

Teplotní a vlhkostní režim písčitých půd z hlediska zásobování rostlin vláhou v období 2009- 2015

Temperature and moisture regime of sandy soils from the perspective of water
supply to plants in the period 2009-2015

Tomáš Litschmann¹, Jaroslav Rožnovský^{2, 3}, Petr Salaš²

¹*Amet, Velké Bílovice*

²*Mendelova univerzita v Brně, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin,*

Valtická 337, 691 44 Lednice²

³*Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, Brno 616 00¹*

Abstrakt

V příspěvku jsou vyhodnoceny sedmileté řady měření půdních teplot a vlhkostí na lehkých písčitých půdách poblíž Hodonína za období od roku 2009 do roku 2015. Měření probíhalo v několika bodech do hloubky 45 cm. U půdních teplot je minimum zaznamenáno v průměru v únoru, maximum nastává u hloubek do 30 cm v červenci, v hlubších vrstvách se přesouvá na srpen. S ohledem na malou retenční schopnost písčitých půd se v průběhu vegetačního období velmi často vyskytují dny s nedostatkem vláhy v půdním profilu, nejnižší průměrné hodnoty se vyskytují v červenci, v tomto měsíci jsou rovněž dosahovány nejvyšší hodnoty vodního stresu. Z hlediska výskytu vodního stresu podle uvedené definice byl nejhorší rok 2015, v němž se stres v různé míře vyskytoval od dubna do října, nejnižší hodnoty se naopak vyskytovaly v roce 2010 s výjimkou měsíce července.

Klíčová slova: půdy písčité, teplota půdy, vlhkost půdy, katastr Hodonín

Abstract

The paper evaluates seven-year series of measurements of soil temperature and moisture of light sandy soils near Hodonín, between 2009 and 2015. Measurements were performed at several levels up to the depth of 45 cm. In case of soil temperatures the minimum was observed on average in February, maximum for up to 30 cm depth in July, for deeper levels in August. Given the low retention ability of sandy soils there are very often days with insufficient water in the soil profile during vegetation period, lowest average values being observed in July. July was also found to be the month with highest value of water stress.

Looking at the water stress values, the worst year from the analyzed period was 2015, when water stress was observed in various extent from April to October, in contrast, year with lowest values of water stress was 2010, with the exception of July of that year.

Key words: sandy soil, soil moisture, soil temperature, Hodonín country

Úvod

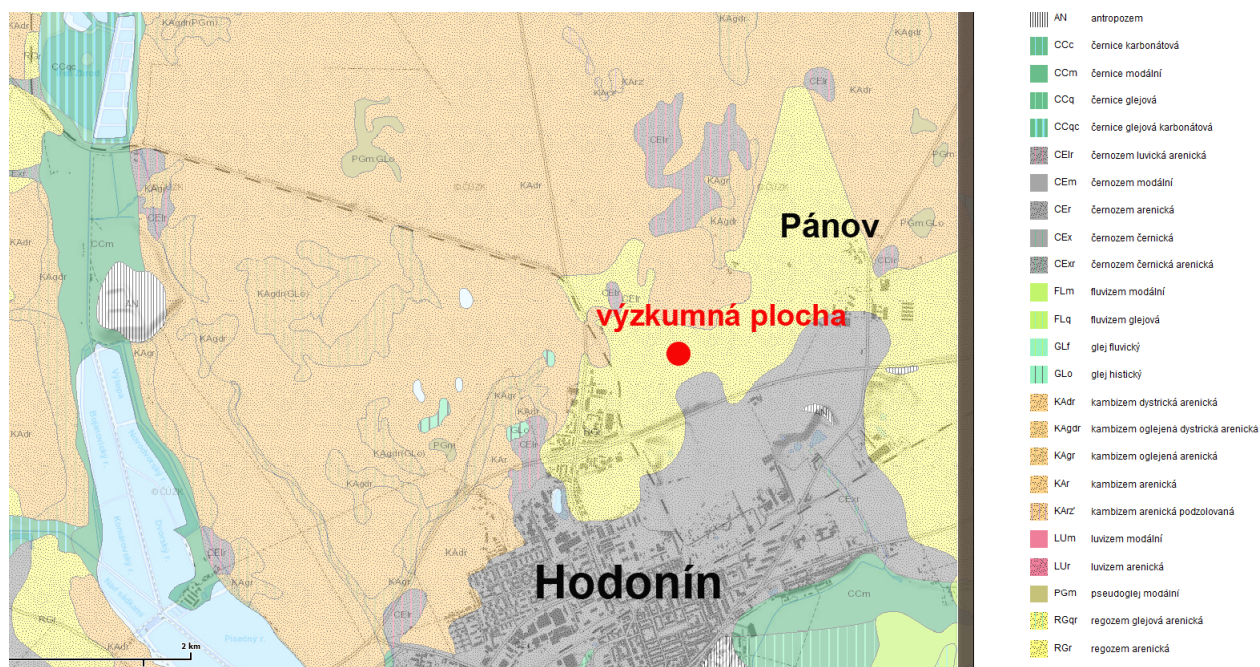
Půdní klima je velmi důležité pro život rostlin, přesto o něm nemáme dostatek údajů. Dokladem je mimo jiné také skutečnost, že bonita půdy není určována podle hodnot půdního klimatu (Vopravil et al. 2011). Určitě je to dáno i tím, že o hodnotách půdních teplot a vlhkostí rozhoduje jejich složení (Kutílek, 1966), takže nelze poznatky z dílčích měření generalizovat. Půdní vlhkost, tedy i potřebnou vodu pro rostliny v půdě, můžeme vyjádřit v objemových procentech, případně ve výšce vodního sloupce v půdním profilu o hloubce 1 metru. Dostupnost vody pro rostliny je omezena půdním hydrolimitem označovaným jako „bod vadnutí“. Opačným důležitým půdním hydrolimitem je retenční vodní kapacita (polní kapacita). Tyto hydrolimity jsou velmi ovlivněny fyzikálními a chemickými vlastnostmi půdy. Velký vliv zde má zvláště půdní druh. Písčité půdy, obsahující větší půdní částice, mají oba zmíněné hydrolimity, tedy bod vadnutí a retenční vodní kapacitu, nízké. Proto písčité půdy disponují malými hodnotami využitelné vodní kapacity. Toto způsobuje, že půda je schopna zadržet ve svých svrchních vrstvách velmi omezené množství vody (Hora et al., 2012a).

Tento příspěvek prezentuje výsledky měření půdních teplot a vlhkostí z lokality Pánov za období červenec 2009 až říjen 2015. Za toto období, z hlediska dnešních grantových projektů poměrně dlouhé, se podařilo získat poměrně ucelenou časovou řadu údajů o půdních teplotách a vlhkostech, svědčící jednak o kvalitě použité měřicí techniky, umožňující však popsat vývoj těchto pro růst rostlin důležitých faktorů za různých povětrnostních situací. V práci jsou vyhodnoceny roční chody těchto prvků a jejich variabilita, včetně vyhodnocení stresových stavů z hlediska nedostatku vláhy.

Materiál a metodika

Měření probíhala kontinuálně na výzkumné ploše poblíž lokality Pánov na Hodonínsku. Podle Jandáka, Lošáka a Hluška (2009) tvoří půdní pokryv pokusné plochy regozem arenická na vátém písku s velmi nízkým obsahem půdní organické hmoty a s nízkou

kvalitou humusu. Hodnota výměnné půdní reakce před založením pokusu byla velmi kyselá. Umístění plochy na půdní mapě je zachyceno na obr. 1, letecký pohled na tuto lokalitu pak na obr. 2.



Obr. 1 Poloha výzkumné plochy na půdní mapě



Obr. 2 Letecký pohled na výzkumnou plochu (oplocená část, měřicí stanoviště je v její vzdálenější polovině), foto L. Rygl

Kontinuální měření půdních teplot a vlhkostí probíhala od července roku 2009 až do listopadu 2015 na několika stanovištích pokusné plochy. Ke zpracování tohoto příspěvku byly využity údaje naměřené soupravou Meteo-UNI (AMET Velké Bílovice) mimo parcely obohacené půdními kondicionéry. Tato sestava měří pět půdních teplot v hloubkách 5, 10, 15, 30 a 45 cm pomocí sensorů DS18B20 (Dallas Semiconductor) a tři půdní vlhkosti v hloubkách 15, 30 a 45 cm snímači VIRRIB (AMET Velké Bílovice). Půdní vlhkosti jsou měřeny v objemových procentech. Měření jsou prováděna v 15-ti minutových intervalech. Je k dispozici poměrně kompletní pozorovací řada pouze s ojedinělými výpadky. Pohled na toto měřicí stanoviště včetně okolního bylinného porostu je na obr. 3. Tento porost byl pravidelně několikrát ročně mulčován. Z naměřených 15-ti minutových hodnot byly vypočteny denní a měsíční průměry pro jednotlivé hloubky teplot a vlhkostí půdy. Z hlediska zásobování rostlin vodou je důležitý i výskyt stavů s nedostatkem vláhy a míra vodního stresu rostlin. Ten jsme stanovili podle následujících pravidel:

$$I_s = 0 \text{ když } \{\Theta_{akt} > \Theta_{BSD}\}$$

$$I_s = (\Theta_{BSD} - \Theta_{akt}) / (\Theta_{BSD} - \Theta_{BV}) \text{ když } \{\Theta_{BV} > \Theta_{akt} < \Theta_{BSD}\}$$

$$I_s = 1 \text{ když } \{\Theta_{akt} < \Theta_{BV}\}$$

kde:

I_s – index vodního stresu rostlin, nabývá hodnot od 0 (beze stresu) do 1 (půdní vlhkost na, anebo pod bodem vadnutí)

Θ_{akt} – aktuální půdní vlhkost

Θ_{BSD} – půdní vlhkost odpovídající bodu snížené dostupnosti, byla použita hodnota 50 % využitelné vodní kapacity

Θ_{BV} – půdní vlhkost odpovídající bodu vadnutí

Pro každý den a každou hloubku byly vypočítány příslušné indexy vodního stresu a následně z nich spočítány měsíční průměry.

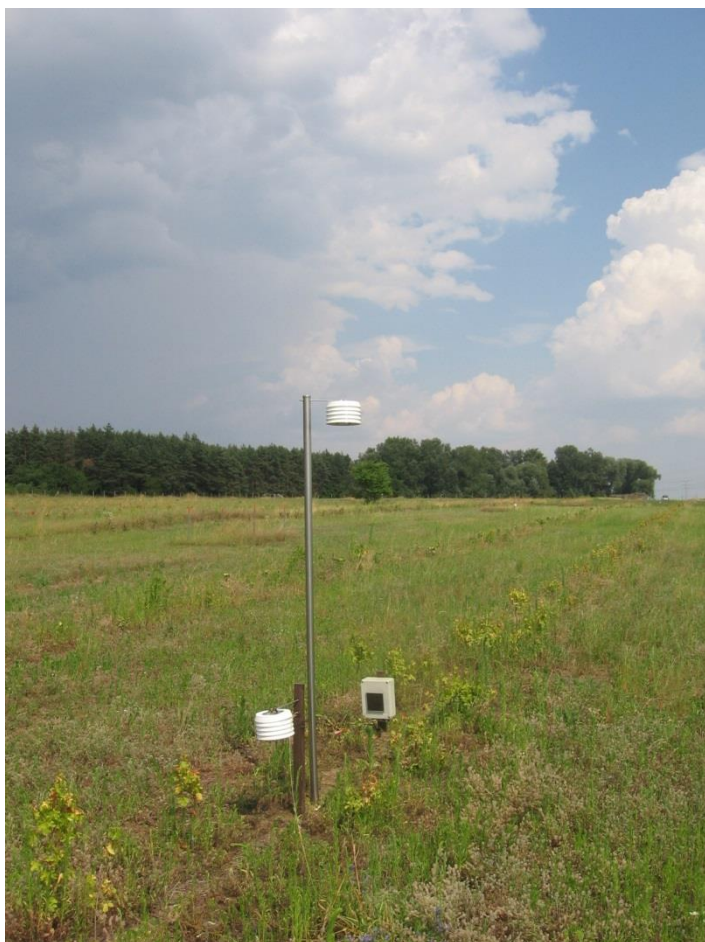
Hunt et al (2009) na obdobném principu stanovil index SMI (Soil Moisture Index). Ten je stanoven podle vztahu:

$$SMI = -5 + 10(\Theta_{akt} - \Theta_{BV}) / (\Theta_{PVK} - \Theta_{BV})$$

kde:

Θ_{PVK} – polní vodní kapacita

Autoři zde vycházejí z předpokladu, že existuje lineární závislost mezi dostupností vody pro rostliny a půdní vlhkostí v rozsahu od hydrolimitu polní vodní kapacita až do bodu vadnutí. Tento interval je rozdělen na deset částí, takže se výsledné hodnoty pohybují v rozsahu – 5 až +5, přičemž záporné hodnoty určují míru vodního stresu, zatímco kladné hodnoty dostatek vláhy pro rostliny. Bod snížené dostupnosti je stanoven jako 50 % využitelné vodní kapacity.



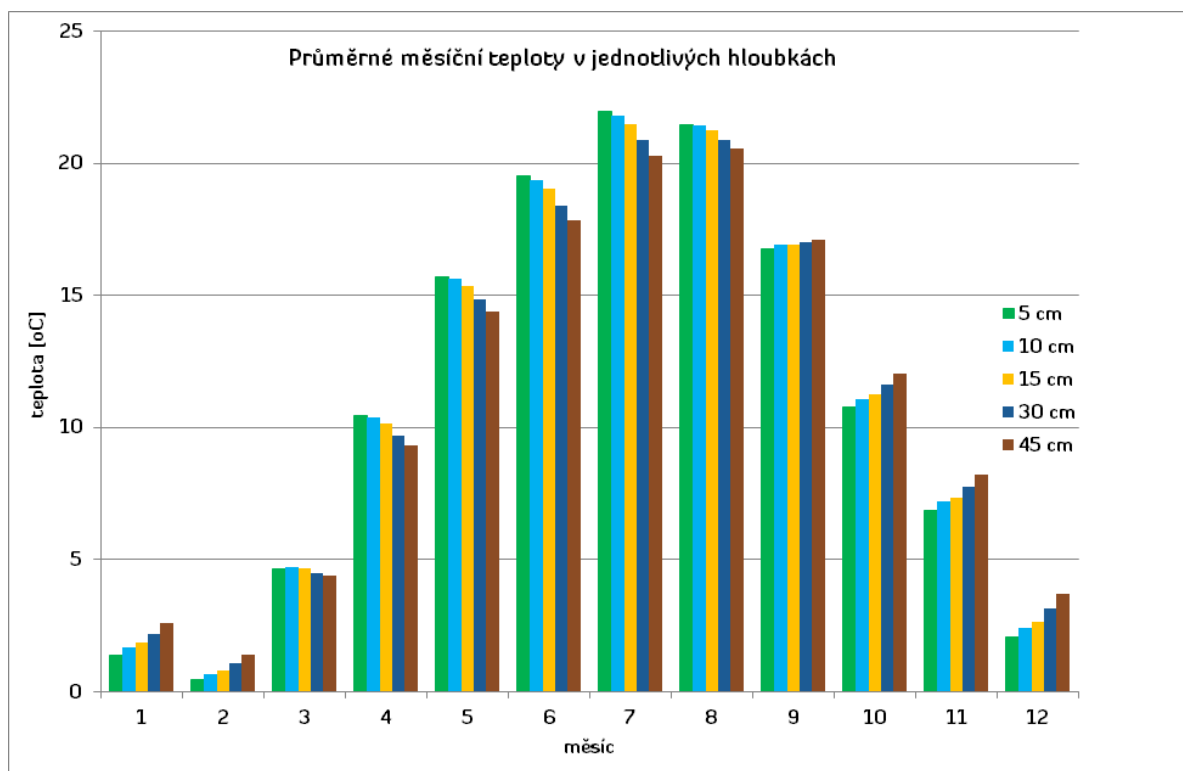
Obr. 3 Pohled na měřicí stanoviště, v plastových stínítkách jsou umístěny datalogery na měření teploty a vlhkosti, ve skříňce se solárním panelem je datalogger registrující půdní teploty a vlhkosti. Stav z července 2010

Výsledky a diskuse

Půdní teploty.

Písčité půdy jsou charakteristické svou poměrně malou tepelnou kapacitou, proto se lépe zahřívají, ale i chladnou a teplotní změny s hloubkou nejsou tak výrazné jako u těžších půd. Na obr. 4 jsou vyneseny průměrné měsíční teploty pro jednotlivé hloubky. V březnu a září

dochází k izotermii, v teplém půlroce má půda přímé zvrstvení, kdy teplota s hloubkou klesá, v chladném půlroce je inverzní zvrstvení, kdy je tomu naopak. Zaznamenané roční minimum v únoru souvisí s obdobím holomrazů v roce 2012, během nichž celý sledovaný půdní profil promrzl. Nejvyšší teploty jsou zaznamenávány v červenci, případně i srpnu.

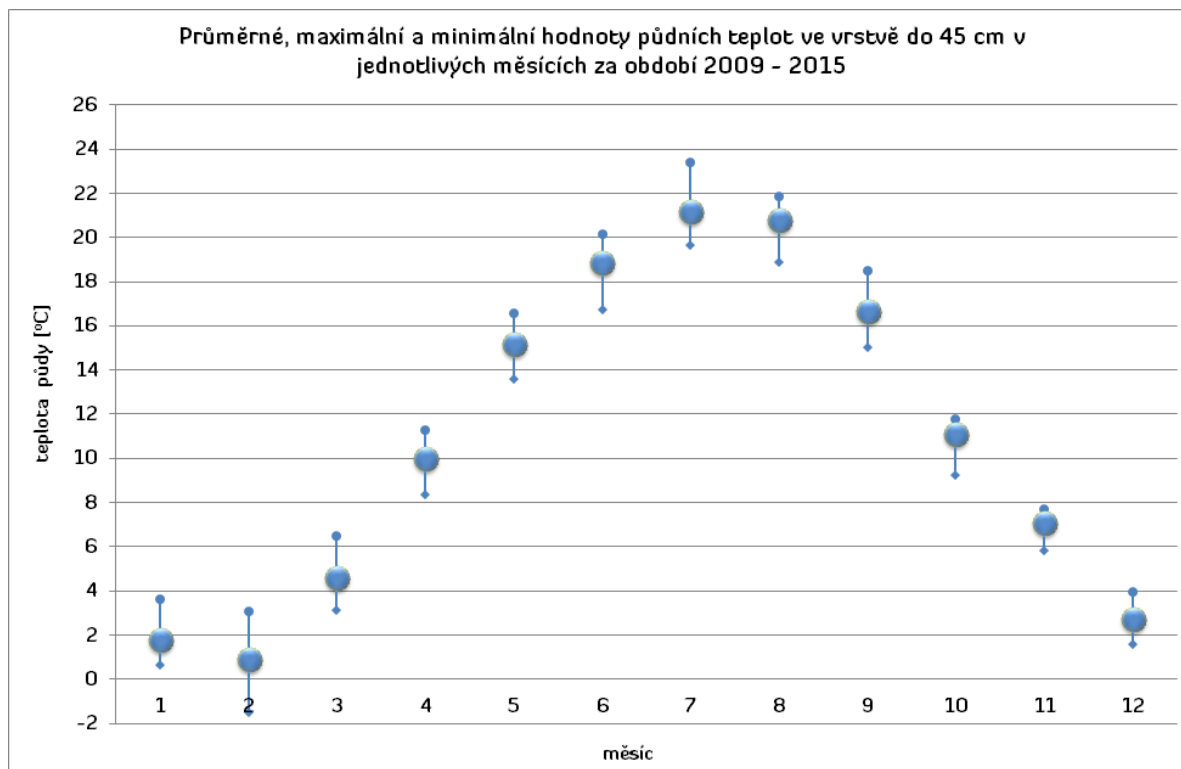


Obr. 4 Průměrné měsíční teploty v jednotlivých hloubkách za období 2009 – 2015

V letním půlroce dosahuje koeficient korelace mezi teplotou vzduchu a půdy v hloubce 5 cm poměrně vysoké hodnoty 0,90, svědčící o těsném vztahu těchto veličin, naproti tomu je poměrně slabá závislost teploty půdy na globálním záření. Rovněž ovlivnění teploty půdy její vlhkostí není nikterak výrazné z důvodu malého obsahu vláhý v půdě. Poměrně snadno zasakující srážková voda však slouží jako dobrý přenašeč tepelné energie a v případě vydatnějších srážek přispívá k rychlým změnám a k vyrovnání teplot ve sledovaném půdním profilu.

Na obr. 5 je následně vynesena průměrná měsíční, maximální a minimální teplota půdy v celém profilu do hloubky 45 cm, stanovaná jako aritmetický průměr ze všech pěti měřených bodů ve vertikálním profilu. Variační rozpětí v jednotlivých měsících naznačuje

poměrně malou variabilitu ve sledovaných letech mezi maximálním a minimálním měsíčním průměrem, nepřesahující jednotky stupňů Celsia.

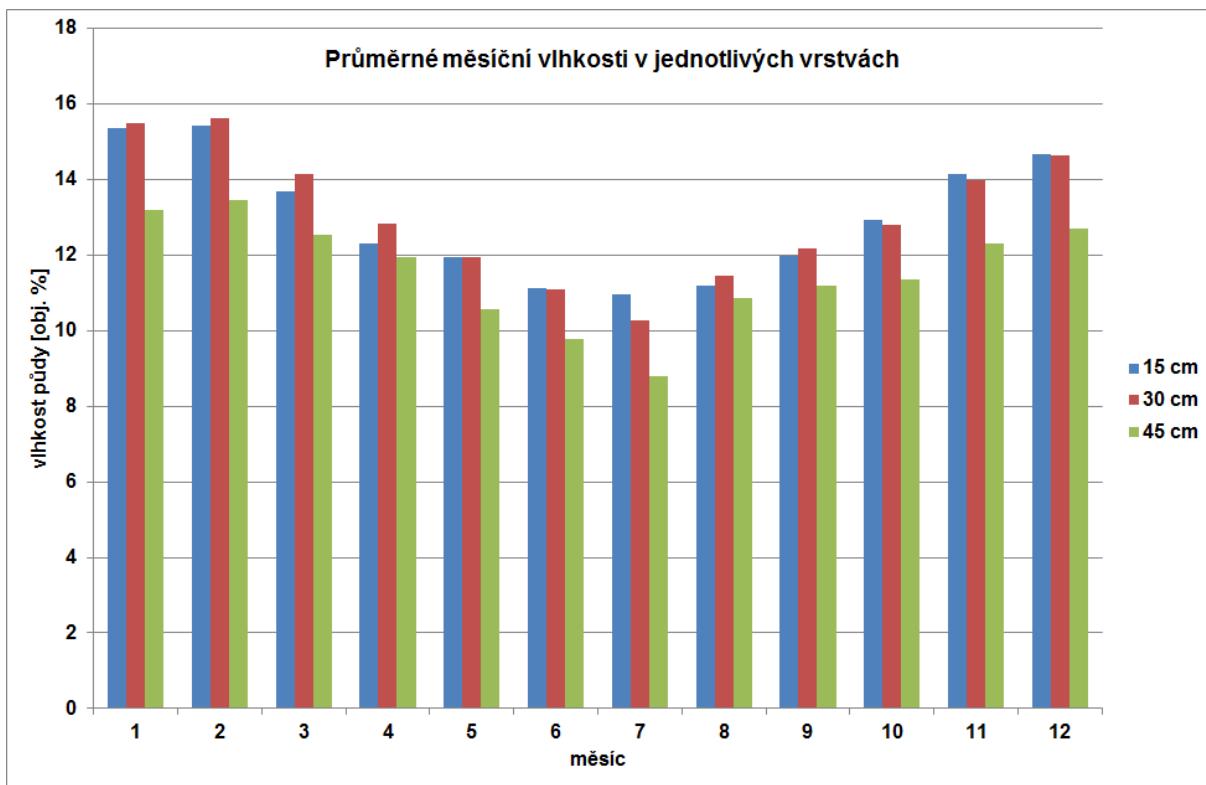


Obr. 5 Průměrná měsíční, maximální a minimální teplota půdy v profilu 5 až 45 cm za období 2009 – 2015

Půdní vlhkost

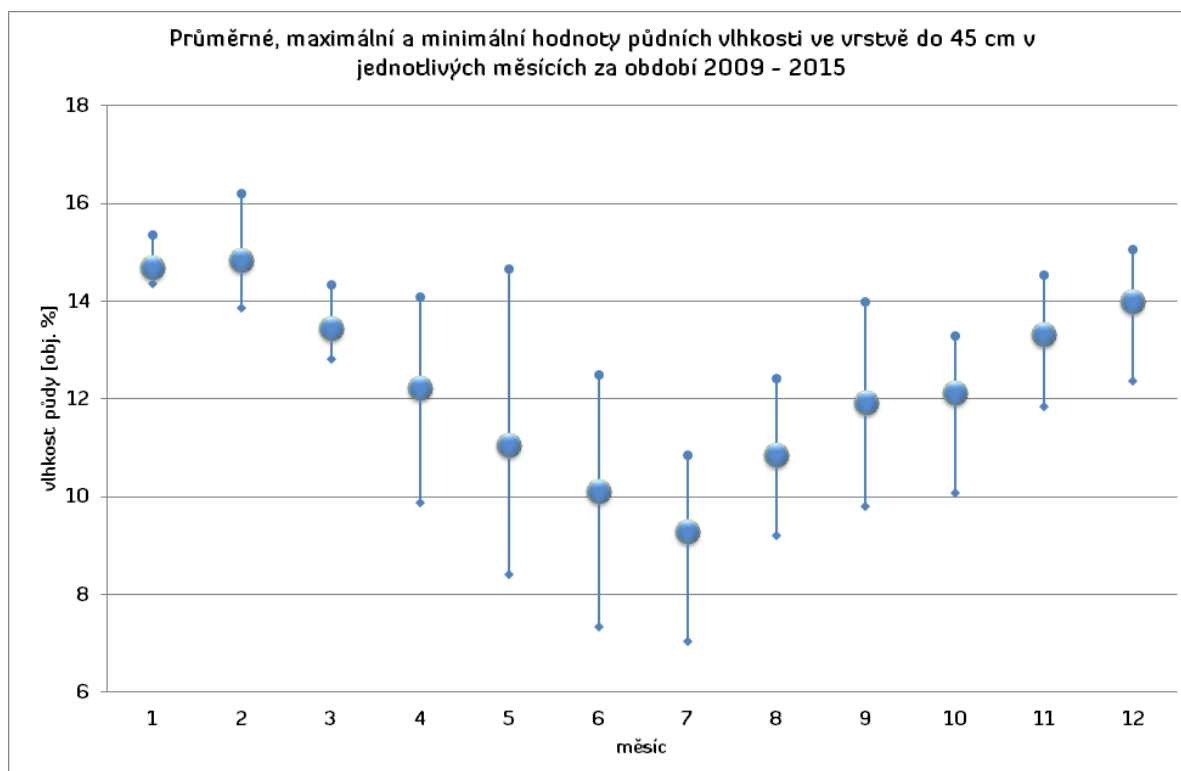
Zpracování výsledků měření půdních vlhkostí za kratší období na této lokalitě bylo již v minulosti provedeno např. v pracích Hora, Kohut (2012,b), eventuálně Hora et al. 2011. Nyní máme k dispozici údaje za podstatně delší období, z nichž lze odvodit reprezentativnější závěry.

Průměrné měsíční hodnoty půdních vlhkostí v jednotlivých vrstvách, tak jak jsou znázorněny na obr. 6, mohou poskytnout prvotní informace o jejich vývoji na dané lokalitě. Nejvyšší hodnoty se vyskytují v podzimních a zimních měsících, ale již v průběhu března začínají vlhkosti klesat a minima dosahují v letních měsících od června do srpna, kdy je vláhová potřeba rostlin nejvyšší. Ve svrchních vrstvách do 30 cm jsou půdní vlhkosti o něco vyšší než v hlubší vrstvě 45 cm, pravděpodobně z důvodu o něco nižšího doplňování srážkovou vodou. V této vrstvě je poměrně ostře vyjádřené minimum v červenci.



Obr. 6 Průměrné měsíční vlhkosti v jednotlivých vrstvách za období 2009 – 2015

Na obr. 7 jsou podobně jako u teploty půdy znázorněny průměrné, maximální a minimální hodnoty měsíčních průměrů stanovené ze všech třech měřených hodnot půdních vlhkostí. Nejnížší hodnoty půdních vlhkostí jsou v červenci, rozdíly mezi měsíci v jednotlivých letech jsou však podstatně výraznější než je tomu u půdních teplot. Největší variační rozpětí je v květnu a následně pak v červnu, což značí, že v tomto období byly v jednotlivých letech zaznamenány jak poměrně vysoké, tak i nízké průměrné měsíční vlhkosti půdy. Poměrně nejistým měsícem z hlediska srážek může být i září, kdy se opět v některých letech vyskytují vysoké srážkové úhrny, anebo naopak může panovat počasí s převažujícími anticyklonálními vlivy. V mimo vegetačním období je rozkolísanost měsíčních hodnot půdních vlhkostí většinou malá v důsledku nižší evapotranspirace a tudíž i vyšších vlhkostí půdy.



Obr. 7 Průměrné, maximální a minimální hodnoty měsíčních průměrů stanovené ze všech třech měřených hodnot půdních vlhkostí za období 2009 - 2015

Z hlediska růstu rostlin na dané ploše jsou důležité i hodnoty vodního stresu, vypočítané tak, jak bylo definováno v kapitole Materiál a metodika. Jejich měsíční průměry jsou pro jednotlivé vrstvy na obr. 8. V podstatě od počátku vegetační sezóny dochází k poklesům půdních vlhkostí pod bod snížené dostupnosti, nejvýrazněji se stres projevuje v červenci, především pak v hloubce 45 cm. K praktickému vymizení vodního stresu dochází až s poklesem evapotranspirace na minimum v listopadu.

K obdobným závěrům lze dospět i s využitím indexu SMI, obr. 9. Jelikož tento index počítá i s kladnými hodnotami, mohou být v některých měsících výsledné průměrné hodnoty ovlivněny větší proměnlivostí srážkové činnosti v jednotlivých letech. Projevilo se to např. v srpnu a září, kdy byly takto zmírněny hodnoty SMI oproti výše uvedeným hodnotám vodního stresu.

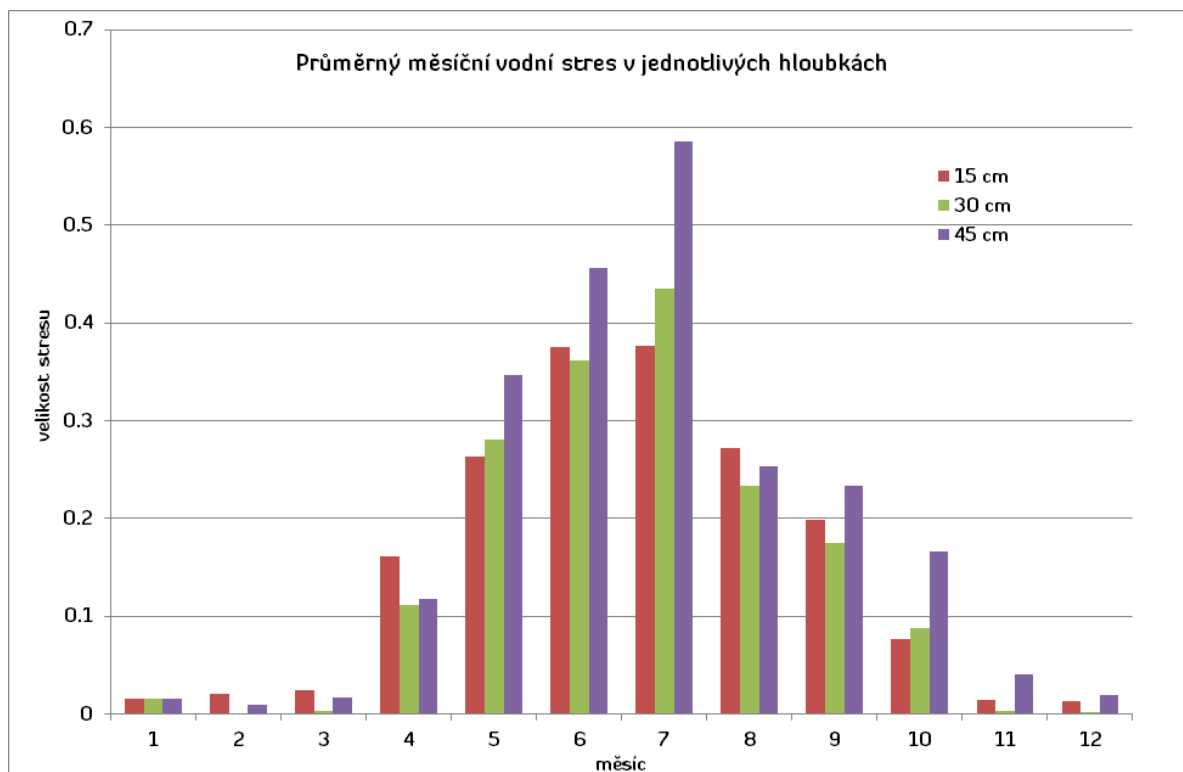
Vývoj vodního stresu v jednotlivých měsících zpracovaného období lze sledovat na obr. 10. Jedná se o průměrné hodnoty ze všech tří vrstev. Za pozornost stojí jeho prudký nárůst v červenci 2010, neboť následoval po velmi vlhkém jaru. Zcela jasně to ukazuje na značnou citlivost písčitých půd i na krátkodobý nedostatek srážek. Zejména pak v případě, kdy

během předcházejícího vlhkého období došlo k bujnému nárůstu vegetace, jejíž potřeby pak nemohou být satureovány nízkou zásobou půdní vláhy.

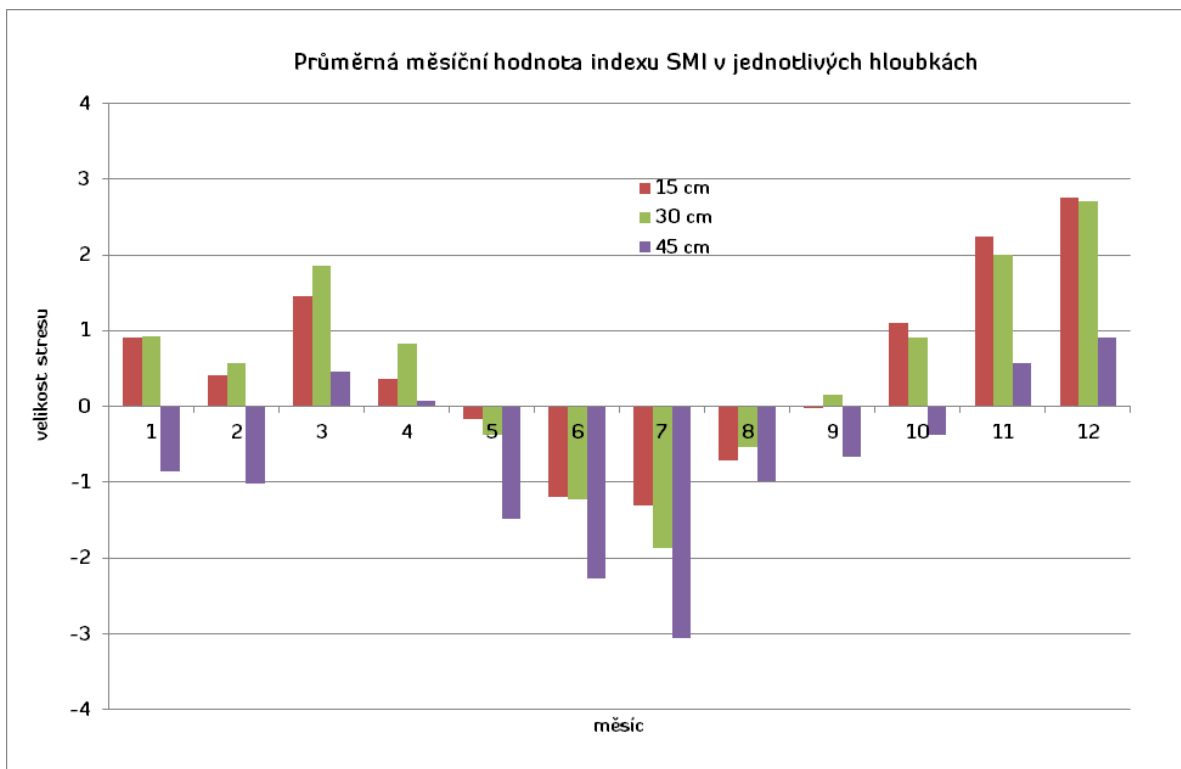
Ze zpracovaného časového období bylo nejvyšších hodnot vodního stresu dosaženo v roce 2015, kdy se nevyskytovaly výraznější srážky a ani v písčité půdě vláha nemohla proniknout do hlubších vrstev. Naopak nejnižší hodnoty vodního stresu se vyskytovaly v roce 2010, kdy po vlhkém jaru následoval i vlhký podzim.

Všechny dosažené výsledky mají platnost pro daný půdní pokryv, tj. bylinný porost pravidelně mulčovaný. Lze předpokládat, že při pěstování kulturních plodin s odlišným kořenovým systémem a jinými transpiračními požadavky by rozložení půdních vlhkostí bylo jiné, rozhodně však nelze předpokládat, že by se nedostatek vláhy zmírnil, spíše naopak.

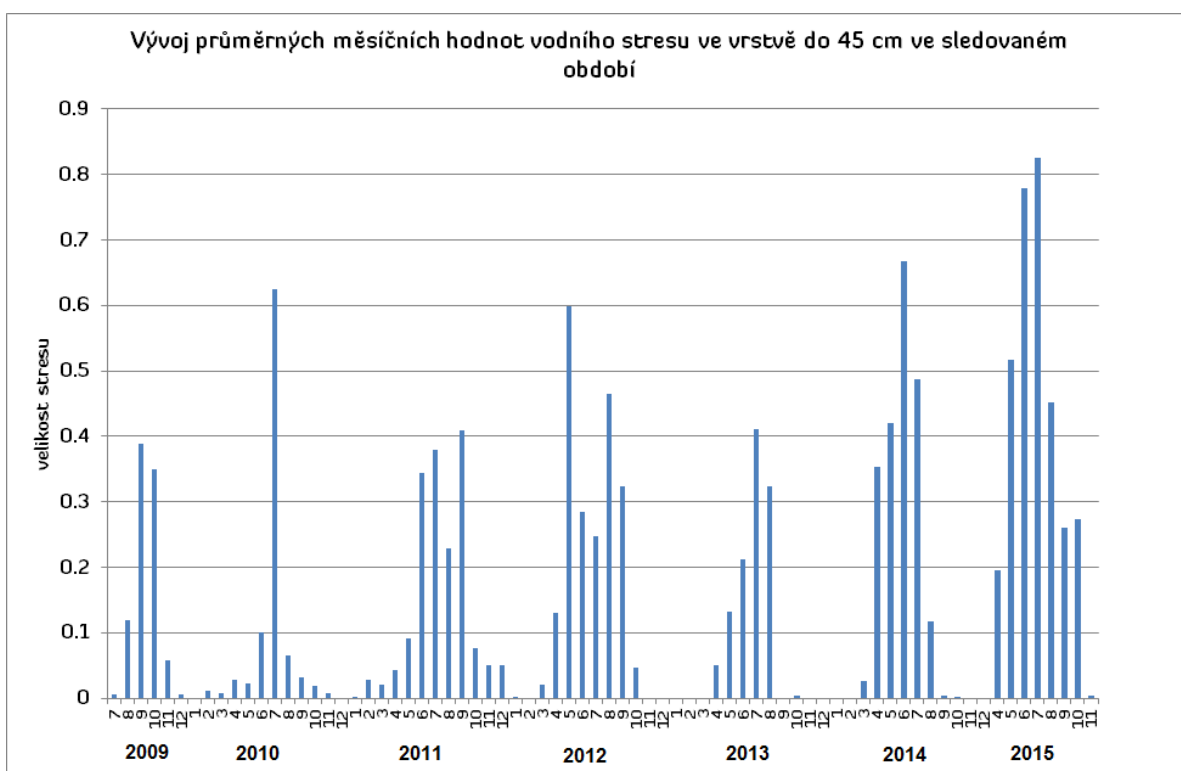
Vododržnost písčitých půd je možno zlepšit různými látkami absorbujícími vodu. Jak dokazují nejrůznější autoři (např. Narjary 2012, Akhter 2004, Leciejewski 2009), jedním z takových prostředků mohou být různé typypřírodních či syntetických hydroabsorbentů, anebo jak popisuje Karbout (2016), přídavek jílovitých částic, ovšem ne v prachové formě, ale o velikosti částic několika milimetrů.



Obr. 8 Průměrný měsíční vodní stres v jednotlivých hloubkách za období 2009 - 2015



Obr. 9 Průměrná měsíční hodnota indexu SMI za období 2009 - 2015



Obr. 10 Vývoj průměrných měsíčních hodnot vodního stresu ve vrstvě do 45 cm v jednotlivých letech

Závěr

Hodnocení teplotního a vlhkostního režimu písčité půdy na lokalitě Hodonín - Pánov za období 2009 až 2015 přineslo tyto výsledky:

- a) hodnocené písčité půdy jsou charakteristické svou poměrně malou tepelnou kapacitou, proto se lépe zahřívají, ale i chladnou a teplotní změny s hloubkou nejsou tak výrazné.
- b) V chodu teplot půdy v březnu a září dochází k izotermii, v teplém půlroce má půda přímé zvrstvení, kdy teplota s hloubkou klesá, v chladném půlroce je inverzní zvrstvení.
- c) Zaznamenané roční minimum v únoru souvisí s obdobím holomrazů v roce 2012, během něž celý sledovaný půdní profil promrzl.
- d) Nejvyšší teploty jsou zaznamenávány v červenci, případně i srpnu.
- e) V letním půlroce dosahuje koeficient korelace mezi teplotou vzduchu a půdy v hloubce 5 cm poměrně vysoké hodnoty 0,90, svědčící o těsném vztahu těchto veličin. Nízký obsah vody v půdě způsobuje, že ovlivnění teploty půdy její vlhkostí není výrazné.
- f) Poměrně snadno zasakující srážková voda slouží jako dobrý přenašeč tepelné energie a přispívá k rychlým změnám a k vyrovnání teplot ve sledovaném půdním profilu.
- g) Vlhkost půdy dosahuje nejvyšších hodnot v podzimních a zimních měsících. Již v průběhu března začínají vlhkosti klesat a minima dosahují v letních měsících od června do srpna.
- h) Do 30 cm jsou půdní vlhkosti o něco vyšší než v hlubší vrstvě 45 cm, pravděpodobně z důvodu o něco nižšího doplňování srážkovou vodou. V této vrstvě je poměrně ostře vyjádřené minimum v červenci.
- i) Nejvyšší variabilita vlhkosti půdy je ve všech vrstvách v květnu a v červnu, zřejmě v důsledku kombinace častějších srážek a intenzivní evapotranspirace.
- j) V podstatě od počátku vegetační sezóny dochází k poklesům půdních vlhkostí pod bod snížené dostupnosti, nejvýrazněji se stres projevuje v červenci, především pak v hloubce 45 cm. K praktickému vymizení vodního stresu dochází až s poklesem evapotranspirace na minimum v listopadu.

Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen Technologickou agenturou České republiky v rámci projektu „Revitalizace zemědělské půdy v oblastech ČR ohrožených suchem“ (TH02030073) a Národní agenturou zemědělského výzkumu, projekt registrační číslo QK1720285 „Metody korekce vláhových potřeb plodin zohledňující scénáře změn klimatu území ČR pro optimalizaci managementu závlah“.

Použitá literatura

- Akhter, J. et al. 2004: Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant soil Environ.*, 50, 2004 (10): 463–469
- Bedrna, Z., Gašparovič, J., 1986. Typy teplotného režimu pôd ČSSR. *Geografický časopis*, roč. 38, č. 1, s. 60-77.
- Hora, P., Kohut, M., 2012a: Srovnání měřené a modelové vlhkosti na písčitých půdách. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H. (eds.). *Vláhové poměry krajiny*. 4.-5.4.2012, Mikulov, ISBN 978-80-86690-78-0
- Hora, P., Kohut, M., 2012b: Variabilita vlhkosti půdy v Hodoníně – Pánově v letech 2009 - 2011. In: Rožnovský, J., Litschmann, T., Středa, T., Středová, H. (eds.). *Vláhové poměry krajiny*. 4.-5.4.2012, Mikulov, ISBN 978-80-86690-78-0
- Hora, P., Kohut, M., Rožnovský, J., Litschmann, T., 2011: Dynamika vlhkosti písčitých půd. *Influence of anthropogenic activities of water regime of lowland territory*, edited by Ivanko J., Pavelkova D., Gombos M., 17.-19.5.2011, Zemplínska Širava. VHZ UH SAV Bratislava, 2011.
- Hrbek, J., Krhounek, S., 1957. Promrzání půd v zimě 1955–1956. *Meteorologické Zprávy*, roč. 10, č. 1, s. 16–23.
- Hunt, E.D. et al. 2009: The development and evaluation of a soil moisture index. *Int. J. Climatol.* 29: 747–759
- Jandák, J., Lošák, T., Hlušek, J., 2009: Pedologicko-agrochemické vlastnosti půdy hodnocené na lokalitě Hodonín. In: *Trávníky 2009 – zeleň v suchých oblastech ČR*. Bonus, s. 41-45.

Karbout, N. et al. 2016: Effect of clay amendment on the conservation of moisture in sandy soils of South East Tunisia. *Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 04 (2016) 125-131

Kutílek, M. *Vodohospodářská pedologie*. SNTL Praha, 1966. 275 s.

Leciejewski, P., 2009: The effect of hydrogel additives on the water retention curve of sandy soil from forest nursery in Julinek. *J. Water Land Dev.* No. 13a, 2009: 239–247

Litschmann, T., Rožnovský, J., Kohut, M., 2009: Režim teploty a vlhkosti půdy na lokalitě Ratíškovice. In *Sborník ze semináře Trávníky 2009 v Hodoníně pořádaného ve spolupráci se Zahradnickou fakultou MZLU v Brně, ČHMÚ, VÚT v Brně, Výzkumným ústavem pícninářským, Agrostis Trávníky, s.r.o., a OSEVA vývoj a výzkum s.r.o.* Vydala Agentura BONUS, Hrdějovice, s. 45-51. ISBN 978-80-86802-14-5.

Narjary, B., 2012: Water availability in different soils in relation to hydrogel application. *Geoderma* 187–188 (2012) 94–101

Pokladníková, H., Rožnovský, J., Středa, T., 2008. Evaluation of soil temperatures at agroclimatological station Pohořelice. *Soil and Water Research*, vol. 3, no. 4, p. 223-230.

Vopravil, J., Rožnovský, J., Novotný, I., Khel, T., Papaj, V., Středa, T. 2011: Systém bonitovaných půdně ekologických jednotek - současnost a jejich budoucnost. [CD-ROM]. In *Půda v 21. století: hodnocení a oceňování zemědělského půdního fondu v podmínkách užití a ochrany přírodních zdrojů*, p. 93-100. ISBN 978-80-86671-85-7.

Kontakt:

RNDr. Tomáš Litschmann, PhD.

AMET Velké Bílovice, Žižkovská 1230, 6391 02 Velké Bílovice

email: amet@email.cz