

OVLIVŇOVÁNÍ MIKROKLIMATU V UZAVŘENÝCH PROSTORÁCH ZÁVLAHOVÝMI PROSTŘEDKY

Tomáš Litschmann
Eva Klementová

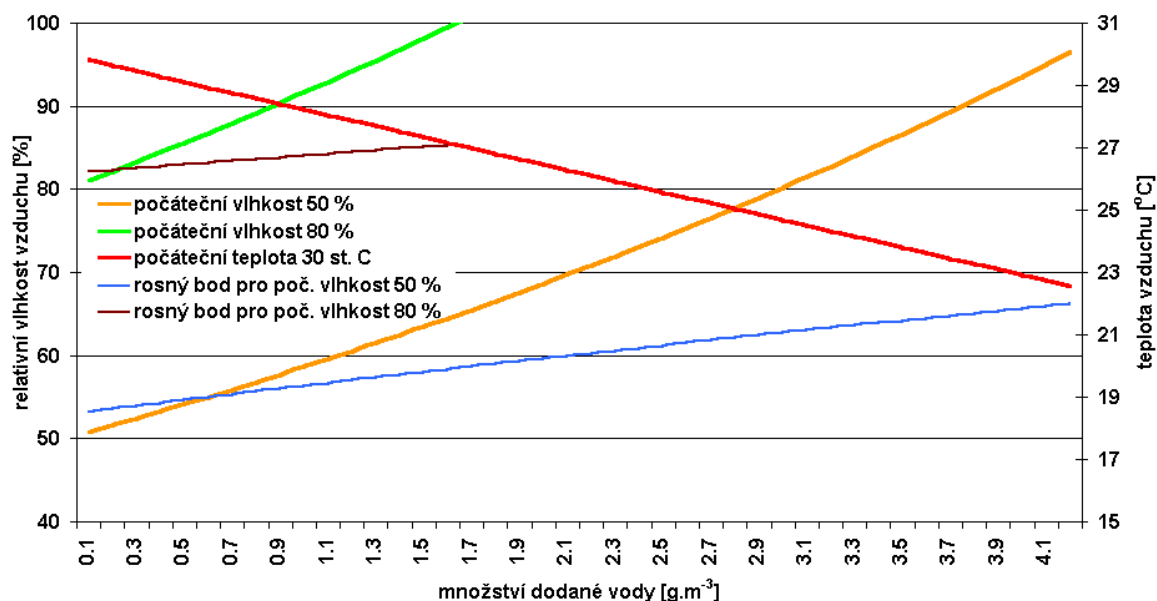
Úprava mikroklimatu na požadované teplotní anebo vlhkostní parametry je poměrně častým požadavkem jak při pěstování rostlin ve sklenících, tak i v dalších prostorách, v nichž jsou ustájena hospodářská zvířata (kravíny, odchovny kuřat) apod., popřípadě při umělém pěstování hub. Jednou z možností, jak provádět tyto úpravy, je použití závlahového detailu, poskytujícího co nejjemnější kapičky při současné malé spotřebě vody. Tato zařízení jsou v praxi často používána, rozlišují se dva typy rozprašovačích trysek, „mlžící“, poskytující kapičky o velikosti řádově mikronů, které se vznášejí a odpařují do vzduchu, přičemž jen velmi malá část dosahuje na vodorovný povrch, a trysky „mžící“, při jejichž činnosti vznikají kapičky řádově desítek mikronů a jejichž část se usazuje na vodorovném povrchu. Cílem tohoto příspěvku je provést nástin teoreticky možných výsledků a porovnat se skutečnými výsledky dosahovanými v provozní praxi.

Teoretický rozbor

Pokud dojde v daném vzduchovém objemu, který není vodními parami zcela nasycen, k odpaření určitého množství vody, dojde zároveň ke spotřebě latentní energie, potřebné na výpar. Množství této energie nám určuje tzv. výparné teplo vody, které

činí 2257 kJ.kg^{-1} . Pokud uvažujeme, že měrné teplo vzduchu je $1,005 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{deg}^{-1}$, jeho hustota $1,2759 \text{ kg.m}^{-3}$, dojde při dodání 1g vody do objemu vzduchu 1 m^3 k ochlazení přibližně o $1,8 \text{ }^\circ\text{C}$. V závislosti na počáteční hodnotě se vlhkost vzduchu zvedne o cca 10 %, při nižších výchozích hodnotách méně, při vyšších více.

Závislost teploty a vlhkosti vzduchu na dodaném množství vody do objemu 1 m^3



Obr. 1

Výchozí vlhkostní podmínky daného objemu vzduchu můžeme charakterizovat maximálním tlakem vodní páry E , stanoveného z výrazu

$$E = 6,1112 \cdot e^{((17,27t)/(237,3+t))} \quad [\text{hPa}]$$

kde t – teplota vzduchu

a množstvím vodní páry (absolutní vlhkost) a

$$a = (216,7e)/(237,16 + t) \quad [\text{g} \cdot \text{m}^{-3}]$$

kde e – aktuální tlak vodní páry. Ten můžeme většinou stanovit na základě známé relativní vlhkosti R [%] ze vztahu

$$e = (ER/100) \quad [\text{hPa}]$$

Po dodání určitého množství vody dojde ke snížení teploty t na hodnotu t_1 , absolutní vlhkost se zvýší o množství dodané vody m na hodnotu a_1

$$a_1 = a + m \quad [\text{g} \cdot \text{m}^{-3}]$$

maximální tlak páry se sníží na hodnotu E_1

$$E_1 = 6,1112 \cdot e^{((17,27t_1)/(237,3+t_1))} \quad [\text{hPa}]$$

Relativní vlhkost vzduchu pak dosáhne hodnoty R_1

$$R_1 = A_1/a_1$$

přičemž

$$A_1 = (216,7 E_1)/(237,16 + t_1) \quad [\text{g} \cdot \text{m}^{-3}]$$

Postupnou aproximací lze tímto postupem stanovit vztah mezi množstvím průběžně dodávané vody a teplotou a vlhkostí daného objemu vzduchu v závislosti na výchozích podmínkách. Na obr. 1 jsou vyneseny výsledky výpočtů pro počáteční stav $t = 30$ °C a $R = 50$ %, při druhé simulaci byl výchozí stav $t = 30$ °C a $R = 80$ %. Při sušším vzduchu snížení teploty může dosáhnout až 8 °C, při vlhčím jsou to pouze 3

°C. S tím je nutno počítat při provozu závlahového detailu a stanovit priority, zda-li je cílem snížení teploty anebo zvýšení vlhkosti. Vysoká vlhkost ve sklenících má za následek častější infekce houbových chorob, naopak nízká vlhkost vede ke zvýšené transpiraci rostlin, kterou nemusí kořenový systém uspokojovat a dochází k vodnímu stresu rostlin.

Výše uvedené vztahy platí za předpokladu, že dojde k úplnému anebo alespoň částečnému odpaření vody emitované postřikovači. Kromě teploty a vlhkosti okolního vzduchu má na tento proces vliv i teplota závlahové vody, poněvadž jak uvádí Podzimek, změna hmotnosti kapičky m v čase t se dá vyjádřit vztahem

$$dm/dt = 4\pi D r (q - q_r)$$

kde D – koeficient difúze vodní páry

r – poloměr kapky

q – koncentrace vodní páry v okolním prostředí

q_r – koncentrace vodní páry nad povrchem kapky.

Pokud vyjdeme z předpokladu, že koncentrace vodní páry nad povrchem kapičky se blíží stavu nasycení, při poklesu teploty emitované vody pod teplotu rosného bodu již nebude docházet k jejímu výparu, nýbrž k obrácenému pochodu, tj. k zvětšování kapičky a uvolňování latentního tepla.

Teplotu rosného bodu T_d lze stanovit ze vztahu:

$$T_d = (237,3 \cdot \ln(e) - 429,54308)/(19,08 - \ln(e))$$

Na obr. 1 jsou též vyneseny i hodnoty rosného bodu pro oba dva počáteční stavy, je zřejmé, že při poč. vlhkosti 80 % je rosný bod jen o cca 3 °C níže než teplota vzduchu, při vlhkosti 50 % dosahuje rozdíl až 12 °C, přesto je hodnota 18 °C dosti vysoká v případě, že se použije k závlaze studniční voda anebo voda z veřejného vodovodu bez toho, aniž by měla možnost se před

výstupem z trysky přehřát na teplotu okolí.

Tomu je možno částečně zabránit některými opatřeními, jako jsou:

- instalace postřikovačů emitující co nejmenší kapičky vody, aby se snížila jejich pádová rychlost a současně zkrátila doba, potřebná k jejich odpaření, která má parabolickou závislost udávající, že kapička s polovičním poloměrem potřebuje k odpaření čtvrtinu původní doby
- umístěním postřikovačů tak, aby dráha kapiček byla co nejdelší a mohlo se odpařit co největší množství obsahu kapičky
- dimenzováním přírodního potrubí tak, aby voda v něm obsažená se ohřála na teplotu okolí během doby mezi dvěma postřikovacími cykly a množství vody obsažené v tomto potrubí bylo dostatečné k provedení jednoho postřikovacího cyklu.

Praktická aplikace

Ve skleníku ZF MZLU v Lednici na Moravě byl nainstalován firmou NETAFIM CZECH s.r.o. mžící systém, sloužící jak k úpravě mikroklimatu, tak i k závlaze, skládající se z osmi linek osazenými po dvaceti čtveřicích trysek typu FOGR s vydatností $4 \times 7 \text{ l.hod}^{-1}$ (viz foto 1).

Řízení provozu trysek je prováděno časovači od firmy AMET, umožňující v pravidelných intervalech otevírat na určitou dobu elektromagnetický ventil (viz foto 2). Teplota a vlhkost vzduchu jsou snímány ventilovanými senzory od firmy VOLMATIC (foto 3) a v minutových intervalech ukládány v řídicím počítači. Vyhodnocením těchto záznamů lze získat poměrně dobrou představu o činnosti celého systému a o možnostech jeho dalšího zlepšení.



Foto 1



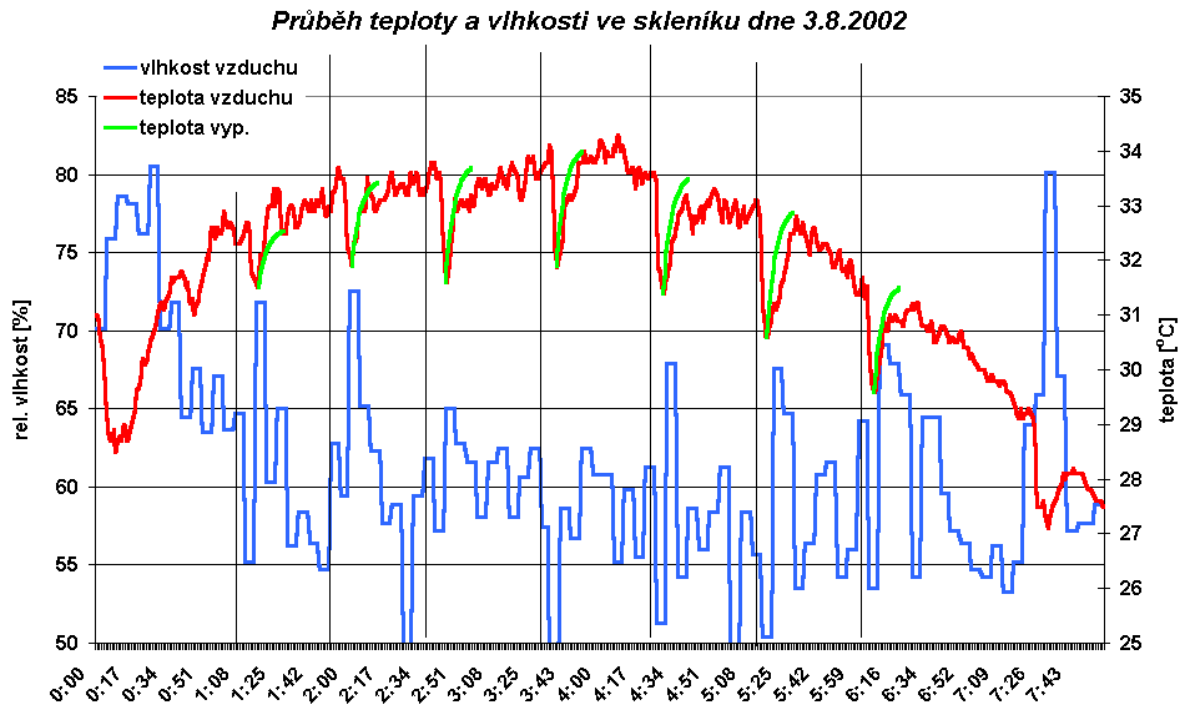
Foto 2



Foto 3

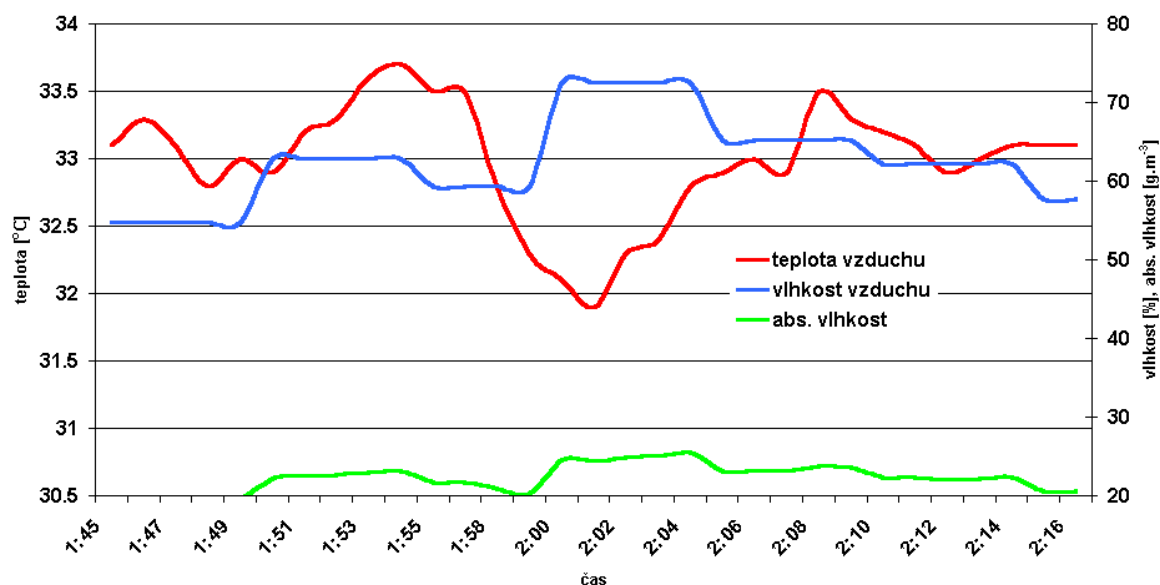
Na obr. 2 je ukázka průběhu teploty a vlhkosti vzduchu v tomto skleníku během dne 3.8.2002 v odpoledních hodinách. Závlažné zařízení je spouštěno v pravidelných 45-ti minutových intervalech po dobu 10 sec. Bylo dosaženo snížení teploty vzduchu o 1,5 až 2 °C, vlhkost vzduchu se zvýšila ve většině případů o 8 – 15 %. Jak však z obrázku vyplývá, k návratu na původní hodnoty došlo poměrně brzy, přibližně po 10 – 15-ti minutách. V tomto případě by se dalo častějším spouštěním závlahy docílit jak zvýšení vlhkosti vzduchu, tak i snížení teploty ve skleníkové lodi. Optimální interval mezi dvěma závla-

hami by byl 10 – 15 minut s tím, že při dosažení určité vlhkosti by došlo k přerušení činnosti závlahy. Na obr. 3 je podrobné znázornění průběhu teploty a vlhkosti před a po jednom rosícím cyklu v daném dni. Teplota vzduchu z hodnoty 33,5 °C klesla na 31,9 °C, vlhkost vystoupila z 60 na 72 %, což je o 4 % více než vychází podle teoretického výpočtu, pravděpodobnou příčinou této skutečnosti může být rozdílná setrvačnost a přesnost použitých snímačů.



Obr. 2

Průběh teploty a vlhkosti vzduchu během jednoho rosícího cyklu dne
3.8.2002



Obr. 3

Závěr

V předloženém příspěvku jsme se snažili teoretickým rozбором stanovit možnosti ovlivňování teploty a vlhkosti vzduchu ve sklenících a případně dalších uzavřených prostorách rozstřikováním drobných kapiček vody. Se zvyšujícím se stavem nasycení vzduchu vodními parami současně klesá i velikost možné změny teploty vzduchu pohl-

cením tepla při vypařování vodních kapiček. Interval rosení je nutno upravit v závislosti na intenzitě ventilace tak, aby bylo dosaženo potřebné změny jak v teplotě, tak i (nebo) ve vlhkosti vzduchu. Vhodnou automatizací se dá dosáhnout toho, že rosení je spouštěno tehdy, když je dosažena požadovaná hranice teploty, avšak vzduch ještě není vodními parami zcela nasycen.

Literatura:

- Baille, A.: Overview of greenhouse climate control in the mediterranean regions. Cahiers options Méditerranéennes, vol. 31, s. 59-69
- Ghosal, M.K., Tiwari G.N., Srivastava, N.S.L.: Modeling and experimental validation of a greenhouse with evaporative cooling by moving water film over external shade cloth. Energy and buildings, Elsevier, 2003, s. 1-8
- Podzimek, J.: Fysika oblaků a srážek. ČSAV Praha, 1959, 447 s.
- Zhang, Y., Mahrer, Y., Margolin, M.: Predicting the microclimate inside a greenhouse: an application of one-dimensional numerical model in an unheated greenhouse. Agricultural and forest meteorology 86, Elsevier, 1997, s. 291-297