



**Expertní činnost v sektoru okrasného školkařství - ověření a stanovení
metodiky závlahových dávek vody při produkci dřevin v kontejnerech na
základě experimentálního zjištění**

Zpráva za rok 2020

Smlouva o dílo č. 313-2020-18144, čj. 12927/2020-MZE-18144

Olomouc, 23. listopadu 2020

Objednatel: Česká republika - Ministerstvo zemědělství

Se sídlem: Těšnov 65/17, 110 00 Praha 1 – Nové Město

Zhotovitel: Svaz školkařů České republiky, z.s.

Se sídlem: Wolkerova 37/17, 779 00 Olomouc



Svaz školkařů ČR

Svaz školkařů ČR jako profesní svaz sdružuje více než 80 zahradnických firem, podnikajících na území České i Slovenské republiky. Jedna z členských firem, Zahradnická fakulta MENDELU se sídlem v Lednici, se jako výzkumná instituce ujala praktických experimentálních činností na funkčním úkolu. Garancí experimentálních prací Svaz školkařů ČR pověřil doc. Dr. Ing. Petra Salaše, akademického pracovníka Zahradnické fakulty MENDELU. Studii zpracoval kolektiv autorů (doc. Dr. Ing. Petr Salaš; RNDr. Tomáš Litschmann, Ph.D.; Ing. Jana Burgová, Ph.D.; Marie Drobiličová; Ing. Helena Zahradníková, Ph.D.; Mgr. Radoslav Vlček, Ph.D.).

OBSAH

PŘEDMĚT A ÚČEL SMLOUVY	3
METODIKA PŘÍSTUPU K POKUSŮM A PRŮBĚH ŘEŠENÍ ZAKÁZKY.....	4
STANOVENÍ OBLASTÍ PROVÁDĚNÝCH SLEDOVÁNÍ V ROCE 2020.....	4
POPIS POKUSNÉHO MÍSTA	5
VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ DLE JEDNOTLIVÝCH VÝZKUMNÝCH OBLASTÍ.....	7
1. POROVNÁNÍ SPOTŘEBY VODY VE DVOU REŽIMECH ZÁVLAH U DŘEVIN V KONTEJNERECH.....	7
2. MĚŘENÍ POHYBU VLHKOSTI A TEPLoty SUBSTRÁTU V PĚSTEBNÍCH NÁDOBÁCH V PRŮBĚHU VEGETACE	24
3. MĚŘENÍ POHYBU TEPLoty A VLHKOSTI SUBSTRÁTU V PĚSTEBNÍCH NÁDOBÁCH V SYSTÉMU STANDARDNÍ PRODUKCE A PRODUKCE NA VZDUCHOVÉM POLŠTÁŘI.....	28
4. STANOVENÍ VLIVU MULČOVÁNÍ POVRCHU KONTEJNERŮ NA SPOTŘEBU ZÁVLAHOVÉ VODY	33
5. STANOVENÍ ČETNOSTI ZÁLIVKY KONTEJNERŮ V PŘÍPADĚ VYUŽITÍ PŘÍMĚSI HYDROABSORBENTU V SUBSTRÁTU	39
6. VYHODNOCENÍ PRŮBĚHU MIKROKLIMATICKÝCH PARAMETRŮ NA DVOU ODLIŠNÝCH STANOVIŠTÍCH (KONTEJNEROVNA, STÍNOVIŠTĚ).....	51
SOUHRNNÝ ZÁVĚR.....	69
PŘÍLOHY ODBORNÉ ZPRÁVY - PUBLIKAČNÍ ČINNOST V ROCE 2020 – ZVEŘEJNĚNÍ VÝSLEDKŮ, DOSAŽENÝCH V PŘEDCHOZÍCH LETECH ŘEŠENÍ FÚ.....	71

Předmět a účel smlouvy

Předmětem smlouvy je závazek zhotovitele provádět expertní činnost v sektoru školkařství. Specifikace díla: porovnání spotřeby vody ve dvou režimech závlah (čidlo v substrátu, časový spínač) u dvou druhů dřevin (*Syringa*, *Spiraea*) a ve dvou objemech kontejneru; měření pohybu vlhkosti a teploty substrátu v pěstebních nádobách v průběhu vegetace u modelové rostliny (*Weigela*); měření pohybu teploty a vlhkosti substrátu v pěstebních nádobách v systému standardní produkce a produkce na vzduchovém polštáři u modelové rostliny (opadavý listnatý keř); stanovení vlivu mulčování povrchu kontejnerů na spotřebu závlahové vody (využití různých typů mulčovacích materiálů); stanovení četnosti zálivky kontejnerů v případě využití příměsi hydroabsorbentu v substrátu u modelových rostlin rodu *Wiegela*, *Syringa*; vyhodnocení průběhu mikroklimatických parametrů na dvou odlišných stanovištích (kontejnerovna, stínoviště) ve vztahu k teplotě a vlhkosti vzduchu a substrátu.

Výstupem bude elektronická písemná zpráva, která bude shrnovat provedené části experimentu a zjištěná data s vyhodnocením. Součástí zprávy bude doprovodná fotodokumentace a grafy. Získané poznatky budou shrnuty a zobecněny tak, aby byly využitelné v provozní praxi (elektronická příručka – Metodika využití závlah při produkci okrasných dřevin v kontejnerech).

Účelem smlouvy je získání odborně podložených podkladů pro optimalizaci závlahových systémů v okrasných školkách (kontejnerovnách) a potřeb školkařských podniků za účelem rozvoje a konkurenceschopnost školkařských firem a optimalizace hospodaření s vodními zdroji.

Metodika přístupu k pokusům a průběh řešení zakázky

Metodika pokusů vycházela z aktuálních možností a potřeb školkařských podniků. Po konzultaci se školkaři a v návaznosti na experimenty, realizované v minulých letech byly stanoveny základní varianty. Vzhledem k obtížnosti tématiky a variabilnosti pěstebních ploch, jakožto i předpokládanému rozdílnému průběhu počasí v každém vegetačním roce, je předpokládáno udržitelné využití z dotace pořízeného vybavení i v dalších letech, tak aby bylo po zhodnocení víceletých pokusů získáno co nejvíce relevantních dat (v rámci specifického výzkumu či řešení závěrečných prací). Tento fakt umožní přesnější specifikaci potřeb školkařských podniků. Získané poznatky budou kontinuálně předávány odborné školkařské praxi (implementace poznatků).

Experimentální práce v rámci funkčního úkolu probíhaly na pokusných plochách Ústavu šlechtění a množení zahradnických rostlin v Lednici Zahradnické fakulty MENDELU se sídlem v Lednici, část i na pokusné ploše v Moravském Žižkově. V průběhu roku 2020 byly některé výsledky s povolením zadavatele prezentovány a publikovány. Informace o publikovaných výsledcích řešení v předchozích letech jsou součástí přílohy zprávy. Publikace výsledků byla realizována se souhlasem zadavatele úkolu.

Stanovení oblastí prováděných sledování v roce 2020

1. Porovnání spotřeby vody ve dvou režimech závlah u dřevin v kontejnerech
2. Měření pohybu vlhkosti a teploty substrátu v pěstebních nádobách v průběhu vegetace
3. Měření pohybu teploty a vlhkosti substrátu v pěstebních nádobách v systému standardní produkce a produkce na vzduchovém polštáři
4. Stanovení vlivu mulčování povrchu kontejnerů na spotřebu závlahové vody
5. Stanovení četnosti zálivky kontejnerů v případě využití příměsí hydroabsorbentu v substrátu
6. Vyhodnocení průběhu mikroklimatických parametrů na dvou odlišných stanovištích (kontejnerovna, stínoviště)

Popis pokusného místa

Kontejnerovny Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Brně. Jedná se o výukové i výzkumné plochy, které se nachází v obci Lednice, lokalitě Mendeum. Kontejnerovny jsou vybavením srovnatelné s podobnými plochami v komerčních podnicích, takže je možné získané výsledky jednoduše aplikovat v provozní praxi. Starší kontejnerovna je zavlažována na jedné polovině mikropostřikem, na druhé polovině je použito k závlaze kapkovacích jehel. Nová kontejnerovna je zavlažována mikropostřikem, je vybavena technologií pro čištění závlahové vody při zajištění retence již použité vody (nádrž s objemem 12 m³), což je opatření šetrné vůči životnímu prostředí. Pro potřeby jednotlivých experimentů mohou být podmínky modifikovány. Jednotlivé závlahové větve jsou řízeny automatickým systémem zjišťování vlhkosti substrátů a spouštěním závlah. Zdrojem vody je systém rozvodů velkoplošných závlah externího dodavatele vody. Tlak vody je regulován v místě napojení na hydrant. Zdrojem vody jsou Lednické rybníky. Rostliny jsou pěstovány ve standardních, na trhu dostupných zahradnických substrátech. Nová kontejnerovna byla v areálu postavena v průběhu roku 2019.



Obr. 1 Starší kontejnerovna Zahradnické fakulty MENDELU



Obr. 2 Nová kontejnerovna a stínoviště Zahradnické fakulty MENDELU



Obr. 3 - 4 Vybavení závlahového systému na nové kontejnerovně



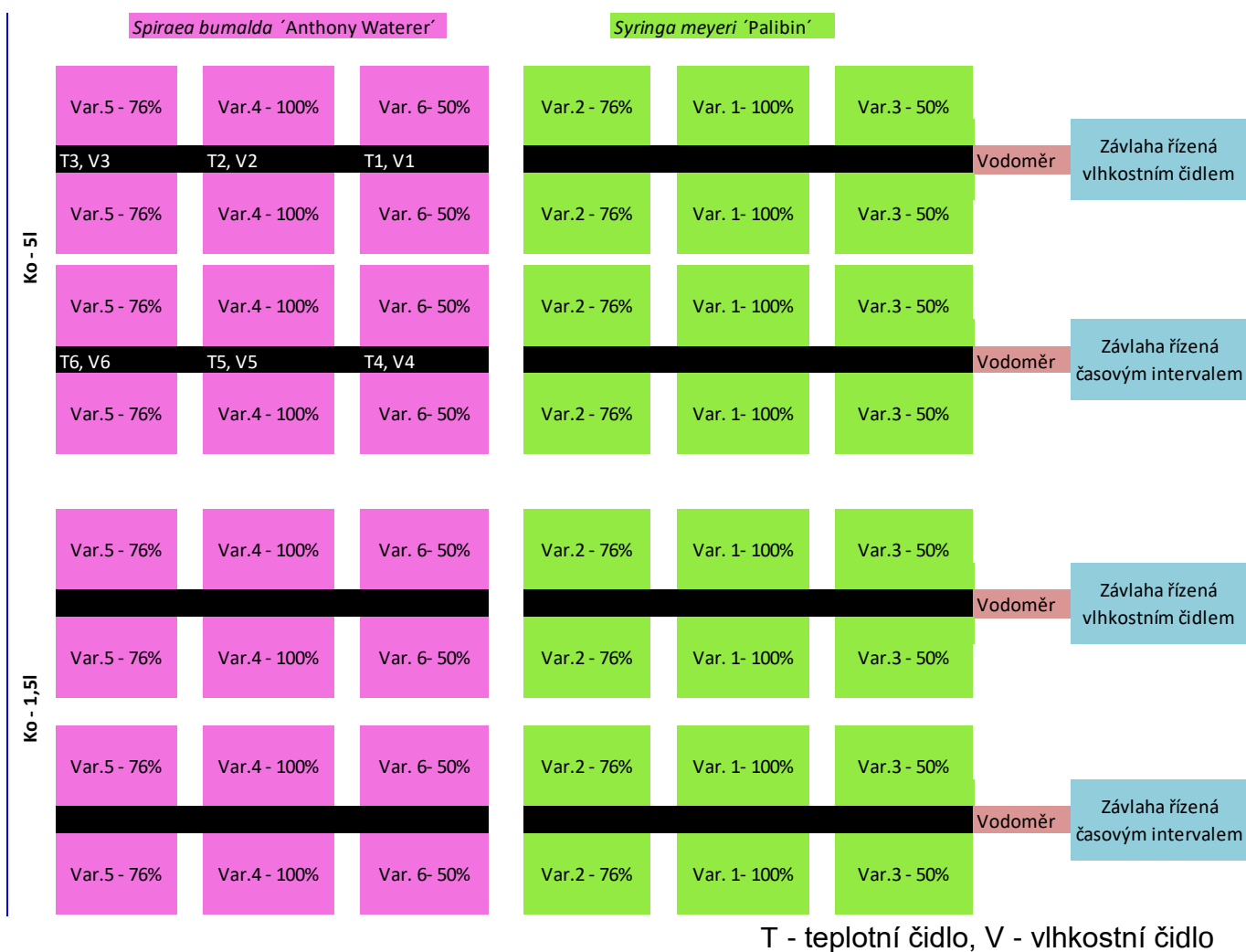
Obr. 5 – 6 Závlahové detaily (řídící jednotka, postřikovač)

Výsledky sledování dle jednotlivých výzkumných oblastí

1. Porovnání spotřeby vody ve dvou režimech závlah u dřevin v kontejnerech

Pokus byl založen 18.5.2020 na ploše starší kontejnerovny Zahradnické fakulty v Lednici. Rostliny byly vysázeny do větších pěstebních nádob, než je obvyklé v produkčních podmínkách, aby se zvýšila možnost reakce rostlin na závlahové dávky. Pokus probíhal do 15.9.2020. V pokusu se zaznamenávala spotřeba vody ve variantách řízení závlahy na základě objemové vlhkosti substrátu a pouhého časového spínače ve dvou velikostech pěstebních nádob (školkařský kontejner, černý) o objemu 1,5l a 5l. Současně byl zkoumán i vliv deficitní závlahy, kdy bylo rostlinám dodáváno méně vody, než by odpovídalo jejich spotřebě.

Jako pěstební substrát byl použit rašelino-kůrový substrát, který byl vyhnojen hnojivem Osmocote Exact v dávce 4g.l^{-1} substrátu. Na Obr. 7 je znázorněno schéma uspořádání pokusu. Po přesazení byly rostliny umístěny na plochu kontejnerovny a zastřiženy na jednotnou výšku. Modelové rostliny přesazené v 5l kontejnerech, byly zastřiženy u *Syringa meyeri* 'Palibin' na výšku 0,2 m a u modelové rostliny *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' na výšku 0,35 m. Modelové rostliny, přesazené v 1,5l kontejnerech byly zastřiženy u obou druhů na výšku 0,1 m.



Obr. 7 Schéma rozmístění rostlin v pokusu

Pro pokus byly položeny 4 samostatně ovládané závlahové linky a pomocí kapkovacích jehel a in-line kapkovačů o vydatnosti 2 a 4 l.h⁻¹ vytvořeny jednotlivé varianty tak, aby množství vody, dodávané rostlinám, odpovídalo 100%, 76% a 50%. V každé variantě bylo vysázeno celkem 48 ks rostlin dvou druhů, *Syringa meyeri* 'Palibin' a *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer'. Celkem byl pokus realizován se 144 ks rostlin v kontejnerech o objemu 1,5 litru a 144 ks rostlin v kontejnerech o objemu 5 litrů.

V případě řízení závlahové dávky za pomoci regulátoru půdní vlhkosti se snímačem vlhkosti substrátu (VIRRIB) byl tento snímač umístěn do varianty osazené druhem *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' a kombinací kapkovačů dodávajících 100 % potřeby vody. Tím by mělo být zajištěno optimální zásobování rostlin vodou. Stresované varianty dostávaly 76 % a 50 % tohoto množství.

U závlahové linky, řízené časovačem, opět 100% odpovídalo maximálnímu dodanému množství vody. Každá závlahová linka byla vybavena vodoměrem. Přehled jednotlivých variant je v Tab. 1.

Tabulka 1 – Přehled jednotlivých variant

Var.	Popis	Vydatnost kapkovače
1	Závlahová dávka 100% - řízení čidlem VIRRIB	1,3 l.h ⁻¹
2	Závlahová dávka 76% - řízení čidlem VIRRIB	1,0 l.h ⁻¹
3	Závlahová dávka 50% - řízení čidlem VIRRIB	0,5 l.h ⁻¹
4	Závlahová dávka 100% - řízení časovým spínačem	1,3 l.h ⁻¹
5	Závlahová dávka 76% - řízení časovým spínačem	1,0 l.h ⁻¹
6	Závlahová dávka 50% - řízení časovým spínačem	0,5 l.h ⁻¹

V případě řízení závlahy na základě vlhkosti substrátu byla nejprve zjištěna jeho polní vodní kapacita přímo snímačem, umístěným v kontejneru, a po důkladné zálivce stanovena na hodnotu 38 obj.%. Regulátor byl proto nastaven tak, aby k provedení závlahy došlo při poklesu vlhkosti na 32%, což přibližně odpovídá 60% využitelné vodní kapacity. Rozdíl mezi polní vodní kapacitou a nastavenou hodnotou je 6 objemových procent. Pokud předpokládáme, že se nebude zavlažovat až na hodnotu polní kapacity, ale o něco méně, přibližně jenom o 4%., vychází, že v případě kontejneru o objemu 2,5 l je nutno jednou závlahovou dávkou dodat 0,1 l vody. Při použití kapkovače o vydatnosti 1,3 l.h⁻¹ je toto množství dodáno za (0,1/1,3) 0,077 hodin, což převedeno na minuty (0,077 x 60) činí 4,6 minut. Byla proto nastavena délka závlahy na 5 minut. Tím by mělo být zajištěno, že veškerá dodaná voda bude pohlcena substrátem kontejneru.

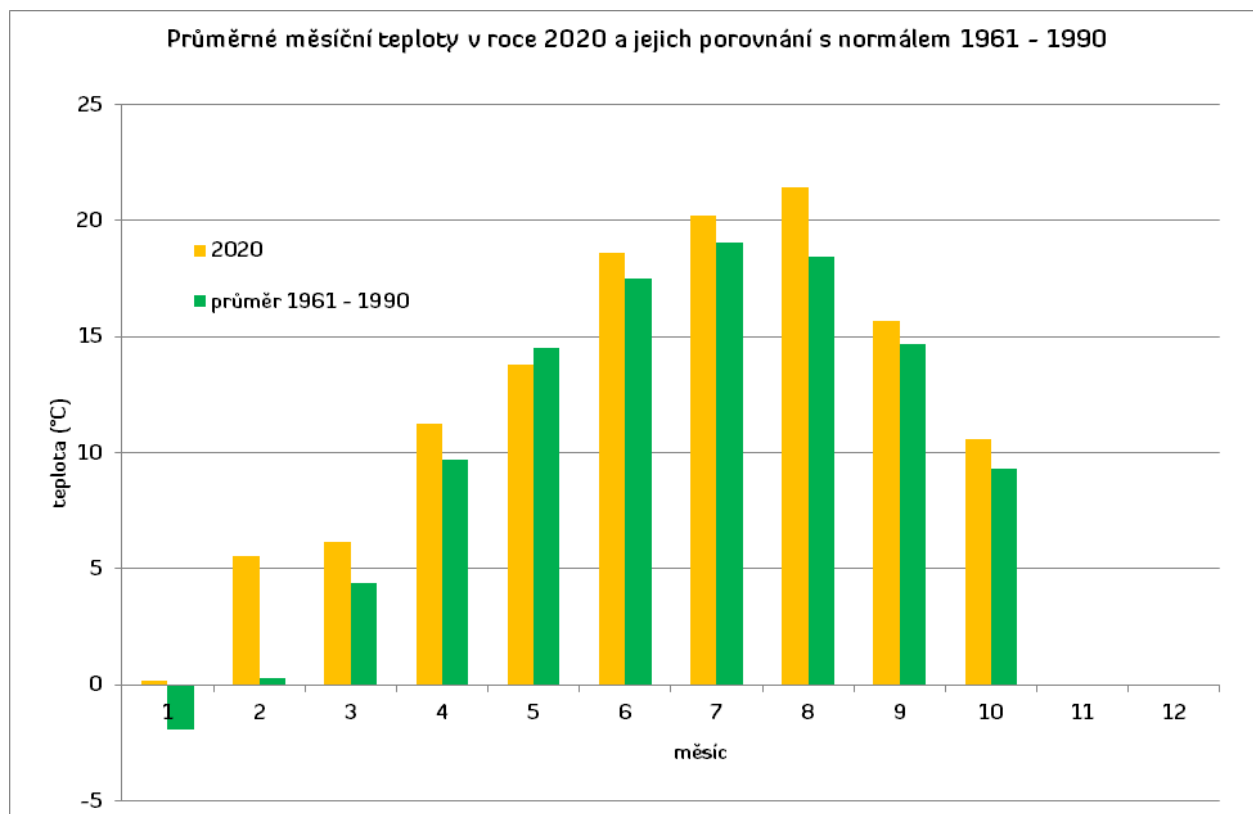
Poněkud složitější je správné nastavení závlahy pouze podle časového spínání. Zde je nutno do výpočtu zahrnout plochu kontejneru, výsušnost atmosféry stanovenou pomocí potenciální evapotranspirace, velikost rostliny a její schopnost transpirovat vodu, vydatnost kapkovače a předpokládaný počet závlahových dávek za den. V podstatě jedinou opravdu známou veličinou při tomto způsobu řízení je plocha kontejneru.

Potenciální evapotranspirace je veličina snadno spočitatelná na základě meteorologických údajů, v našich podmínkách se však i v letním období může měnit den ode dne v poměrně širokých mezích v závislosti na povětrnostních podmínkách. Schopnost rostliny transpirovat vodu bývá udávána pomocí tzv. „crop koeficientu (K_c)“, kterým se násobí hodnota potenciální evapotranspirace. S ohledem na velké množství pěstovaných kultivarů okrasných rostlin jsou tyto koeficienty známy jen pro velmi malá množství a ještě ne pro všechna vývojová stadia. V prováděném pokusu bylo proto počítáno s potenciální evapotranspirací 3 mm za den a při rozdělení do dvou závlahových dávek vycházela délka závlahy na 3 minuty. Hodnota K_c byla považována za 1.

Hodnocení reakce modelových rostlin na různé způsoby závlahy a závlahových dávek bylo uskutečněno na konci pokusného období za pomoci měření výšky rostlin, počtu květenství a vizuálního hodnocení prokořenění kořenového balu. Naměřené hodnoty byly zpracovány do tabulek a následně statisticky vyhodnoceny v programu Statistica, verze 12. Na základě zpracovaných výsledků byly sestaveny rovněž grafy.

Průběh povětrnostních podmínek a spotřeba vody v jednotlivých variantách

Ačkoliv z počátku roku 2020 se povětrnostní podmínky vyvíjely tak, že se objevovaly názory o dalším suchém roce, během vegetačního období došlo ke zvýšení srážkové činnosti a některé měsíce (především červen a říjen) byly vysoce nadnormální. Po teplotní stránce byl tento rok chladnější než předchozí dva roky, avšak při srovnání s dlouhodobým normálem 1961 – 1990 (Obr. 8) byla většina měsíců stále teplejší, výjimkou byl podobně jako v předchozím roce chladný květen.

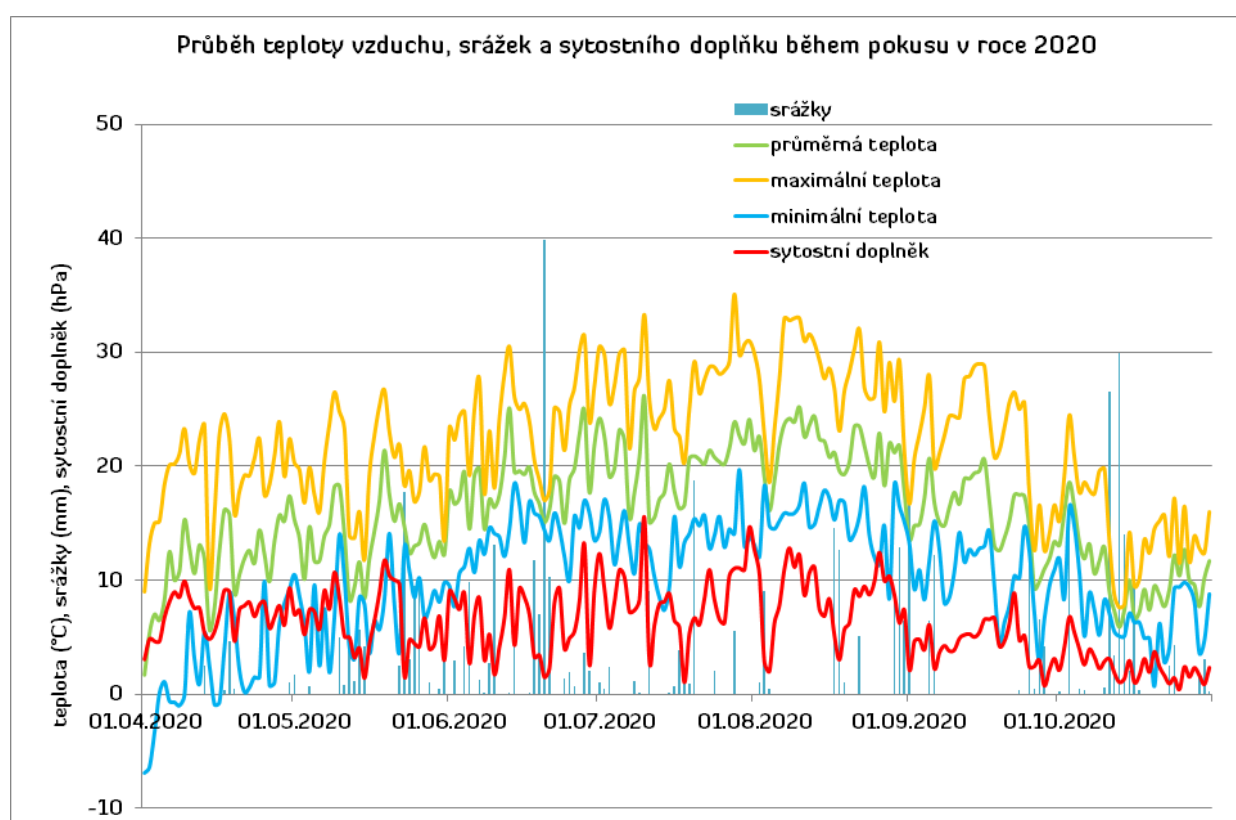


Obr. 8 Průměrné měsíční teploty v roce 2020 a jejich porovnání s normálem 1961 - 1990

Detailnější průběh teplotních a vlhkostních charakteristik rozhodujících pro průběh pokusu je znázorněn na Obr. 9. Kromě častých vpádů chladnějšího vzduchu je z tohoto obrázku patrný i poměrně značný počet dnů se srážkami, zejména v červnu, červenci, přelomu srpna a září a následně v říjnu. Tento pokus probíhá již třetím rokem a jedná se doposud o nejvlhčí rok z daného období a zároveň, což je pro řízení závlahy kontejnerů rovněž důležité, vysokým počtem dnů se srážkami. Dokládá to i Tab. 2 s přehledem úhrnů srážek a počtu dnů se srážkami v jednotlivých letech za období od dubna do října. Vyplývá z ní, že pro průběh testování jednotlivých variant byl nejprůhodnější rok 2018, v němž vpadlo jenom 287 mm srážek během 57 dnů, nejméně příznivý pak letošek s 499 mm srážek během 89 dnů. Jelikož je počet dnů za toto období 213, znamená to, že prakticky přšelo téměř každý druhý den. Tato skutečnost se do značné míry podepsala i na téměř neznametelných rozdílech ve vzrůstu jednotlivých variant zkoumaných rostlin.

Tab. 2. Úhmy srážek a počty dnů se srážkami za období od dubna do října v jednotlivých letech

Rok	Úhrn srážek (mm)	Počet dnů se srážkami
2018	287	57
2019	386	78
2020	499	89

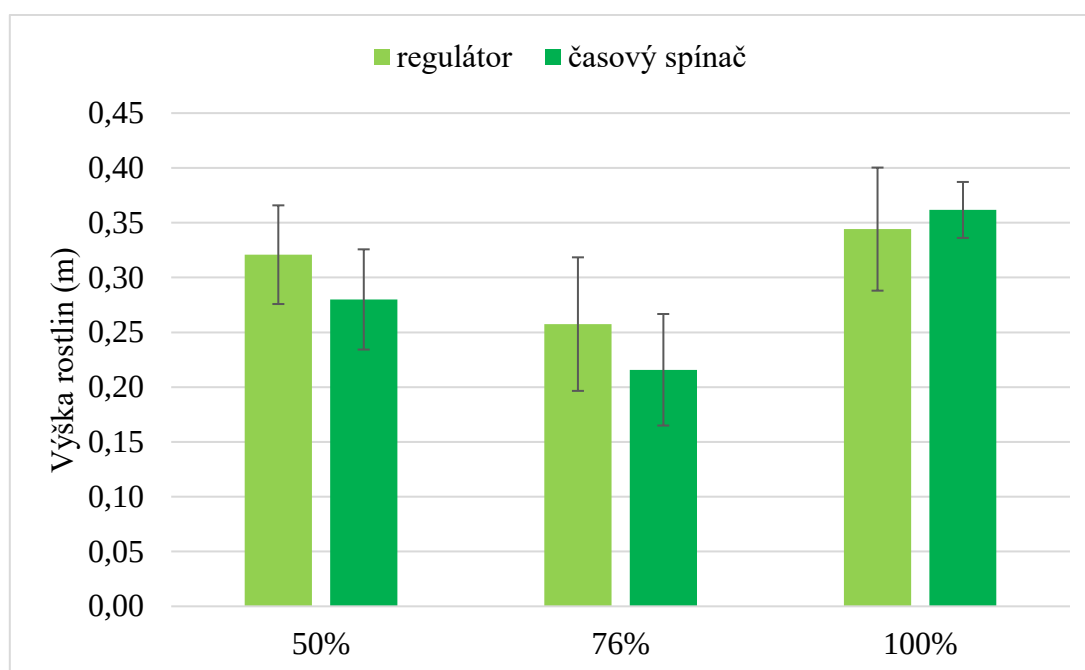


Obr. 9 Průběh teploty vzduchu, srážek a sytostního doplněk během pokusu v roce 2020

Hodnocení vlivu rozdílných způsobů řízení závlahy a úrovně stresu z hlediska dosažené výšky modelových rostlin a počtu květenství

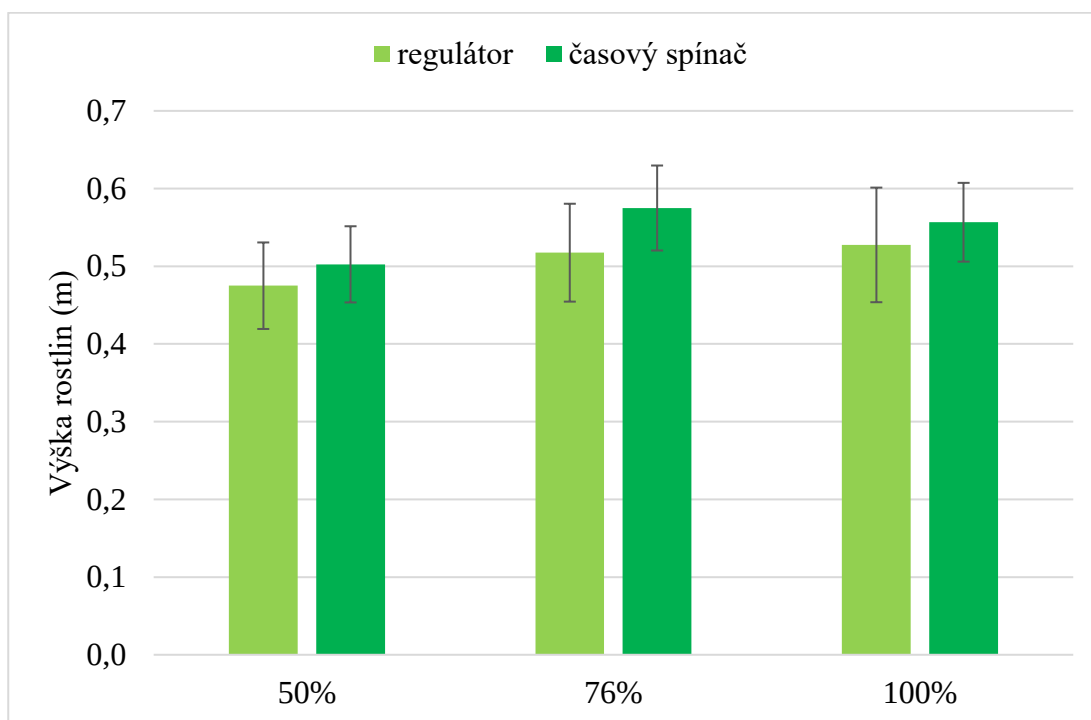
Modelová rostlina *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer'

Průměrné hodnoty výšky rostlin rostoucích v 1,5l kontejnerech jsou uvedeny na Obr. 10. Ze statistického hodnocení výsledků dosažené výšky rostlin u modelových rostlin *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' na konci pokusného období vyplývá, že nebylo dosaženo statisticky průkazných rozdílů mezi variantami zavlažovanými na základě regulátoru závlahy a na základě časového spínače. Avšak v případě variant s 50% a 76% závlahovou dávkou bylo naměřeno vyšších průměrných hodnot výšek rostlin zavlažovaných na základě regulátoru závlahy. U variant se 100% závlahovou dávkou však již tento trend byl opačný a vyšších průměrných hodnot výšky rostlin dosahovaly rostliny rostoucí ve variantě řízené na základě časového spínače. Nejvyšších výšek rostlin bylo dosaženo ve variantách se 100% závlahovou dávkou, naopak nejnižších ve variantách s 76% závlahovou dávkou. U závlahového režimu řízeného na základě časového spínače rostliny zavlažované 76% závlahovou dávkou dosahovaly průkazně nižších výšek rostlin ve srovnání s rostlinami, zavlažovanými 100% závlahovou dávkou.



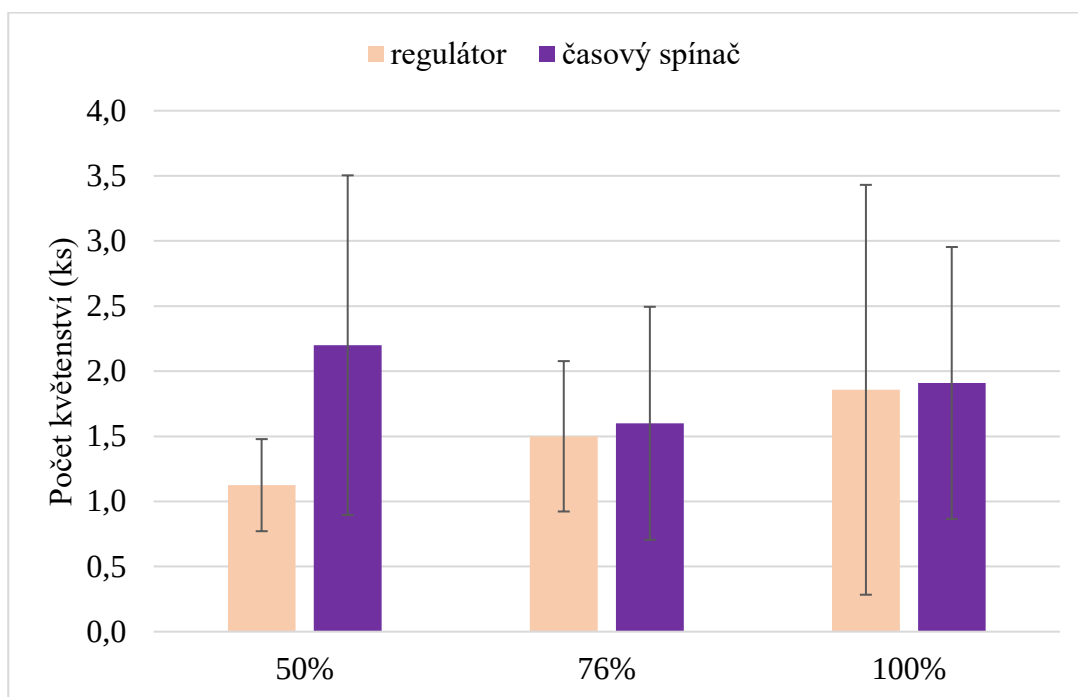
Obr. 10 Průměrné hodnoty výšky rostlin u *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' 1,5l Ko

U rostlin přesazených do větších kontejnerů s objemem 5l (Obr. 11) byla zaznamenána odlišná reakce růstu na rozdílné řízení závlahy a závlahové dávky ve srovnání s rostlinami, rostoucími v kontejnerech o menším objemu. Ze statistického hodnocení lze i v tomto případě konstatovat, že nedošlo k zjištění průkazných rozdílů mezi variantami, umístěnými v různých závlahových režimech. Byly zjištěny pouze rozdíly v průměrných hodnotách výšky rostlin zaznamenávaných na konci vegetačního období. Na základě naměřených hodnot lze říci, že rostliny, rostoucí ve variantách, kde byla závlaha řízena na základě časového spínače, dosahovaly vyšších průměrných hodnot výšky rostlin ve srovnání s rostlinami zavlažovanými na základě regulátoru závlah. Nejnižších průměrných hodnot výšky rostlin dosahovaly v obou závlahových režimech varianty s 50% závlahovou dávkou. Nejvyšší průměrná hodnota výšky rostlin v případě závlahového režimu řízeného na základě časového spínače byla vyhodnocena ve variantě s 76% závlahovou dávkou a u rostlin rostoucích v závlahovém režimu řízeném regulátorem závlah se 100% závlahovou dávkou.



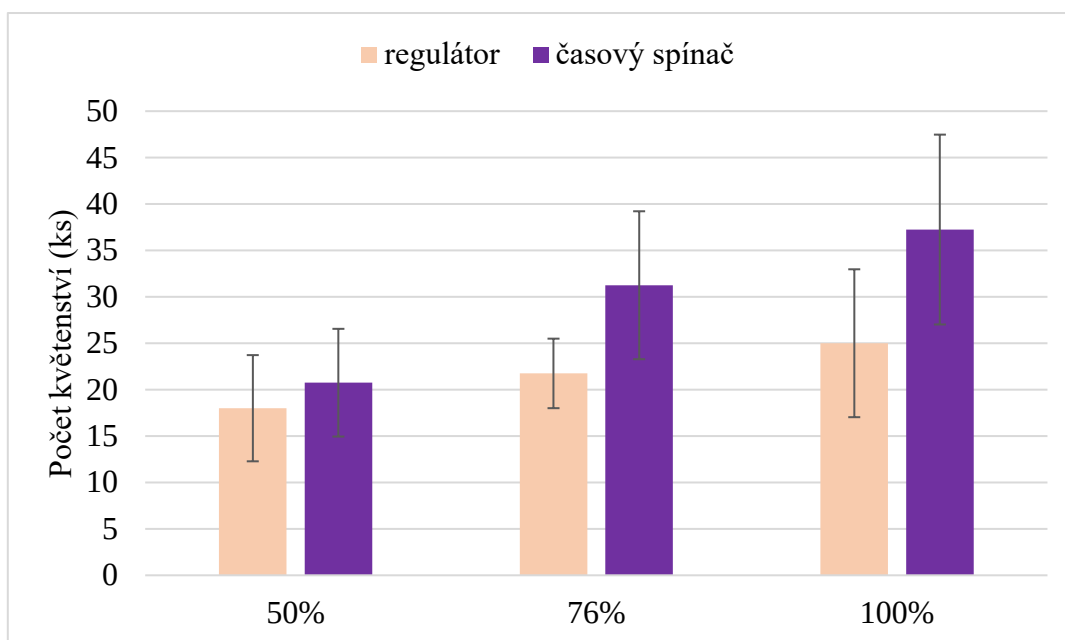
Obr. 11 Průměrné hodnoty výšky rostlin u *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' 5l Ko

Z pohledu hodnocení počtu květenství nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi rostlinami, zavlažovanými na základě řízení závlahové dávky regulátorem a časovým snímačem (Obr. 12 a 13). Tato skutečnost byla zjištěna jak v případě rostlin, rostoucích v 1,5l kontejnerech, tak i u rostlin, rostoucích v 5l kontejnerech. U mladších rostlin, rostoucích v 1,5l kontejnerech, nebyly rozdíly u variant se shodnou závlahovou dávkou příliš výrazné, zejména pokud se jednalo o varianty s 76% a 100% závlahovou dávkou.



Obr. 12 Průměrné hodnoty počtu květenství u *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' 1,5l Ko

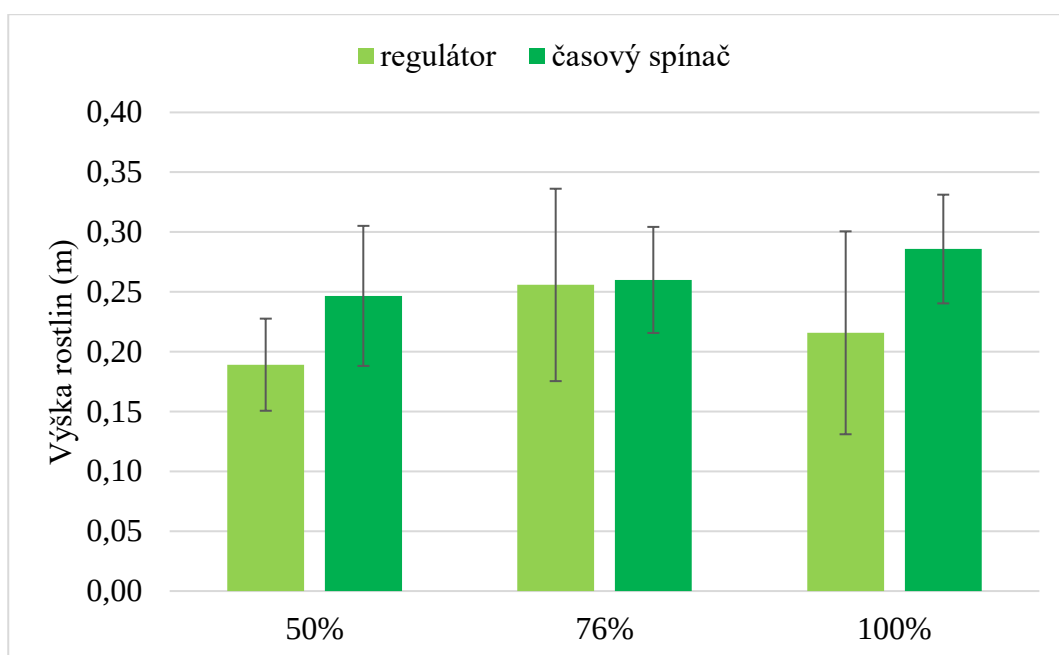
U starších rostlin, rostoucích v 5l kontejnerech, již byly rozdíly v počtu květenství výraznější, a to nejen v rámci rozdílných závlahových režimů, ale rovněž i v rámci variant. Z výsledků je viditelné, že se snižující se závlahovou dávkou se snižuje i průměrný počet květenství na rostlinu. Nejvýraznějšího rozdílu v počtu květenství bylo dosaženo v případě srovnání variant s 100% a 76% závlahovou dávkou zavlažovaných na základě časového spínače, kdy tyto rostliny dosahovaly viditelně vyšší průměrné hodnoty počtu květenství ve srovnání s rostlinami, zavlažovanými na základě objemové vlhkosti substrátu. Rostliny zavlažované regulátorem závlahy však vytvářely květy pomaleji a kvetly delší období, než rostliny zavlažované časovým spínačem.



Obr. 13 Průměrné hodnoty počtu květenství u *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' 5l Ko

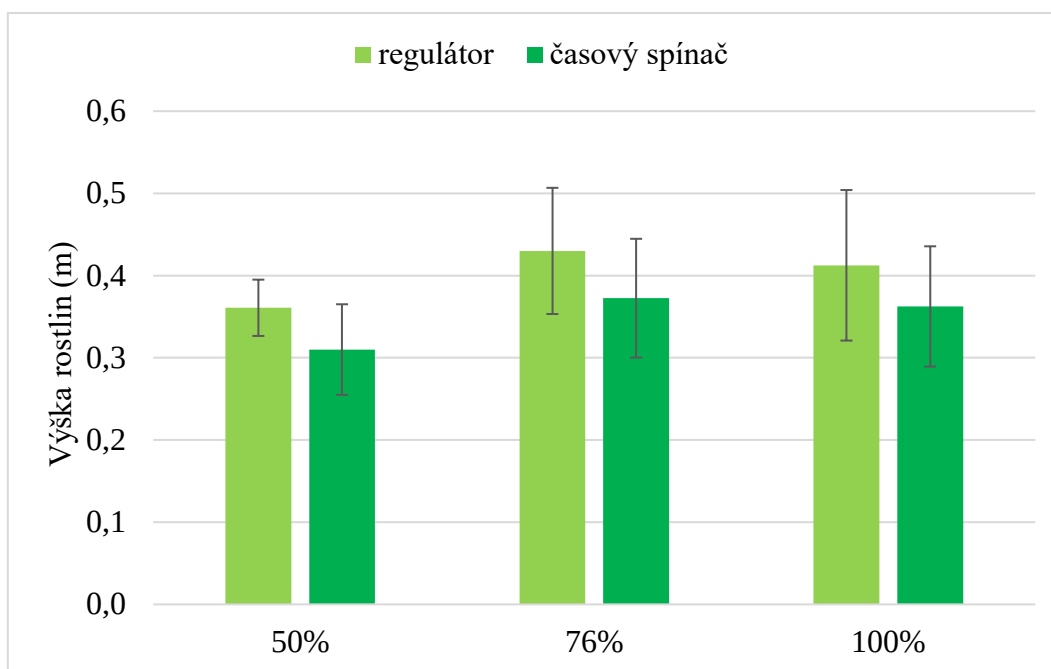
Modelová rostlina *Syringa meyeri* 'Palibin'

Na základě naměřených hodnot výšek rostlin na konci vegetačního období lze konstatovat, že nebylo dosaženo statisticky průkazných rozdílů mezi variantami s řízením závlahy vlhkostním čidlem a variantami, u kterých byla závlaha řízena na základě objemové vlhkosti – regulátorem závlahy. Statisticky průkazných rozdílů nebylo dosaženo, ani pokud jde o rozdíly ve výšce rostlin v rámci rozdílných závlahových dávek v jednotlivých závlahových režimech. Z výsledků lze však konstatovat, že rostliny, rostoucí v závlahovém režimu řízeného na základě časovače, dosahovaly vyšších výšek ve srovnání s rostlinami, rostoucími v závlahovém režimu, řízeném dle objemové vlhkosti substrátu. V případě závlahového režimu, řízeného časovým spínačem, bylo dosaženo nejvyšších hodnot výšky rostlin ve variantě z 100% závlahovou dávkou. U dalších variant se výška rostlin snižovala spolu se snižujícím se množstvím závlahové dávky. V případě závlahového režimu, řízeného na základě objemové vlhkosti substrátu však tento trend nebyl zaznamenán. U variant v závlahovém režimu bylo nejvyšších výšek rostlin dosaženo ve variantě s 76% závlahovou dávkou (Obr. 14).



Obr. 14 Průměrné hodnoty výšky rostlin u *Syringa meyeri* 'Palibin' 1,5l Ko

Ze statistického hodnocení výšek rostlin rostoucích v 5l kontejnerech vyplývá, že nebyl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl mezi variantami, umístěnými v odlišných závlahových režimech, řízených časovačem a regulátorem. V případě starších rostlin, rostoucích ve větších kontejnerech byly však naměřeny vyšší průměrné hodnoty výšky rostlin v závlahovém režimu, řízeném na základě regulátoru závlah, ve srovnání s variantami, umístěnými v závlahovém režimu, řízeném časovačem (Obr. 15). Nejvyšších výšek rostlin u obou závlahových režimů bylo dosaženo ve variantách s 76% závlahovou dávkou. Nejnižších výšek rostlin bylo zaznamenáno u variant s 50% závlahovou dávkou.



Obr. 15 Průměrné hodnoty výšky rostlin u *Syringa meyeri* 'Palibin' 5l Ko

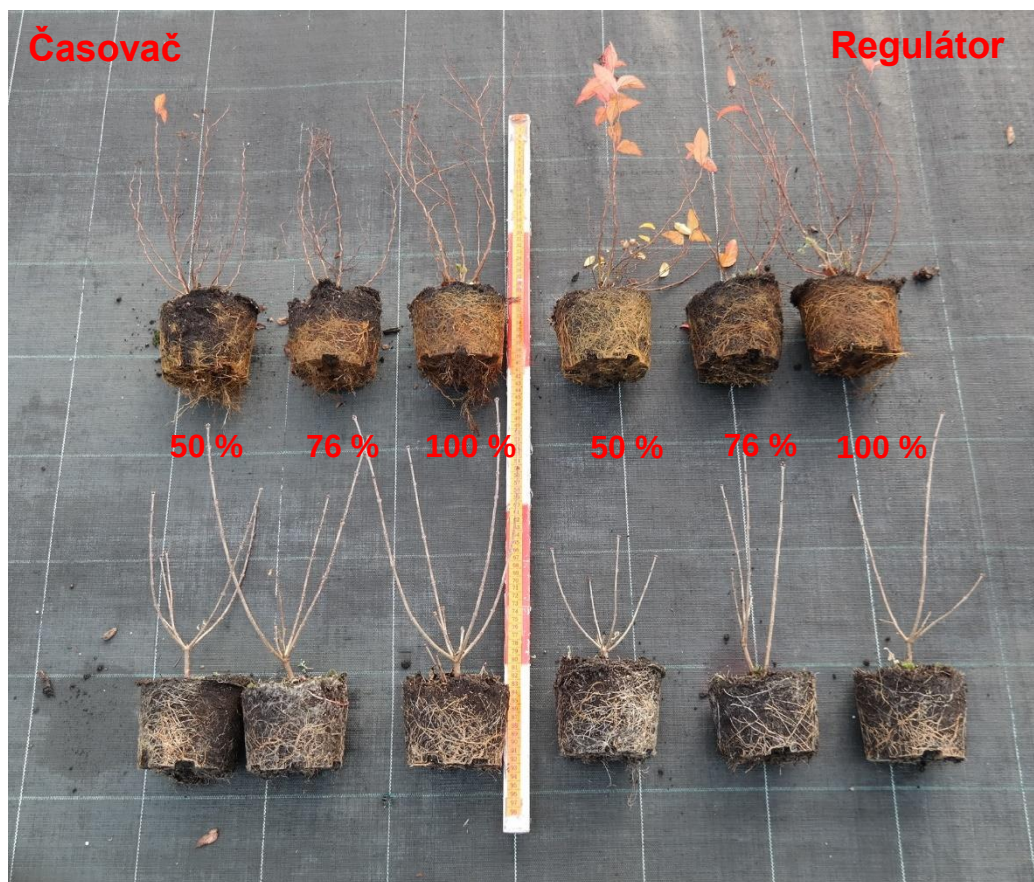
Parametr Počet květenství nebyl u této modelové rostliny hodnocen. U rostlin rostoucích v 1,5l kontejnerech nedošlo k tvorbě květů ani u jedné z pokusných variant. V případě rostlin rostoucích v 5l kontejnerech byla zaznamenána tvorba květenství pouze v případě tří rostlin, přičemž se u každého květenství jednalo o rozdílné varianty.

Na závěr je možno konstatovat, že rozdílné řízení závlah a ani omezení závlahové dávky nemělo podstatný (z hlediska zákazníka pouhým okem viditelný) vliv na kvalitu a kondici nadzemní části u modelové rostliny *Syringa meyeri* 'Palibin'.

Hodnocení vlivu rozdílných způsobů řízení závlahy a úrovně stresu z hlediska kořenového systému modelových rostlin

Na konci sledovaného období byl u obou modelových rostlin vizuálně zhodnocen kořenový systém ve všech variantách pokusu. U rostlin, rostoucích v pěstebních obalech menšího objemu (1,5 l), byl u modelové rostliny *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer' viditelný rozdíl v prokořenění kořenového balu. Rostliny rostoucí ve variantách v závlahovém režimu řízeném regulátorem měly hustě prokořeněný kořenový bal v celém profilu kořenového balu (Obr. 16-17). Kořenový bal rostlin rostoucích ve variantách se závlahou řízenou časovým spínačem nedosahoval takové hustoty prokořenění, kromě varianty se 100% závlahovou dávkou, která byla s variantami, umístěnými v závlahovém režimu řízeném regulátorem, srovnatelná.

U modelové rostliny *Syringa meyeri* 'Palibin' bylo viditelné celkové prokořenění kořenového balu u všech variant v obou závlahových režimech. Nebyl zaznamenán tak viditelný rozdíl, jako u předešlé modelové rostliny.



Obr. 16 Vizuální hodnocení kořenového systému rostlin, rostoucích v 1,5 l pěstebních nádobách



Obr. 17 Vizualní hodnocení kořenového systému rostlin, rostoucích v 1,5 l pěstebních nádobách – pohled na spodní stranu kořenového systému

U modelových rostlin *Spiraea x bumalda* 'Anthony Waterer', rostoucích ve větších pěstebních obalech (5l), nebyly na základě vizuálního hodnocení kořenových balů zjištěny výrazné rozdíly v prokořenění kořenových balů (Obr. 18-19).

U modelové rostliny *Syringa meyeri* 'Palibin' byly kořenové baly prokořeněné v celém profilu. Nejméně soudržné kořenové baly byly zjištěny u varianty se 100% závlahovou dávkou u závlahového režimu řízeného na základě regulátoru závlah.



Obr. 18 Vizualní hodnocení kořenového systému rostlin rostoucích v 5 l pěstebních nádobách



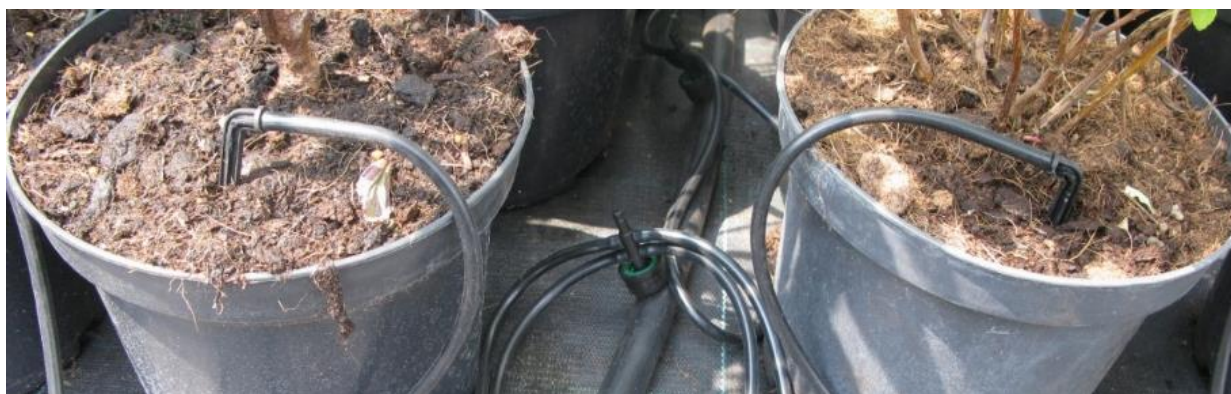
Obr. 19 Vizuální hodnocení kořenového systému rostlin rostoucích v 5 l pěstebních nádobách – pohled na spodní stranu kořenového systému

Závěr

Výsledky, dosažené tímto pokusem, dokumentují přínos řízení závlahy v kontejnerovnách na základě vlhkosti substrátu. Cílem je úspora spotřeby závlahové vody oproti pouhému časovému řízení bez vlivu na kvalitu školkařských výpěstků. Množství vody, dodávané na základě tohoto regulátoru a označené jako 100%, je možno považovat za optimální pro rozvoj všech sledovaných parametrů. Varianty se snížením dodávaného množství na 76% a 50% vykazovaly měřitelný pokles těchto parametrů, což svědčí o tom, že rostliny již neměly optimální vodní režim. Naproti tomu rostliny, zavlažované na základě impulzů časového spínače, měly většinou vyrovnanější parametry ve všech variantách, lze to přisoudit vlivu většího celkového množství dodané vody, takže i rostliny ve variantách 76% a 50% dostávaly dostačující množství závlahové vody bez zvýšení vodního stresu.

Výsledky pokusu poměrně dobře korespondují i s výsledky jiných autorů, kteří uvádějí snížení spotřeby vody při použití snímačů půdních vlhkostí na řízení závlahy v kontejnerovnách (Pardosi et al 2009) bez vlivu na kvalitu výpěstků. Incrocci L. et al (2010) dokládá, že úspora vody činila 35% ve srovnání s řízením čistě na základě

časového spínání, jež bylo nastaveno podle doporučení místních pěstitelů. V jiném pokusu Incrocci L. et al (2014) zjistili, že úspora vody se může pohybovat v rozmezí 21% – 40% při současném omezení ztráty živin v rozsahu 39% – 74%, opět v porovnání s časovým řízením na základě poznatků pěstitelů. Bohužel ve většině příspěvků jsou tyto poznatky definovány spíše intuitivně a nejsou podloženy konkrétními výpočty, proto mají tendenci dodávat spíše více závlahové vody než méně, čímž dochází k plýtvání s touto závlahovou vodou.



Obr. 20 Detail závlahy - kapkovače



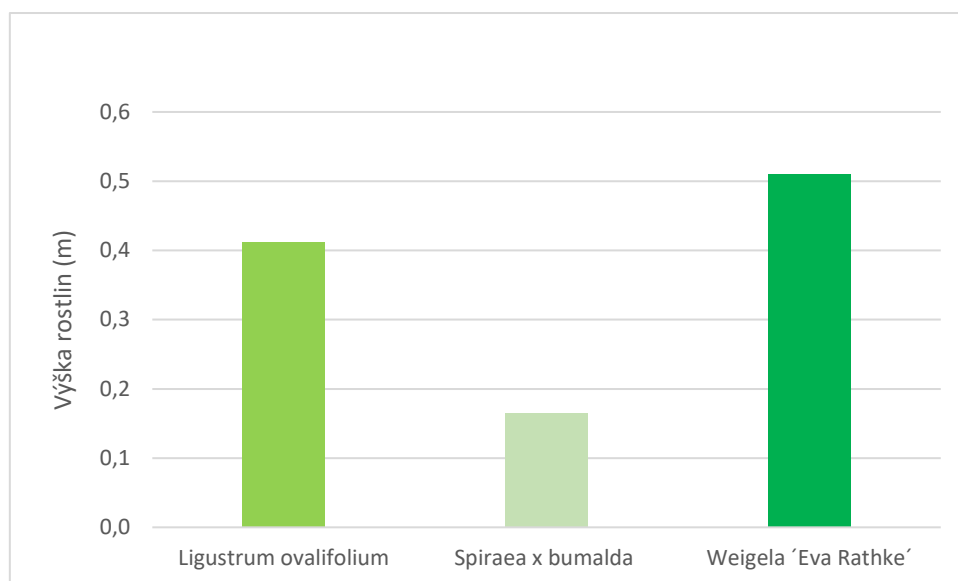
Obr. 21 Pohled na pokusnou plochu s pokusnými rostlinami

Literatura

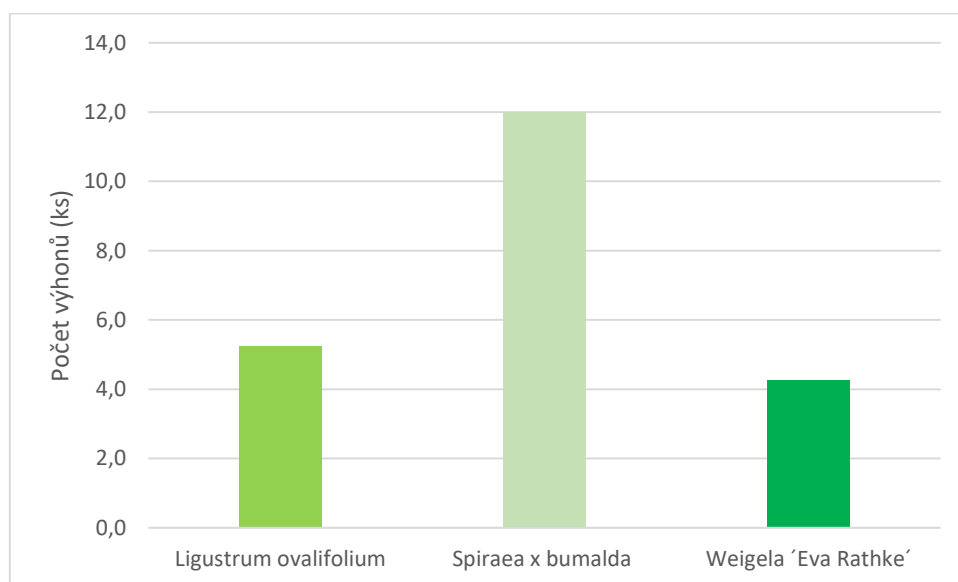
- Incrocci L. et al (2010): Application of WET Sensor for Management of Reclaimed Wastewater Irrigation in Container-Grown Ornamentals (*Prunus laurocerasus* L.). The Third International Symposium on Soil Water Measurement Using Capacitance, Impedance and TDT (2010, Murcia, Spain), Applications, Paper 2.8
- Incrocci L. et al (2014): Substrate water status and evapotranspiration irrigation scheduling in heterogenous container nursery crops. *Agricultural Water Management* 131, 30– 40
- Pardossi A. et al (2009). Root zone sensors for irrigation management in intensive agriculture. *Sensors* 9, 2809-2835.

2. Měření pohybu vlhkosti a teploty substrátu v pěstebních nádobách v průběhu vegetace

Dne 19.5.2020 byl založen nádobový pokus s třemi druhy modelových rostlin. V průběhu vegetace se u těchto modelových rostlin zaznamenávaly změny ve vlhkosti a teplotě pěstebních substrátů. Modelové rostliny byly vysazeny do truhlíků o rozměrech 60 x 15 cm. Jako pěstební substrát byl použit rašelino-kůrový substrát (RKS II, Agro CS). Do středu každého z truhlíků bylo nad dno umístěno čidlo vlhkosti substrátu VIRRIB a teplotní čidlo, obě tyto veličiny byly kontinuálně zaznamenávány dataloggerem. Do každého truhlíku byly přesazeny zakořenělé řízky těchto modelových rostlin: *Ligustrum ovalifolium*, *Spiraea x bumalda* a *Weigela* 'Eva Rathke'. Jedná se o běžně pěstované listnaté opadavé keře, lišící se mimo jiné svým vzhledem, typem a rychlostí růstu i svými nároky na půdní prostředí. Průměrné hodnoty výšky rostlin a počtu výhonů jsou znázorněny na Obr. 22-23. Nejnižší výšku rostlin dosahovaly rostliny druhu *Spiraea x bumalda*, avšak zároveň byl u nich zaznamenán nejvyšší průměrný počet výhonů. Jedná se o nenáročný, nízký, hustě větvený keř s ročními přírůstky 10 – 20 cm. Druhá nejnižší průměrná výška rostlin byla zaznamenána u modelové rostliny *Ligustrum ovalifolium*. Jedná se o středně až bujně rostoucí keř, který se hojně používá pro výsadbu do živých plotů. Je to keř, který je lépe vysazovat do výživných a vláhou dobře zásobených půd. Nejvyšší průměrné výšky rostlin a zároveň nejnižšího počtu výhonů bylo zaznamenáno u modelové rostliny *Weigela* 'Eva Rathke'. Vajgélie jsou nenáročné, středně rostoucí keře, které je lépe pěstovat na propustných půdách dobře zásobených živinami. Jedná se o keře, které nejenom špatně snášejí vysoký obsah vápníku, ale i déletrvající sucho.



Obr. 22 Průměrné hodnoty výšky modelových rostlin



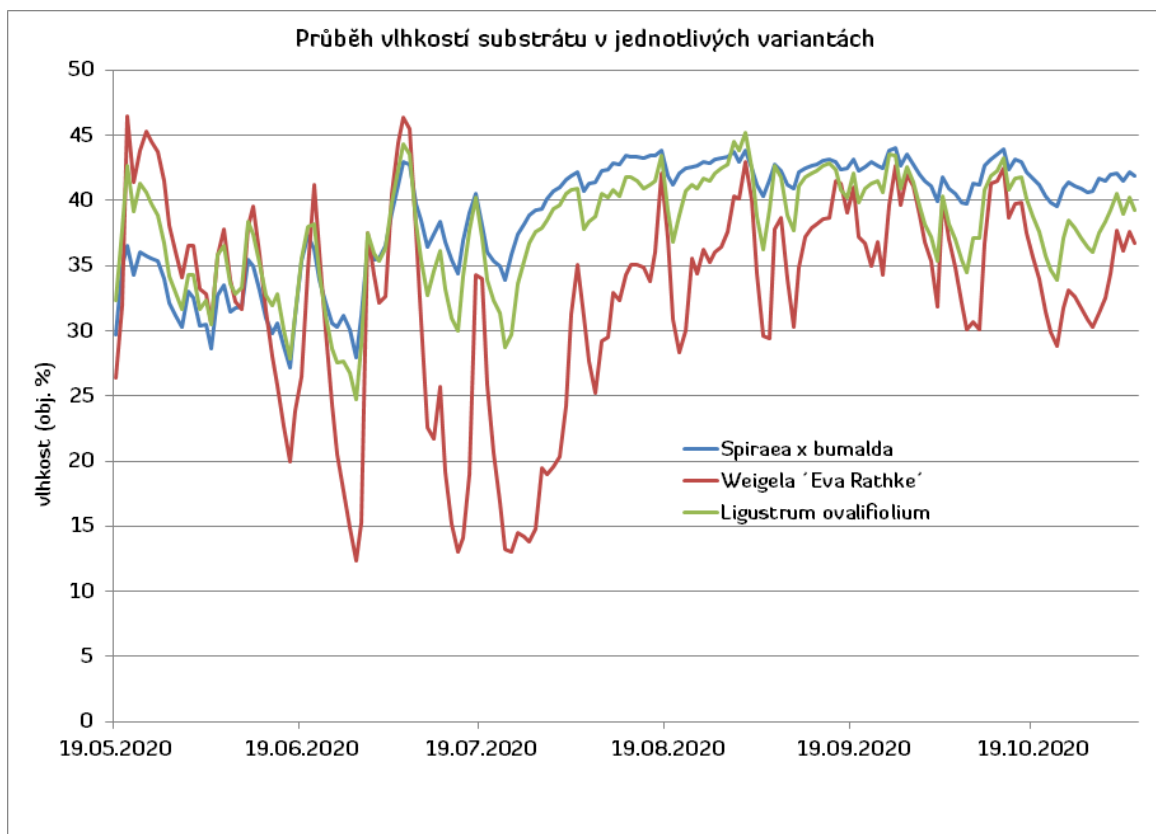
Obr. 23 Průměrné hodnoty počtu výhonů

Rozdíly v habitu jednotlivých druhů se odrazily i v průběhu půdních vlhkostí a teplot uvnitř substrátu (Obr. 24-25). Jelikož rostliny byly zavlažovány stejným postřikovačem a ve stejném závlahovém režimu, bujněji rostoucí *Weigela* 'Eva Rathke' spotřebovávala větší množství vody a docházelo u ní k výraznějším poklesům vlhkosti půdy, v některých případech až téměř k bodu vadnutí. Zřejmě i proto došlo k omezení tvorby počtu výhonů. Naproti tomu u výsadby rostlin *Spiraea x bumalda* s nejmenším vzrůstem, a tudíž i evapotranspirací po většinu sezóny, docházelo až k přemokření, což bylo částečně způsobeno i tím, že během průběhu

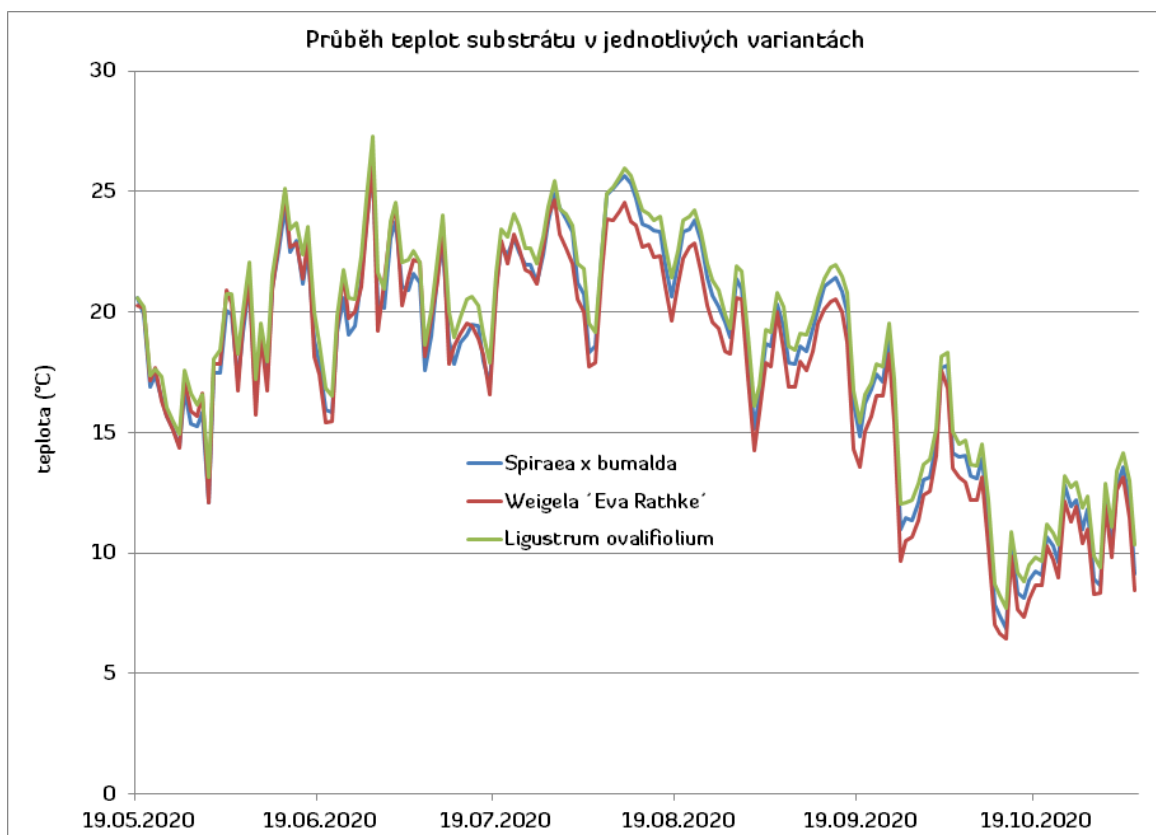
pokusu se vyskytovaly časté deště, v některých případech i vydatnější, jež neumožňovaly optimální řízení vlhkosti substrátu zejména za situací, kdy je vláhová potřeba rostlin nižší a nestačí odčerpávat vodu dodanou srážkami.

Provedený experiment dokazuje nutnost pečlivého řízení závlahy v kontejnerovnách, zejména pak upozorňuje na skutečnost, že nelze kombinovat do jedné závlahové linky rostliny s odlišným habitem, je zapotřebí při jejich umístování na plochu kontejnerovny počítat i s tím, jakého vzrůstu dosáhnou v průběhu vegetace, některé druhy se vyvíjejí rychleji, jiné pomaleji a některé nerostou vůbec. Při stejné dodávce vody následně ty většího růstu trpí nedostatkem vláhy a ty menší přemokřením.

Větší vzrůst rostlin se projevuje i v teplotách pěstebního média, jelikož dochází k většímu zastínění povrchu kontejnerů anebo truhlíků. Patrně je to z Obr. 25, kdy u rostlin *Weigela* 'Eva Rathke' dochází postupně s jejich růstem k poklesu průměrných denních teplot oproti zbývajícím dvěma variantám. Patrně je to zejména od konce července, kdy se rozdíly začínají zvětšovat, následně pak ke konci sezóny se zmenšují, což je způsobeno částečným opadem listů, ale především i tím, že klesají hodnoty přímého slunečního záření, které ohřívají povrch kontejnerů a tím i zvyšují teplotu uvnitř.



Obr. 24 Průběh vlhkostí substrátu v jednotlivých variantách

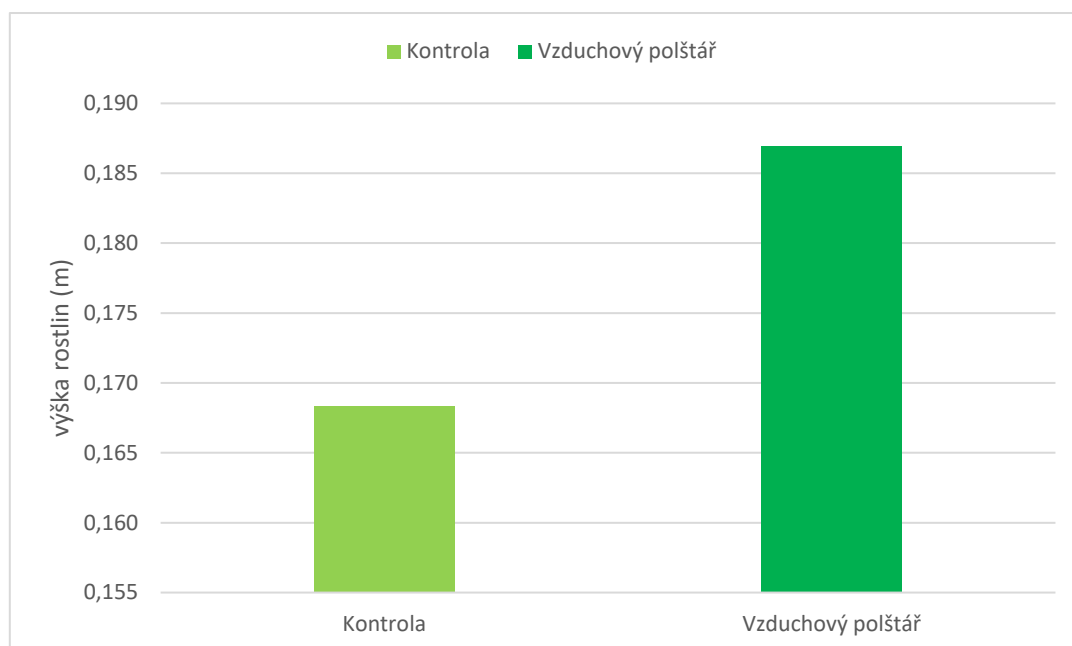


Obr. 25 Průběh teplot substrátu v jednotlivých variantách

3. Měření pohybu teploty a vlhkosti substrátu v pěstebních nádobách v systému standardní produkce a produkce na vzduchovém polštáři

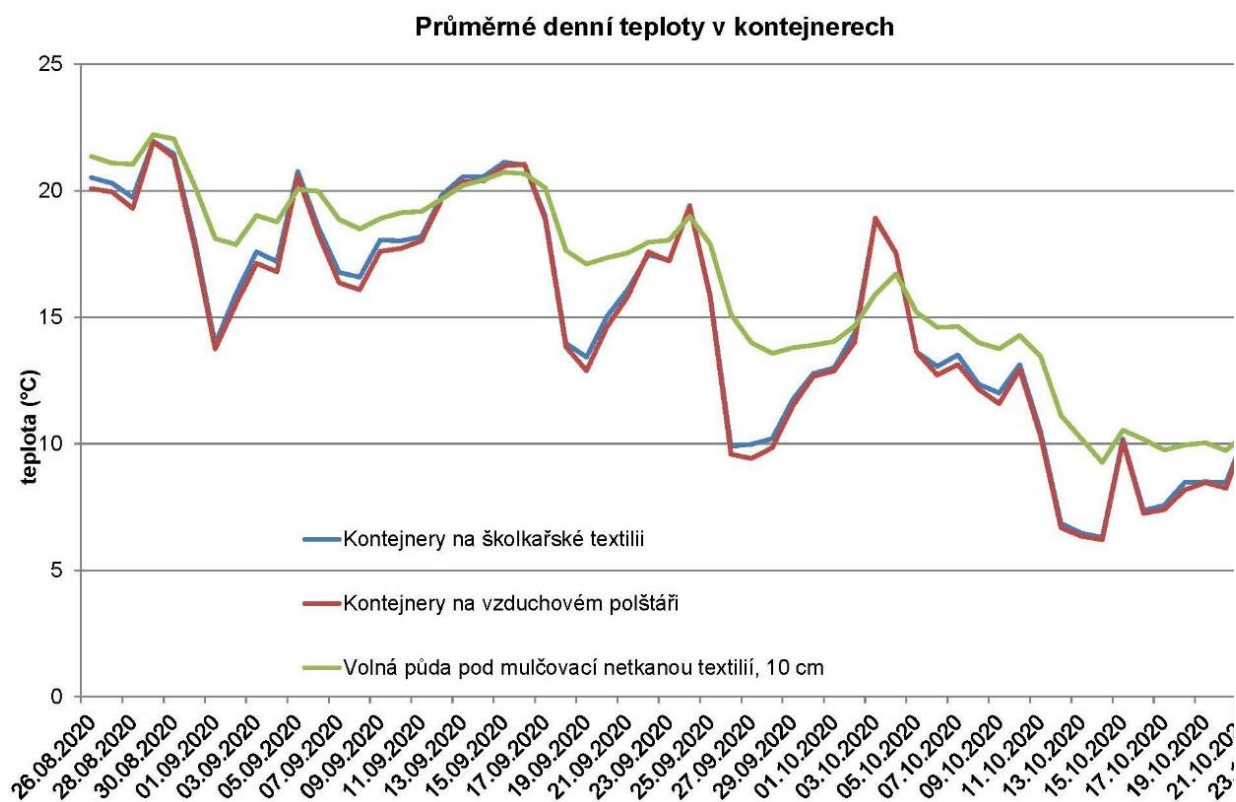
Pěstování mladého školkařského materiálu na vzduchovém polštáři je poměrně moderní pěstební technologií, která se dostává do popředí zejména kvůli vyšší kvalitě kořenového systému pěstovaných sazenic. Jedná se o pěstování sazenic na manipulačních rámech, pod kterými proudí vzduch. Tento „vzduchový polštář“ zajistí, že prorůstající konečky kořenů ze spodu pěstební nádoby zasychají a dochází tak ke „stříhu vzduchem“, čímž se docílí hustého kořenového balu, kořenů bez deformací a zabrání se poškozování podkladové školkařské textilie prorůstajícími kořeny. Za účelem zjištění, jak vzduchový polštář ovlivňuje teploty a vlhkosti pěstebních substrátů, byl založen na pokusných plochách Ústavu šlechtění a množení zahradnických rostlin dne 25.7.2020 pokus se dvěma variantami. První variantou byla varianta Kontrolní, u které byly po přesazení modelových do 3l kontejnerů tyto kontejnery umístěny obvyklým způsobem (na školkařskou podkladovou textilií) na plochu kontejnerovny. U druhé varianty na „vzduchovém polštáři“ byly rostliny po přesazení umístěny na kovové konstrukce ve výšce 0,3 m nad zemí. Z každé varianty bylo vysazeno 6 ks rostlin ve třech opakováních, to znamená 18 rostlin celkem na variantu. Jako modelová rostlina byla zvolena *Syringa meyeri* 'Palibin'. V průběhu pokusu byly zaznamenávány teplotní a vlhkostní poměry pěstebního substrátu.

Na konci vegetačního období bylo provedeno měření výšky rostlin. Jak je vidět z Obr. 26, rostliny rostoucí ve variantě umístěné na vzduchovém polštáři dosahovaly vyšší průměrné hodnoty výšky rostlin ve srovnání s rostlinami rostoucími v kontrolní variantě.

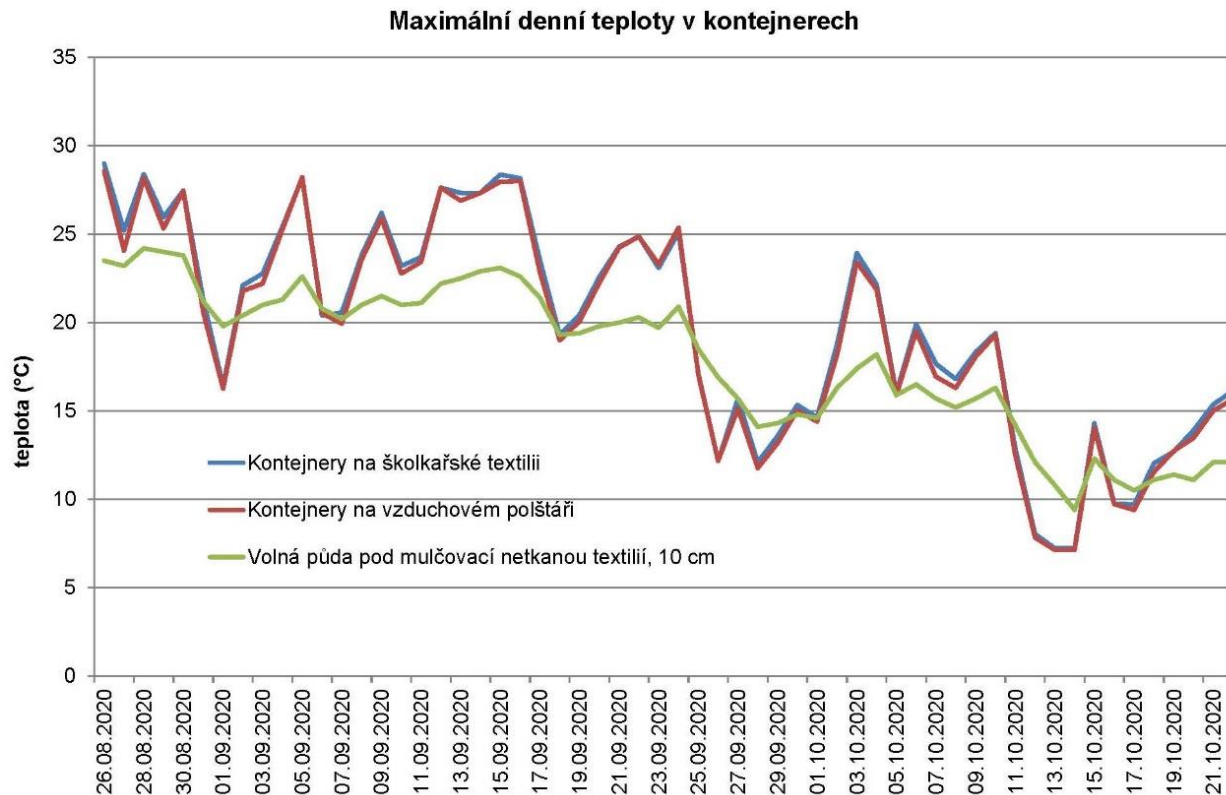


Obr. 26 Průměrné hodnoty výšky rostlin na konci vegetačního období

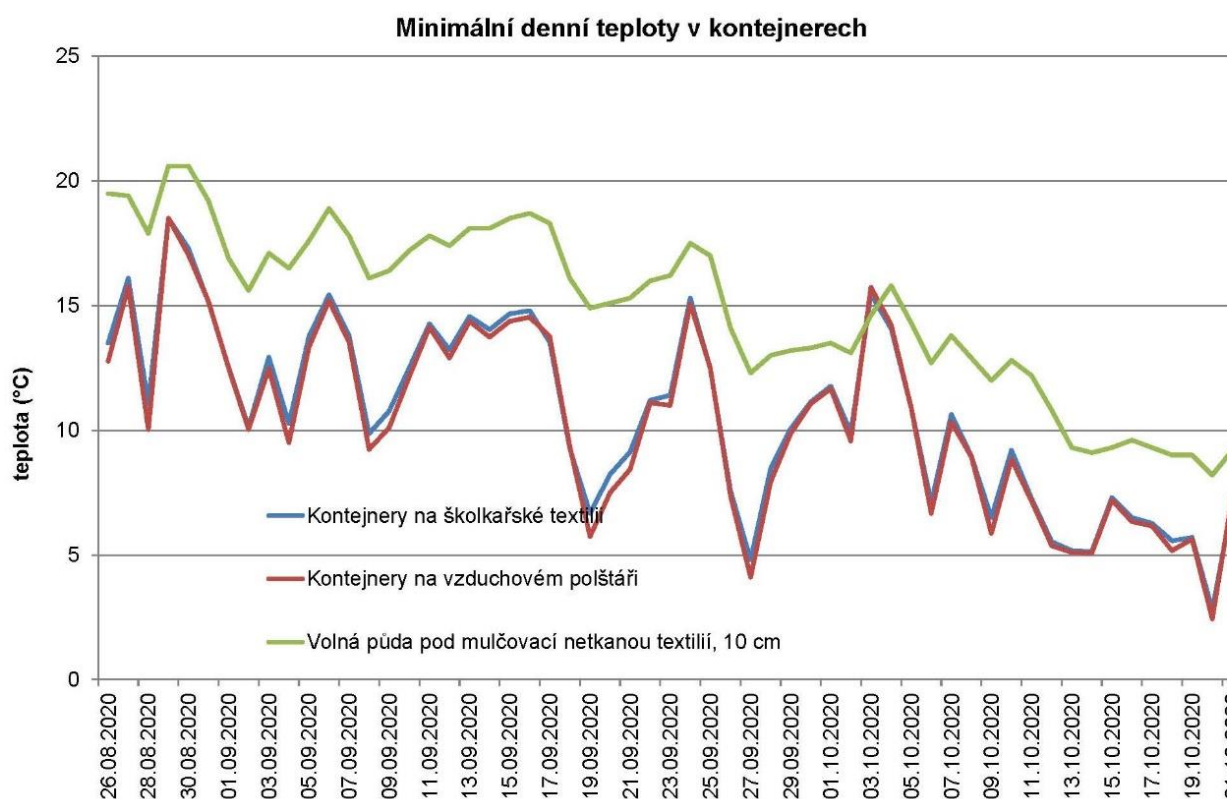
Jak je vidět na Obr. 27-29, z hlediska hodnocení rozdílů průměrných hodnot teplot pěstebních substrátů v průběhu většiny dnů není viditelný rozdíl v teplotách u obou variant. Za teplejších dnů je však možné pozorovat „ochlazující“ účinek vzduchového polštáře, kdy průměrné hodnoty teplot substrátů byly u této varianty nižší ve srovnání s Kontrolní variantou. Tato skutečnost je zajímavá z pohledu teplot v kořenovém balu rostlin, kdy se touto metodou může předcházet zvýšenému teplotnímu stresu rostlin zejména při vysokých teplotách na kontejnerovnách v letním období.



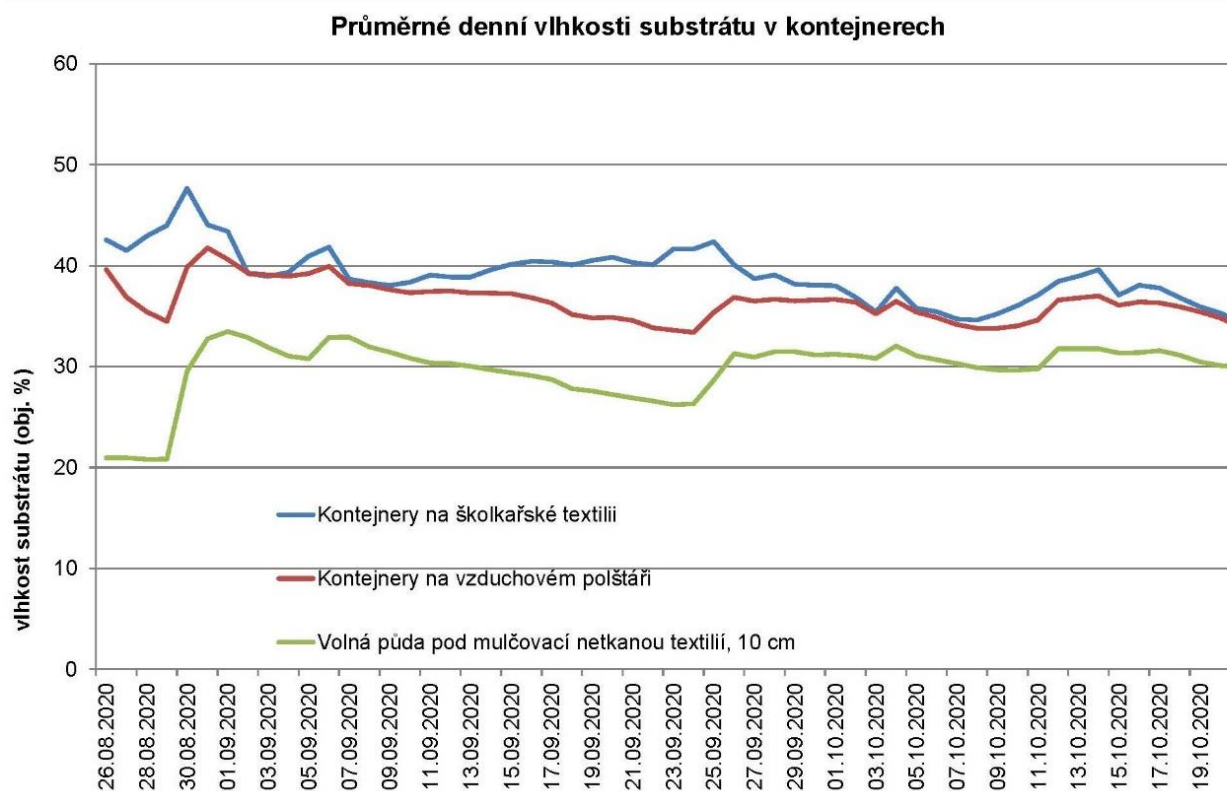
Obr. 27 Srovnání vývoje průměrných denních teplot



Obr. 28 Srovnání vývoje maximálních denních teplot



Obr. 29 Srovnání vývoje minimálních denních teplot



Obr. 30 Srovnání vývoje průměrných denních vlhkostí substrátu v kontejnerech

Na Obr. 30 jsou znázorněny průběhy vlhkostí u obou pokusných variant. Z grafu je možné pozorovat, že vlhkost pěstebního substrátu u varianty na vzduchovém polštáři dosahuje nižších průměrných hodnot ve srovnání s Kontrolní variantou, kdy jsou umístěny kontejnery přímo na školkařské podkladové textilií. Tato skutečnost může být výhodná zejména při nižších teplotách a intenzivnějších srážkách, kdy je přebytečná voda odvedena z kontejneru a nedochází tak k přemokřování pěstebního substrátu, které při dlouhodobém působení může vést k omezení množství vzduchu v kořenové zóně rostlin. Naopak při vyšších teplotách vzduchu dochází k výraznějšímu poklesu průměrných hodnot vlhkosti pěstebního substrátu, což může být problematické zejména při vyšších teplotách v letním období. Na růst modelových rostlin toto snižování však nemělo negativní vliv. Zajímavé bude sledování vývoje teplot mimo vegetační období.



Obr. 31 Celkový pohled na založený experiment – vzduchový polštář

4. Stanovení vlivu mulčování povrchu kontejnerů na spotřebu závlahové vody

Úvod

Používání nejrůznějších druhů mulčů při pěstování okrasných dřevin ve školkách patří k některým ze způsobů, jak omezit růst plevelů v kontejnerech a snížit tak potřebu ruční práce na jejich odstranění a zároveň zvýšit užitelnost rostlin včetně jejich tržní hodnoty. Pod pojmem mulč se většinou rozumí jakýkoliv materiál, odlišný od substrátu, použitý jako přechodová vrstva mezi ním a ovzduším za účelem vytvořit příznivější podmínky pro růst rostlin. V souvislosti s mulčováním lze zároveň i předpokládat (a alespoň výrobci mulčů to tvrdí) omezení evaporace, tj. neproduktivního výparu z povrchu kontejnerů a tím i snížení potřeby vody na závlahy a zvýšení vlhkosti substrátu v kořenové vrstvě pěstovaných rostlin. Rychlost a velikost evaporace je závislá na mnoha parametrech okolního prostředí, především pak teploty vypařujícího se povrchu, teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru. Velikost evaporace rovněž závisí na vlhkosti povrchu kontejneru a proto i na rychlosti přenosu vody z vnitřku pěstebního substrátu a následné transformaci na vodní páru (Zribi et al. 2015). Vhodný mulč pak funguje jako fyzická bariéra omezující evapotranspiraci z povrchu substrátu. Mathers (2003) uvádí, že mulč rovněž zastiňuje vlastní substrát a snižuje teplotu uvnitř kontejneru. Zribi et al. (2015) ověřoval pět různých mulčovacích materiálů a konstatoval, že kumulativní evaporace ve dnech následujících po nasycení substrátů vodou byla nejvyšší u nemulčovaných kontejnerů a nejnižší u pokrytí plastovou fólií. Borovicová kůra, pšeničná sláma a geotextilie měly nižší evapotranspiraci během prvních čtyřech dnů experimentu. Yuan et al. (2009) studoval vliv štěrkových substrátů na rychlost evapotranspirace a dospěl k závěru, že zejména v případě vysokého obsahu vody v substrátu tyto přispívají k jejímu snížení. Byla rovněž pozorována negativní korelace mezi velikostí štěrku a evapotranspirací, se zmenšováním zrn se zvyšovala.

Jelikož problematika spotřeby vody na závlahu a možnosti jejího snižování se stává stále aktuálnější i v našich podmínkách, pokusili jsme se ověřit vliv různých druhů mulčovacích materiálů na evapotranspiraci z pěstebních kontejnerů v rámci několikaměsíčního experimentu.

Materiál a metody

V rámci pokusu byly osázeny kontejnery o objemu 2 litry, naplněné substrátem RKS II, zakořeněnými řízků *Weigela*. Po jejich vysázení byly povrchy kontejnerů pokryty jednotlivými druhy mulčů tak, aby vytvořily vrstvu silnou 2 – 3 cm. Celkem bylo testováno 5 variant s odlišným pokryvem substrátu v kontejnerech: A – kontrola bez mulče, B - lisované peletky – firma Strovan Belgie, C – drobnozrnný keramzit, D - mulč sypaný Klamann, E – kokosový disk. Od každé varianty bylo osázeno 5 kontejnerů. Kromě kontejnerů s rostlinami bylo připraveno i stejné množství kontejnerů jenom se substrátem a příslušným typem mulče. Pokus byl založen počátkem května 2020 a ukončen 13. července 2020. Všechny kontejnery byly pravidelně v ranních hodinách váženy a zaznamenávány jejich hmotnosti. Dny, během nichž se vyskytly srážky, nebyly do zpracování zahrnuty. V případě poklesu hmotnosti některých kontejnerů pod cca 700 gramů byla provedena závlivka všech kontejnerů.

Z naměřených hmotností kontejnerů byly vypočítány průměrné hodnoty pro jednotlivé varianty a ze dvou následujících měření vypočítány denní úbytky hmotností, způsobené evaporací z povrchu kontejnerů a evapotranspirací, v případě jejich osazení rostlinami. Tyto rozdíly byly dále statisticky vyhodnoceny. Jedním z důvodů ukončení experimentu bylo i to, že rostliny v kontejnerech dosáhly již takové velikosti a s tím související i transpirace, že vyžadovaly téměř každodenní pravidelnou závlivku, čímž bylo znemožněno sledování úbytků hmotností.

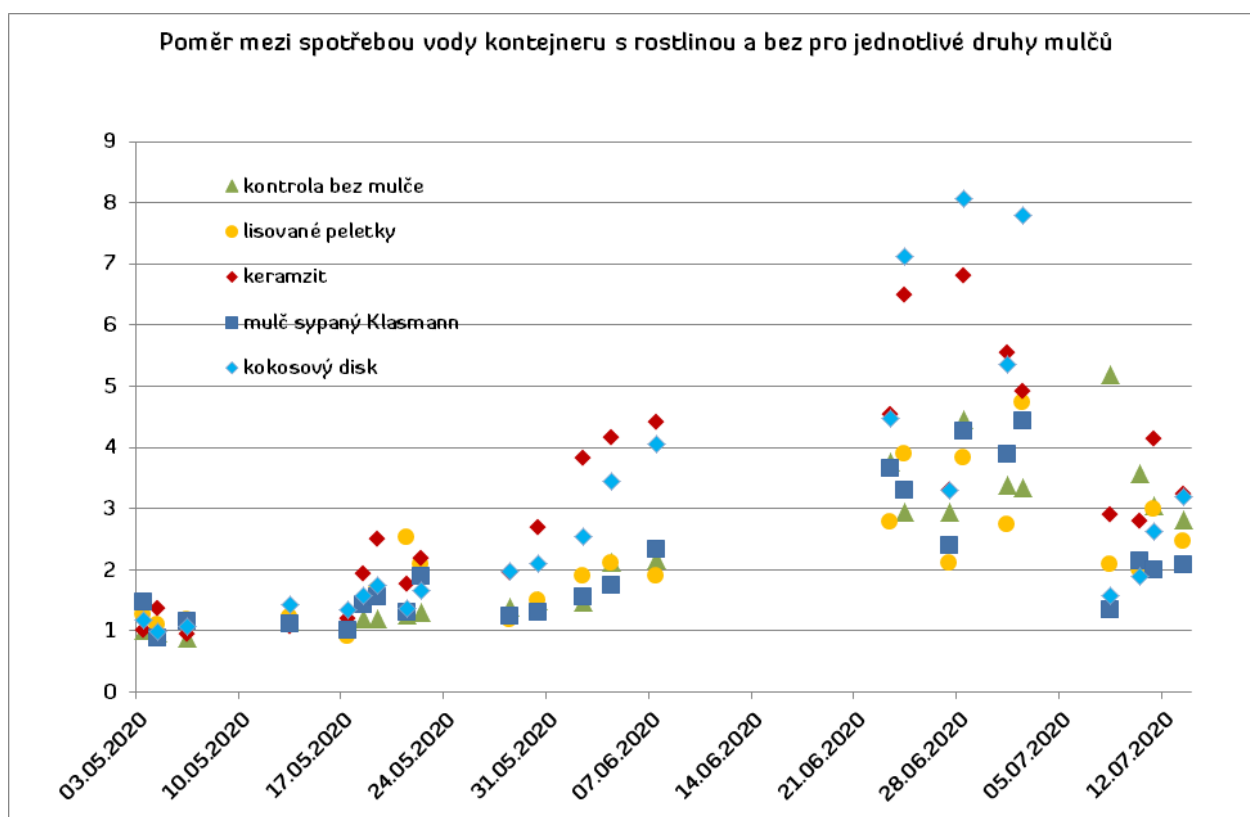
Výsledky a diskuse

Postupný růst a vývoj zakořeněných řízků v kontejnerech má za následek zvětšování jejich listové plochy a tím i za následek nárůst transpirace jednotlivých rostlin, zatímco plocha povrchu kontejnerů, z níž je možná evaporace, zůstává přibližně stejná. Tím se mění i vzájemný poměr podílu evaporace a transpirace na celkové spotřebě vody. Na Obr. 32 je znázorněn poměr mezi spotřebou vody v kontejnerech s rostlinami vzhledem ke spotřebě kontejnerů pouze se substrátem pro jednotlivé varianty pokusu. Na počátku měření, kdy kořeny rostlin teprve prorůstaly substrátem a listová plocha byla malá, se tento poměr blíží jedné, anebo tuto hodnotu překračuje, s dalším vývojem rostlin se poměr zvětšuje a maximálních

hodnot dosahuje ke konci června. Tyto maximální hodnoty se vyskytují ve třetím a následujících dnech po zálivce, kdy povrch kontejnerů je již sušší, čímž se snižuje evaporace a začíná převažovat transpirace. Výrazněji se to projevuje u nenasákavého keramzitu, jenž díky své struktuře omezuje transport vody ze substrátu v kontejneru k jeho povrchu a k přenosu vody do atmosféry dochází převážně jenom difuzí vodních par. Podobné je to i u pokrytí povrchu kontejneru kokosovým terčem, který je sice nasákavý, ale mezi ním a povrchem substrátu je většinou vzduchová mezera, rovněž přerušující kapilární vztlínavost k povrchu. V těchto případech dosahuje ztráta vody šesti až osminásobku ztráty vody z kontejnerů bez rostlin. Ve dnech následujících po zálivce, kdy je povrch kontejnerů dostatečně vlhký, se však tento poměr snižuje přibližně na dvoj až čtyřnásobek.

Z uvedeného vyplývá, že hodnocení celého období jako celku by nevedlo k dostatečně vypovídajícím výsledkům, proto bylo období experimentu rozděleno na dvě části, přičemž první od 2. do 28.5.2020 zachycuje období s rostlinami v raném stádiu zakořeňování a malé listové plochy, druhá část, od 7.6. do 2.7.2020 pak představuje období s již vzrostlými rostlinami s větší listovou plochou. V průběhu června docházelo k četnějším výraznějším dešťovým srážkám, neumožňujícím několik dnů po sobě měření a vyhodnocování úbytků vody.

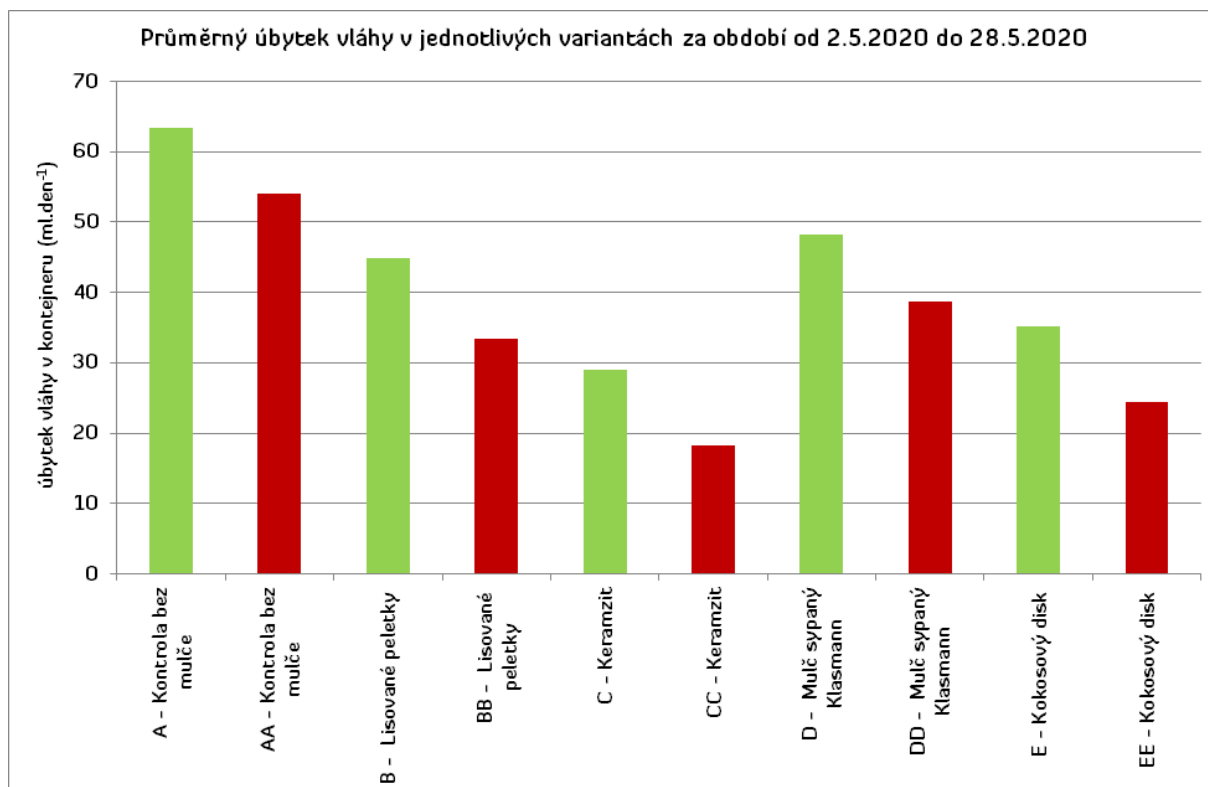
V prvním období (Obr. 32) jsou patrný větší rozdíly mezi jednotlivými variantami, a to jak v případě kontejnerů s rostlinami, tak i bez nich. Nejnižší spotřeba byla u kontejnerů pokrytých keramzitem, kde dosahovala pouze 46 % spotřeby vody oproti variantě bez mulče (Tab. 3), pokud byl kontejner bez rostlin, tak byla spotřeba pouze třetinová. U kokosového disku tato spotřeba dosáhla přibližně poloviny množství vody spotřebovaného ve variantě bez mulče. U zbývajících dvou variant byla úspora vody nižší. Ve všech případech byla spotřeba vody v kontejnerech s rostlinami vyšší než bez nich, toto zvýšení se pohybovalo od 4% do 12%.



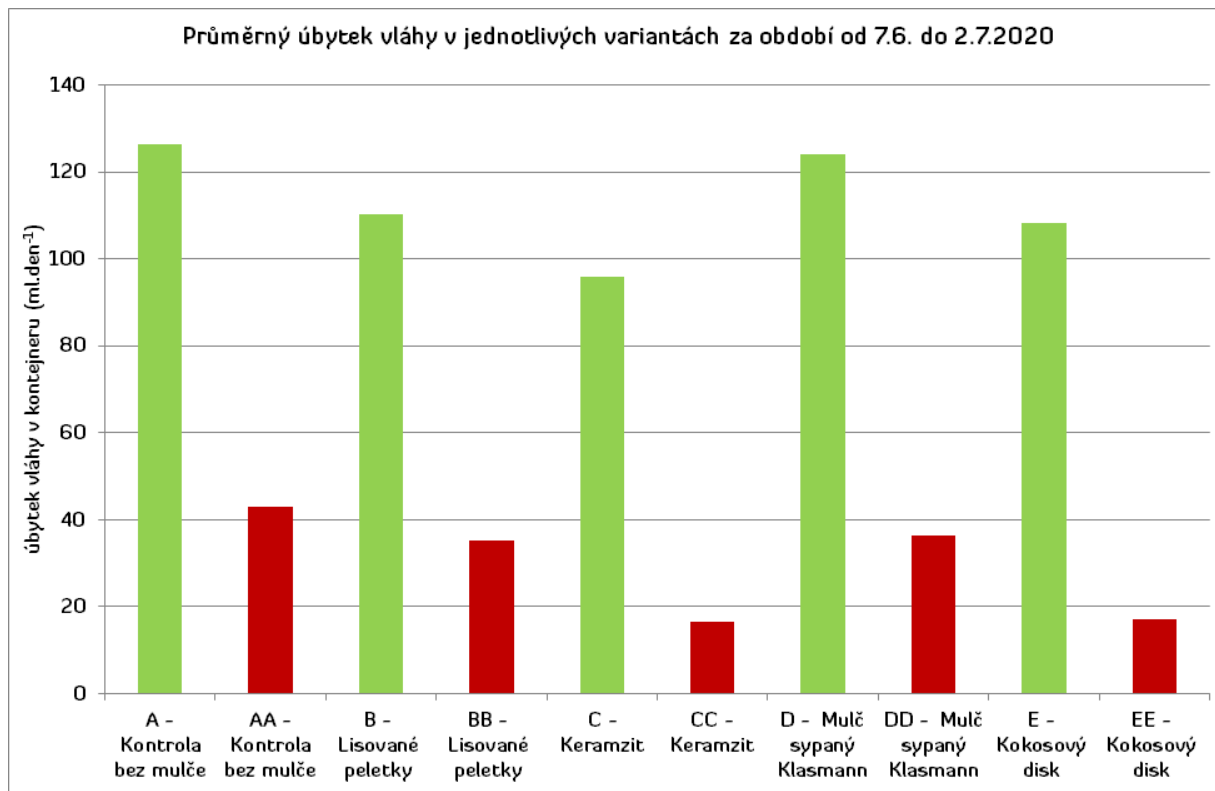
Obr. 32 Poměr spotřeby vody u jednotlivých mulčů

Tab. 3 Podíl spotřeby vody v jednotlivých variantách s mulčem vzhledem k variantě bez mulče v %

Varianta mulče	Kontejnery s rostlinami		Kontejnery bez rostlin	
	I. období	II. období	I. období	II. období
B - Lisované peletky	71	87	62	82
C - Keramzit	46	76	34	38
D - Mulč sypaný Klasmann	76	98	72	84
E - Kokosový disk	55	86	45	40



Obr. 33 Průměrný úbytek vláhy u jednotlivých variant za období od 2.5.2020 do 28.5.2020



Obr. 34 Průměrný úbytek vláhy u jednotlivých variant za období od 7.6.2020 do 2.7.2020

Ve druhém období s již většími rostlinami se příznivý efekt mulčování na celkovou spotřebu vody snižuje, u keramzitu, kde je nejvýraznější, dosahuje 24%, u kokosového disku 14% a u sypaného mulče je prakticky zanedbatelná. Porovnání kontejnerů bez rostlin naznačuje, že zatímco u keramzitu a kokosového disku došlo mezi I. a II. obdobím k minimálním změnám, u sypaného mulče a peletek se jejich schopnost zabraňovat vysychání kontejnerů značně snížila, což zřejmě souvisí s jejich postupným utužováním a zlepšováním kapilární vodivosti, u peletek i s jejich postupným rozpadem a vytvářením souvislé vrstvy na povrchu kontejnerů.

Závěr

Z provedených pokusů a jejich zpracování vyplývá, že vliv mulčování na spotřebu vody rostlin pěstovaných v kontejnerech se projevuje především v počátečním období, kdy je listová plocha a tudíž i transpirace rostlin menší. Se vzrůstající listovou plochou začne převládat transpirace nad evaporací z povrchu kontejnerů a vliv jednotlivých mulčů na snížení spotřeby se snižuje. Nejlepších výsledků bylo dosaženo u keramzitu, jenž vytváří po většinu doby suchý povrch a vzhledem k minimální kapilaritě zabraňuje přenosu vody ze substrátu vztlínáním k povrchu. Sypané mulče doléhající těsně na povrch substrátu naopak v průběhu vegetace v souvislosti s jejich rozpadem a postupným utužováním svoji kapilaritu zvyšují a odvádějí vodu z povrchu substrátu k povrchu kontejneru, kde dochází k její evaporaci.

Literatura

- Case, L.T., H.M. Mathers, and A.F. Senesac. 2005. A review of weed control practices in container nurseries. *HortTechnology* 15:535–545.
- Mathers, H. 2003. Novel methods of weed control in containers. *HortTechnology* 13:28–34.
- Yuan, C., T. Lei, L. Mao, H. Liu, and Y. Wu. 2009. Soil surface evaporation processes under mulches of different sized gravel. *Catena* 78:117–121.
- Zribi, W., R. Aragües, E. Medina, and J.M. Faci. 2015. Efficiency of inorganic and organic mulching materials for soil evaporation control. *Soil Tillage Res.* 148:40–45.

5. Stanovení četnosti zálivky kontejnerů v případě využití příměsí hydroabsorbentu v substrátu

Materiál a metody

Experiment byl založen na pokusném pozemku v lokalitě Moravský Žižkov, okres Břeclav. Byly zvoleny dva odlišné druhy rostlin, *Syringa* a *Weigela*, které byly osázeny do kontejnerů o objemu 2 l. Jako hydroabsorbent byl v experimentu využit na trhu dostupný přípravek Hydrogel. Vždy po třech kontejnerech byly od každého druhu založeny varianty: čistý substrát RKS II (kontrola), substrát RKS II obohacen 2 g.l⁻¹ přípravku Hydrogel a substrát RKS II obohacen 4 g.l⁻¹ přípravku Hydrogel. Pravidelně v ranních hodinách probíhalo vážení všech kontejnerů a byly stanoveny změny hmotností oproti předchozím dnům. Na počátku experimentu byly kontejnery důkladně nasyceny vodou za účelem stanovení schopnosti hydroabsorbentu poutat vodu. Stejně stanovení pak bylo provedeno v průběhu experimentu po vydatných deštích. Nasákavost N Hydrogelu, tj. poměr hmotnosti nabobtnalého Hydrogelu k jeho hmotnosti v suchém stavu, byla vypočítána pro konkrétní podmínky daného substrátu podle vztahu:

$$N = (M_h - M_k) / HD \quad (1)$$

kde:

M_k – průměrná hmotnost kontejnerů kontrolní varianty (g)

M_h – průměrná hmotnost kontejnerů jednotlivých variant s Hydrogelem (g)

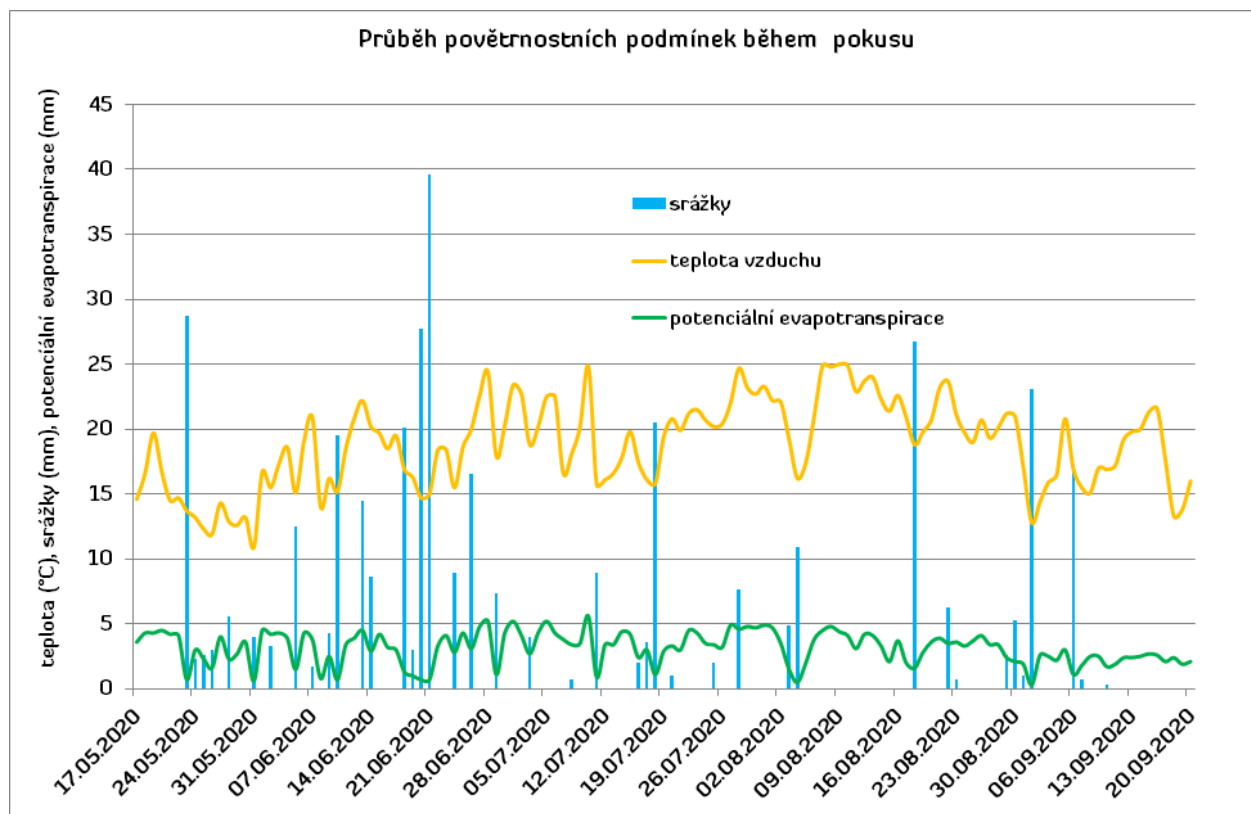
HD – dávka Hydrogelu v jednom kontejneru podle variant (g)

Po nasycení kontejnerů na počátku experimentu nebyla prováděna zálivka a byla sledována hmotnost kontejnerů a stav jednotlivých rostlin s cílem stanovit hmotnost kontejneru, kdy již nedochází ke změnám hmotnosti anebo je pozorovatelné vadnutí rostlin, svědčící o tom, že bylo dosaženo hydrolimitu bod vadnutí. Po získání těchto hodnot byla stanovena využitelná vodní kapacita, hodnota bodu snížené dostupnosti jako 50% využitelné vodní kapacity a velikost případné závlahové dávky odpovídající množství vody potřebné k dosycení kontejneru na hodnotu maximálního nasycení. Závlaha byla následně prováděna vypočítaným množstvím pro jednotlivé varianty vždy při poklesu hmotnosti kontejneru pod zvolenou hranici.

Po ukončení experimentu byla změřena listová plocha (Area meter AM200, ADC Bioscientific LTD, Hoddeston, England) jednotlivých variant a po odstranění nadzemních částí provedeno nasycení na maximální hodnotu s cílem ověřit změny v násakovosti Hydrogelu (popřípadě ve změně polní vodní kapacity) na konci vegetace.

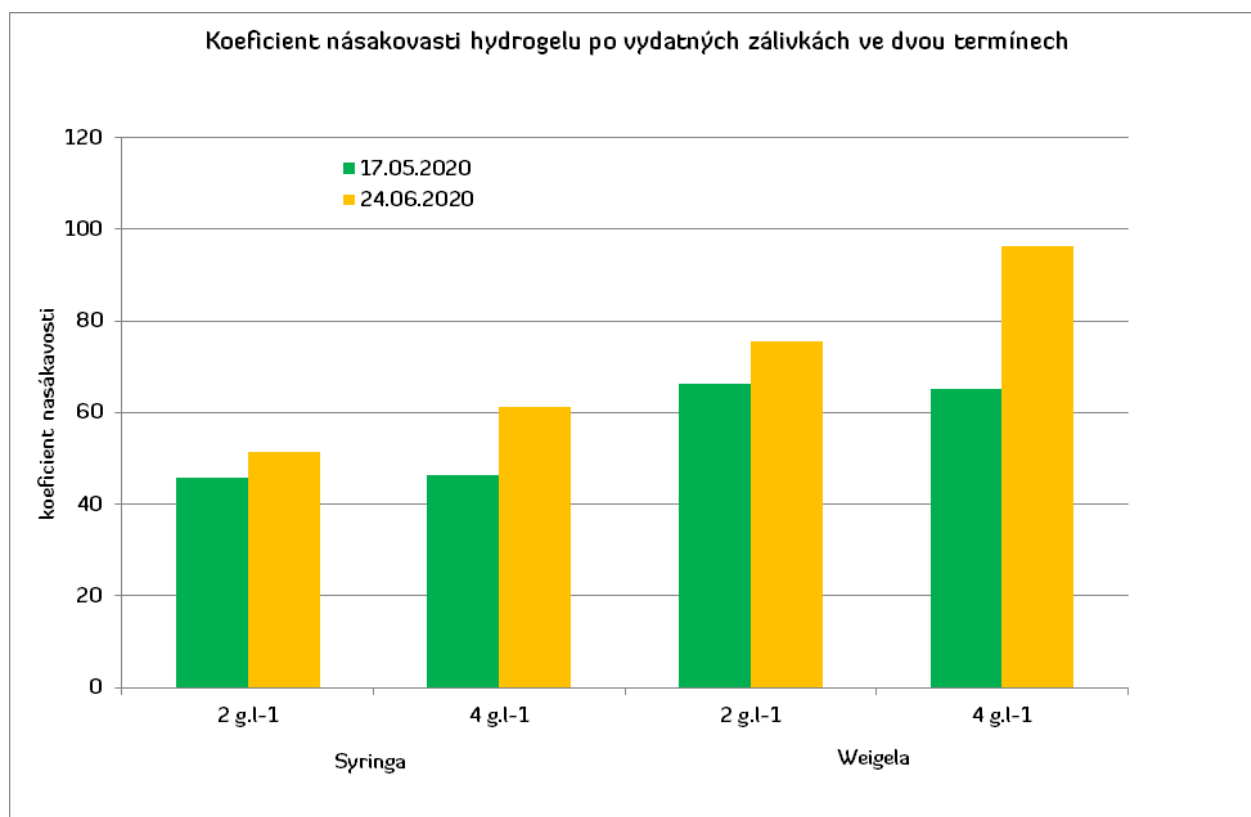
Výsledky a diskuse

Během pokusu od 17.5.2020 do 20.9.2020 se vyskytovalo většinou chladnější a vlhčí počasí než to, na něž jsme byli zvyklí v předcházejících letech. Zejména častější srážky a mnohdy i s poměrně vysokými úhrny do jisté míry ovlivňovaly jeho průběh, docházelo k přirozenému doplňování vláhy v kontejnerech a značná část měření musela být proto vyloučena ze zpracování. Bylo zaznamenáno 40 srážkových dnů, během nichž napršelo 384 mm srážek. Průběh teplot, srážek a potenciální evapotranspirace je zachycen na Obr. 35. Deštivá byla zejména druhá polovina června, avšak i v dalších měsících se vyskytovaly ojediněle výraznější úhrny, které doplnily zásobu vláhy v kontejnerech ve všech variantách.



Obr. 35 Průběh povětrnostních podmínek během pokusu

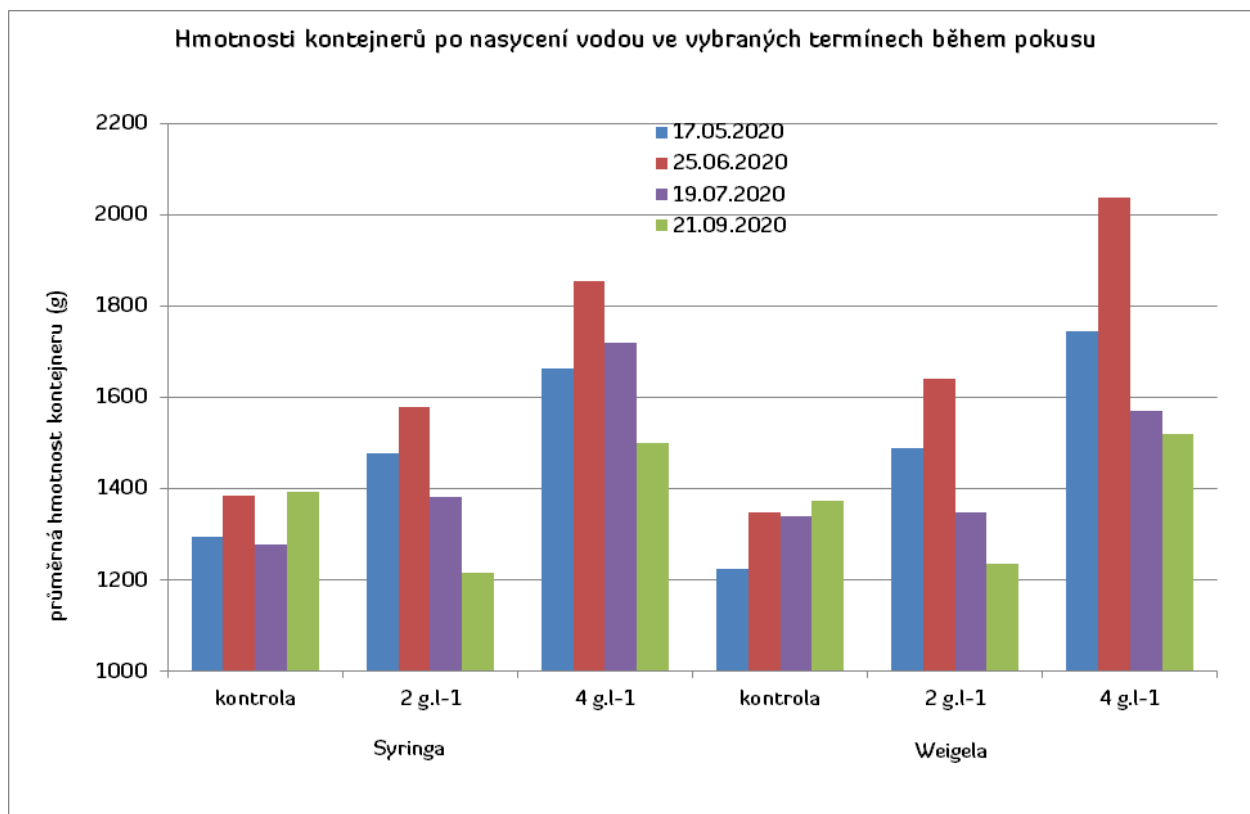
Podle vztahu 1 byl vypočítán koeficient nasákavosti Hydrogelu na počátku experimentu, kdy byly kontejnery důkladně zavlaženy a po odtečení přebytečné vody zváženy. Stejný postup pak byl zopakován ještě 25.6.2020 po vydatných několikadenních deštích, opět po odtečení přebytečné vody. Výsledky jsou na Obr. 35, tento koeficient nabýval hodnot od necelých 50 do více než 90 u varianty *Weigela* 4 g.l⁻¹ ve druhém termínu. Tyto hodnoty jsou podstatně nižší, než všeobecně uváděné výrobcí hydroabsorbentů (200 a více), mohou však souviset s použitým substrátem. Na skutečnost, že v zahradnických substrátech Hydrogel expanduje méně, než když je zalit destilovanou vodou, poukazují již Fonteno a Bilderback (1993). Může to být způsobeno chemickými vlastnostmi substrátu včetně přidáných živin, popřípadě jeho fyzikálními vlastnostmi, neumožňujícími potřebnou expanzi hydrogelových částic. Výsledky z dalších termínů, kdy došlo k nasycení substrátů v kontejnerech přirozenými srážkami a tudíž rovnoměrně, nejsou do tohoto grafu zahrnuty, jelikož se ukázalo, že problematiku vododržnosti substrátů obohacených hydroabsorbentem je nutno chápat komplexně jako interakci systému substrát – hydroabsorbent – rostlina a rozdíly v hmotnostech nemusí nutně odpovídat jenom změnám v nasákavosti hydroabsorbentu.



Obr. 35 Koeficient nasákavosti Hydrogelu po vydatných zálivkách ve dvou termínech

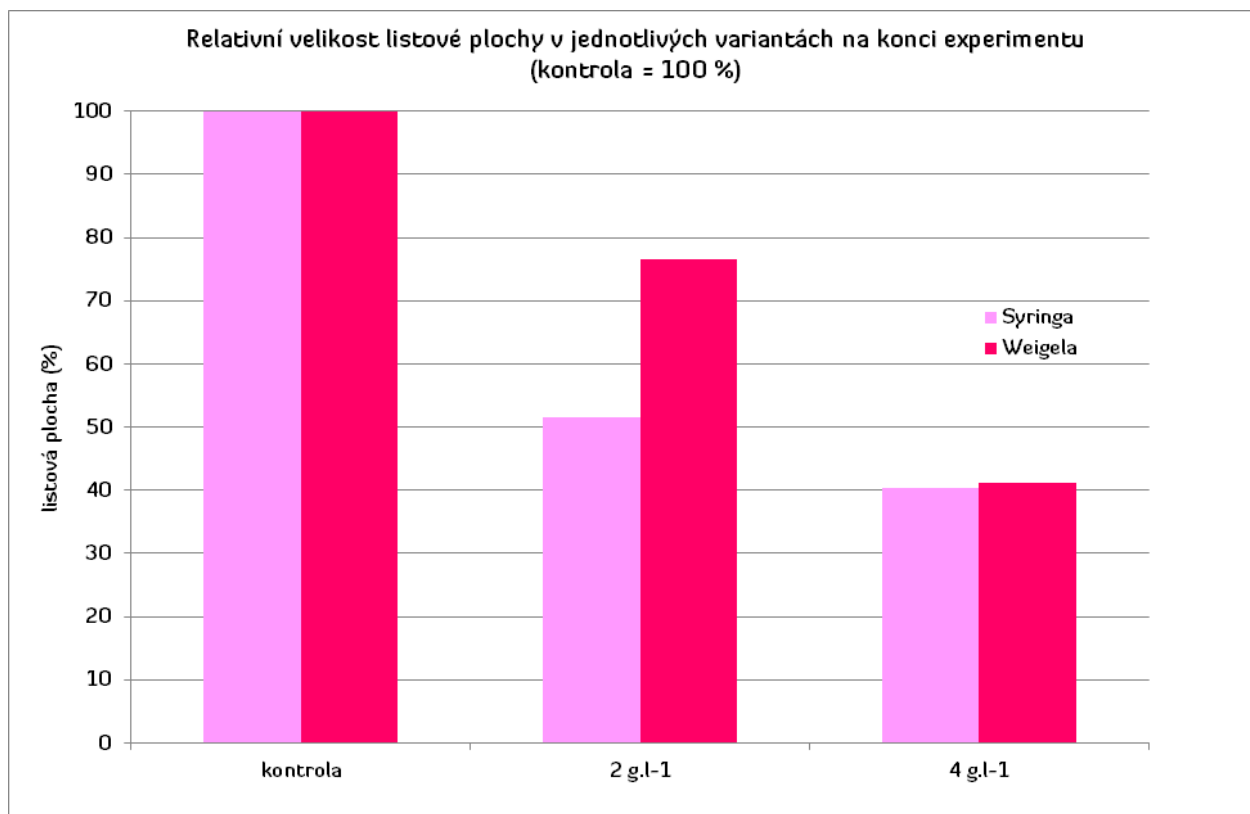
Tento předpoklad potvrzuje Obr. 36 s průměrnými hmotnostmi kontejnerů v jednotlivých variantách ve čtyřech termínech. Kromě dvou již výše zmíněných jsou zde ještě další dva termíny přibližně s měsíčním odstupem, 19.7.2020 a 21.9.2020. Zatímco varianta kontrola si zachovala přibližně stejnou hmotnost ve všech čtyřech termínech, u variant s Hydrogelem byla v prvních dvou termínech hmotnost vždy vyšší než u kontroly, avšak již při měření 19.7.2020 nebyl u varianty *Weigela* 2 g.l⁻¹ zjištěn žádný rozdíl v hmotnostech oproti kontrole a u varianty *Syringa* 2 g.l⁻¹ rozdíl pouze minimální, menší než u předchozích měření. Tento pokles v hmotnosti by se dal snad vysvětlit snížením nasákavosti Hydrogelu, avšak jak ukázalo poslední měření 21.9.2020, ve variantách *Weigela* a *Syringa* 2 g.l⁻¹ byly dokonce nižší hmotnosti než v kontrolních variantách.

Tento pokles hmotnosti již nelze vysvětlit snížením nasákavosti Hydrogelu, v praxi tento poznatek má za následek, že v průběhu vegetační sezóny klesá schopnost substrátu zadržovat vodu a na jejím konci je dokonce v případě aplikace 2 g.l⁻¹ tato schopnost dokonce nižší než u čistého substrátu. U variant 4 g.l⁻¹ jsou sice hmotnosti kontejnerů i v tomto termínu vyšší než u kontroly, je to však zřejmě způsobeno větší dávkou Hydrogelu. Jako pracovní hypotéza se nabízí možnost narušení přirozené struktury substrátu opakovaným bobtnáním a vysycháním hydrogelových částic, čímž dochází k narušování kapilárních pórů samotného substrátu a ten pak ztrácí schopnost dlouhodoběji vázat vodu. Tuto hypotézu však bude nutno ověřit ještě dalšími výzkumy.



Obr. 36 Hmotnosti kontejnerů po nasycení vodou ve vybraných termínech během pokusu

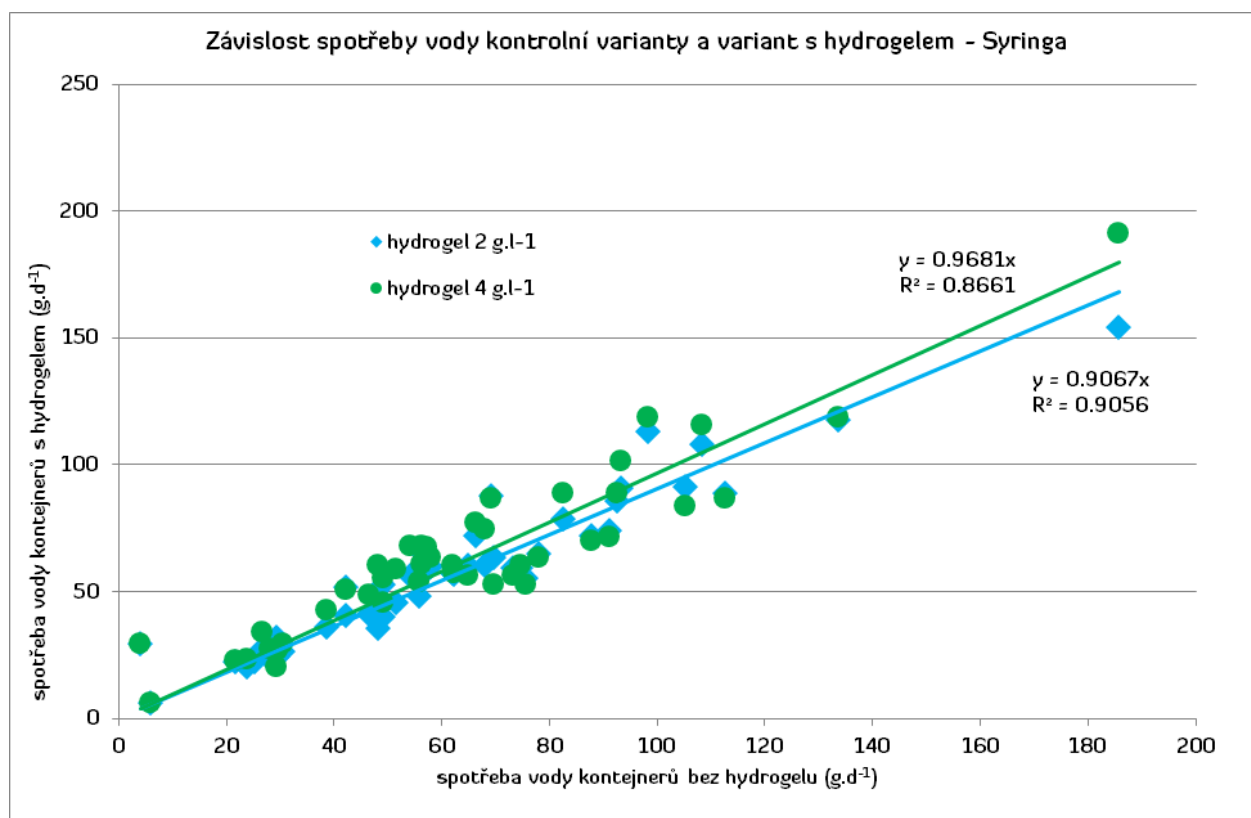
Změřením listové plochy u všech rostlin jednotlivých variant (Obr. 37) bylo zjištěno, že u variant s Hydrogelem je výrazně menší než u kontrolní varianty. Nejvýrazněji se to projevilo u obou variant s dávkou Hydrogelu 4 g.l⁻¹, u nichž listová plocha dosáhla velikosti pouze 40% kontroly. Platí zde úměra, že čím více Hydrogelu, tím menší listová plocha. K obdobnému zjištění dospěl mj. i Tripeppi et al (1991), přičemž snížení listové plochy, nadzemní biomasy a kořenů v souvislosti s obohacením substrátu hydroabsorbentem je vysvětlován vyplněním pórů v substrátu hydroabsorbentem, čímž dojde ke snížení provzdušňenosti a přístupu kyslíku ke kořenům. Menší listová plocha byla pozorována u všech rostlin v substrátu s hydroabsorbentem, jednalo se tedy o systémový jev.



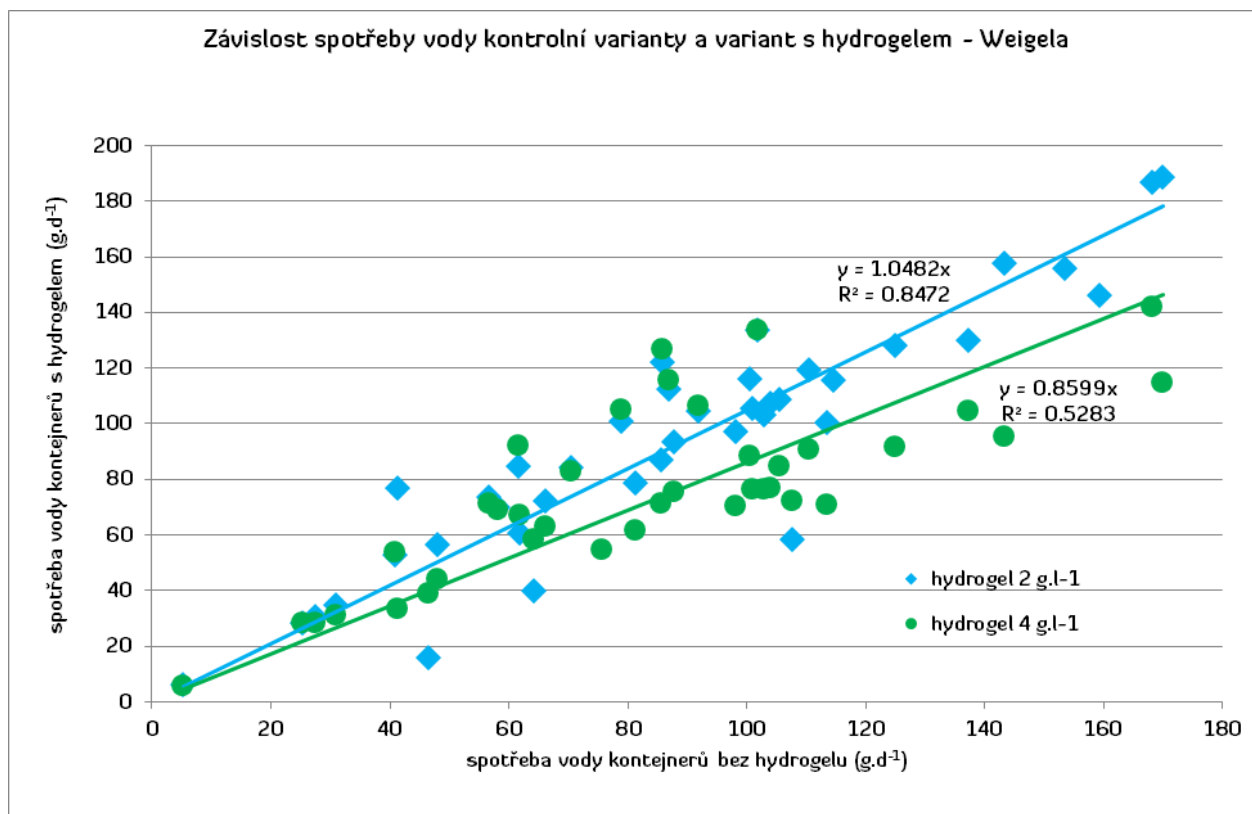
Obr. 37 Relativní velikost listové plochy v jednotlivých variantách na konci experimentu

Ve dnech, kdy se v období mezi jednotlivými po sobě následujícími váženími kontejnerů nevyskytly srážky a ani nebyla provedena závlaha, byla sledována závislost mezi úbytkem vody v kontrolní variantě a variantami s přidavkem Hydrogelu. Pro jednotlivé druhy pokusných rostlin jsou tyto závislosti vyneseny na Obr. 38 a 39. Je na nich patrna poměrně těsná lineární závislost mezi úbytkem vody v kontrolní variantě a ve variantách s Hydrogelem. Na těchto obrázcích jsou zachyceny jak dny s vysokou výsušností atmosféry, tak i nízkou, při nichž byla spotřeba vody nižší. Lineární charakter závislostí značí, že nedošlo k omezení příjmu vody rostlinami ani v jedné variantě a rostliny tudíž měly dostatek vláhy k transpiraci. Směrnice jednotlivých přímek nedosahují vždy hodnoty 1, kdy je stejná spotřeba vody v kontrolní variantě a i ve variantách obohacených Hydrogelem, ale velmi se této hodnotě přibližují. Např. hodnota 0,9067 u varianty *Syringa* 2 g.l⁻¹ vyjadřuje přibližně o necelých 10% nižší spotřebu vody ve všech případech oproti kontrolní variantě. Názorně je pak průměrná spotřeba zachycena na Obr. 40 pro jednotlivé varianty. U druhu *Syringa* s ohledem na jeho menší vzrůst oproti druhu *Weigela* jsou spotřeby vody nižší, nebyly však zaznamenány výraznější rozdíly mezi kontrolní

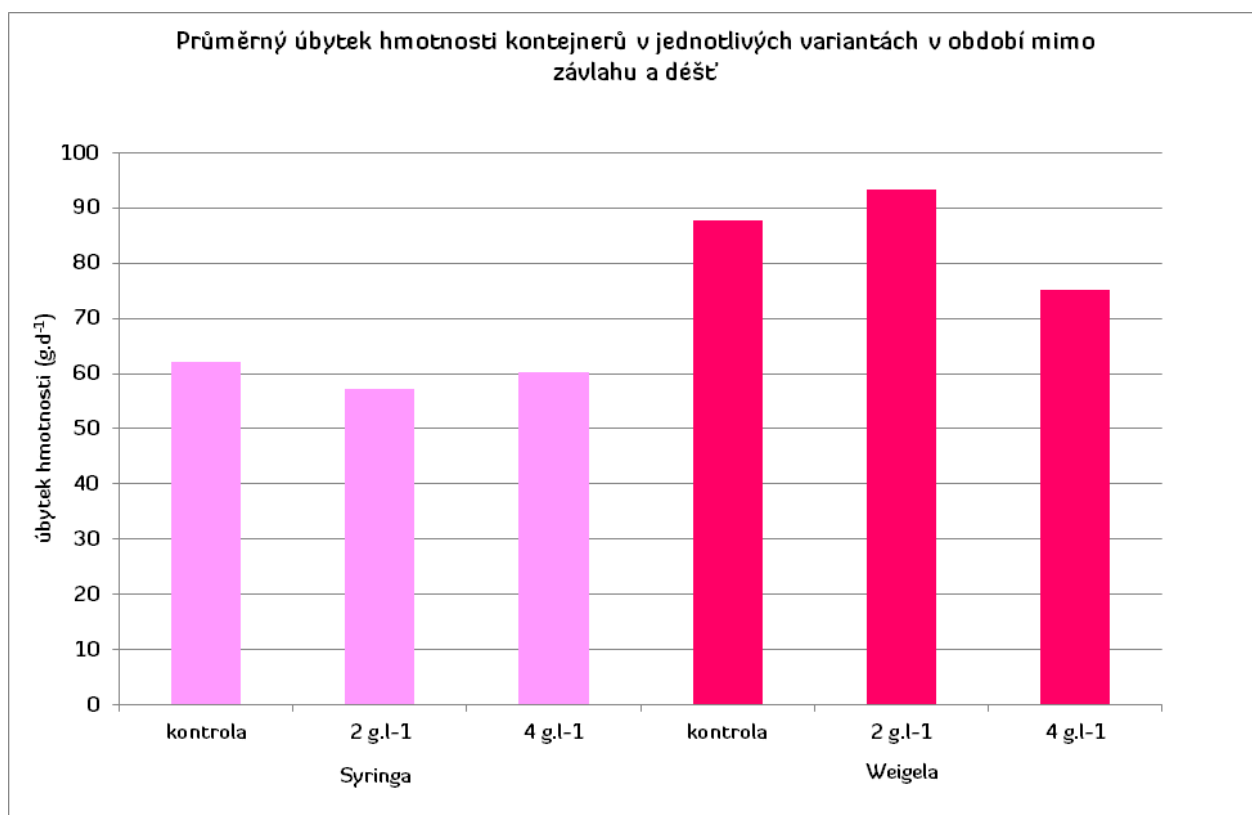
variantou a variantami s Hydrogelem, resp. pohybovaly se do 10% celkové spotřeby. U druhu *Weigela* byla ve variantě s 2 g.l⁻¹ zaznamenána spotřeba vyšší než u kontrolní varianty, avšak u varianty 4 g.l⁻¹ byla spotřeba cca o 15% nižší. Přibližně stejná spotřeba vody u jednotlivých druhů v jednotlivých variantách je v mírném rozporu se zjištěnou listovou plochou. Jak uvádí Salaš a kol (2010), průtok mízy u mladých dřevin je v poměrně těsné souvislosti s jejich listovou plochou a okolními meteorologickými parametry. Dalo by se proto předpokládat, že výrazně menší listová plocha ve variantách s Hydrogelem (Obr. 37) bude mít za následek i nižší transpiraci, naměřené hodnoty tomu však neodpovídají. Lze proto předpokládat, že vyšší spotřeba vody oproti očekávání může být zapříčiněna déletrvalejším vlhčím povrchem a tím i vyšší evaporací v důsledku vyššího obsahu vody v částicích Hydrogelu a jejím přenosem k povrchu kontejneru.



Obr. 38 Závislost spotřeby vody kontrolní varianty a variant s Hydrogelem - Syringa

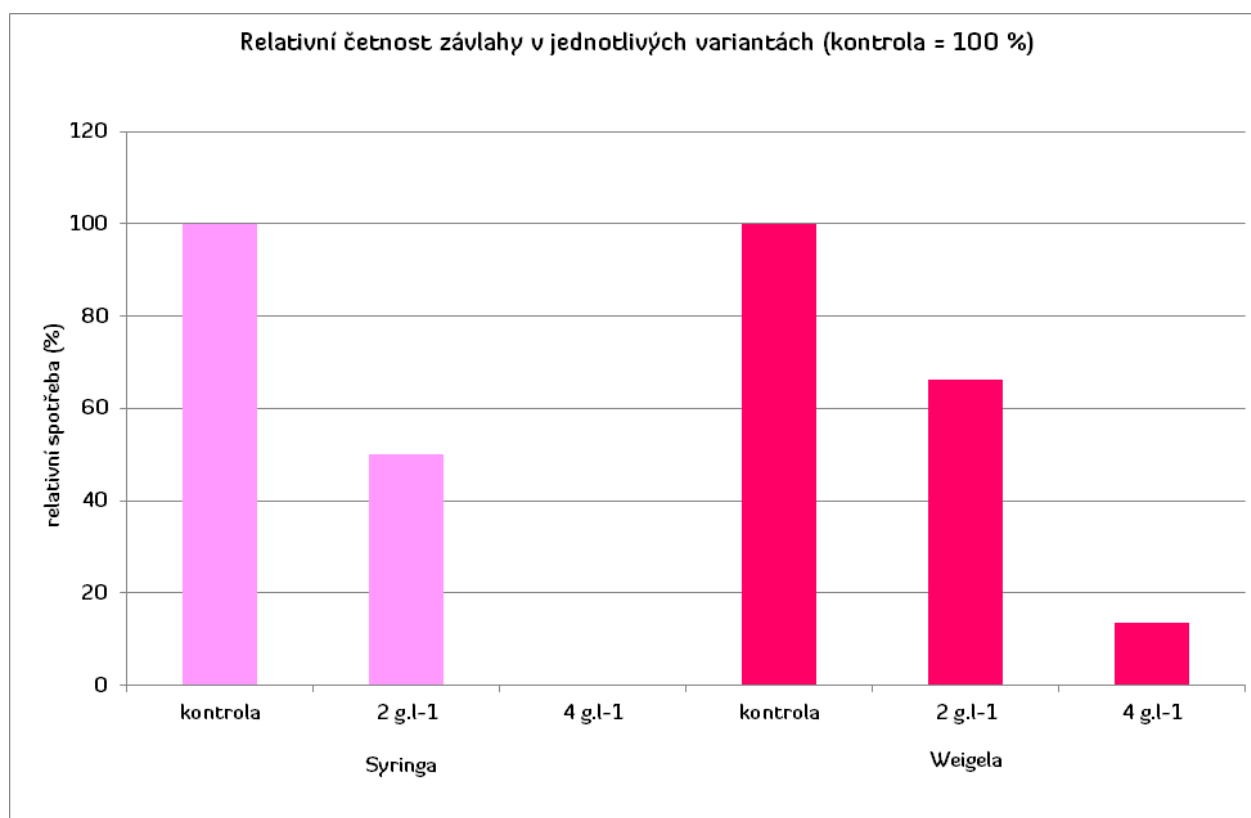


Obr. 39 Závislost spotřeby vody kontrolní varianty a variant s Hydrogelem - Weigela



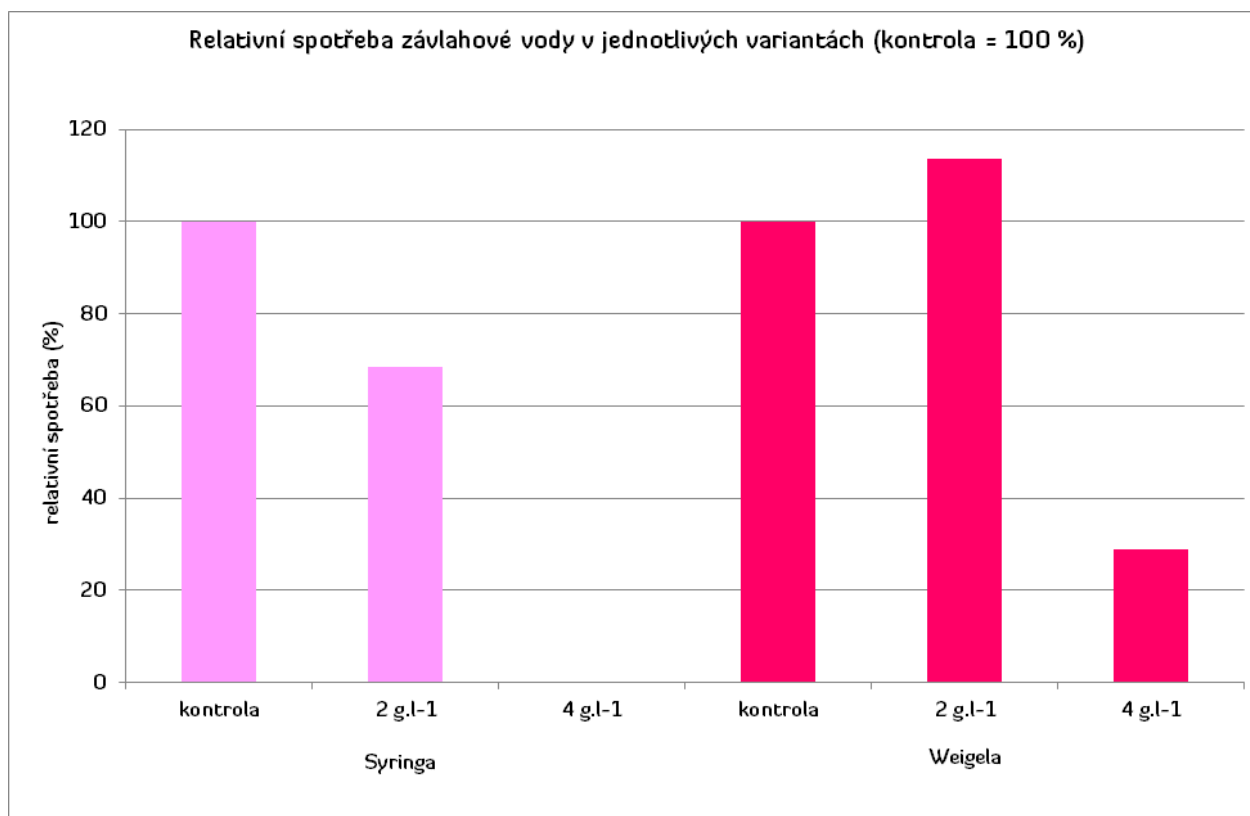
Obr. 40 Průměrný úbytek hmotnosti kontejnerů v jednotlivých variantách v období mimo závlahu a déšť

Pozorováním bylo zjištěno, že k vadnutí rostlin druhu *Weigela* dochází při poklesu hmotnosti kontejnerů přibližně na 550 – 600 g, od tohoto údaje pak byly odvozeny závlahové dávky pro jednotlivé varianty: 350 ml kontrola, 600 ml 2 g.l⁻¹ a 750 ml 4 g.l⁻¹. Tyto závlahové dávky byly aplikovány vždy, když hmotnost kontejneru klesla k hodnotě 900 g. Vzhledem k vlhčímu charakteru počasí během trvání experimentu nebyla závlaha zapotřebí tak často jako v minulých letech a z větší části docházelo k přirozenému doplňování vody v jednotlivých variantách. Podle předpokladu nejvyšší četnost závlahy byla ve variantách bez Hydrogelu, s jeho vzrůstajícím množstvím klesala i jejich četnost. U druhu *Syringa* s menším vzrůstem u varianty 4 g.l⁻¹ nebylo nutno zavlažovat vůbec. Naproti tomu u druhu *Weigela* s větší listovou plochou byla potřeba závlahy i ve variantě s větším množstvím Hydrogelu.



Obr. 41 Relativní četnost závlahy v jednotlivých variantách

Jelikož byly zvoleny závlahové dávky různé velikosti pro jednotlivé varianty, lze dostat i poněkud odlišný pohled na celkové množství potřebné závlahové vody, jak ukazuje Obr. 42. U druhu *Weigela* byla spotřeba mírně vyšší u varianty s 2 g.l⁻¹ než u kontrolní varianty, u ostatních variant ale platí, že je zde spotřeba závlahové vody nižší než u kontrolních variant.



Obr. 42 Relativní spotřeba závlahové vody v jednotlivých variantách

Závěr

Existuje celá řada odborných prací, potvrzujících pozitivní účinky přidání hydroabsorbentu jak na vodní kapacitu substrátů, tak i na pěstované rostliny. Přehledně tyto výsledky sumarizuje ve své práci např. Crous (2016). Jsou zde však též zmíněny i výsledky, kdy po přidání hydroabsorbentu do pěstebního substrátu nebylo dosaženo očekávaných výsledků a jejich použití je víceméně problematické. Jak uvádějí Landis a Haase (2012), výsledky ze školek a polních pokusů bývají smíšené. Jelikož existuje velká variabilita pěstovaných rostlin, substrátů a ostatních

přírodních podmínek, je téměř nemožné rozhodnout, zda-li aplikovat hydroabsorbentu či nikoliv. Proto autoři doporučují vždy nejprve provést malý pokus pro dané konkrétní podmínky. To ostatně bylo i cílem popsaného experimentu v rámci funkčního úkolu. Aplikací dvou odlišných dávek Hydrogelu do substrátu RKS II a dvou pokusných druhů rostlin bylo zjištěno:

1. došlo k mírné retardaci růstu pěstovaných rostlin, zvyšující se s množstvím přidaného Hydrogelu. Tento jev lze snad vysvětlit vyplněním makropórů nabobtnalým Hydrogelem a snížením provzdušněnosti substrátu. Jelikož během pokusu panovalo spíše vlhčí počasí, bylo toto nabobtnání trvalejšího rázu, a tudíž stresové podmínky trvaly po delší dobu.
2. nedošlo ke snížení spotřeby vody, evapotranspirace byla po celou dobu experimentu téměř totožná jako v kontrolní variantě pouze se substrátem. S ohledem na snížení listové plochy lze předpokládat, že snížená transpirace byla částečně vykompenzována zvýšenou evaporací z povrchu substrátu obohaceného o Hydrogel, jež byl delší dobu vlhčí než v kontrolní variantě.
3. cílem experimentu bylo ověřit, zda-li dojde ke snížení frekvence nutné zálivky, v důsledku přidání Hydrogelu bylo zapotřebí zavlažovat u substrátu obohaceného Hydrogelem 2g.l^{-1} o 30 – 50 % méně často, u vyšší dávky klesla potřeba závlahy ještě výrazněji.
4. až na jeden případ klesla současně i spotřeba závlahové vody
5. ke konci experimentu se začalo projevovat snižování vodní kapacity u substrátů obohacených Hydrogelem, tomuto jevu bude nutno v budoucnosti věnovat více pozornosti

Popsaný experiment probíhal pouze po dobu jednoho vegetačního období, které navíc bylo poměrně bohaté na srážky, takže se nemohly projevit v plné míře případné kladné efekty Hydrogelu. V odborné literatuře jsou spíše popisovány výsledky založené na obohacování písčitých půd hydroabsorbentem, v případě škoek se jedná o různé kůrovo-písčité substráty, u nichž může být efekt výraznější. U většiny těchto prací se však jedná spíše o krátkodobější výzkumy, bylo by zapotřebí zkoumat vliv těchto pomocných půdních látek i v dlouhodobějším kontextu, jelikož se ukazuje, že jejich časová stálost může být ovlivněna několika faktory, mezi

něž patří především chemické složení závlahové vody a dodaných hnojiv, které ji zkracují. Velmi zajímavé by bylo využití hydroabsorbentů u bezrašelinových substrátů, které rostlinám v kořenové zóně zajišťují vysoký podíl vzdušnosti, ale rychle přesychají. Tyto substráty se využívají zejména u dřevin, citlivých na nedostatek kyslíku v oblasti kořenového systému. Vzhledem k vysychavosti substrátů takto pěstované dřeviny v kontejnerech vyžadují častější závlahu, tj. vyšší závlahové dávky a tím i vyšší spotřebu vody.

Literatura

- Ahmad M. Abdallah, 2019. The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress, International Soil and Water Conservation Research, Volume 7, Issue 3, Pages 275-285, ISSN 2095-6339
- Crous, J. W. (2016). Use of hydrogels in the planting of industrial wood plantations. Southern Forests: a Journal of Forest Science, 79(3), 197–213. doi:10.2989/20702620.2016.1221698
- Fonteno WC, Bilderback TE. 1993. Impact of hydrogel on physical properties of coarse structured horticultural substrates. Journal of the American Society for Horticultural Science 118(2):217-222.
- Landis TD, Haase DL. 2012. Application of hydrogels in the nursery and during outplanting. In: Haase DL, Pinto JR, Riley LE (tech. coords), National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations – 2011. Proceedings RMRS-P-68. Fort Collins: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp 53–58.
- Salaš, P., Mokříčková, J., Litschmann, T., Sasková, H.: Vztah mezi průtokem mízy mladých dřevin a meteorologickými a morfologickými parametry na písčitých půdách. Úroda, vědecká příloha. 2010. sv. 58, č. 12, s. 738–741. ISSN 0139-6013
- Tripepi RR, George MW, Dumroese RK, Wenny DL. 1991. Birch seedling response to irrigation frequency and a hydrophilic polymer amendment in a container medium. Journal of Environmental Horticulture 9(3):119-123.

6. Vyhodnocení průběhu mikroklimatických parametrů na dvou odlišných stanovištích (kontejnerovna, stínoviště)

Úvod

Rostliny pěstované v kontejnerech jsou ve srovnání s produkcí ve volné půdě vystavené četným environmentálním stresorům ovlivňujících jak nadzemní, tak i kořenovou část rostlin. Synergismus účinku těchto faktorů může výrazně ovlivnit charakter stresové reakce ve srovnání s působením každého faktoru odděleně (Kolb, Robberecht, 1996). K nejčastějším fyziologickým a biochemickým indikátorům běžně používaných k hodnocení stresové tolerance nebo poškození patří fotosyntéza, vodní režim, stabilita buněčných membrán, peroxidace lipidů a stresem indukované proteiny (Chaves *et al.*, 2009; Blum, 2010). Limitujícím faktorem pro rostliny je obvykle dostupnost vody, ale v případě kontejnerové produkce je současně jedním z dominantních faktorů i teplota. Teplota ovlivňuje růst a vývoj rostlin přímo, vyvoláním různých poškození rostlin, a nepřímo ovlivňováním fyziologických procesů. Na průběhu teplotních podmínek je závislá většina procesů probíhajících v rostlinách (Gloser, Prášil, 1998). Kozłowski, Pallardy (1997) uvádějí, že zvláštní pozornost je potřeba věnovat rostlinám pěstovaným v kontejnerech, kdy povrch kontejneru absorbuje sluneční záření pomocí stěn kontejnerů, a způsobuje tak zvyšování teploty uvnitř kontejneru o 4 až 10°C za hodinu, přičemž teplota dosahovaná uvnitř kontejneru se zvyšuje až k 50°C. Náchylnost dřevin na toto poškození je značně závislá od druhu dřeviny. Proto musíme, při školkařské produkci, některé typy rostlin (zejména jehličnany a stálezelené listnaté dřeviny) chránit před přímým slunečním zářením. K tomu využíváme různé typy stínění, od jednoduchých nízkých tunelů, pokrytých stínovací textilií až po sofistikované stavby – stínoviště s automaticky, počítačem ovládanými stínovkami.

Materiál a metody

Pokusy probíhaly ve dvou kontejnerovnách Ústavu šlechtění a množení okrasných rostlin Zahradnické fakulty Mendelovy univerzity v Lednici. Ve starší kontejnerovně probíhala paralelní měření teplot v různých úrovních na ploše kontejnerovny a na sousední stanici ČHMÚ již od roku 2016, nová kontejnerovna se

stínovištěm byla dokončena před koncem roku 2019 a v tu dobu rovněž započala měření různých mikroklimatických parametrů v zastíněné a nezastíněné části. Starší kontejnerovna Obr. 42) má rozměry 875 m² a je pokryta černou školkařskou textilií, nová kontejnerovna má rozměry 790 m² a je rovněž pokryta černou školkařskou textilií. Polovina kontejnerovny je zastiňována svinovatelnou stínovkou (stínící textilie 70%).



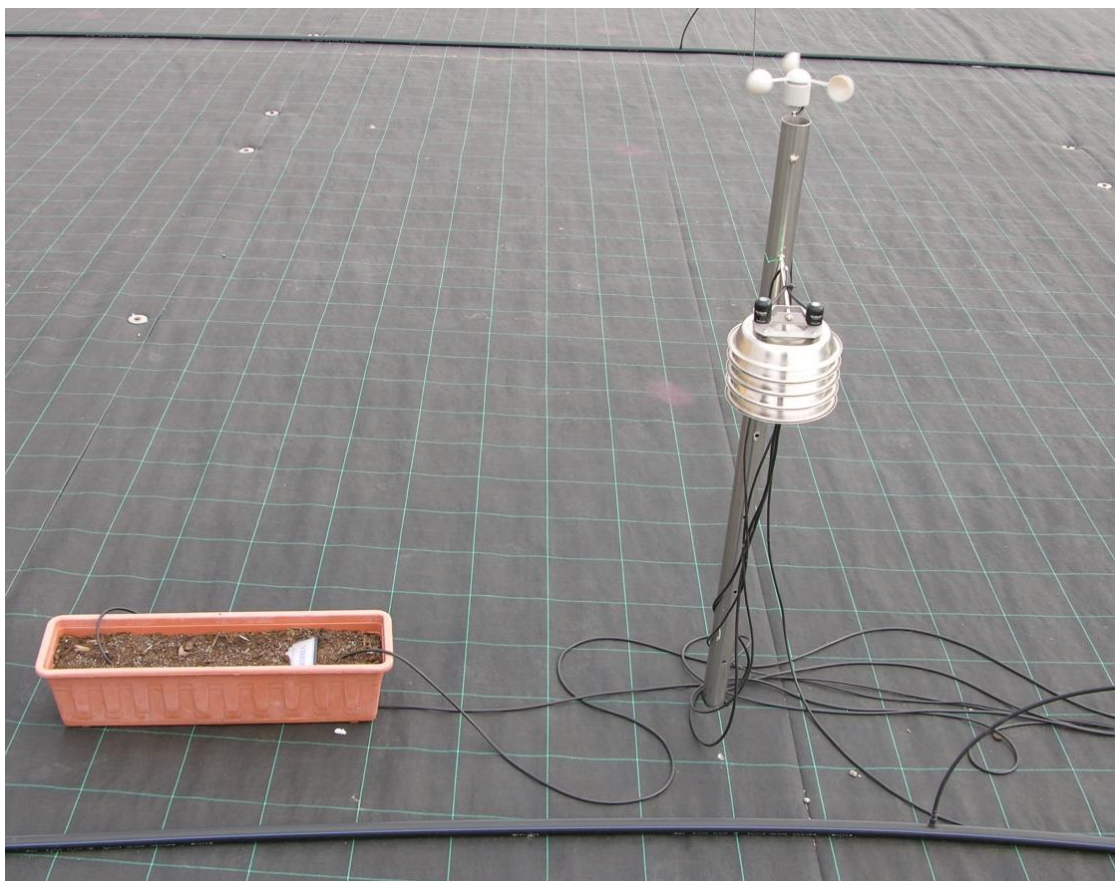
Obr. 43 Pohled na starší kontejnerovnu s vyznačením měřicích stanovišť

Starší kontejnerovna je vybavena automatickou meteorologickou stanicí MeteoUNI (AMET Velké Bílovice), zaznamenávající teploty a vlhkosti vzduchu ve čtyřech úrovních (185, 125, 95 a 65 cm nad terénem) včetně teploty v kontejnerech. V jejím sousedství se nachází standardní automatická meteorologická stanice ve správě ČHMÚ, zaznamenávající mj. rovněž teploty vzduchu ve výšce 2 m nad terénem. Z těchto dvou stanic byl proveden detailnější rozbor odchylek teploty na ploše kontejnerovny oproti standardnímu měření na volné ploše.

Nová kontejnerovna byla vybavena na podzim roku 2019 novou automatickou meteorologickou stanicí MeteoUNI (AMET Velké Bílovice) osazenou snímači tak, aby bylo možno kvantifikovat rozdíly v mikroklimatu na zastíněné a nezastíněné části. Pohled na zastíněnou část této kontejnerovny je na Obr. 44. Měřeny jsou: teplota a vlhkost vzduchu v zastíněné a nezastíněné části, rychlost větru v zastíněné a nezastíněné části, intenzita fotosynteticky aktivního záření (SQ-110, Apogee Instruments) v zastíněné a nezastíněné části a intenzita globálního záření (SP-110, Apogee Instruments) v nezastíněné části. Na Obr. 45 je pohled na umístění snímačů teploty a vlhkosti vzduchu v nerezovém stínítku, rychlosti větru, globálního a fotosynteticky aktivního záření. Tyto údaje byly zpracovány běžnými metodami matematické statistiky, z naměřených údajů byly vypočítány denní hodnoty potenciální evapotranspirace podle rovnic Penmana a Monteitha obsažených v excelovém sešitu PMday.xls (<http://biomet.ucdavis.edu/Evapotranspiration/PMdayXLS/PMday.htm>) v úpravě podle Litschmanna.



Obr. 44 Pohled na zastíněnou část kontejnerovny



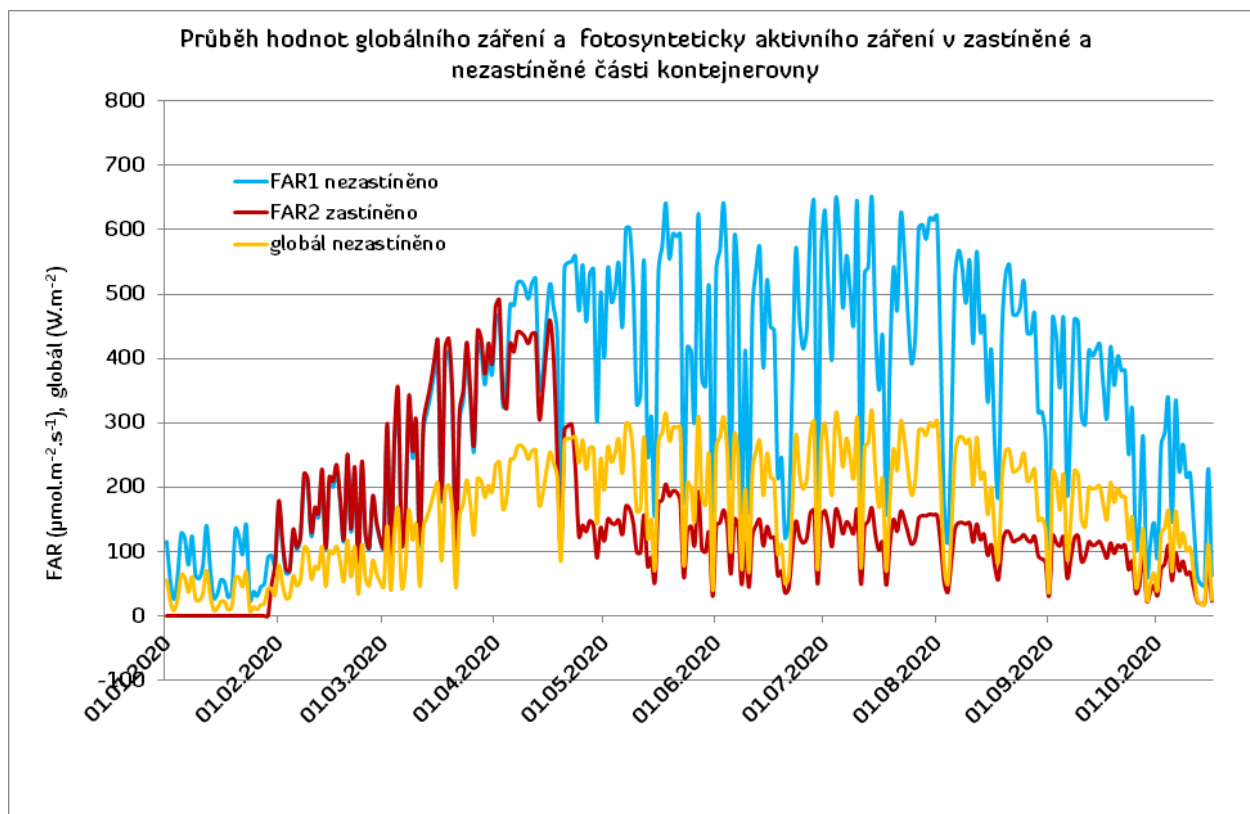
Obr. 45 Snímače meteorologických veličin na ploše kontejnerovny

Výsledky a diskuse

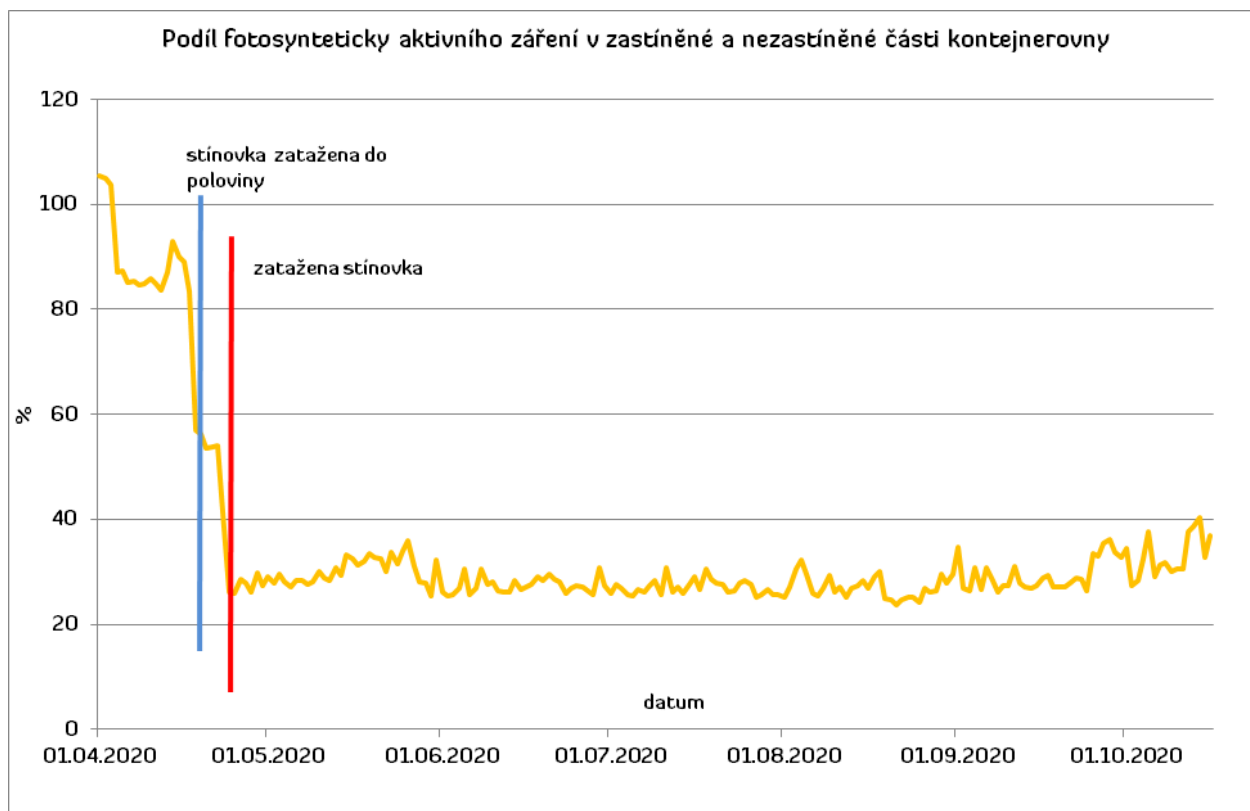
Ovlivnění mikroklimatu zastíněním

Ovlivnění mikroklimatu v kontejnerovně stínovkou je způsobeno především snížením intenzity slunečního záření a tím i snížením množství energie dodávané do systému půda – rostlina – atmosféra. Sluneční záření je hlavní komponentou pro výměnu energie mezi rostlinou a jejím prostředím. Představuje hlavní zdroj energie pro fyziologické pochody probíhající v rostlinách, především pro fotosyntézu a transpiraci. Jak uvádí Gaurav et al (2016), velikost snížení intenzity osvětlení a fotosynteticky aktivního záření (FAR) je závislé na stínícím efektu použité stínovky. Na Obr. 46 je znázorněn průběh hodnot globálního záření v nezastíněné části a FAR v zastíněné i nezastíněné části kontejnerovny od počátku roku 2020. Až do rozvinutí stínovky ve druhé polovině dubna byly hodnoty FAR téměř totožné, což svědčí o

dobré kalibraci použitých snímačů, po rozvinutí stínovky výrazně klesly a pohybovaly se na podstatně nižších úrovních. Názorně je to vidět na Obr. 47, na němž je vidět, že po zatažení stínovky přibližně do poloviny poklesla cca na polovinu, při celkovém zatažení pak na hodnoty kolem 30% (průměrná hodnota při zatažené stínovce je 28,7%). Ke konci sezóny začal podíl FAR pod stínovkou mírně vzrůstat, což může souviset s nižšími výškami Slunce nad obzorem.

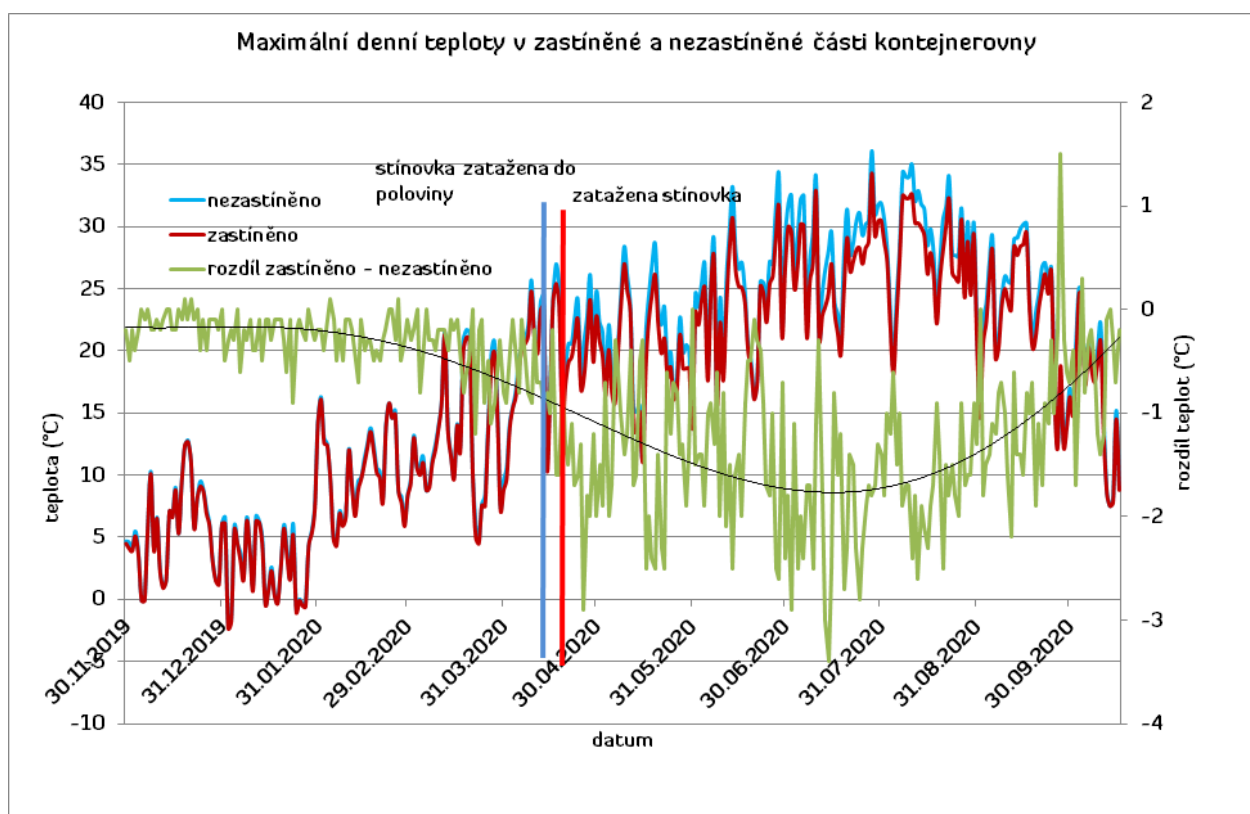


Obr. 46 Průběh hodnot globálního záření a fotosynteticky aktivního záření v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny

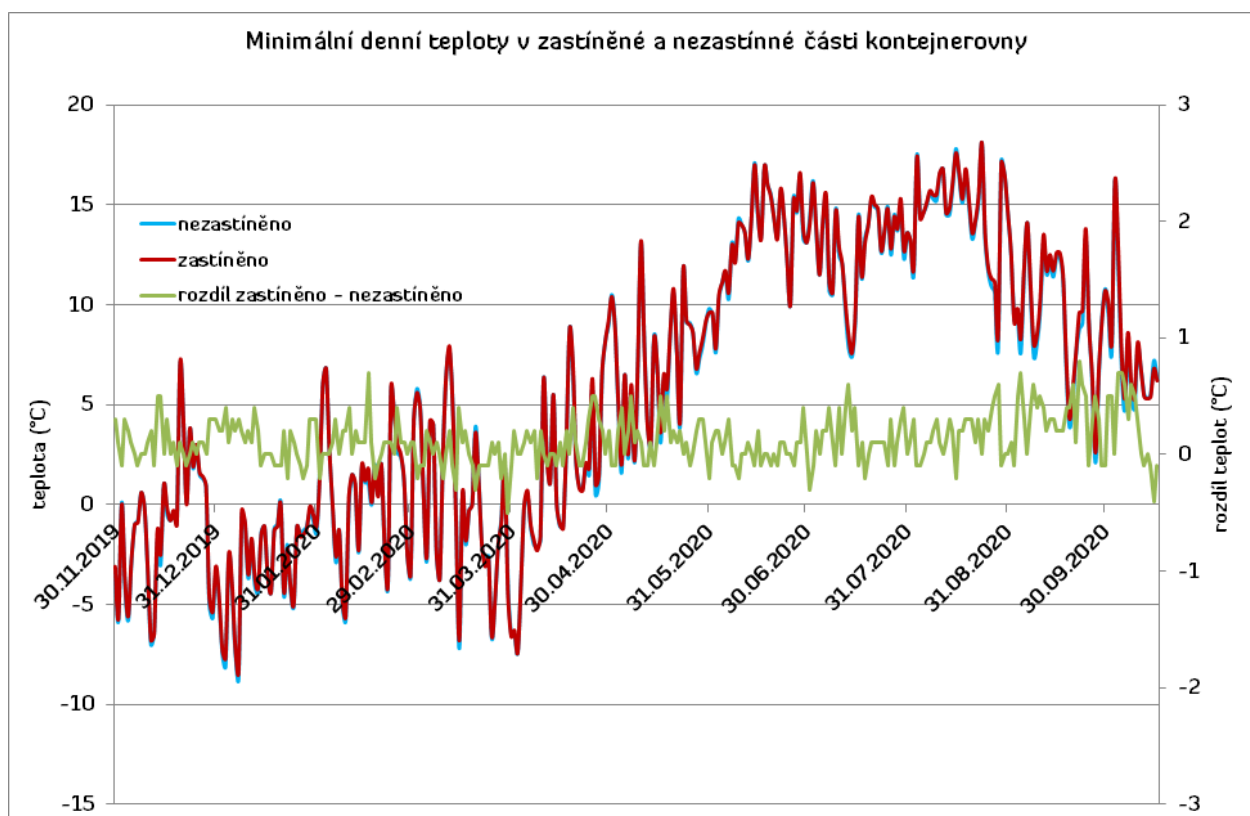


Obr. 47 Podíl fotosynteticky aktivního záření v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny

Lze předpokládat, že snížení přítoku energie ze slunečního záření do zastíněného prostoru kontejnerovny bude mít za následek i snížení teploty vzduchu. S ohledem na výšku umístění stínovky (2,2 m nad povrchem) je vnitřní prostor poměrně prodávavý a turbulentní výměna energie je omezena jen částečně a tudíž se efekt zastínění neprojevuje tak výrazně, jak je tomu např. při zastínění uvnitř skleníku. Nejvýrazněji se efekt zastínění projevuje na snížení maximálních teplot během dne, jak dokazuje Obr. 48. Po zatažení stínovky dochází ke snížení maximálních teplot v závislosti na teplotě okolního vzduchu, při vyšších teplotách je naměřeno snížení větší, v podzimních měsících je pak efekt snížení maximálních teplot zanedbatelný. V nejteplejších dnech s dostatkem slunečního záření snížení maximálních teplot dosahovalo hodnot kolem 3 °C, většinou se však pohybovalo v rozmezí 1 – 2 °C. Minimální teploty zůstaly po většinu měřené doby bez výraznějších rozdílů, kladné odchylky dosahovaly maximálně 0,5 °C, efekt stínovky, zamezující dlouhodobému vyzařování povrchu kontejnerovny, se příliš neprojevoval (Obr. 48).



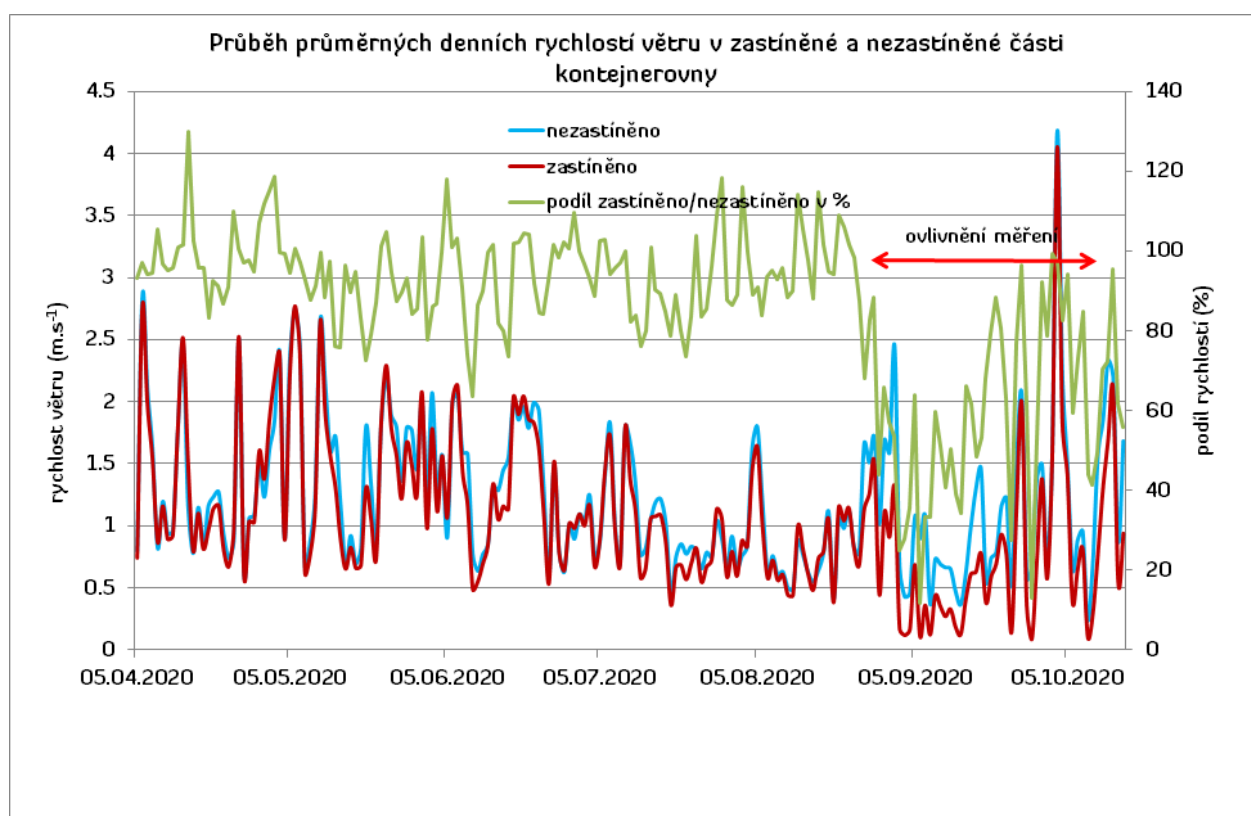
Obr. 48 Maximální denní teploty v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny



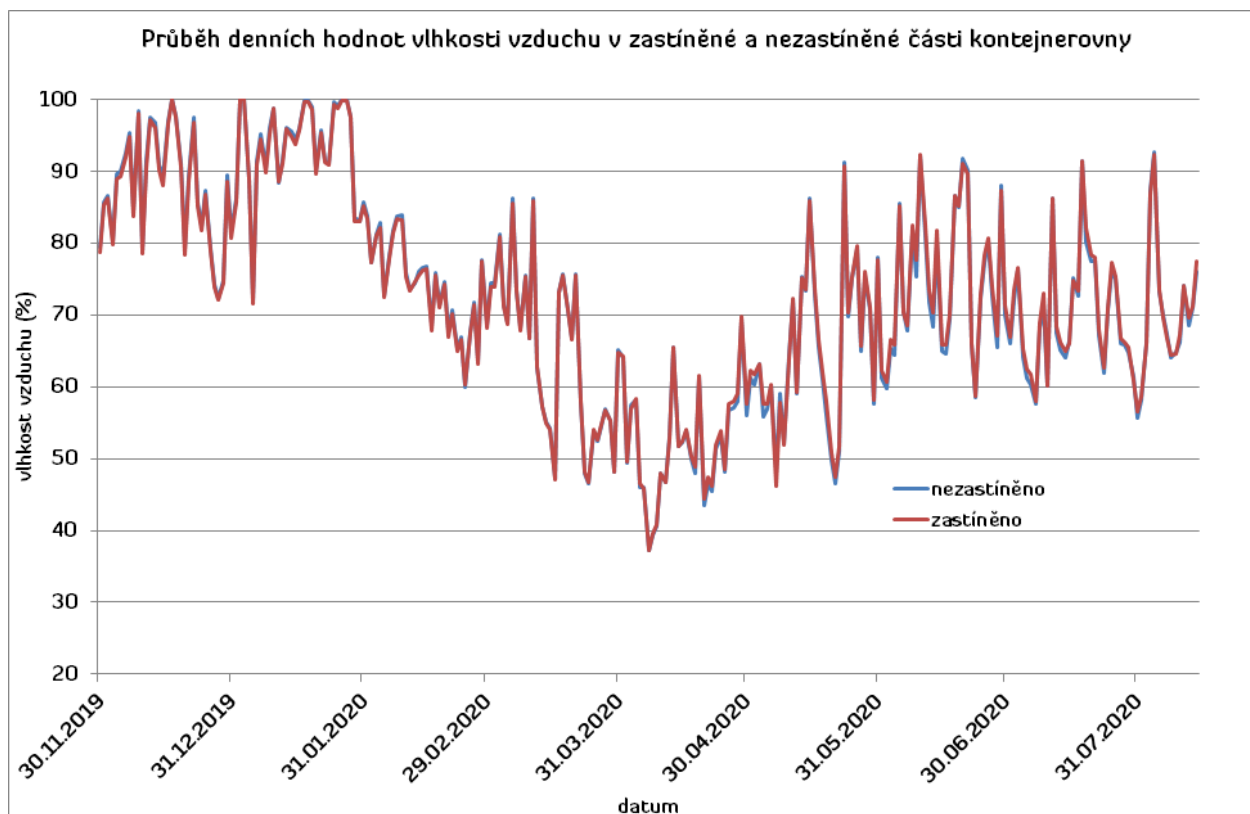
Obr. 49 Minimální denní teploty v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny

Rychlost větru měřená v blízkosti povrchu kontejnerovny se příliš neliší v její zastíněné a nezastíněné části. Jak ukazuje Obr. 50, na začátku a po větší část zpracovaného období byly rychlosti v obou částech kontejnerovny téměř totožné a není na poměru rychlostí patrné rozvinutí stínovky na počátku třetí dubnové dekády. K poklesu rychlosti větru v zastíněné části oproti nezastíněné došlo až počátkem září, toto však bylo způsobeno zamotáním šňůrek ze stínění do anemometru, nikoliv změnou parametrů v jednotlivých částech kontejnerovny.

S ohledem na poměrně dobrou ventilaci obou částí kontejnerovny nebyly zaznamenány výraznější rozdíly v průměrných denních vlhkostech vzduchu (Obr. 51), případné rozdíly dosáhly velikosti maximálně 1 – 2%.



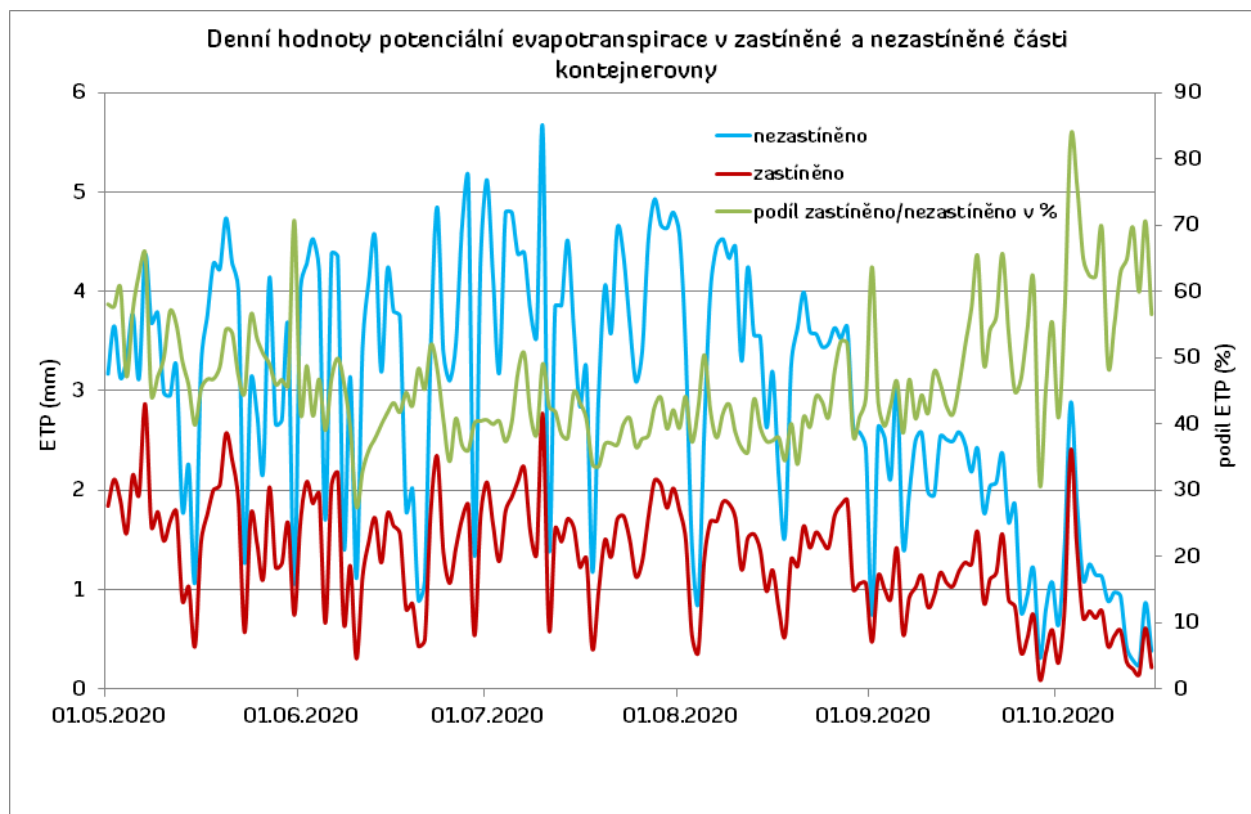
Obr. 50 Průběh průměrných denních rychlostí větru v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny



Obr. 51 Průběh denních hodnot vlhkosti vzduchu v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny

Z výše uvedených naměřených hodnot vyplývá, že nejvýrazněji je stínovkou ovlivněno fotosynteticky aktivní záření, a jelikož je stínovka tvořena mřížkou ze světlo nepropouštějících vláken a nedochází tudíž ke změně spektrálního složení procházejícího světla, lze předpokládat, že ke stejnému ovlivnění dojde i u hodnot globálního záření. Podstatně méně jsou pak ovlivněny další sledované prvky, jako je teplota vzduchu, rychlost větru a vlhkost vzduchu. Globální záření je přitom prvkem, nejvýrazněji ovlivňujícím fotosyntézu a transpiraci rostlin za předpokladu, že ostatní meteorologické prvky nedosahují výrazně extrémních hodnot. Stále je za doposud nejpresnější způsob vypočítání potenciální evapotranspirace považován Penmanův přístup a rovnice, později v Monteithově úpravě. Do těchto vztahů vstupují údaje o teplotě a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a globálním záření. Naměřené údaje těchto prvků pro obě části kontejnerovny za období od května do října 2020 byly použity k výpočtu potenciální evapotranspirace metodou Penmana a Monteitha. Výsledky těchto výpočtů jsou na Obr. 52. Je zde patrné výrazné snížení evapotranspirace v prostoru pod stínovkou, dosahující po většinu zpracovaného období hodnot nižších

než 50% potenciální evapotranspirace mimo zastíněný prostor. Podobné hodnoty v závislosti na typu zastínění uvádí ve svém přehledovém článku i Mahmood et al (2018). Jelikož vláhová potřeba rostlin je v přímé souvislosti s potenciální evapotranspirací, je nutno počítat při použití stínovky s tím, že i potřeba vody je výrazně nižší a přizpůsobit tomu závlahové dávky, pokud není závlaha řízena vhodným regulátorem závlahy založeném na monitorování vlhkosti přímo v substrátu kontejnerů.



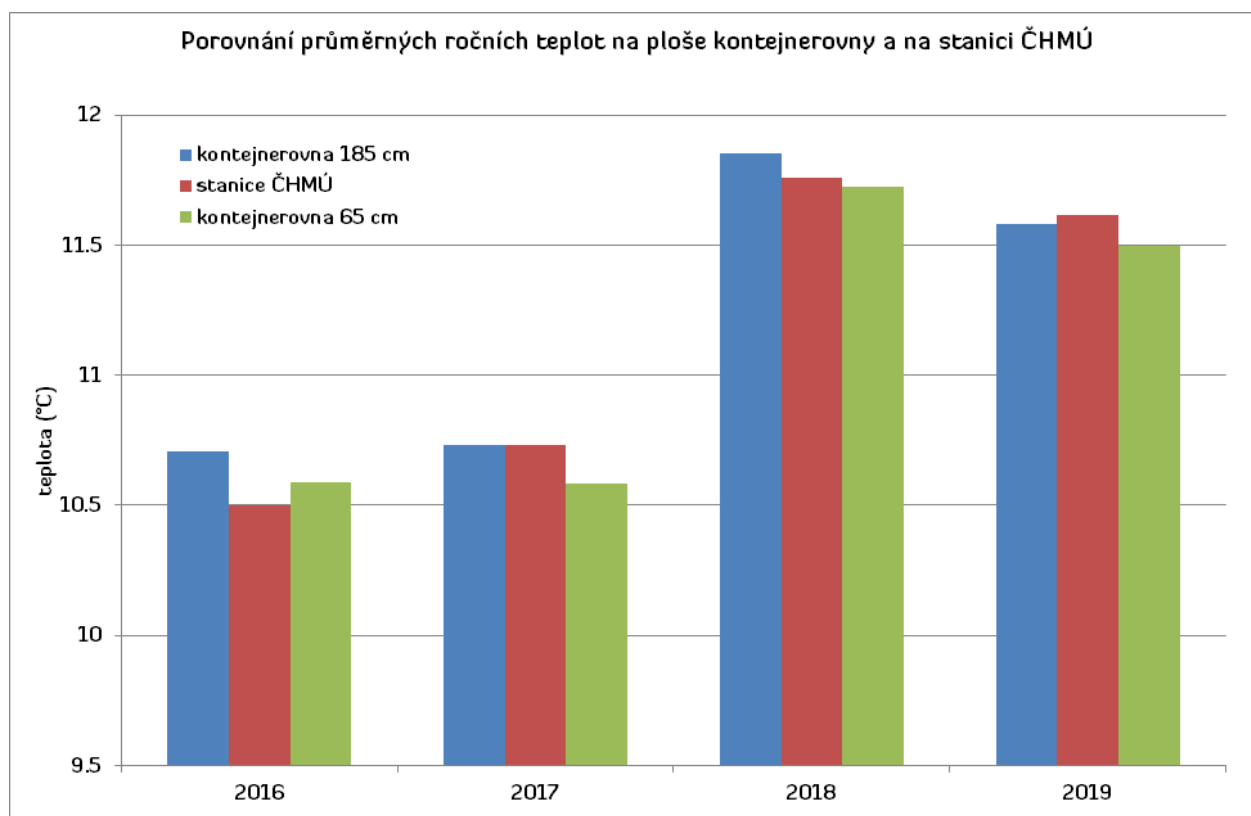
Obr. 52 Denní hodnoty potenciální evapotranspirace v zastíněné a nezastíněné části kontejnerovny

Modifikace teplotních poměrů v kontejnerovně

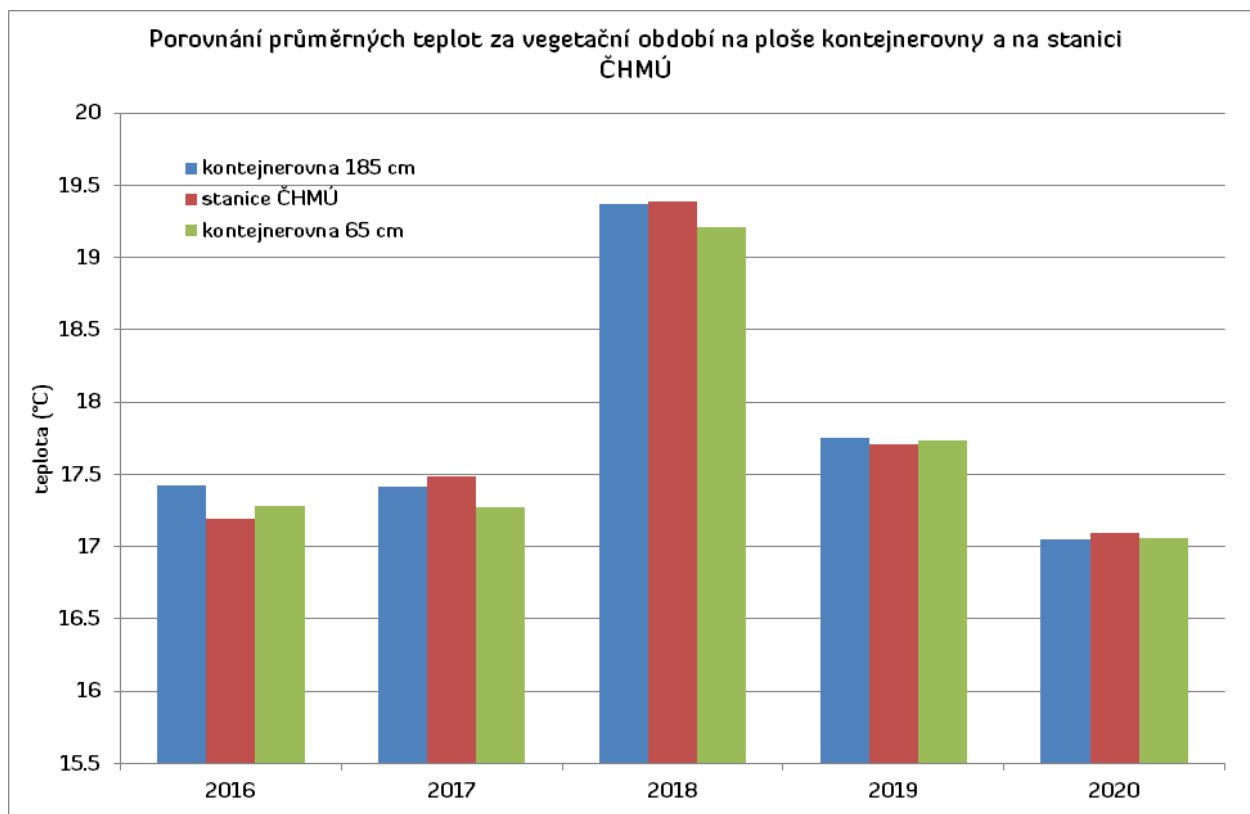
Povrch kontejnerovny se od standardního povrchu pro měření makroklimatických parametrů (krátce střížený trávník) liší většinou pokrytím jejího povrchu školkařskou textilií různé barvy, ve zpracovaném případě černou. Na jejím povrchu jsou rozmístěny zavlažované kontejnery s rostlinami různé výšky, což ovlivňuje některé toky energie, zejména pak radiační bilanci, turbulentní a latentní toky. To vše v závislosti na jejich intenzitě může mít vliv na teplotu vzduchu nad povrchem kontejnerovny a tudíž i v prostoru pěstovaných rostlin. Několikaletým

měření od roku 2016 až do roku 2020 byly zjištěny poměrně malé rozdíly v teplotách nad kontejnerovnou a nad standardním trávnikem se stanicí ČHMÚ, přesto mají svou logickou zákonitost.

Porovnáním průměrných ročních teplot (Obr. 53) bylo zjištěno, že rozdíly v těchto hodnotách dosahují pouze několika desetin °C, nejsou mezi nimi výraznější rozdíly, a proto v jednotlivých letech vychází tepleji naměřené hodnoty nad kontejnerovnou (2016, 2018), ve zbývajících letech nejsou rozdíly žádné anebo opačné. To samé lze pozorovat i pro průměrné teploty za vegetační období (Obr. 54). Výrazněji se neodchylují ani teploty naměřené 65 cm nad povrchem kontejnerovny, tj. přibližně výšce, v níž se nacházejí zelené části pěstovaných rostlin.

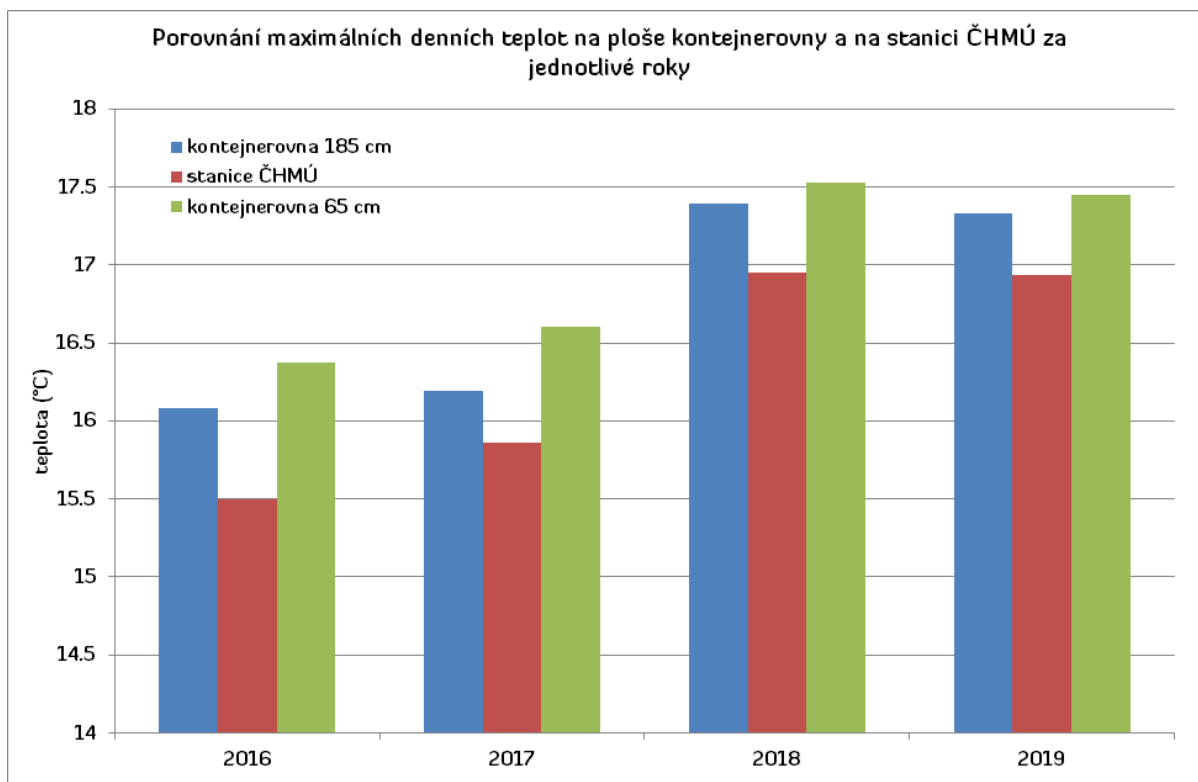


Obr. 53 Porovnání průměrných ročních teplot na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ

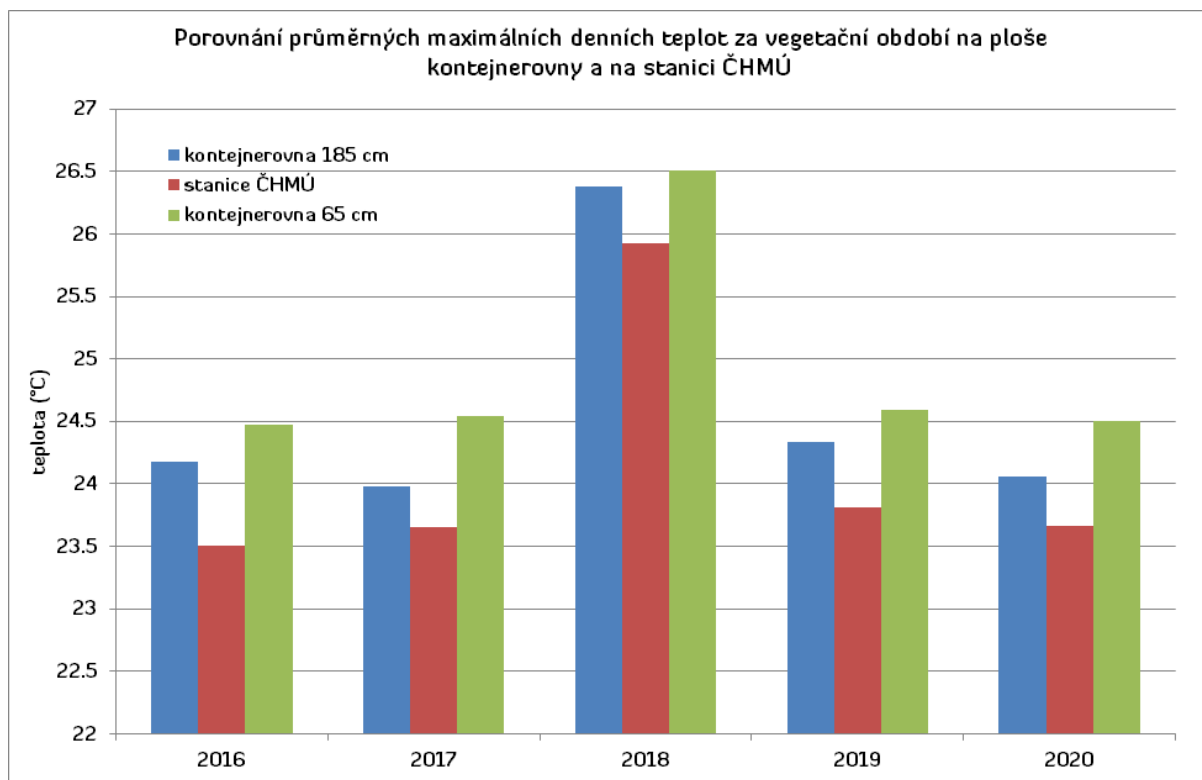


Obr. 54 Porovnání průměrných teplot za vegetační období na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ

O trochu výraznější rozdíly lze pozorovat v případě maximálních teplot, které již mají zákonitější charakter, a ukazuje se, že nad tmavou školkařskou textilií, popřípadě tmavými kontejnery a substrátem, jsou maximální teploty o něco vyšší než nad travním porostem v sousedství, v ročním průměru (Obr. 55) dosahují odchylky maximálně 0,6 °C (rok 2016) pro výšku 185 cm nad povrchem, tj. přibližně výšku, v níž je měřena teplota vzduchu i na stanici ČHMÚ (2 m). Blíže k povrchu ve výšce 65 cm jsou maximální teploty vyšší, od hodnot naměřených na volném prostranství se v ročním průměru odchylují maximálně o 0,9 °C, opět v roce 2016, ve zbývajících letech jsou rozdíly menší.

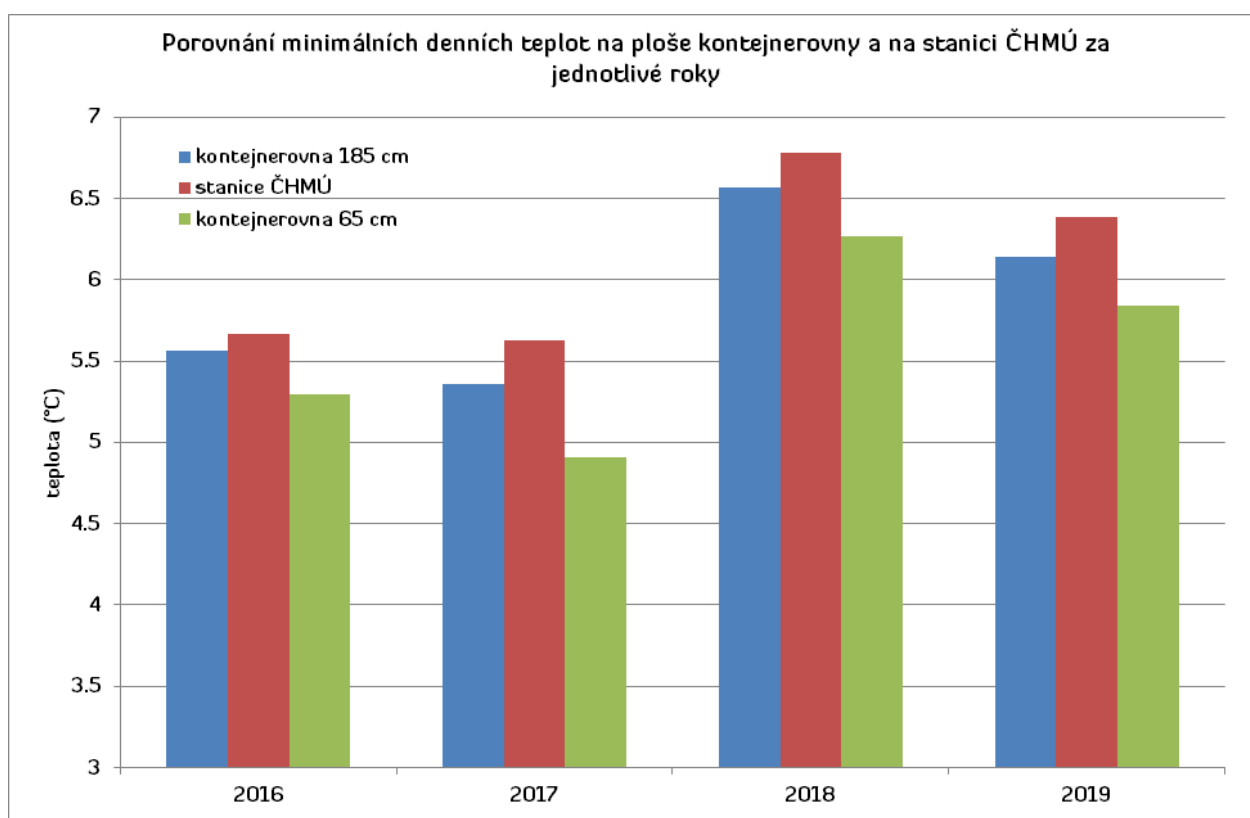


Obr. 55 Porovnání maximálních denních teplot na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ za jednotlivé roky

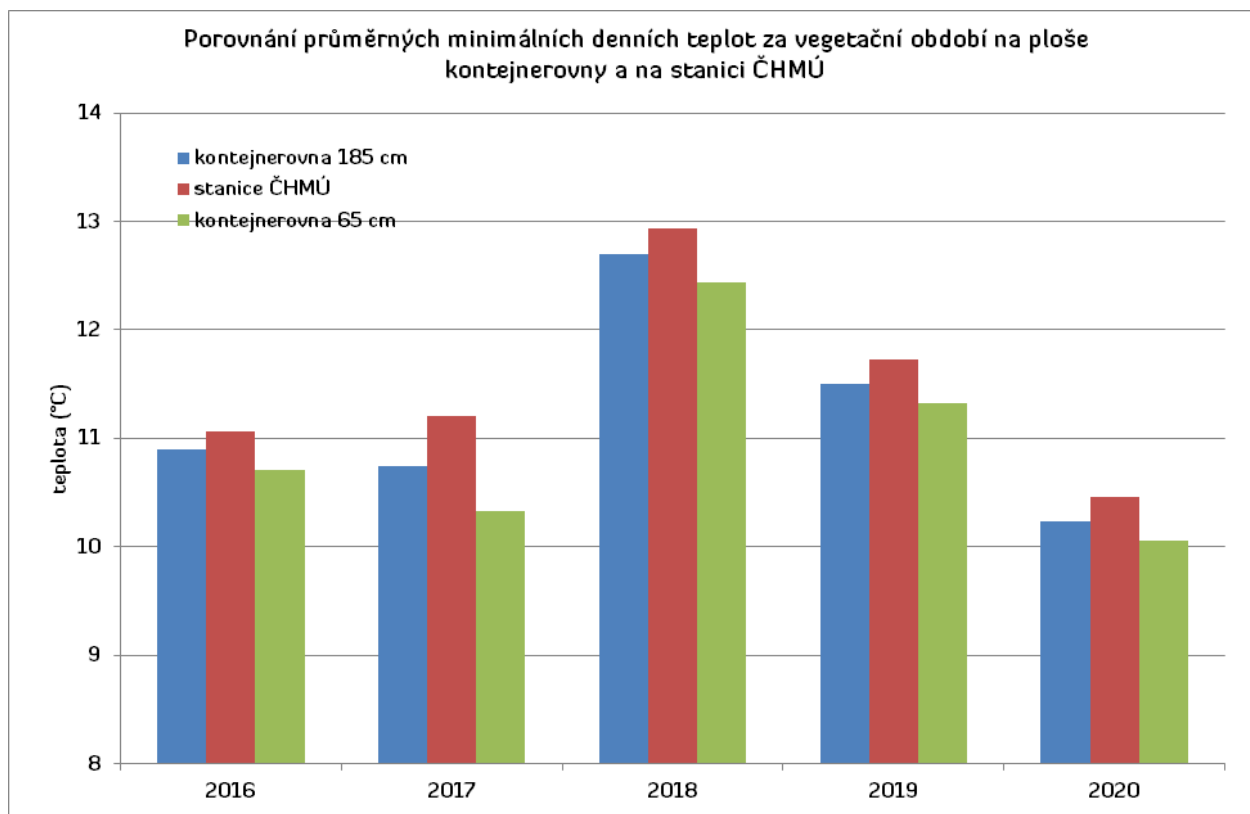


Obr. 56 Porovnání průměrných maximálních denních teplot za vegetační období na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ

Rozdíly opačného znaménka než u maximálních teplot jsou pozorovány u minimálních teplot vzduchu. Ty se vyskytují většinou v nočních anebo ranních hodinách, kdy jsou většinou nižší rychlosti větru a může se tak uplatnit vliv vyššího radiačního ochlazování nad tmavými povrchy, navíc za situace sníženého přítoku tepla z podloží izolovaného školkařskou textilií (Salaš et al. 2014). Proto jsou průměrné roční minimální teploty nad kontejnerovnou ve výšce 185 cm (Obr. 57) vždy nižší než na stanici ČHMÚ, rozdíly však dosahují pouze několika desetin °C, typicky 0,2 – 0,3 °C. Blíže k povrchu jsou rozdíly vyšší, 0,4 – 0,7 °C. Ve vegetačním období jsou tyto rozdíly přibližně stejně velké (Obr. 58).

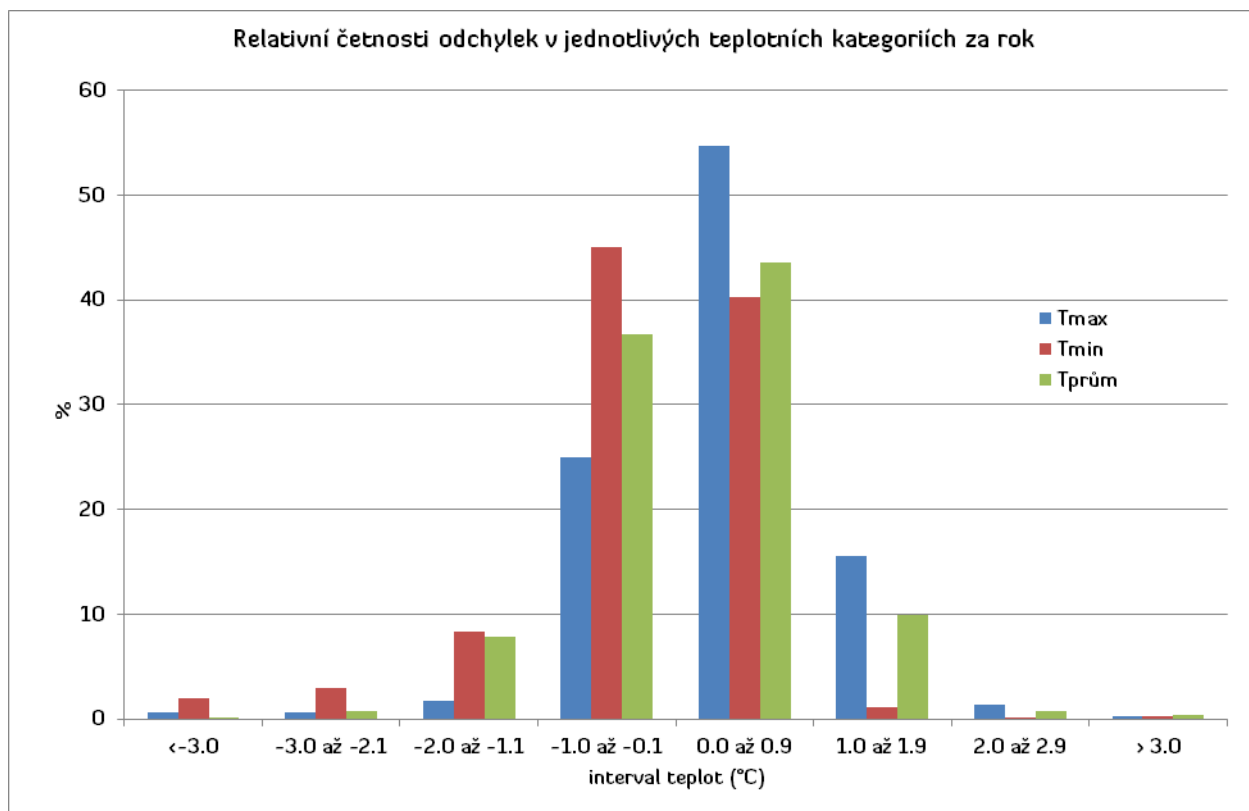


Obr. 57 Porovnání minimálních denních teplot na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ za jednotlivé roky

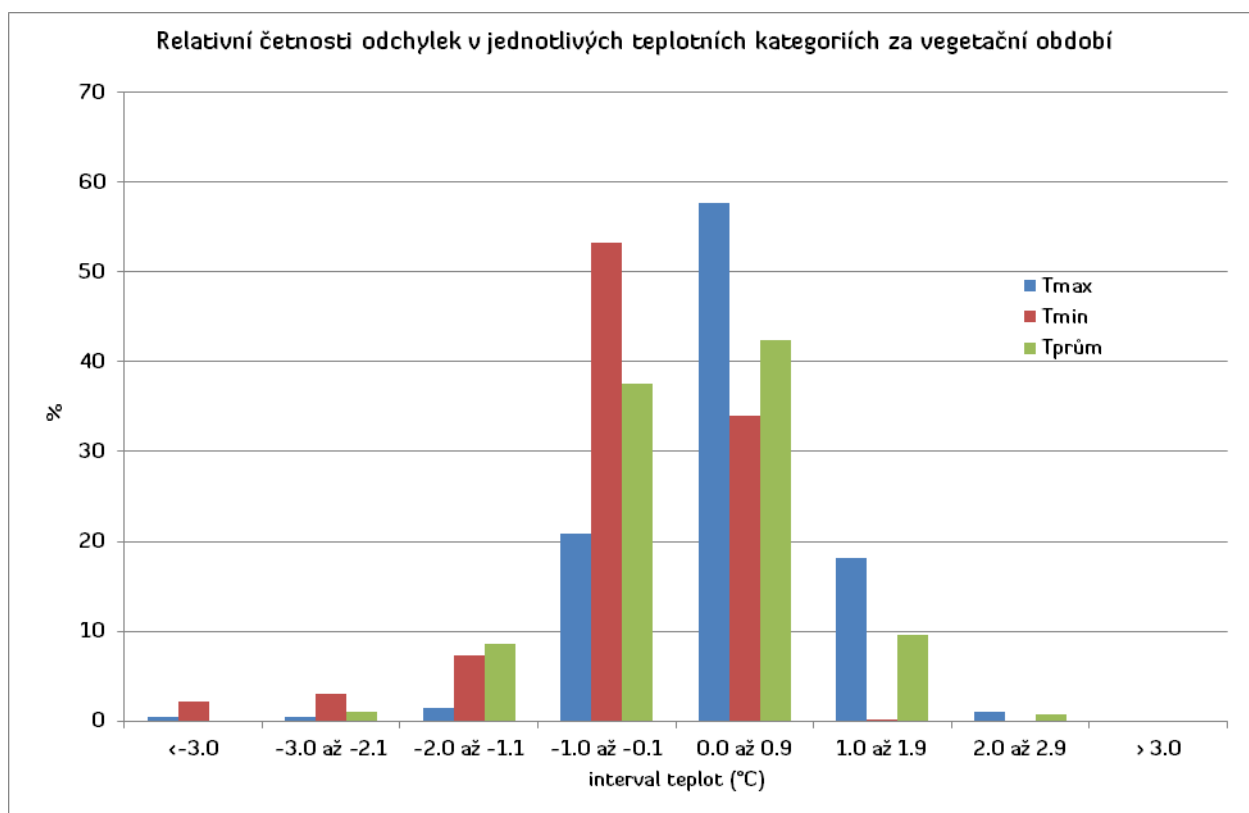


Obr. 58 Porovnání minimálních denních teplot za vegetační období na ploše kontejnerovny a na stanici ČHMÚ

Komplexnější pohled na výše uvedené rozdíly za zpracované období podávají četnosti odchylek průměrných denních teplot, maxim a minim, opět za rok a za vegetační období, mezi teplotou ve výšce 185 cm v kontejnerovně a stanicí ČHMÚ (Obr. 59 a 60). Ukazuje se, že většina teplotních rozdílů se pohybuje v rozmezí od – 1 do + 1 °C, podstatně méně případů je pak v intervalech o jeden stupeň nižších (vyšších) a do zbývajících tříd je zařazen jen zanedbatelný počet dnů. Potvrzují se i předpoklady nastíněné v předchozím textu, odchylky maximálních teplot jsou četnější v intervalu 0,0 až 0,9 °C, u minimálních teplot je to v intervalu -1,0 až -0,1 °C, zejména pak ve vegetačním období. Při výpočtu průměrných denních teplot se tyto odchylky vzájemně vykompenzují a proto jsou téměř rovnoměrně zastoupeny v obou sousedících intervalech.



Obr. 59 Relativní četnosti odchylek v jednotlivých teplotních kategoriích za rok



Obr. 60 Relativní četnosti odchylek v jednotlivých teplotních kategoriích za vegetační období

Závěry

Provedenými měřeními byla podrobně kvantifikována míra ovlivnění mikroklimatu v kontejnerovných použitými technologiemi oproti volnému prostranství, v případě zastínění pak porovnání s nezastíněnou plochou. Překrytím kontejnerovny stínovkou dochází v závislosti na její hustotě k výraznému snížení intenzity slunečního záření, při typu použité stínovky to bylo až pod 30% oproti nezastíněné části. S tím souvisí i snížení maximálních teplot v řádu nižších jednotek stupňů Celsia, jelikož však není příliš ovlivněna rychlost proudění, není výrazně ovlivněna ani vlhkost vzduchu. Může to souviset i se skutečností, že pokles slunečního záření způsobuje značné snížení potenciální evapotranspirace a tím i množství vody uvolněné do atmosféry. Znamená to, že hlavní efekt stínovky nespočívá ani tak ve zmírnění teplotních stresů pěstovaných rostlin, ale v redukci ztráty vody z jejich nadzemních částí a zabránění poklesu turgoru a vodního stresu oproti nezastíněným rostlinám. Je však nutno počítat s tím, že snížení potenciální evapotranspirace vede i ke snížení vláhové potřeby a je proto nutno upravit podle toho i závlahové dávky.

Kontejnerovny většinou nebývají plošně příliš rozsáhlé a proto i naměřené ovlivnění teplotních poměrů není nijak výrazné, ale přesto se vyskytuje, zejména pak za situací s nižšími rychlostmi proudění vzduchu při omezené turbulentní výměně tepla. Ty nastávají jednak v ranních hodinách, kdy dochází ke snížení minimálních teplot oproti volnému prostranství, pokud k tomu dojde přes den, pak dochází ke zvýšení rozdílu v maximálních teplotách. Přestože jsou tyto rozdíly měřitelné, lze předpokládat, že pěstované rostliny tím nejsou výrazněji dotčeny.

Předložená měření byla provedena za konkrétních podmínek daných rozměry a osazením rostlinami daných kontejneroven, zejména pak typem stínovky, proto lze předpokládat, že mohou být v jiných podmínkách mírně odlišné, základní charakteristiky by však měly být zachovány.

Literatura

- Blum, A.: 2010. Plant breeding for water-limited environments. 1. Vyd. Springer Publishing, New York. 258 s. ISBN 978-1-4419-7491-4.
- Chaves, M., M., Flexas, J., Pinheiro, C.: 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanism from whole plant to cell. *Annals of Botany*. Vol. 103 (4): 551 -560. ISSN 1095-8290.
- Gaurav, A.K., Raju, D., Janakiram, T., Singh, B., Jain, R.K., & Krishnan, S.G. (2016). Effect of different coloured shade nets on production and quality of cordyline. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86.
- Gloser, J., Prášil, I.: 1998. In: Procházka a kol. *Fyziologie rostlin*. Praha: Academia. Fyzilogie stresu. S. 412–432. ISBN 80-200-0586-2.
- Kolb, P., F., Robberecht, R.: 1996. High temperature and drought stress effects on survival of *Pinus ponderosa* seedlings. *Tree Physiology*. Vol. 18 (8): 665–672. ISSN 1758-4469.
- Kozłowski, T., T. Pallardy, S., G.: 1997. Growth control in woody plants. Academic Press, San Diego. 1. Vyd., 641 s. ISBN 978-0-12-424210-4.
- Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J., Asante, E.A. 2018. Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae* 241: 241-251.
- Salaš, P., Litschmann, T., Sasková, H. (2014). Minimum Temperatures above Different Surfaces in Strawberry Cultivation. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds): *Mendel a bioklimatologie*. Brno,3. –5.9. 2014, ISBN 978-80-210-6983-1

Souhrnný závěr

Získané výsledky navazují na experimentální práci předchozích let, které byly dosud vykonány v rámci řešení funkčního úkolu. Školkařská produkce je velmi technologicky široká činnost, využívající množství různorodého technického vybavení, zejména v případě závlahových systémů (různé typy závlahových koncovek vč. závlahových mostů), různých typů množárenských a pěstebních substrátů, systémů hnojení a přihnojování apod. To vše při zajištění produkce opravdu velmi širokého sortimentu rodů, druhů a kultivarů s velmi variabilními nároky a potřebami. Takže pro školkaře nikdy nekončící proces poznávání a upravování pěstebních technologií.

Experimenty by bylo vhodné dále rozvíjet, protože výsledky jsou mnohdy vázané na aktuální průběh povětrnostních podmínek, které jsou meziročně velmi proměnlivé. Příkladem je letošní rok, zcela rozdílný od let minulých. To je zapotřebí vzít v úvahu. Kombinace rozdílných přírodně-klimatických podmínek a technologického vybavení jednotlivých školek znamená velkou pestrost přístupů školkařů k závlahám a řešení těchto otázek. Školkař, který bude chtít optimalizovat závlahové systémy, by měl dodržovat následující zásady či doporučení, která jsme definovali již v minulých letech, a doplnili o další body na základě letošního řešení funkčního úkolu takto:

1. Stanovit potřebu závlahové vody pro svou firmu v průběhu roku s tím, že rozhodující je potřeba vody v kritickém období roku, obvykle v letních měsících, kdy je spotřeba vody nejvyšší, rostou i ztráty výparem. Zdroje vody by měly umožnit zálivku všech ploch v průběhu 24 hodin. V této souvislosti by školkař měl věnovat pozornost nejen zdrojům vody, ale i kapacitám přenosu vody či uložení v zásobnících (nádržích). Důležitá je také otázka recyklace závlahové vody a s tím spojená ochrana životního prostředí.
2. S recyklací závlahové vody je spojena také otázka zachování její kvality, tj. zda není kontaminována zejména látkami či organismy, škodlivými pro produkované rostliny, případně zda nedochází k znečištění povrchů krytých ploch (fóliovníky, skleníky) postřikem závlahové vody (usazování sinic apod.). S tímto bodem souvisí tedy nutnost čištění a desinfekce závlahové vody.

3. Uvědomit si, že základem účinné závlahy kontejnerovny je její správný návrh odborníkem zejména z hlediska optimálních tlakových poměrů v jejich jednotlivých částech a s ohledem na použitý závlahový detail. Kolísání tlaku v závlahové soustavě může výrazně ovlivnit nejen množství dodané vody, ale i její rovnoměrné rozmístění na zavlažované ploše.
4. U závlahy postřikem je nutno navrhnout optimální rozmístění postřikovačů s ohledem na zajištění pokud možno největší rovnoměrnosti na celé zavlažované ploše (podmínkou je vyrovnaný tlak vody).
5. Je zapotřebí zajistit bezchybné provedení rozvodu závlahových linek a postřikovačů či kapkovačů.
6. Množství dodávané závlahové vody a jeho rozložení v čase závisí na:
 - rodu, druhu, kultivaru, stáří a habitu (velikosti) produkovaných rostlin
 - výsušnosti atmosféry vyjádřené potenciální evapotranspirací
 - ztrátě vody při její aplikaci závlahovým detailem. Je zapotřebí zajistit takovou velikost jednotlivých závlahových dávek, aby nedocházelo k přemokření substrátů v kontejnerech a ztrátám vody i živin průsakem, tuto veličinu je vhodné předem ověřit v daných podmínkách. Toto množství vody závisí rovněž na počátečním vlhkostním stavu substrátů v kontejnerech před započítáním závlahy.
7. V případě zastínění kontejnerovny dochází k poměrně výraznému poklesu evapotranspirace a tím i velikosti zálivky. S tím je nutno počítat při řízení závlahy a příliš nepřevlažovat. Zvážit využití substrátu s menší schopností zadržování vody.
8. Vliv mulčování povrchu na snížení spotřeby vody se projevuje výrazněji pouze v počátečním období po výsadbě, kdy pěstované rostliny mají menší listovou plochu, a převažuje evaporace nad transpirací. V dalším období již k výraznější úspoře vody nedochází. Z testovaných mulčů došlo k největšímu snížení evaporace u keramzitu.

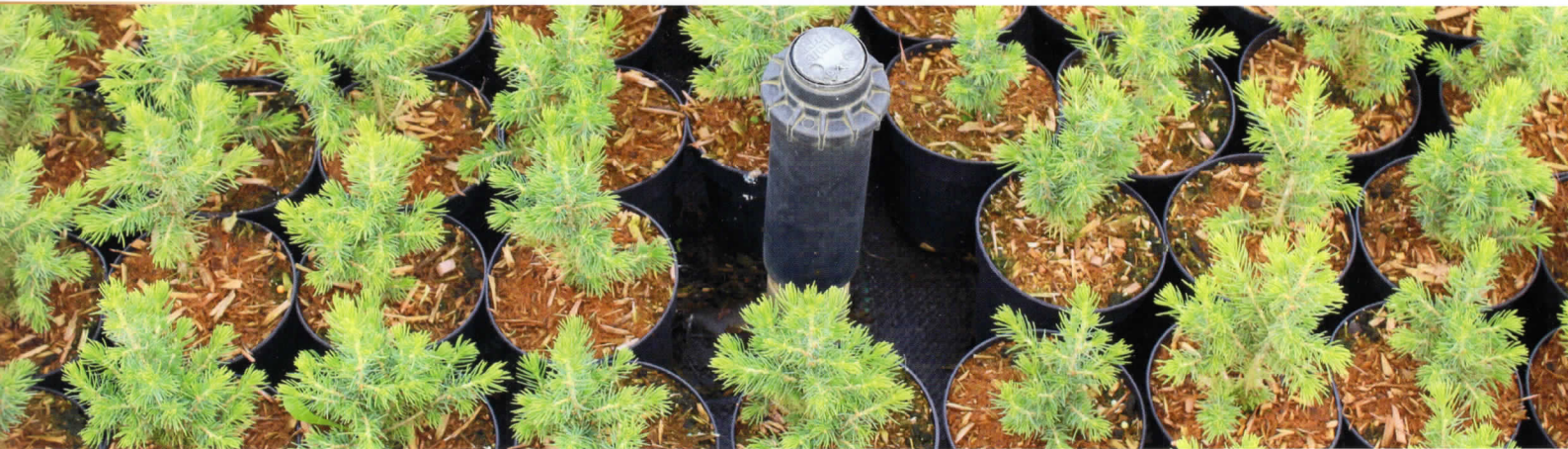


Obr. 61 Kořenový systém pokusné rostliny s aplikovaným mulčovacím materiálem na povrchu kontejneru

Přílohy odborné zprávy - publikační činnost v roce 2020 – zveřejnění výsledků, dosažených v předchozích letech řešení FÚ

Salaš P., Litschmann T., Burgová J., Zahradníková H. Stanovení spotřeby vody vybraných druhů dřevin pěstovaných v kontejnerech. Zahradnictví. Praha: Profi Press, 2020, XIX (3), 10-14. ISSN 1213-7596

Litschmann T., Salaš P., Burgová J., Zahradníková H.: Příspěvek ke kvantifikaci potřeby vody u rostlin pěstovaných v kontejnerech. Konference Hospodaření s vodou v krajině, Třeboň, září 2020



Doc. Dr. Ing. Petr Salaš

Spotřeba vody u dřevin pěstovaných v kontejnerech

Water consumption of woody plants grown in containers

Souhrn

Experimenty byly zaměřeny na stanovení potřeby vody vybraných druhů okrasných dřevin v závislosti na aktuální intenzitě růstu a povětrnostních podmínkách. Bylo zvoleno celkem pět typově odlišných druhů, u nichž jsme předpokládali rozdílné nároky na potřebu vody v průběhu vegetační sezóny. Kromě toho byly na pokusné ploše umístěny kontejnery bez rostlin, pouze se substrátem, aby bylo možno stanovit evaporaci bez vlivu transpirace vody rostlinami. Pokusy ukázaly, že po zvlhčení povrchu závlahou postřikem dochází k výraznému zvýšení vláhové potřeby během následujícího období z důvodu vyšší evaporation. Proto je kvůli úspoře vody výhodnější zavlažovat méně často většími dávkami, větší kontejnery je úspornější zavlažovat kapkovacími jehlami s přesně nastavenými závlahovými dávkami.

Summary

The experiments were aimed on the determination of water needs of chosen species of ornamental woody plants in relation to the current growth intensity and weather conditions. A total of five species of different types were chosen, for which we assumed different demands for water requirements during the growing season. In addition, containers with growing medium without plants, were placed on the experimental area to determine evaporation without the effect of water transpiration by plants. Experiments have shown that after wetting the surface with an irrigation spraying, it leads to a significant increase in moisture demand during the following period due to higher evaporation, so it is preferable to irrigate less frequently with larger amounts for higher water savings, larger containers is more economical to irrigate with arrow drippers with precisely set irrigation doses.

Požadavky na školkařské výpěstky vedou ke stále většímu zastoupení krytokeřenných rostlin dopěstovávaných v kontejnerech. S tím vyvstává potřeba optimálního řízení zavlažování, jelikož při pěstování v půdě mají rostliny k dispozici větší zásobu vody, než je tomu v případě substrátů v kontejnerech, kde již několika-denní výpadek závlahy může mít fatální následky. Návrh a provedení závlahy je nejlepší zadat specializo-

vané firmě. Po jejím vybudování však u pěstitelů musí nutně vyvstat otázka: kolik vody vlastně rostliny potřebují? Jelikož se nám nepodařilo na tuto otázku najít uspokojivou odpověď, pokusili jsme se na základě vlastních měření alespoň orientačně stanovit množství spotřebované vody pro vybrané druhy za různých povětrnostních podmínek. Zvyšující se nedostatek vody vede ke zkoumání možností její úspory

prakticky ve všech odvětvích lidské činnosti. Ačkoliv okrasné zahradnictví v našich podmínkách nepatří k jejím největším konzumentům, v některých sušších oblastech je voda limitujícím faktorem pro další rozvoj okrasných školek (Incrocci et al. 2014). V místech s omezenými lokálními zdroji vody, zejména v letních měsících, lze jejím správným dávkováním dosahovat úspor a následně účelně využívat závlahy bez

vlivu na produkci. V naší literatuře prakticky nelze nalézt práci, která by se věnovala spotřebě vody jednotlivých druhů či kultivarů pěstovaných v kontejnerech, jež jsou zavlažovány některým z moderních způsobů mikrozávlah (mikropostřikovače, kapkovací jehly). To vede k tomu, že pěstitelé zavlažují většinou intuitivně a raději více než méně, což vede jednak k plýtvání vodou, jednak k průsaku živin, zejména pak nitrátů,

do podloží a případně i hlouběji. Jak dokládají Treder et al. (2017), podobná situace panuje u okrasných školkařů i v okolních zemích. Absence údajů o nárocích jednotlivých druhů, anebo alespoň o jejich určitých skupinách vyznačujících se stejnými rysy, neumožňuje provádět podrobnější bilanční výpočty v rámci optimálního návrhu jednotlivých závlahových staveb v zahradnických podnicích. Samotný postup stanovení spotřeby vody jednotlivými druhy není přitom technicky nijak náročný, vyžaduje však dostatek času a systematickosti, což většinou v běžné provozní činnosti školkařského podniku lze jen velmi těžko zajistit. Použitá metoda spočívá

v každodenním vážení vybraných kontejnerů a stanovování úbytků jejich hmotnosti za uplynulé období způsobených ztrátou vody transpirací a evaporací.

Materiál a metodika

V založeném experimentu bylo od každého druhu v pokusu zastoupeno deset rostlin umístěných v kontejnerech o objemu dvou litrů, přičemž horní plocha kontejneru měla plochu 206 cm². Kromě toho bylo na pokusné ploše umístěno dalších deset stejných kontejnerů bez rostlin, pouze se substrátem, aby bylo možno stanovit evaporaci bez vlivu transpirace vody rostlinami. Celkem

bylo vybráno pět druhů tak, aby v nich byly zastoupeny rostliny nižšího i vyššího vzrůstu a rozdílných tvarů listů, popř. jehlic. Jejich přehled je v tabulce 1. Pro založení experimentu byly použity zakořeněné dřevité řízký modelových rostlin v sadbovácích (množení na podzim 2018), původem od firmy Pasič spol. s r. o., Dolní Životice (obr. 1–5).

V průběhu pokusu pak byly varianty A a B rozděleny na dvě skupiny po pěti rostlinách, přičemž kontejnery s rostlinami v jedné skupině byly opatřeny terčem z kokosových vláken z důvodu stanovení možné úspory vody omezením neproduktivního výparu z povrchu substrátu

(obr. 6). Stejná úprava byla provedena i v kontejnerech s čistým substrátem. Pokus probíhal v období od 29. 7. do 7. 10. 2019, takže se v jeho průběhu vyskytla jak období s vyššími, tak i s nižšími nároky na vláhu. Celkem bylo provedeno 41 měření v ranních hodinách, spočívajících ve zvážení jednotlivých kontejnerů a odečtu jejich hmotnosti v grafech od hodnoty z předcházejícího dne. Tento rozdíl udává spotřebu vody v daném kontejneru v mililitrech za daný den. Pokud hmotnost kontejneru klesla pod 800–900 gramů, byla provedena povrchová zálivka a po určité době, typicky 15–30 minutách, byl kontejner zno-



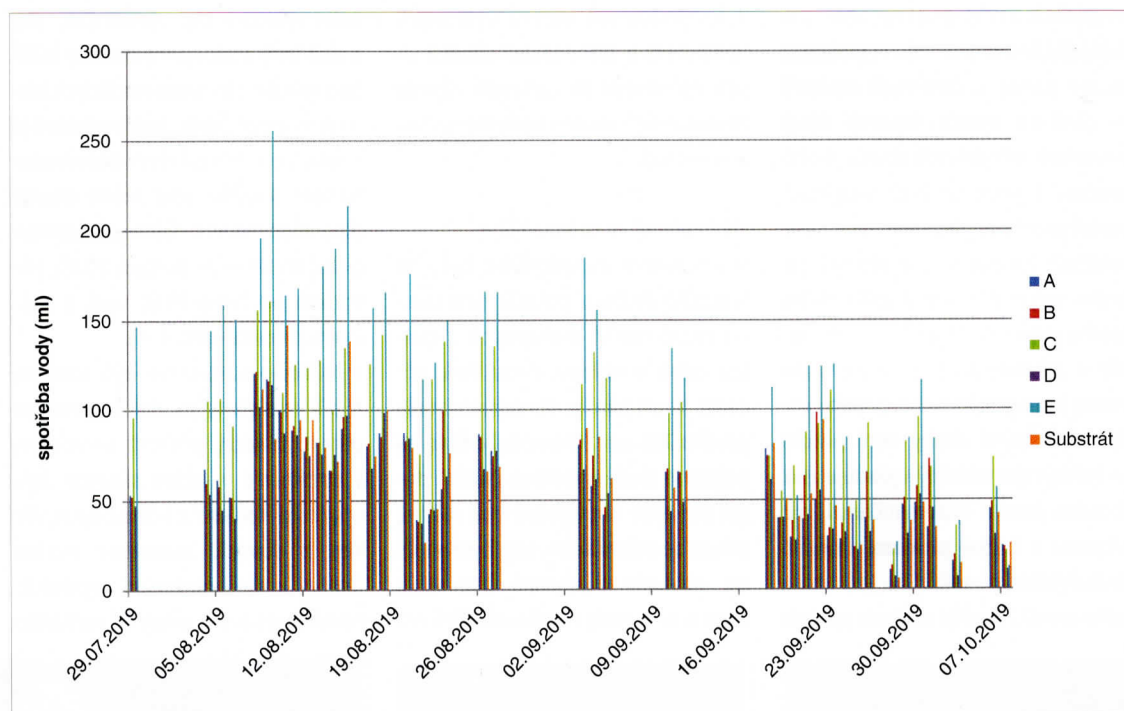
Použité pokusné rostliny, kdy A – *Buxus sempervirens*, B – *Juniperus communis* Arnold, C – *Rosa hybrida* Fairy Red, D – *Vinca minor* Atropurpurea, E – *Caryopteris x clandonensis* Worcester Gold (foto T. Litschmann)

vu zvážen a tato hodnota byla použita jako menšenec pro následující den. Do zpracování nebyly zahrnuty případy, kdy se během dne vyskytly srážky. Z nedaleké meteorologické stanice byly vypočítány na základě naměřených údajů teploty a vlhkosti vzduchu, globálního záření a rychlosti větru a hodnoty potenciální evapotranspirace (ETP).

Výsledky a diskuse

Graf 1 dokumentuje naměřené hodnoty spotřeby vody (v mililitrech) jednotlivými druhy během pokusného období. Na první pohled jsou vidět značné rozdíly mezi jednotlivými druhy, přičemž varianty A, B a D mají přibližně stejné hodnoty, pohybující se v chladnějších dnech kolem 50 ml na kontejner, v teplejších a výsušnějších dnech spotřeba vzrůstá až nad 100 ml. Vyšší spotřeba je u varianty C, kde se pohybuje po většinu období od 100 do 150 ml. Největší spotřeba byla naměřena u varianty E, kde v jednom případě přesáhla 250 ml za jeden den. Jak je patrné z obrázků 1–5, souvisí tyto rozdíly do značné míry s habitem použitých druhů. Evaporace z kontejnerů naplněných pouze substrátem se většinou pohybovala na úrovni variant A, B a D, v některých případech však byla podstatně vyšší. Tomuto zjištění bude věnována pozornost dále.

Spotřeba vody jednotlivými druhy je závislá mj. i na výsušnosti atmosféry, která bývá vyjádřena pomocí hodnot potenciální evapotranspirace (ETP). V grafech 2–4 je tato závislost vynesena pro jednotlivá měření a vybrané varianty, přičemž v grafu 2 jsou druhy s nižší spotřebou a v grafu 3 s vyšší spotřebou. Ukazuje se, že tato závislost je poměrně lineární, v závislosti na druhu vysvětluje 51–71 % proměnlivosti jednotlivých měření, zbývající část je ovlivněna jinými faktory. Již z těchto grafů lze odvodit množství vody, jež je nutno jednotlivým typovým druhům či kultivarům přibližně dodat



Graf 1 – Denní spotřeba vody jednotlivými druhy

vat, aby nedocházelo k jejich přemokření, ale ani ke stresům ze sucha, zejména pak při závlaze kapkovacími jehlami.

Vydělením množství spotřebované vody v mililitrech plochou, jež vymezuje horní okraj kontejneru, se získá údaj o aktuální evapotranspiraci za sledované období jednoho dne v milimetrech. U používaných kontejnerů byla tato plocha rovna 206 cm². Vydělením aktuální evapotranspirace potenciální se získá bezrozměrný tzv. crop coefficient (Kc), jehož hodnota závisí na daném druhu a popřípadě

i jeho vývoji v průběhu vegetace. Tento koeficient v podstatě udává, zdali rostlina spotřebovává více či méně vody, než by spotřeboval krátce střížený travní porost. Pro většinu pěstovaných plodin jsou tyto koeficienty uvedeny např. Allenem et al. (1999), anebo Doorenhosem et Pruittem (1975). Rostliny pěstované v kontejnerech mají některá specifika výrazně ovlivňující výslednou hodnotu Kc. Pro kontejnerované rostliny není neobvyklé, že svými zelenými částmi přerůstají přes jejich okraj a zaujímají tak větší plochu, než by zaujímaly při pěstování v půdě. Velké rostliny pěstované v malých kontejnerech se proto vyznačují vyššími hodnotami Kc. Po jejich přesazení do většího kontejneru zůstává jejich vláhvová potřeba v závislosti na ETP přibližně stejná, a tudíž dochází ke snížení hodnoty Kc (Schuch et Burger 1997). Proto jsou užitečné i údaje o spotřebě v mililitrech.

Výsledné hodnoty Kc pro jednotlivé druhy za celé zpracované období jsou v grafu 5. Ukazuje se, že pro rostliny nepřerůstající výrazněji přes okraj kontejneru (A, B, D) jsou tyto hodnoty blízké 1 a neliší se výrazněji od Kc pro kontejnery se substrátem bez rostlin. Naproti tomu rostliny s mohutnějším habitem (C, E) mají Kc podstatně vyšší, u C je to přibližně 1,8, a E 2,2.

Možnosti úspory vody
zakrytím povrchu substrátu

Možnosti úspory vody zakrytím povrchu substrátu

V rámci pokusu bylo provedeno i testování vlivu zakrytí povrchu substrátu kokosovými terči na omezení neproduktivního výparu. Dne 17. 8. 2019 byla polovina rostlin ve variantách A, B (obr. 6–7) a varianty S zakryta kokosovými terči a takto vzniklé podvarianty byly následně vyhodnocovány odděleně. Proto jsou na grafu 5 vyneseny

Tab. 1 – Přehled použitých druhů a kultivarů (pokusné varianty)

Varianta	Název
A	<i>Buxus sempervirens</i>
B	<i>Juniperus communis</i> Arnold
C	<i>Rosa hybrida</i> Fairy Red
D	<i>Vinca minor</i> Atropurpurea
E	<i>Caryopteris x clandonensis</i> Worcester Gold
S	bez rostlin, pouze školkařský substrát RKS II

Tab. 2 – Návrhové množství spotřebované vody v ml podle typů dřevin a výsušnosti atmosféry

Typ dřeviny/výsušnost atmosféry	Nižší (ETP < 2,5 mm)	Průměrná (ETP 2,5–3,5 mm)	Vyšší (ETP > 3,5 mm)
Nízké dřeviny nepřesahující výrazněji okraj kontejneru	20–50	50–80	80–120
Středně vysoké dřeviny (zhruba 20–30 cm), mírně přesahující okraj kontejnerů	50–90	90–120	120–150
Vyšší dřeviny (30–60 cm) přesahující okraj kontejnerů	50–120	120–160	160–220



Ukázka zakrytí povrchu substrátu kokosovými terčí u varianty A a B (foto T. Litschmann)

zvlášť hodnoty Kc odděleně pro zakryté a nezakryté kontejnery, takže vyniknou rozdíly mezi zakrytými a nezakrytými rostlinami. Zde došlo k zajímavému poznatku, kdy u kontejnerů jenom se substrátem došlo ke snížení spotřeby vody přibližně na polovinu, avšak u kontejnerů naplněných stejným substrátem a osázených rostlinami tato úspora dosahovala pouze přibližně 20 %. Nebylo tudíž dosaženo úspory dvou třetin závlahové vody, jak udávají někteří prodejci těchto terčů. Podrobnější zkoumání dosažených výsledků nutně vede k úvahám, že ačkoliv kontejner jenom se substrátem a kontejner se substrátem a menší rostlinou vypadají velmi podobně a teoreticky by měl mít kontejner s rostlinou větší spotřebu vody, neboť zde probíhá jak transpirace, tj. výpar vody z rostliny, tak i evaporation, výpar vody z povrchu substrátu, ve skutečnosti tomu tak není. Jako pracovní hypotéza se zde nabízí možnost, že u kontejnerů jenom se substrátem není po zálivce omezeno vztlínání vody z vnitřního objemu kontejneru směrem k povrchu a ten se takto udržuje déle vlhký, a tudíž i evaporation trvá delší dobu a je intenzivnější. Tomu by odpovídal poznatek, že po zakrytí po-

vrchu substrátu kokosovým terčem se evaporation výrazně snižuje a vodní páry musí nejprve difundovat přes terč do atmosféry. Naproti tomu i menší pěstované rostliny již mají vyvinutý kořenový systém v celém objemu kontejneru, takže voda vztlínající po zálivce substrátem vzhůru je jimi pohlcována dříve, než dosáhne povrchu a ten je proto sušší a omezuje se z něj evaporation. Proto ani po zakrytí povr-

chu kokosovými terčí není úspora vody příliš velká, v průměru se pohybuje kolem již zmíněných 20 %, vzrůstá však v období po svrchní zálivce, kdy se zároveň zvyšuje u nezakrytých kontejnerů celkové množství spotřebované vody, které je vyšší, než by odpovídalo ETP a příslušnému Kc.

Pro ověření vlivu svrchní zálivky na celkovou evapotranspiraci byla v závěru pokusného období varianta E rozdělena opět na dvě podvarianty, přičemž každá pětice byla od 22. 9. 2019 zavlažována v jiném termínu. Ukázalo se, že po zálivce spotřeba vody proti nezavlaženým rostlinám vzrůstá, v některých případech i velmi výrazně, a většinou teprve až třetí den se spotřeba pohybuje na úrovni nezavlažovaných rostlin. Jelikož byla potenciální evapotranspirace v těchto dnech poměrně nízká a příliš se nelišila, v nezavlažených kontejnerech zásoba vláhy neklesla pod úroveň, kdy by rostliny začaly omezovat transpiraci. Tento jev byl náhodně pozorován i v předchozím období, kdy bylo zjištěno, že u čerstvě zalitých kontejnerů vzrůstá spotřeba vody, přestože jejich hmotnost byla přibližně stejná jako kontejnerů zalitých v předchozích dnech. To jenom potvrzuje předchozí hypotézu,

že kořenový bal omezuje vztlínání vody z prostoru kontejneru směrem k povrchu a evaporation klesá.

Závěry a doporučení pro praxi

Přestože v pokusu byla měření prováděna pouze na pěti druzích, byť pečlivě vybraných tak, aby typologicky postihly co největší počet pěstovaných okrasných rostlin, nelze mít předložené závěry za kompletní a určité by bylo záhodno v těchto měřeních pokračovat i v dalších letech. Dosažené výsledky upřesňují množství potřebné vody spotřebovávané jednotlivými druhy během vegetačního období. Údaje o vláhové potřebě v mililitrech a zároveň i v milimetrech jsou potřebné z toho důvodu, že při závlaze větších kontejnerů kapkovacími jehlami je u nich udáván průtok v litrech za hodinu, avšak při závlaze postřikem se množství dopadlé vody udává v milimetrech. Ze získaných výsledků vyplývá, že druhy nižšího vzrůstu A, B a D spotřebují v průměrných letních dnech s ETP kolem 3 mm přibližně 60 ml vody na kontejner, ve výsušnějších dnech s ETP 5 mm tato spotřeba vzrůstá až na 100 ml, naopak při ETP 1 mm klesá na 20 ml. Rostliny vyššího vzrůstu (C a E) mají větší spotřebu, při ETP 3 mm je to



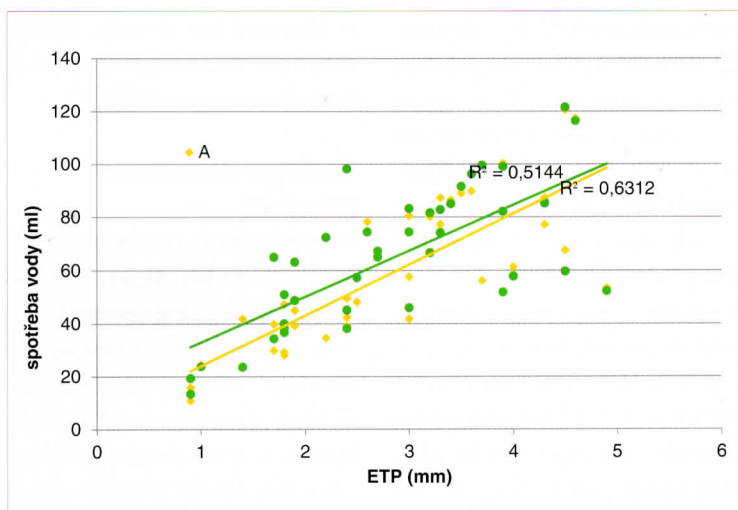
- KAPKOVÁ ZÁVLAHA NETAFIM
- POSTŘÍK A MIKROPOSTŘÍK
- MULČOVACÍ A KRYCÍ FÓLIE
- ROZPUSTNÁ HNOJIVA DO KAPKOVÉ ZÁVLAHY A HYDROPONIE
- PÁSOVÉ ZAVLAŽOVAČE
- ČERPACÍ STANICE, ROZVODY VODY
- PROJEKTY, PORADENSTVÍ, SERVIS



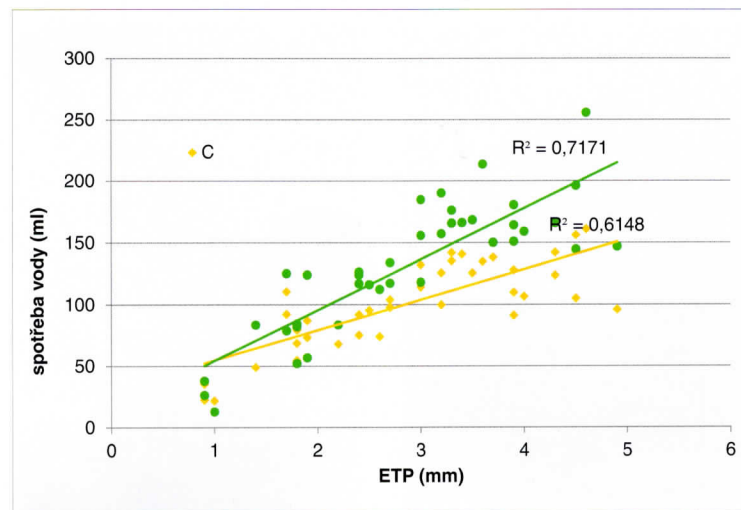
Ing. Václav Klein

Kurdějov 47
693 01

mobil: +420 602 161 168
e-mail: kleinzavlahy@seznam.cz



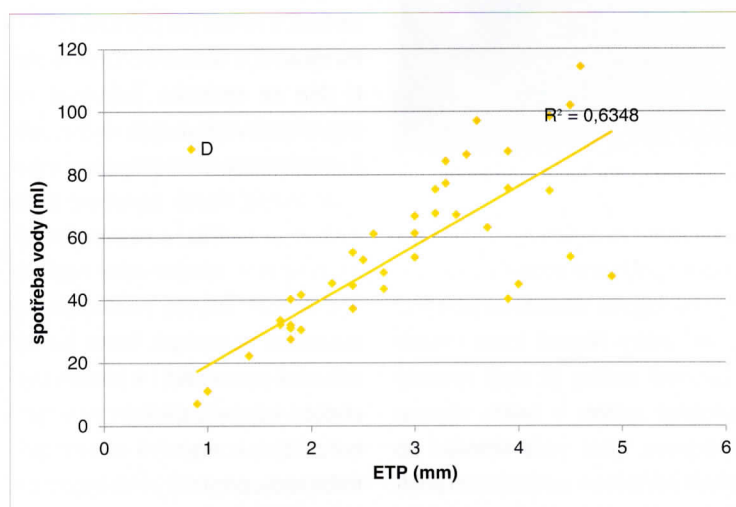
Graf 2 – Závislost spotřeby vody jednotlivými druhy na ETP (var. A, B)



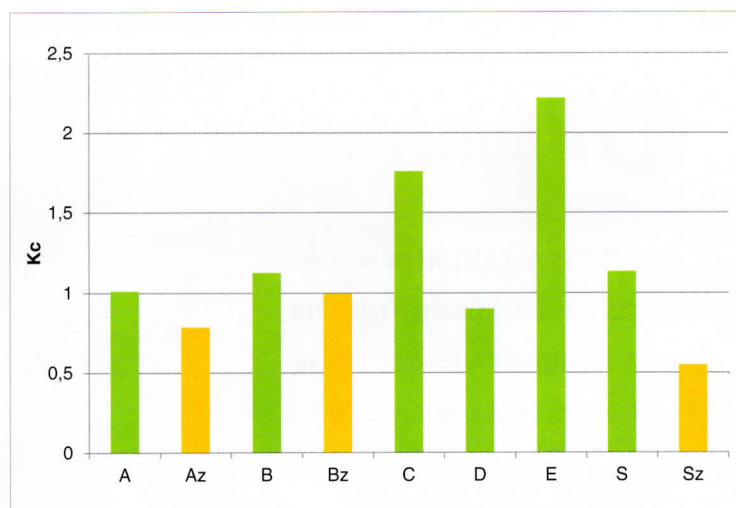
Graf 3 – Závislost spotřeby vody jednotlivými druhy na ETP (var. C, E)

100–150 ml, při ETP 5 mm tato spotřeba vzrůstá na 150–220 ml za den. S těmito hodnotami je nutno počítat při závlaze například kapkovacími jehlami. U druhů variant A, B a D výrazněji nepřerůstajících okraje kontejneru je možno velikost případné závlahy postřikem stanovit na základě hodnot ETP a Kc. Jak vyplývá z předložených výsledků, v těchto případech je hodnota Kc po dobu vegetace blízká jedné. U větších rostlin přesahujících okraj kontejnerů (C a E) jsou uvedené hodnoty Kc zřejmě poplatné jejich velikosti a při použití kontejnerů jiného objemu mohou být poněkud jiné. V těchto případech bude zřejmě přesnější přepočítat nejprve uvedené hodnoty v mililitrech na milimetry podle plochy použitého kontejneru.

Pokusy ukázaly, že po zvlhčení povrchu závlahou postřikem dochází k výraznému zvýšení vláhové potřeby během následujícího období z důvodu vyšší evaporace, proto je kvůli úspoře vody výhodnější zavlažovat méně často většími dávkami, větší kontejnery je úspornější zavlažovat kapkovacími jehlami s přesně nastavenými závlahovými dávkami podle zde prezentovaných grafů. Je nutné si uvědomit, že běžně používané kapkovací jehly mají většinou vydatnost kolem dvou litrů za hodinu, k dodání 100 ml tedy plně postačuje jejich provoz po dobu tří minut, což si málokdo uvědomuje a většinou se zavlažuje podstatně



Graf 4 – Závislost spotřeby vody jednotlivými druhy na ETP (var. D)



Graf 5 – Průměrné hodnoty Kc pro jednotlivé varianty. Index z představuje variantu se zakrytím povrchu kokosovými terči

déle s výraznou ztrátou vody. Pro snazší orientaci uvádíme ještě tabulku 2 s hodnotami denní spotřeby vody v ml pro jednotlivé skupiny rostlin a výsušnost atmosféry. S její

pomocí je možno alespoň přibližně dávkovat vodu jednotlivým druhům pěstovaným v kontejnerech, popřípadě stanovit potřebu vody při návrhu závlahové sítě. Jedná se

o údaje vycházející z tohoto konkrétního pokusu a měření na mladých rostlinách. Při aplikaci zmíněných doporučení do praxe je třeba brát v úvahu technologické postupy v jednotlivých školkách, velikost a stáří rostlin, habitus a růstové specifikace jednotlivých druhů a kultivarů.

Text a foto

doc. Dr. Ing. Petr Salaš,¹

RNDr. Tomáš Litschmann,²

Ing. Jana Burgová, Ph.D.,¹

Ing. Helena Zahradníková, Ph.D.,³

¹Zahradnická fakulta Lednice,

Mendelova univerzita v Brně,

²AMET, Velké Bílovice,

³Svaz školkařů České republiky, z. s.,

Olomouc

Příspěvek byl odborně recenzován.

Použitá literatura je k dispozici u autorů.

Tento příspěvek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství. Problematika byla řešena v rámci Funkčního úkolu Expertní činnost v sektoru okrasného školkařství – realizace experimentálního stanovení závlahových dávek vody při produkci dřevin v kontejnerech při různých systémech produkce či závlahy. Odpovědným zhotovitelem funkčního úkolu byl Svaz školkařů České republiky, z. s., Olomouc.

Příspěvek ke kvantifikaci potřeby vody u rostlin pěstovaných v kontejnerech

On Quantification of Water Needs in Container-grown Plants

Tomáš Litschmann¹, Petr Salaš², Jana Burgová², Helena Zahradníková³

AMET, sdružení Velké Bílovice¹; Zahradnická fakulta Lednice, Mendelova univerzita v Brně²; Svaz školkařů České republiky, z.s., Olomouc³

Abstrakt

V předloženém příspěvku jsou shrnuty výsledky měření spotřeby vody pěti vybranými kultivary s rozdílným habitem pěstovaných v kontejnerech s cílem stanovit závislost jejich vláhové potřeby na potenciální evapotranspiraci a tím umožnit jejich optimální závlahu. Vláhová potřeba byla stanovena na základě vážení jednotlivých kontejnerů v ranních hodinách. Od každého kultivaru bylo váženo 10 kontejnerů. U tří variant byl povrch poloviny kontejnerů zakryt terčem z kokosových vláken s cílem zjistit možnosti snížení podílu evaporace na celkové vláhové potřebě. Dosažené výsledky ukazují, že u menších kultivarů, nepřesahujících nadzemními částmi okraj kontejneru, je vláhová potřeba na úrovni potenciální evapotranspirace, tj. crop koeficient K_c je roven přibližně jedné. U vyšších kultivarů, přesahujících výrazněji okraj kontejneru, se tento koeficient zvyšuje až na hodnoty vyšší než 2. Použití mulčovacích kokosových terčů na povrchu kontejneru snižuje celkovou vláhovou potřebu přibližně o 20 %. Hodnota K_c výrazněji vzrůstá po zalití kontejnerů svrchní zálivkou, kdy dochází k ovlhčení povrchu a zvyšuje se evaporace.

Klíčová slova: závlaha, mulčování, spotřeba vody, kontejnerová produkce

Úvod

Zvyšující se nedostatek vody vede ke zkoumání možností její úspory prakticky ve všech odvětvích lidské činnosti. Ačkoliv okrasné zahradnictví v našich podmínkách nepatří k jejím

největším konzumentům, v některých oblastech (např. Pistoia v Itálii) je voda limitujícím faktorem pro další rozvoj okrasných školek (Incrocci a kol. 2014). Avšak i v našich podmínkách, v místech s omezenými lokálními zdroji vody zejména v letních měsících, lze správným dávkováním závlahové vody jednotlivým kontejnerům účelně využívat závlahovou vodu bez vlivu na produkci.

Tato práce je zaměřena na stanovení potřeby jednotlivých kultivarů okrasných rostlin v závislosti na jejich růstu a povětrnostních podmínkách. V naší literatuře prakticky nelze nalézt práci, která by se věnovala spotřebě vody jednotlivých kultivarů pěstovaných v kontejnerech, jež jsou zavlažovány některým z moderních způsobů mikrozávlah (mikropostřikovače, kapkovací jehly). To vede k tomu, že pěstitelé zavlažují většinou intuitivně a raději více než méně, což vede jednak k plýtvání vodou a zároveň k průsaku živin, zejména pak nitrátů, do podloží a případně i hlouběji. Jak dokládají Treder a kol. (2017), podobná situace panuje u okrasných školkařů i v okolních zemích. Absence údajů o nárocích jednotlivých kultivarů, anebo alespoň o určitých jejich skupinách, vyznačujících se stejnými rysy, neumožňuje provádět podrobnější bilanční výpočty v rámci optimálního návrhu jednotlivých závlahových staveb v zahradnických podnicích.

Materiál a metody

Pro potřeby tohoto výzkumu bylo zvoleno celkem pět typově odlišných druhů a kultivarů, u nichž jsme předpokládali rozdílné nároky na potřebu vody v průběhu vegetační sezóny. Jejich přehled společně s popisem je uveden v Tab. 1. Pro založení experimentu byly použity zakořenělé dřevité řízky těchto modelových rostlin, zakořenělé v sadbovačích (množení na podzim 2018), původem od firmy Pasič spol. s r.o., Dolní Životice. Od každého kultivaru bylo v pokusu zastoupeno 10 rostlin umístěných v kontejnerech o objemu 2 litrů, přičemž horní plocha kontejneru měla plochu 206 cm². Kromě toho bylo na pokusné ploše umístěno dalších 10 stejných kontejnerů bez rostlin, pouze se substrátem, aby bylo možno stanovit evaporaci bez vlivu transpirace vody rostlinami. V průběhu pokusu pak byly kultivary A a B rozděleny na dvě skupiny po pěti rostlinách, přičemž kontejnery s rostlinami v jedné skupině byly opatřeny terčem z kokosových vláken z důvodu stanovení možné úspory vody omezením neproduktivního výparu z povrchu substrátu (Foto 1). Stejná úprava byla provedena i v kontejnerech s čistým substrátem. Pokus probíhal v období od 29. 7. 2019 do 7. 10. 2019, takže postihnul jak období s vyššími, tak i s nižšími nároky na vláhu.

Celkem bylo provedeno 41 měření v ranních hodinách, spočívajících ve zvážení jednotlivých kontejnerů a odečtu jejich hmotnosti v gramech od hodnoty z předcházejícího dne.

Tab. 1 Přehled použitých kultivarů

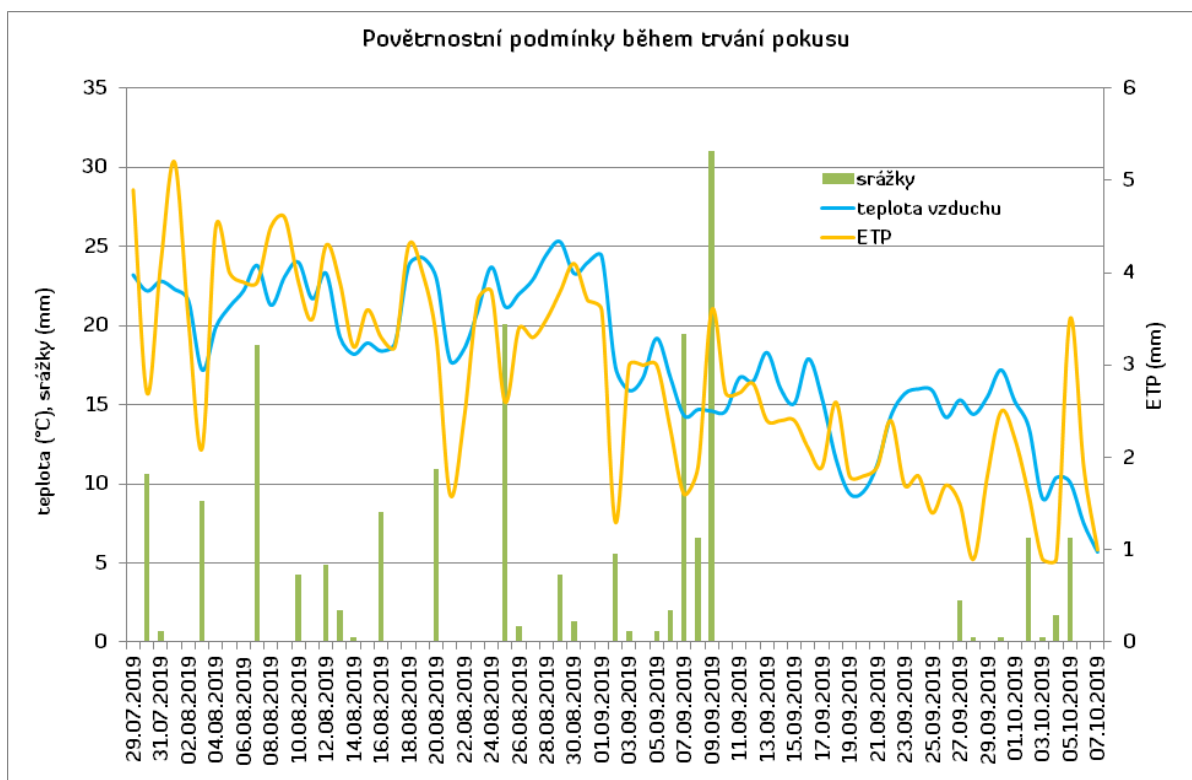
Var.	Název dřeviny	popis	foto
A	<i>Buxus sempervirens</i>	Stálezelený listnatý keř, pomalu rostoucí, suchovzdorný	
B	<i>Juniperus communis</i> 'Arnold'	Jehličnatý neopadavý keř sloupovitého vzrůstu. Odolný suchu.	
C	<i>Rosa</i> hybr. 'Fairy Red'	Opadavý keř, kvetoucí. Kompaktně rostoucí polyantha.	
D	<i>Vinca minor</i> 'Atropurpurea'	Stálezelený neopadavý listnatý keřík nízkého až plazivého růstu, půdopokryvný.	
E	<i>Caryopteris clandonensis</i> x 'Worcester Gold'	Opadavý listnatý kvetoucí keř menšího vzrůstu. Listy zbarveny do žluta.	
S	Substrát RKS II	Složení: 50 % rašelina bílá, 30 % rašelina černá, 20 % kůrový kompost, 30 kg/m ³ bentonit, 2,0 kg/m ³ N, P, K 14 + 16 + 18 + ME, 150 g/m ³ hnojivo Micromax Premium, 100 ml/m ³ zvlhčovací činidlo, pH (H ₂ O) 5,5 – 6,5	

Tento rozdíl udává spotřebu vody v daném kontejneru v mililitrech za daný den. Pokud hmotnost kontejneru klesla pod 800 – 900 gramů, byla provedena povrchová zálivka a po určité době, typicky 15 – 30 minut, byl kontejner znovu zvážen a tato hodnota byla použita jako menšenec pro následující den. Do zpracování nebyly zahrnuty případy, kdy se vyskytly srážky. Z nedaleké meteorologické stanice MeteoUNI (AMET Velké Bílovice) byly vypočítány na základě naměřených údajů teploty a vlhkosti vzduchu, globálního záření a rychlosti větru hodnoty potenciální evapotranspirace (ETp) podle Penmana.

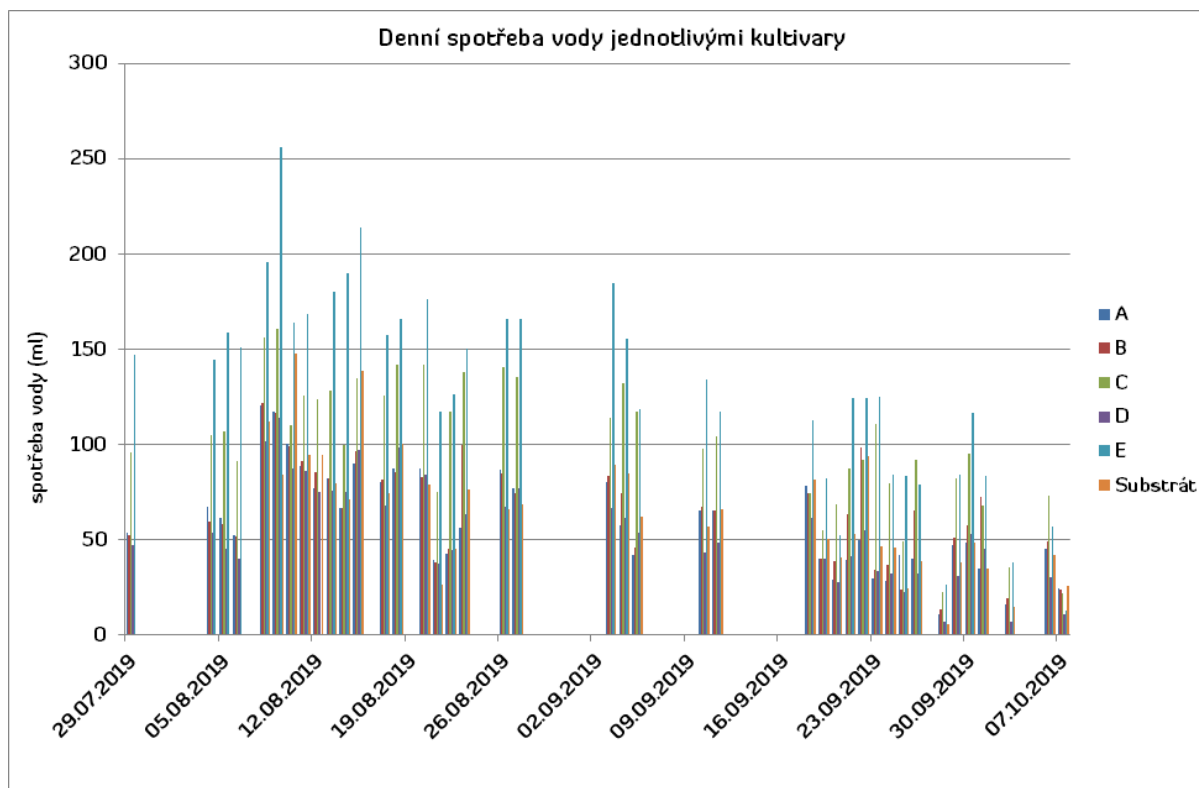
Výsledky a diskuse

Přestože se v posledním období stále častěji mluví o suchu, během experimentu se na pokusném pozemku poměrně často vyskytovaly srážky, a to i poměrně vydatné, čímž byl do jisté míry omezen počet měření, která by se dala vyhodnotit bez ovlivnění srážkami. Jak je vidět z Obr. 1, na počátku měření panovalo poměrně teplé a výsušné počasí s průměrnými denními teplotami v rozmezí od 20 do 25 °C a ETp kolem 4 mm za den, přičemž maximum dosahovalo až 5 mm. Na začátku září došlo k rychlému poklesu teplot na hodnoty kolem 15 °C a ETp 2 - 3 mm, v závěru pokusu se teploty snížily až na 5 °C. Během pokusu se tudíž vyskytovaly povětrnostní podmínky v poměrně širokém rozmezí teplot i ETp, jaké lze očekávat v průběhu vegetačního období na většině okrasných školek v našich oblastech. Průměrná ETp během trvání pokusu byla 2,9 mm, maximální (5,3 mm) se vyskytla hned na počátku měření 25. 7. 2019 a minimální byla 0,9 mm (3. 10. 2019).

Na Obr. 2 jsou vyneseny naměřené hodnoty spotřeby vody v mililitrech jednotlivými kultivary během pokusného období. Na první pohled jsou vidět značné rozdíly mezi jednotlivými kultivary, přičemž kultivary A, B a D mají přibližně stejné hodnoty, pohybující se v chladnějších dnech kolem 50 ml na kontejner, v teplejších a výsušnějších dnech spotřeba vzrůstá až nad 100 ml. Vyšší spotřeba je u kultivaru C, kde se pohybuje po většinu období od 100 do 150 ml. Největší spotřeba byla naměřena u kultivaru E, kde v jednom případě přesáhla 250 ml za jeden den. Jak je patrné z obrázků v Tab. 1, souvisí tyto rozdíly do značné míry s habitem použitých kultivarů. Evaporace z kontejnerů, naplněných pouze substrátem, se většinou pohybovala na úrovni kultivarů A, B a D, v některých případech však byla podstatně vyšší. Tomuto zjištění bude věnována pozornost dále.



Obr. 1 Povětrnostní podmínky během trvání pokusu



Obr. 2 Denní spotřeba vody jednotlivými kultivary

Spotřeba vody jednotlivými kultivary je závislá mj. i na výsušnosti atmosféry, která bývá vyjádřena pomocí hodnot potenciální evapotranspirace (ETp). Na Obr. 3 – 5 je tato závislost vynesena pro jednotlivá měření a kultivary. Ukazuje se, že tato závislost je poměrně lineární, v závislosti na kultivaru vysvětluje 51 – 71 % proměnlivosti jednotlivých měření, zbývající část je ovlivněna jinými faktory. Podobné hodnoty koeficientů determinace u kultivarů *Hemerocallis*, *Echinacea* a *Veronica* uvádí Treder a kol. (2017), kde se pohybují v rozmezí 0,62 – 0,68. Již z těchto grafů lze odvodit množství vody, jež je nutno jednotlivým typovým kultivarům přibližně dodávat, aby nedocházelo k jejich přemokření, ale ani ke stresům ze sucha, zejména pak při závlaze kapkovacími jehlami.

Aktuální evapotranspirace ETa (mm) se stanoví ze vztahu:

$$ETa = \frac{VP}{Sk}$$

Kde:

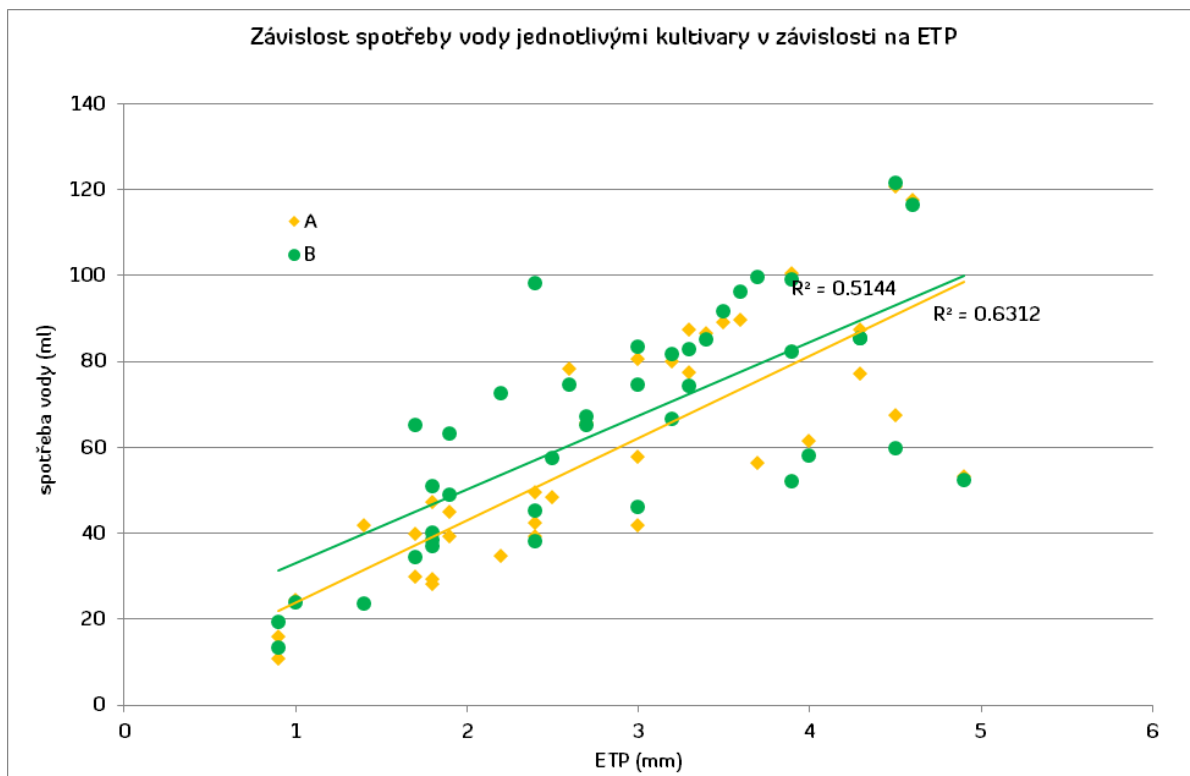
VP – vláhová potřeba (ml)

Sk – plocha kontejneru (cm²)

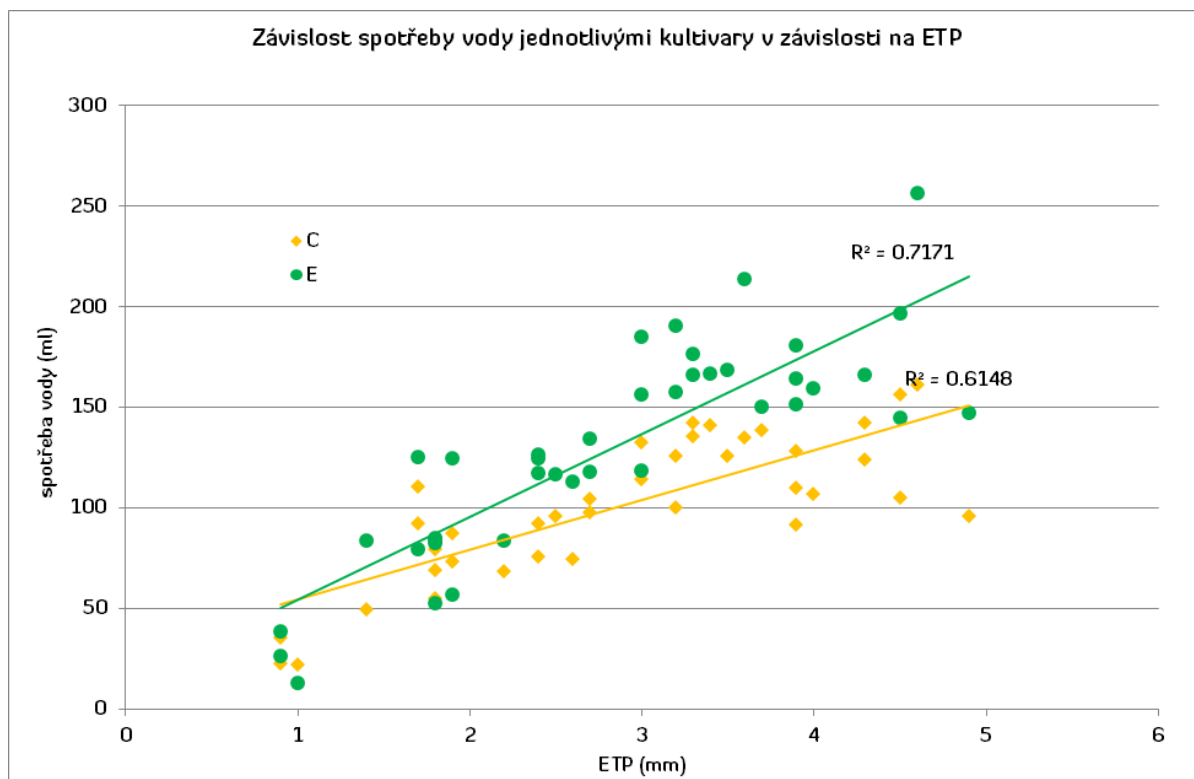
U používaných kontejnerů byla plocha Sk rovna 206 cm². Bezrozměrný „crop coefficient“ Kc se stanoví na základě vztahu:

$$Kc = \frac{ETa}{ETp}$$

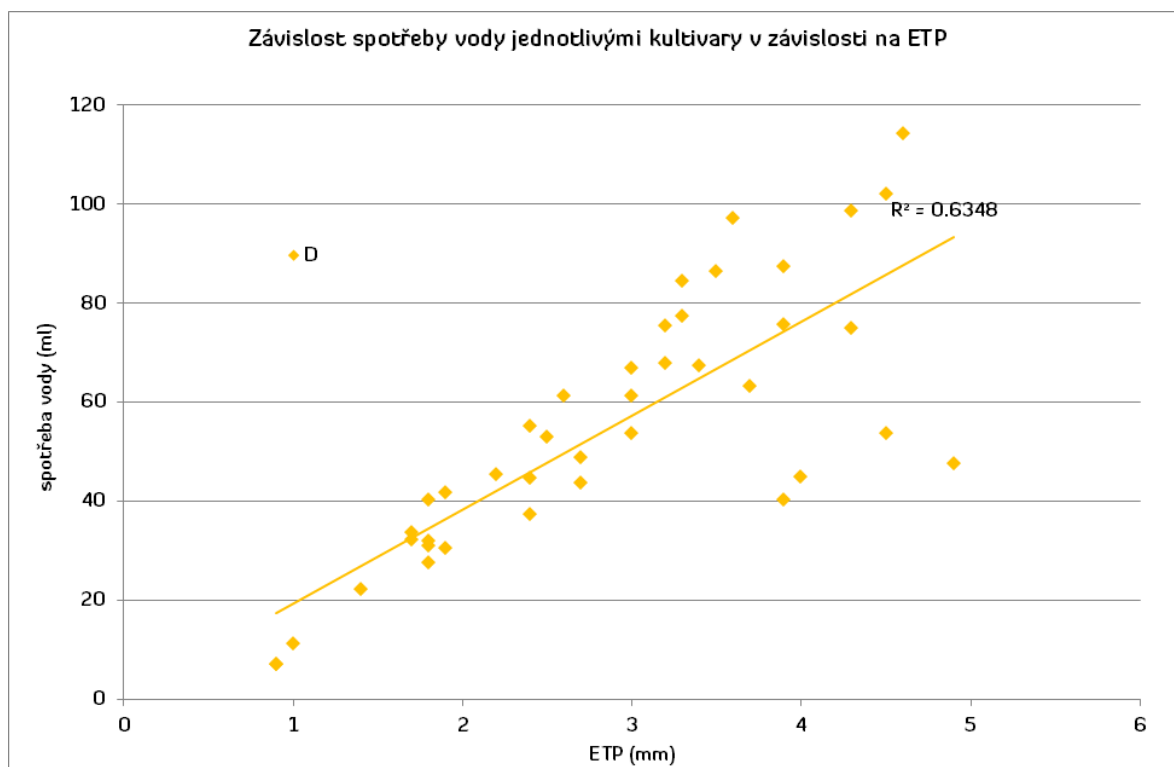
Jeho hodnota závisí na daném kultivaru a popřípadě i vývoji v průběhu vegetace. Pro většinu pěstovaných plodin jsou tyto koeficienty uvedeny např. Allenem a kol. (1999) anebo Doorenhosem a Pruittem (1975). Rostliny pěstované v kontejnerech však mají některá specifika, výrazně ovlivňující výslednou hodnotu Kc. Pro kontejnerované rostliny není neobvyklé, že svými zelenými částmi přerůstají přes jejich okraj a zaujímají tak větší plochu, než by zaujímaly při pěstování v půdě. Velké rostliny pěstované v malých kontejnerech se tak vyznačují vyššími hodnotami Kc. Po jejich přesazení do většího kontejneru zůstává jejich vláhová potřeba v závislosti na ETp přibližně stejná a tudíž dochází ke snížení hodnoty Kc. (Schuch a Burger 1997) Proto jsou užitečné i údaje o spotřebě v mililitrech.



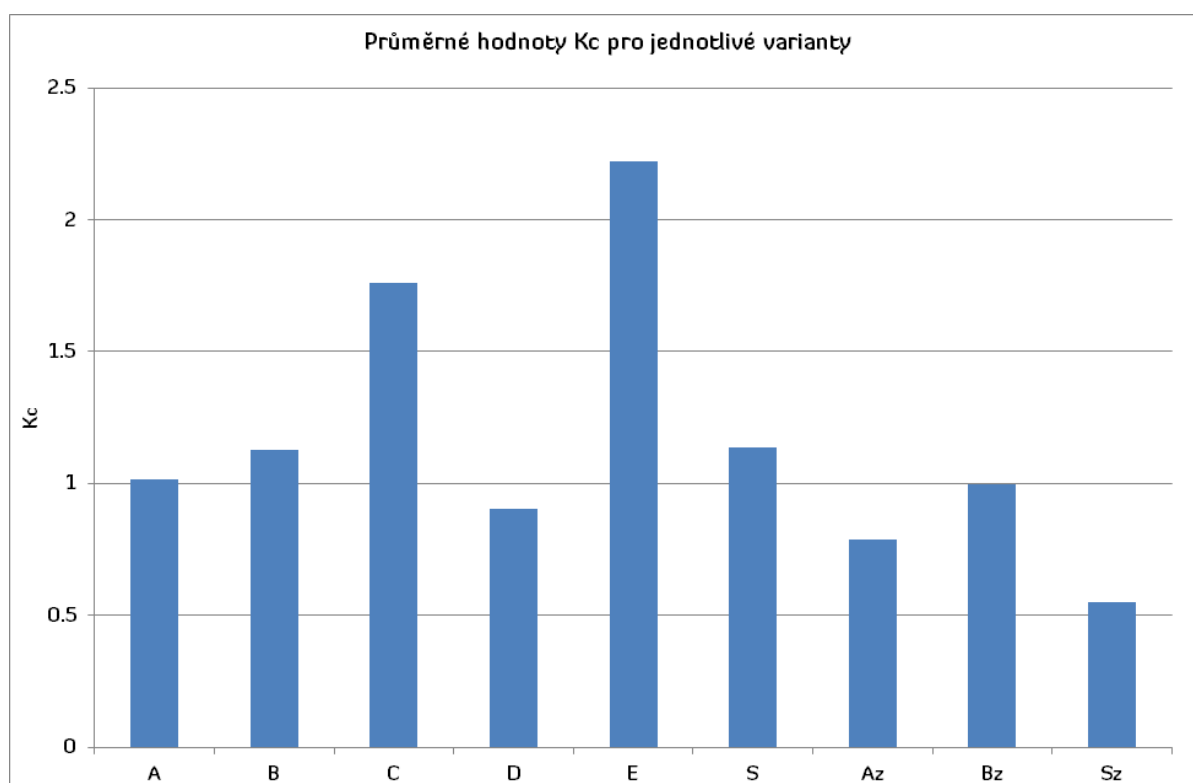
Obr. 3 Závislost spotřeby vody jednotlivými kultivary v závislosti na ETP (A,B)



Obr. 4 Závislost spotřeby vody jednotlivými kultivary v závislosti na ETP (C,E)



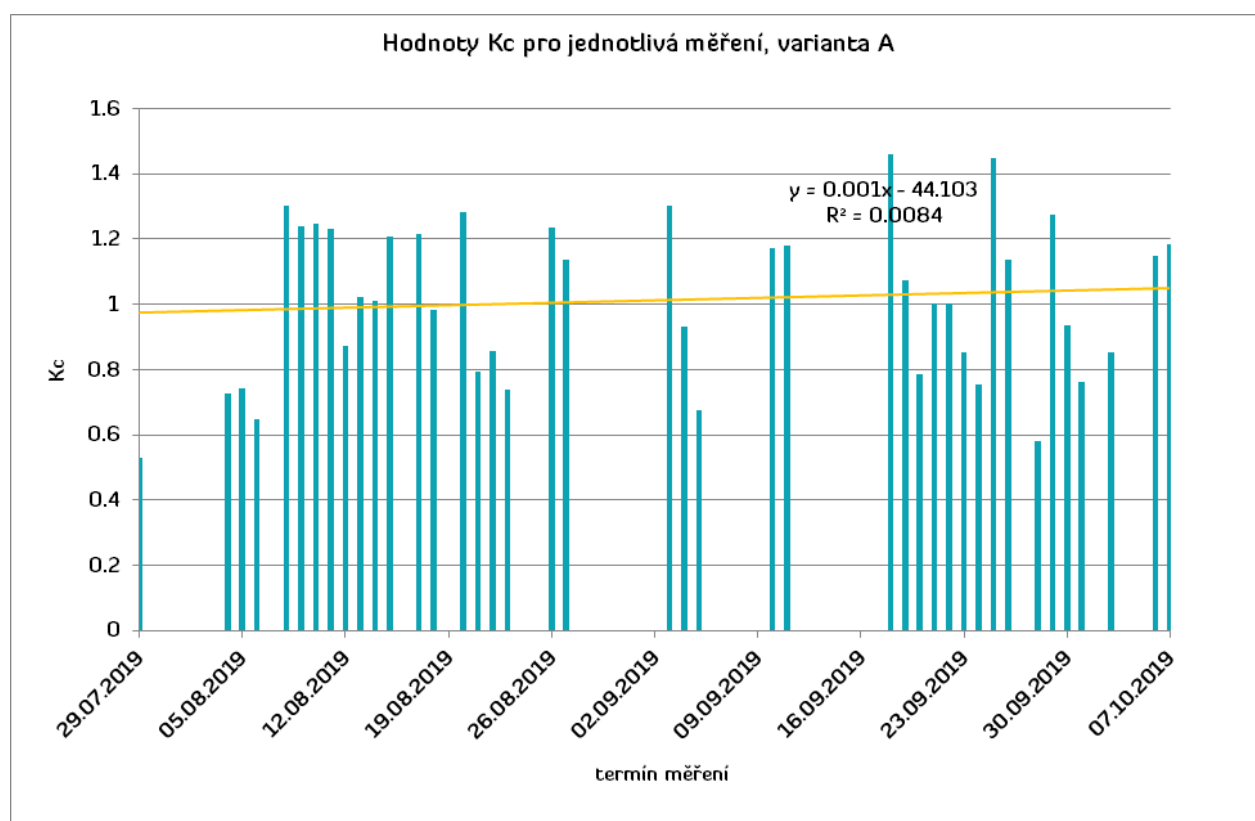
Obr. 5 Závislost spotřeby vody jednotlivými kultivary v závislosti na ETP (D)



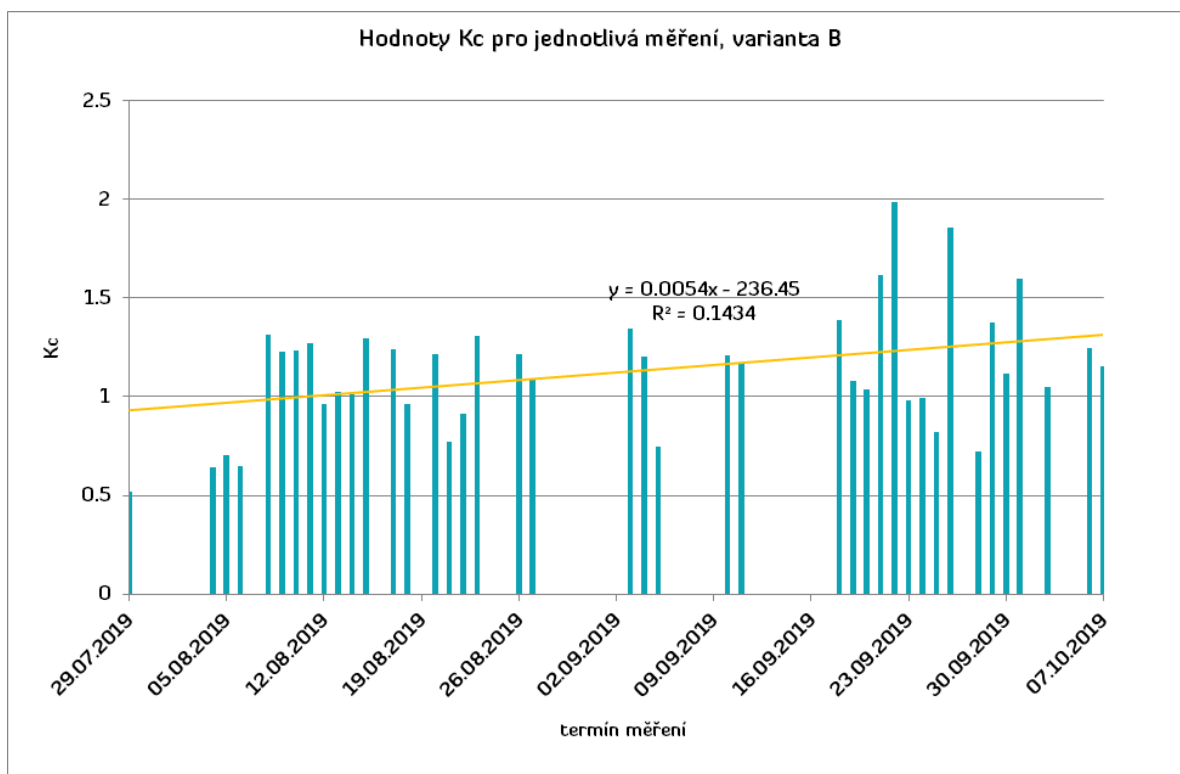
Obr. 6 Průměrné hodnoty Kc pro jednotlivé varianty

Výsledné hodnoty Kc pro jednotlivé kultivary za celé zpracované období jsou na Obr. 6. Ukazuje se, že pro rostliny, nepřerůstající výrazněji přes okraj kontejneru (A, B, D), jsou tyto hodnoty blízké 1 a neliší se výrazněji od Kc pro kontejnery se substrátem bez rostlin. Naproti tomu rostliny s mohutnějším habitem (C, E) mají Kc podstatně vyšší, u C je to přibližně 1,8, a D 2,2.

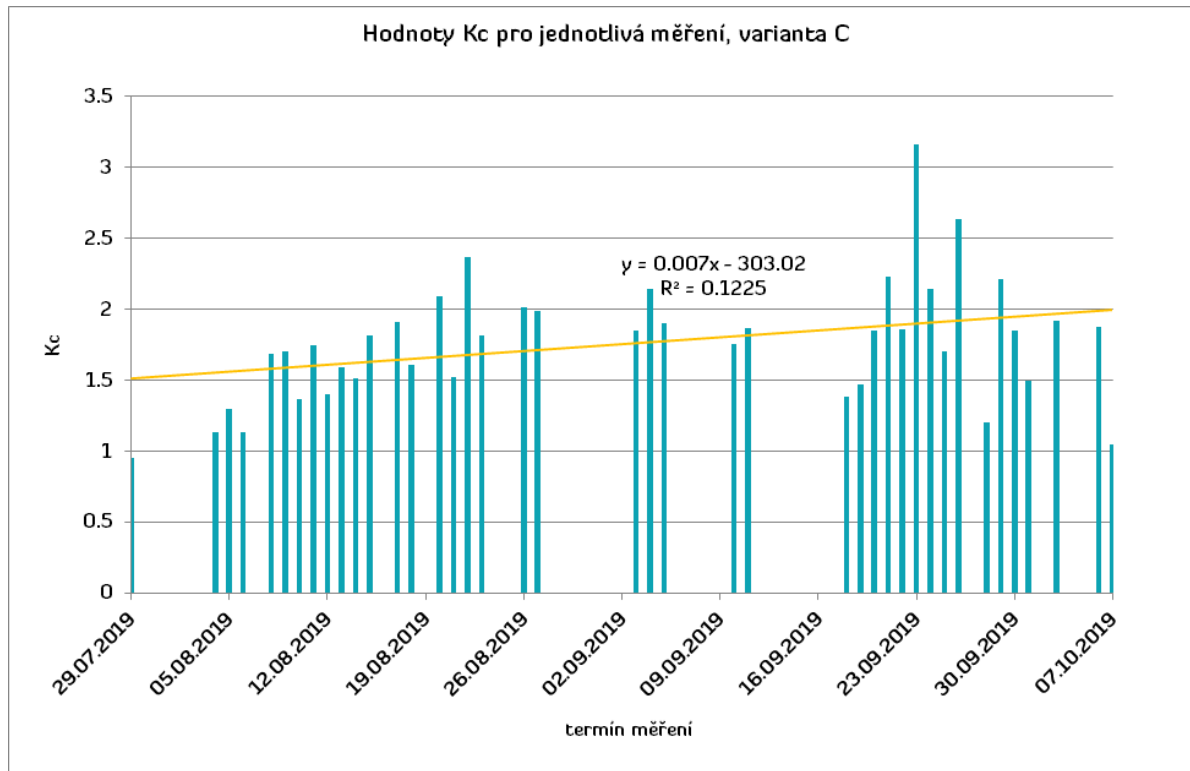
Na Obr. 7 – 12 je následně zachycen detailnější průběh hodnot Kc pro jednotlivé kultivary v průběhu celé doby měření. Nejsou zde patrné nějaké výraznější trendy během této doby, lze však pozorovat určitou variabilitu, kdy dochází v některých dnech k výraznějšímu vzestupu hodnot Kc. Podrobnější analýzou bylo zjištěno, že k tomuto jevu většinou dochází ve dnech po zalití kontejnerů, kdy je zvýšena povrchová vlhkost substrátu v kontejnerech.



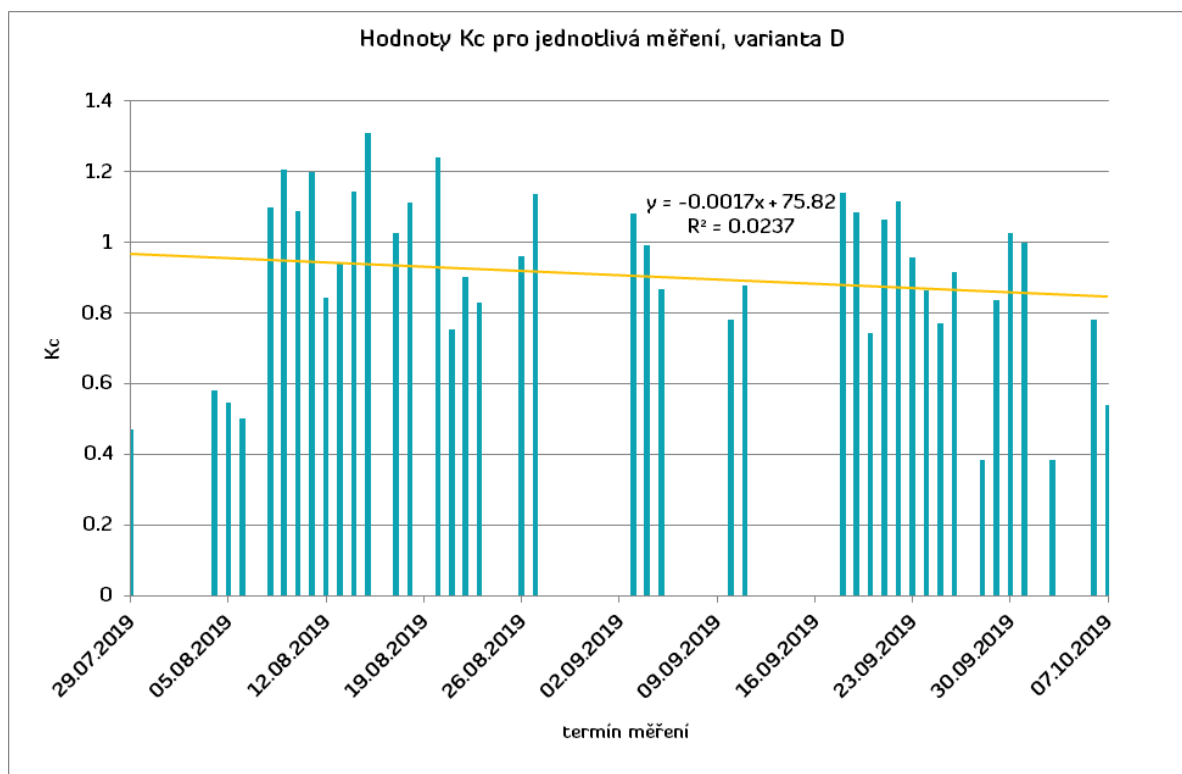
Obr. 7 Hodnoty Kc pro jednotlivá měření, varianta A



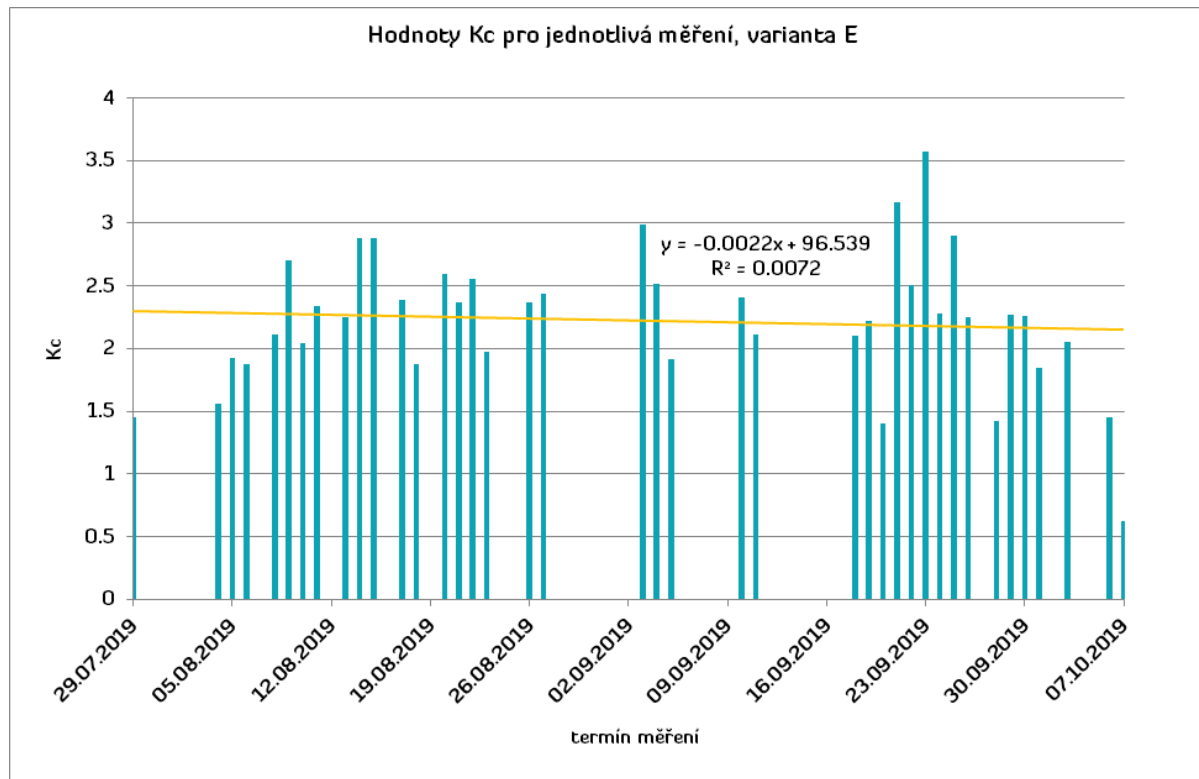
Obr. 8 Hodnoty Kc pro jednotlivá měření, varianta B



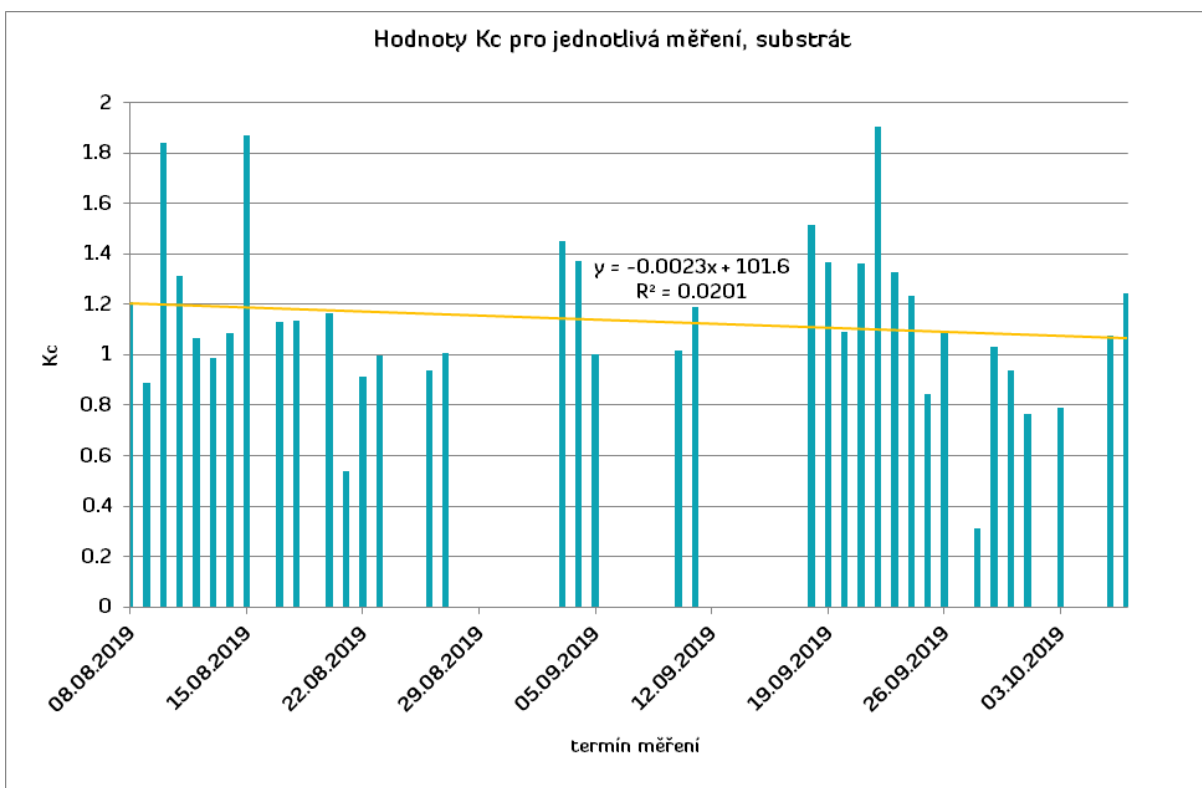
Obr. 9 Hodnoty Kc pro jednotlivá měření, varianta C



Obr. 10 Hodnoty K_c pro jednotlivá měření, varianta D



Obr. 11 Hodnoty K_c pro jednotlivá měření, varianta E



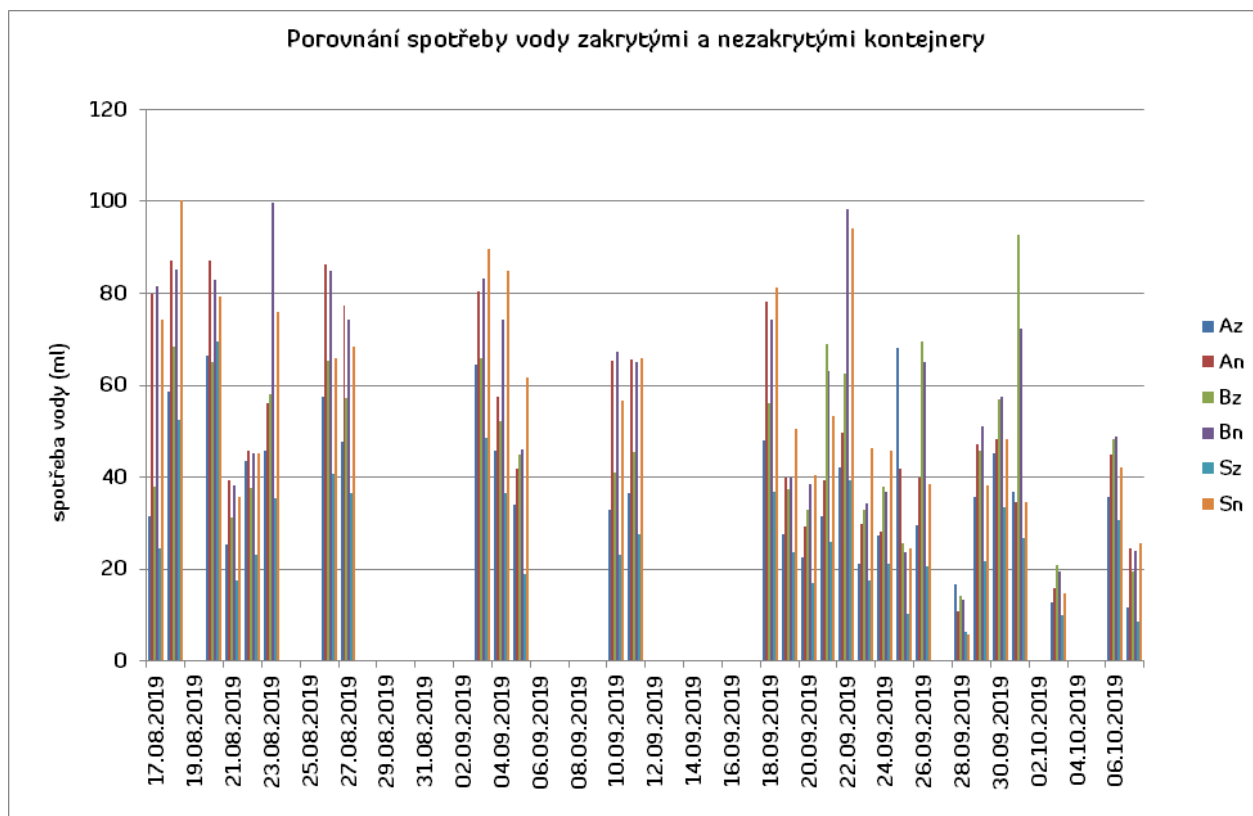
Obr. 12 Hodnoty Kc pro jednotlivá měření, substrát

Možnosti úspory vody zakrytím povrchu substrátu

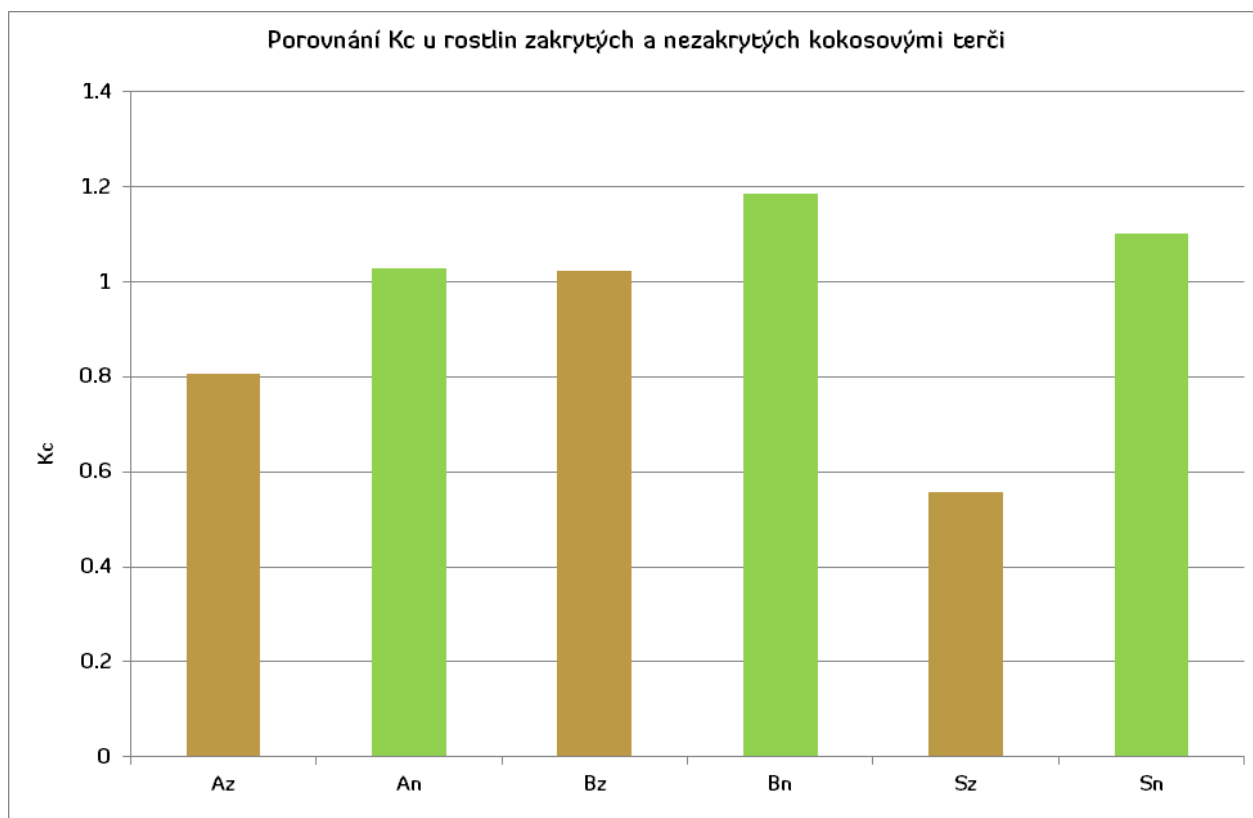
V rámci pokusu bylo provedeno i testování vlivu zakrytí povrchu substrátu kokosovými terči na omezení neproduktivního výparu. Dne 17. 8. 2019 byla polovina rostlin ve variantách A, B (viz Foto 1) a var. S zakryta kokosovými terči a takto vzniklé podvarianty byly následně vyhodnocovány odděleně. Obr. 13 zachycuje naměřené rozdíly mezi vzniklými soubory. Největší rozdíly se vyskytovaly u čistého substrátu, u kultivarů A a B byly rozdíly menší, a jak se ukázalo, v období po zálivce se zvyšovaly. Rozdíly lépe vyniknou na Obr. 14, na němž jsou vyneseny hodnoty Kc odděleně pro zakryté a nezakryté kontejnery. U kontejnerů jenom se substrátem došlo ke snížení spotřeby vody přibližně na polovinu, avšak u kontejnerů naplněných stejným substrátem a osázených rostlinami tato úspora dosahovala přibližně pouze 20 %.



Foto 1 Ukázka zakrytí povrchu substrátu kokosovými terči u varianty A a B



Obr. 13 Porovnání spotřeby vody zakrytými a nezakrytými kontejnery

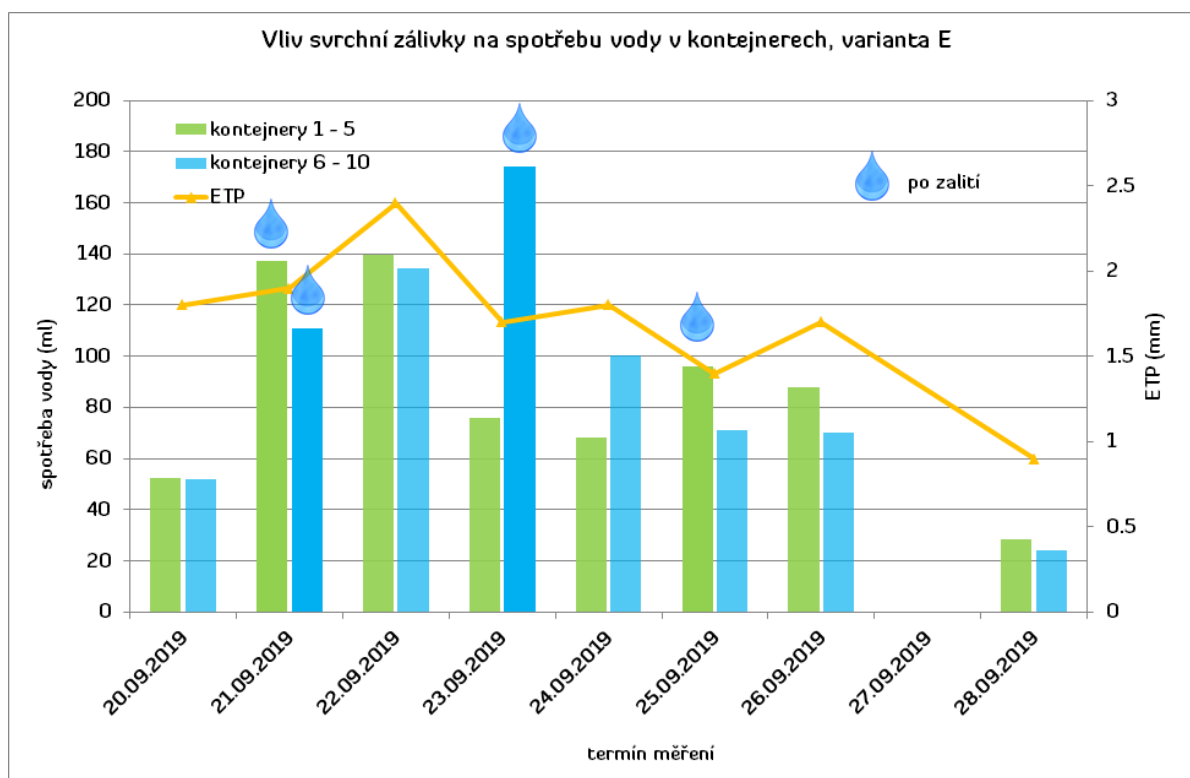


Obr. 14 Porovnání Kc u rostlin zakrytých a nezakrytých kokosovými terči

Podrobnější zkoumání dosažených výsledků nutně vede k úvahám, že ačkoliv kontejner jenom se substrátem a kontejner se substrátem a menší rostlinou vypadají velmi podobně a teoreticky by měl mít kontejner s rostlinou větší spotřebu vody, neboť zde probíhá jak transpirace, tj. výpar vody z rostliny, tak i evaporace, výpar vody z povrchu substrátu, ve skutečnosti tomu tak není. Jako pracovní hypotéza se zde nabízí možnost, že u kontejnerů jenom se substrátem není po zálivce omezeno vztlínání vody z vnitřního objemu kontejneru směrem k povrchu a ten se takto udržuje déle vlhký a tudíž i evaporace trvá delší dobu a je intenzivnější. Tomu by odpovídal poznatek, že po zakrytí povrchu substrátu kokosovým terčem se evaporace výrazně snižuje a vodní páry musí nejprve difundovat přes terč do atmosféry. Naproti tomu i menší pěstované rostliny již mají vyvinutý kořenový systém v celém objemu kontejneru, takže voda vztlínající po zálivce substrátem vzhůru je jimi pohlcována dříve, než dosáhne povrchu a ten je proto sušší a omezuje se z něj evaporace. Proto ani po zakrytí povrchu kokosovými terči není úspora vody příliš veliká, v průměru se pohybuje kolem již zmíněných 20 %, vzrůstá však v obdobích po svrchní zálivce, kdy se zároveň zvyšuje u nezakrytých kontejnerů celkové množství spotřebované vody, které je vyšší, než by odpovídalo ETp a příslušnému Kc.

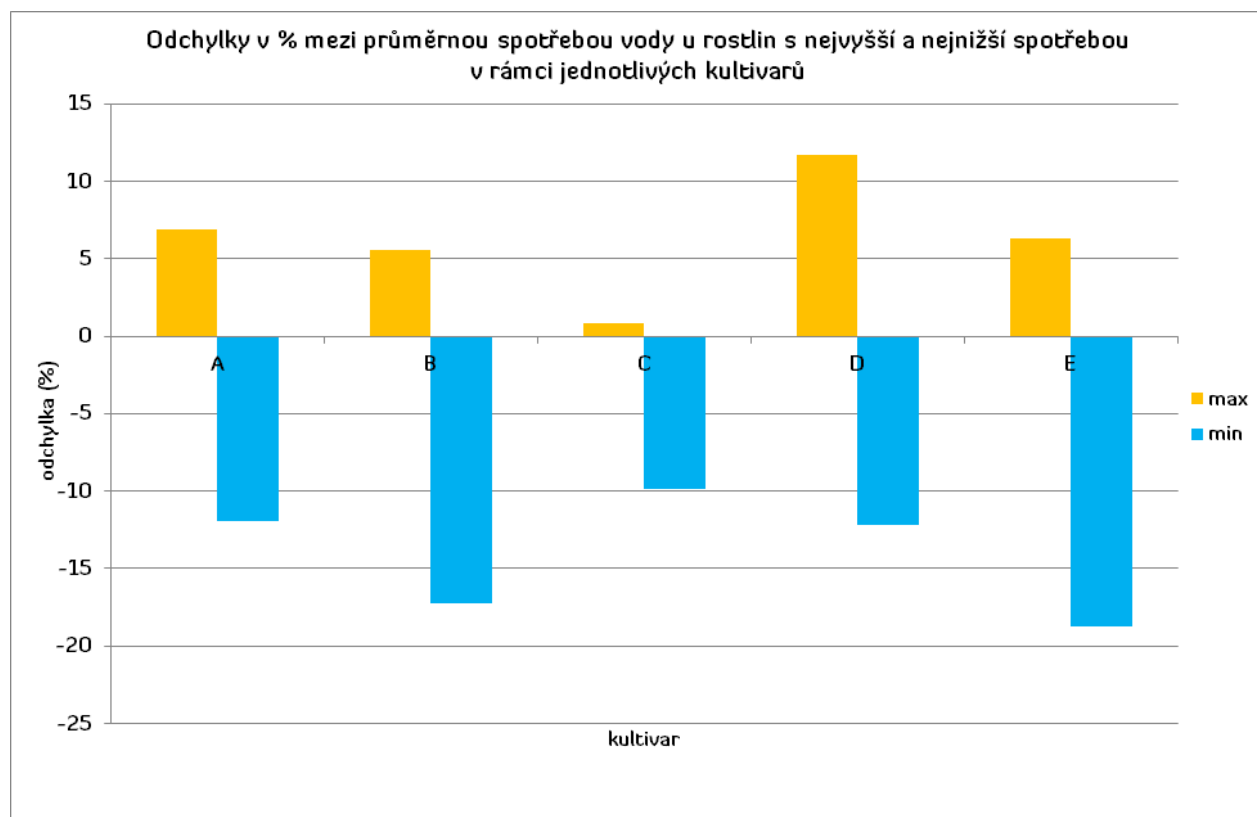
V úvahu je ovšem nutné brát i skutečnost, že větší výpar z povrchu kontejnerů ve variantě bez rostlin (jen se substrátem) může být způsoben i přehříváním kontejnerů, které nejsou stíněné rostlinami. U variant s vysazenými rostlinami může být teplota ovlivněna ochlazováním okolí kontejnerů transpirací rostlin.

Pro ověření vlivu svrchní záливky na celkovou evapotranspiraci byla v závěru pokusného období varianta E rozdělena opět na dvě podvarianty, přičemž každá pětice byla od 22. 9. 2019 zavlažována v jiném termínu. Z Obr. 15 je vidět, že po záливce spotřeba vody vzrůstá, v některých případech i velmi výrazně, a většinou již třetí den se spotřeba pohybuje na úrovni nezavlažovaných rostlin. Jelikož byla potenciální evapotranspirace v těchto dnech poměrně nízká a příliš se nelišila (až na 28. 9. 2019), v nezavlažených kontejnerech zásoba vláhy neklesla pod úroveň, kdy by rostliny začaly omezovat transpiraci. Tento jev byl náhodně pozorován i v předchozím období, kdy bylo zjištěno, že u čerstvě zalitých kontejnerů vzrůstá spotřeba vody, přestože jejich hmotnost byla přibližně stejná jako kontejnerů zalitých v předchozích dnech. To jenom potvrzuje předchozí hypotézu, že kořenový bal omezuje vztlínání vody z prostoru kontejneru směrem k povrchu a evaporace klesá.



Obr. 15 Vliv svrchní záливky na spotřebu vody v kontejnerech, varianta E

Ačkoliv byl v jednotlivých variantách poměrně malý počet rostlin, přesto bylo možno v jejich rámci vybrat rostliny s nejvyšší a nejnižší vláhovou potřebou a tím zjistit, do jaké míry může odlišný vzrůst rostlin ovlivnit jejich spotřebu a tím i nároky na velikost závlahy. Na Obr. 16 jsou proto vyneseny pro jednotlivé kultivary odchylky pro rostliny s nejvyšší a nejnižší průměrnou spotřebou vody za celé měřené období od průměrné spotřeby vody pro všechny rostliny daného kultivaru. Ukazuje se, že kladné odchylky pro rostlinu s vyšší spotřebou měly většinou nižší hodnoty než v absolutní hodnotě záporné odchylky pro rostlinu, jež spotřebovala nejméně vody. Kladné odchylky se pohybovaly od jednoho do jedenácti procent, naproti tomu záporné byly v absolutních hodnotách od deseti do osmnácti procent. V Tab. 2 jsou zdokumentovány dvojice rostlin, jež měly extrémní spotřebu vody. Potřeba vody a efektivnost využití dodané závlahové vody se u rostlin liší nejen v rámci rodu, druhu či kultivaru, ale také u každého jedince. Každá rostlina má jiné, geneticky podmíněné nastavení spotřeby a efektivity využití dodané vody. V provozní školkařské praxi není možné tento detail akceptovat, proto se orientujeme jen na úroveň požadavků druhu, kultivaru či pěstebních skupin dřevin.



Obr. 16 Odchylky mezi průměrnou spotřebou vody u rostlin s nejvyšší a nejnižší spotřebou v rámci jednotlivých kultivarů (%)

Tab. 2 Rostliny s nejvyšší (vlevo) a nejnižší spotřebou vody v rámci jednotlivých kultivarů (stav po ukončení pokusu 13.10.2019)

A



B



C



D



E



Závěr

Přestože v provedeném pokusu byla měření prováděna pouze na pěti kultivarech, byť pečlivě vybraných tak, aby typologicky postihly co největší počet pěstovaných okrasných rostlin, nelze mít předložené závěry za kompletní a určitě by bylo záhodno v těchto měřeních pokračovat i v dalších letech. Dosažené výsledky upřesňují množství potřebné vody spotřebovávané jednotlivými kultivary během vegetačního období. Údaje o vláhové potřebě v mililitrech a zároveň i v milimetrech jsou potřebné z toho důvodu, že při závlaze větších kontejnerů kapkovacími jehlami je u nich udáván průtok v litrech za hodinu, avšak při závlaze postřikem se množství dopadlé vody udává v milimetrech. Z předložených Obr. 2 – 4 vyplývá, že kultivary nižšího vzrůstu A, B a D spotřebují v průměrných letních dnech s ETp kolem 3 mm přibližně 60 ml vody na kontejner, ve výsušnějších dnech s ETp 5 mm tato spotřeba vzrůstá až na 100 ml, naopak při ETp 1 mm klesá na 20 ml. Rostliny vyššího vzrůstu (C a E) mají vyšší spotřebu, při ETp 3 mm je to 100 – 150 ml, při ETp 5 mm tato spotřeba vzrůstá na 150 – 220 ml za den. S těmito hodnotami je nutno počítat při závlaze např. kapkovacími jehlami. U kultivarů A, B a D, výrazněji nepřerůstajících okraje kontejneru, je možno velikost případné závlahy postřikem stanovit na základě hodnot ETp a Kc. Jak vyplývá z předložených výsledků, v těchto případech je

hodnota K_c po dobu vegetace blízká jedné. U větších rostlin, přesahujících okraj kontejnerů (C a E), jsou uvedené hodnoty K_c zřejmě poplatné jejich velikosti a při použití kontejnerů jiného objemu mohou být tyto poněkud jiné. V těchto případech bude zřejmě přesnější přepočítat nejprve uvedené hodnoty v mililitrech na milimetry podle plochy použitého kontejneru a tuto hodnotu dodat závlahou postřikem.

Pokusy ukázaly, že po zvlhčení povrchu závlahou postřikem dochází k výraznému zvýšení vláhové potřeby během následujícího období z důvodu vyšší evaporace, proto kvůli úspoře vody je výhodnější zavlažovat méně často většími dávkami, větší kontejnery je úspornější zavlažovat kapkovacími jehlami s přesně nastavenými závlahovými dávkami podle zde prezentovaných grafů.

Literatura:

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1999. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome.
- Doorenhos, J. and W.O. Pruitt. 1975. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irr. Drainage Paper 24.
- Incrocci, L., Incrocci, G., di Vita, A., Pardossi, A., Bibbiani, C., Marzietti, P. and Balendonck, J. (2014). SCHEDULING IRRIGATION IN HETEROGENEOUS CONTAINER NURSERY CROPS. Acta Hortic. 1034, 193-200, DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1034.23
- Schuch, K.U. and D. Burger. 1997. Water use and crop coefficients of woody ornamentals in containers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:727–734.
- Treder J, Treder W, Klamkowski K (2017) Determination of irrigation requirements and crop coefficients using weighing lysimeters in perennial plants. Infrastruct Ecol Rural Areas III(2):1213–1228

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství. Problematika byla řešena v rámci Funkčního úkolu „Expertní činnost v sektoru okrasného školkařství - ověření a stanovení metodiky závlahových dávek vody při produkci dřevin v kontejnerech na základě experimentálního zjištění“ (Smlouva o dílo č. 232-2019-18145, čj. 18569/2019-MZE-18145). Odpovědným zhotovitelem funkčního úkolu byl Svaz školkařů České republiky, z.s., Olomouc.

Abstract

A correctly designed irrigation detail in ornamental container nursery along with an optimum regime of irrigation leads to saving water without impact on the quality of the cultivated plants. In the past periods, water used to be relatively cheap and there was no need to control its consumption for irrigation, but currently the cost of water increases and dry periods are becoming commonplace. In this situation, growers are often forced to make a decision about using the available water wisely and economically, especially in larger nursery facilities. A key information in the process of irrigation management is knowing the volume of water that the individual cultivars will need during their growth stages under the given conditions of climate.

This research project focuses on determining the water needs of individual cultivars of ornamental plants depending on their growth stages and climatic conditions. In our literature there are practically no texts dealing with the consumption of water per individual cultivars grown in containers and irrigated by some of the modern micro-irrigation methods (micro-sprinklers, drip spikes). This forces the growers to rely mostly on their intuition and water rather more than less, which leads to wasting of water and at the same time to leaching of nutrients, especially nitrates, into the subsoil and often even deeper.

Five plant species and cultivars of different types were selected for the purpose of this research. The respective types were selected upon the volume of water they require during the growing season. The plants included *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis* 'Arnold', *Rosa* hybr. 'Fairy Red', *Vinca minor* 'Atropurpurea', and *Caryopteris x clandonensis* 'Worcester Gold'. An alternative without plants – containers filled with just substrate – was used for comparison. All the plants were planted in RKS II substrate - a standard type of peat-bark cultivation medium. Ten plants of each cultivar in 2-litre containers were included under the experiment; the top

surface of each of the containers was 206 cm². The experiment took place between 29 July 2019 and 7 October 2019 so it covered periods with higher and lower demands for water. A total of 41 measurements were taken in the morning hours: each of the containers was weighed and its current weight (in grams) was subtracted from the value recorded on the previous day. Days with precipitation were not included in the measurements. The consumption of water by the individual cultivars depends on various factors including the drying effect of the atmosphere, which is expressed as potential evapotranspiration (ETp). Meteorological data – temperature, air humidity, global radiation and wind speed – obtained from a nearby MeteoUNI station (AMET Velké Bílovice) was used to calculate the potential evapotranspiration (ETp) value by Penman. It turned out that the correlation between the water need and potential evapotranspiration is relatively linear and depending on the cultivars it explains 51 – 71 % of variability between the individual measurements. The remaining part are affected by other factors.

Upon the knowledge of the water loss in individual containers, their area and potential evapotranspiration values the dimensionless “crop coefficients” Kc were calculated as a relation between the current and potential evapotranspiration.

The achieved results specify the volume of water consumed by the individual cultivars during the vegetation period. The water demand data in millilitres and at the same time in millimetres is needed due to the fact that for watering of larger containers by drip arrows the systems are rated in litres per hour, but for spray irrigation the quantity of water hitting the surface is provided in millimetres.

It was found that on average summer days with ETp around 3 mm, cultivars of shorter height consume approximately 60 ml of water per container, on drier days with ETp 5 mm this need increases to 100 ml, on the other hand with ETp 1 mm it drops to 20 ml. Taller plants consume more water, with ETp 3 mm it is 100 – 150 ml, with ETp 5 mm this consumption increases to 150 – 220 ml per day. These values must be taken into account for planning of irrigation e.g. by means of drip arrows. In cultivars not significantly exceeding the edges of the containers the volume of the potential spray irrigation can be determined upon the ETp and Kc values. As the presented results show, in these situations the Kc value during vegetation is close to one. In taller plants, which exceed the edges of the containers, the presented Kc values probably conform to their size and might be different if containers of other volume were used.

The experiments showed that after moistening the surface by spray irrigation there is a significant increase in the water need during the forthcoming period due to higher evaporation, therefore it is more convenient to irrigate less frequently with higher doses of water; for larger containers it is more convenient to irrigate by drip arrows with accurately set doses upon the graphs presented here.

Keywords: irrigation, mulching, water consumption, container production

Kontakt:

RNDr. Tomáš Litschmann, Ph.D.

AMET Velké Bílovice

Žižkovská 1230, 691 02 Velké Bílovice

amet@email.cz