Bratislava : Slovenská akadémia vied, 1988. 381 s. ISBN 071-034-88.
- Kožnarová, V., Klapzuba, J.: Vlastnosti nastýlaných netkaných textilií z agrometeorologického hľadiska. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny 12. – 14.9.2005, ISBN 80-86 690–31-08
- Kožnarová, V. a kol.: Variabilita teploty půdy ve vegetačním období. In: Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženc, M. (eds.): “Bioclimatology and Natural Hazards”. International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8
- Kožnarová, V. a kol.:Príspevek ke studiu teplotních podmínek v půdě. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině“, Mikulov 9. – 11.9.2008, ISBN 978-80-86690-55-1
- Kurtenev, D.A., Čudnovskij, A. F.: Rasčet i regulirovanie teplovogo režima v otkrytom i zaščiščenom grunte. Gidrometizdat, Leningrad, 1969, 299 s.
- Procházka, S., et al. Fyziologie rostlin. Praha : Akademie věd České republiky, 2003. 485 s. ISBN 80-200-0586-2.
- Švihra, J., et al. Fyziológia rastlín. Bratislava : Príroda, 1989. 348 s. ISBN 80-07-00049-6.
- Türkott, L., Kožnarová, V.: Variabilita teploty půdy v zimním období. In: Střelcová, K., Škvarenina, J. & Blaženc, M. (eds.): “BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS” International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17 - 20, 2007, ISBN 978-80-228-17-60-8