



RNDr. Tomáš Litschmann

Teplota rostlinných částí v nočních hodinách

Výskyty pozdních jarních mrazíků v posledních letech výrazně zvýšily zájem pěstitelů o tuto problematiku a zejména pak o možnosti ochrany proti jejím následkům na rostlinách. S tím úzce souvisí i problematika správného stanovení jejich teploty. Rozvoj nových měřicích metod v posledních desetiletích umožňuje poměrně přesně stanovit teploty jednotlivých částí povrchu rostlin, přičemž tato měření ukazují, že ne vždy teplota povrchu koresponduje s teplotou vzduchu.

Na úvod nejprve trochu teorie. Povrch rostlin, ať již jde o květy, listy anebo plody, je vystaven nejen působení teploty vzduchu, ale současně i dalším energetickým tokům, jež v závislosti na jejich velikosti v dané chvíli určují výslednou povrchovou teplotu. Názorně jsou tyto jednotlivé energetické toky zachyceny na obr. 1 a zde je vysvětlení jednotlivých energetických toků:

A – příjem tepla ve formě dlouhodobného záření z povrchu půdy. Každé těleso, jehož teplota je vyšší než absolutní nula, ztrácí energii ve formě záření. Při teplotách obvyklých na Zemi je to především záření dlouhodobné. Zde platí, že čím je teplota vyšší, tím větší množství energie je vyzařeno do okolního prostoru. Proto dlouhodobné záření povrchu půdy přispívá ke zvýšení teploty rostlinných částí nad ním. Pokud na tomto povrchu neleží izolační vrstva ve formě mulče anebo vysokého travního porostu, získává povrch půdy teplo z hlubších vrstev a i vyzařovaná energie je tudíž vyšší.

B – příjem tepla dlouhodobným vyzařováním oblaků a atmosféry. I vzduch, a zejména pak oblaky v něm, vyzařují tepelnou energii, která je absorbována povrchem rostlin a přispívá ke zvýšení jejich teploty.

C – jelikož i povrch rostlin má teplotu nad absolutní nulou, vyzařuje energii do prostoru, a tím se ochlazuje. V tomto případě vyzařuje smě-

rem k povrchu půdy, obrácená strana pak zase k obloze (**D**).

E – turbulentní výměna tepla mezi okolním vzduchem a rostlinou. Pokud je okolní vzduch teplejší, přináší v závislosti na rychlosti jeho proudění teplo povrchu rostlin a naopak. Za bezvětří je pak tato výměna omezena a převládají ostatní vlivy.

F – změna skupenského tepla vody na povrchu rostlin. Je známo, že při kondenzaci vody se teplo uvolňuje a naopak při jejím výparu se teplo spotřebovává. Pokud dojde k vytvoření rosy na povrchu rostlin, část tepla se získá, avšak při jejím následném odpařování se zase stejné

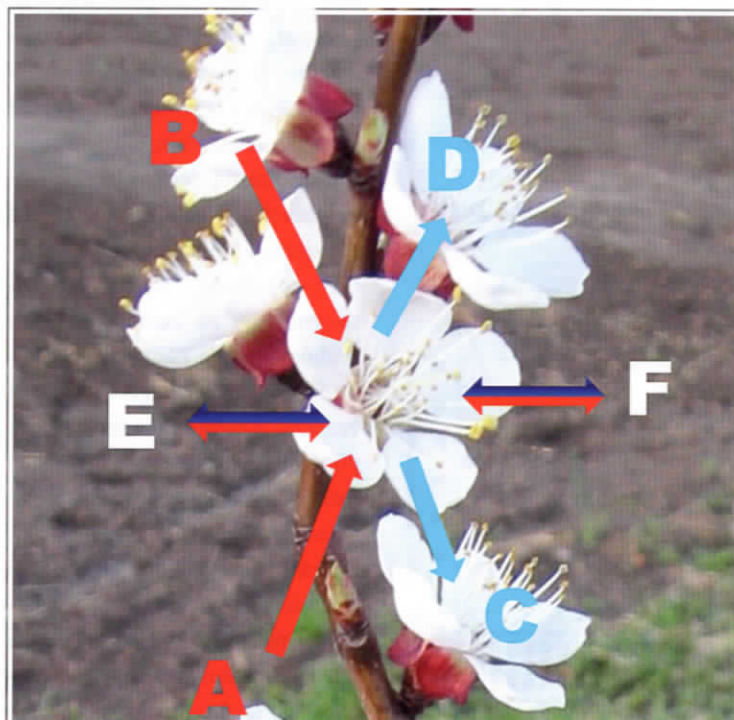
množství energie ztrácí. Tento fyzikální jev je zapotřebí brát v úvahu při provádění nejrůznějších protimrazových opatření spojených s rozstříkáváním vody do porostu. V minulosti někteří sadaři činili pokusy s postřikem sadu v období jarních mrazíků čistou vodou běžnými postřikovači, avšak takto „ošetřené“ porosty byly poškozeny více než porosty neošetřené. Dokazuje to, že fyzikální zákony skutečně platí. Vodou postříkané rostliny ztrácely více tepla na její výpar, a tudíž jejich teplota musela být nižší. K obdobnému efektu může dojít při aplikaci protimrazové závlahy, pokud je ukonče-

na předčasně a části rostlin jsou ochlazovány odpařující se vodou.

Vlastní měření

Z úvodního přehledu je zřejmé, že teplota povrchu jednotlivých rostlinných částí je výslednicí mnoha tepelných toků, takže je velmi pravděpodobné, že budou určité rozdíly mezi nimi a teplotou okolního vzduchu. Jelikož je v literatuře poměrně málo informací o tom, jakých hodnot mohou tyto rozdíly nabývat, popřípadě jak přesněji stanovit teplotu povrchu rostlinných částí, rozhodli jsme se provést vlastní měření na dostupném materiálu.

V průběhu jarního období 2018 jsme postupně měřili povrchovou teplotu květů (jablůň, hrušeň), rašících listů révy vinné a nakonec plůdku hrušně. Ke kontinuálnímu měření v desetiminutových intervalech byl použit infračervený teploměr namířený na příslušnou část rostliny. Současně s tím byla v těsné blízkosti měřena i teplota a vlhkost vzduchu ve stínítku, „vlhká teplota“ a teplota teploměru pokrytého bavlněnou punčoškou, která nebyla navlhčena vodou. Abychom se ještě více přiblížili podmínkám rostlinných částí, nebyly snímače „vlhkého teploměru“ a „teploměru s punčoškou“ umístěny ve stínítku, ale volně vystaveny i ostatním radičním tokům. Pod označením „vlhká teplota“ se rozumí teplota vlhkého teploměru, což je teploměr, jehož snímač je obalen



Obr. 1 – Schéma základních energetických toků ovlivňujících teplotu květu

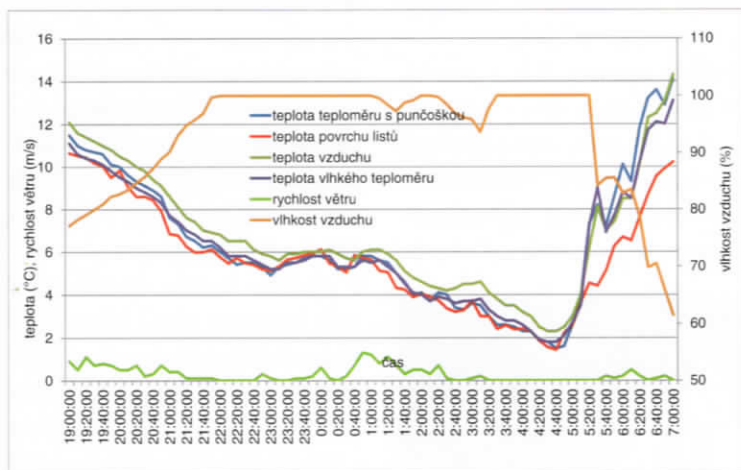
punčoškou ponořenou do destilované vody. Vypařující se voda ochlazuje teploměr a ten proto ukazuje nižší teplotu, než je teplota okolního vzduchu. V meteorologii se používá společně s normálním teploměrem („suchým“) k výpočtu relativní vlhkosti vzduchu apod. Čím je vlhkost vzduchu nižší, tím více se voda odpařuje a rozdíl obou teplot je větší. Současně s tím se odnímá i více tepla odpařujícímu se povrchu. Pokud je vzduch vodními parami nasycen, teploty „suchého“ a „vlhkého“ teploměru si jsou rovny. Za předpokladu, že by byl povrch rostliny pokryt vrstvičkou vody, ať již z rosy anebo deště, jeho teplota by se teoreticky mohla blížít „vlhké teplotě“. Ale je tomu skutečně tak?

Jak je to v noci

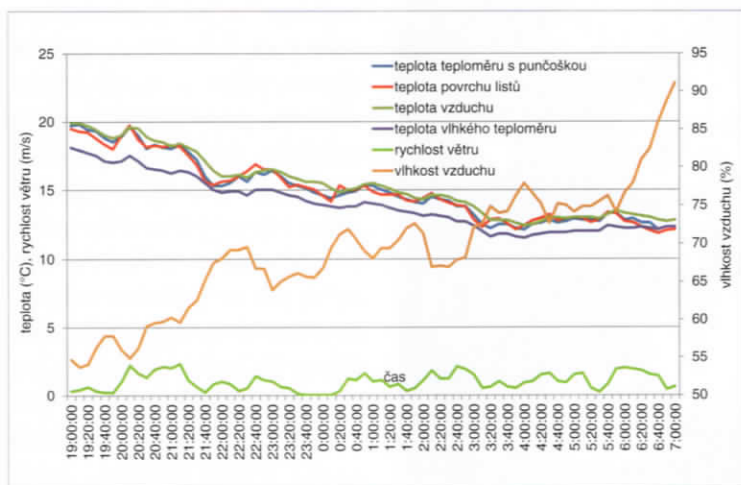
Lze předpokládat, že povrch rostlin není pokryt vrstvičkou vody po ce-

lou noc, ale maximálně při dešti anebo až se vyskytne rosa, tj. když se povrch rostlin ochladí pod hodnotu rosného bodu. Na grafu 1 je zachycen průběh teplot v jedné z nechladnějších nocí letošního pozdního jara. Došlo k utišení větru a během krátké doby po západu Slunce se vzduch nasýtil vodními parami. Proto se teplota povrchu listů blížila po celou noc teplotám udávaným jak vlhkým teploměrem, tak i teploměrem s punčoškou. Teplota vzduchu byla po celou dobu o více než půl stupně vyšší, v okamžiku dosažení minima rozdíl dosáhl velikosti 0,9 °C.

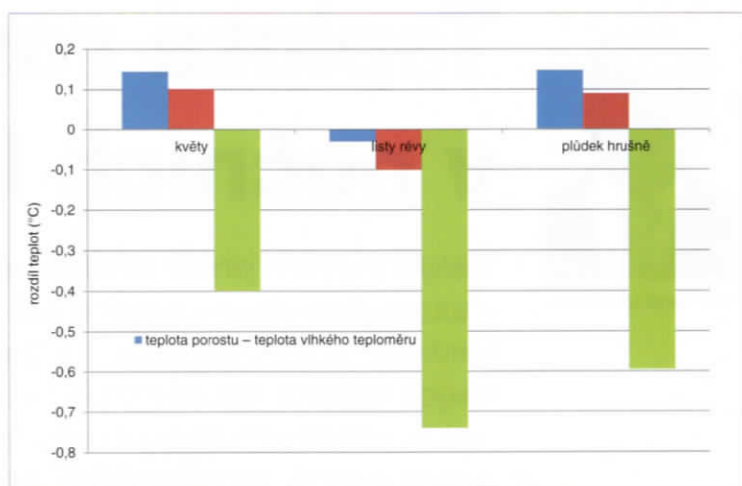
Poněkud jiná situace nastala o den dříve, kdy byla nižší vlhkost vzduchu a nedošlo ke kondenzaci vody na listech révy. Teplota vlhkého teploměru byla téměř po celou noc nižší než teplota povrchu listů. Lze však pozorovat opět dobrou shodu s prů-



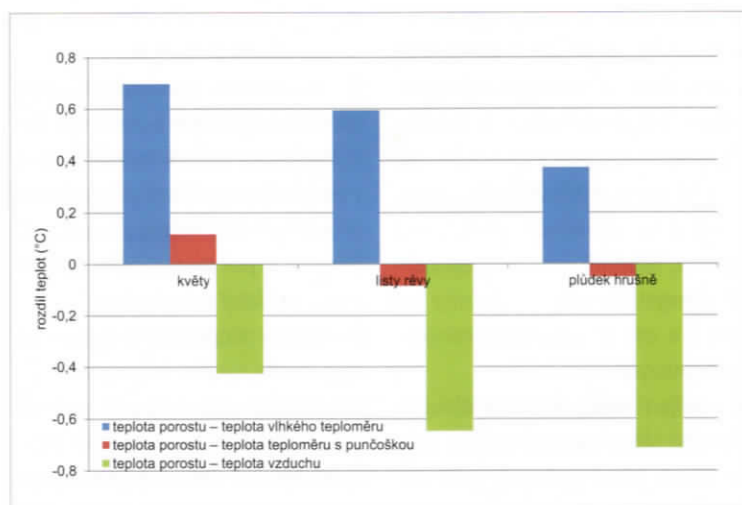
Graf 1 – Průběh teplot vzduchu a povrchu rašících listů révy ve dnech 26. – 27. 4. 2018



Graf 2 – Průběh teplot vzduchu a povrchu rašících listů révy ve dnech 25. – 26. 4. 2018



Graf 3 – Průměrné rozdíly minimálních teplot



Graf 4 – Průměrné rozdíly teplot v nočních hodinách

během hodnot udávaných teploměrem s punčoškou. Za pozornost ještě stojí porovnat průběh teplot povrchu listů v ranních hodinách po východu Slunce, kdy v prvním případě po výrazném poklesu vlhkosti vzduchu byl vzestup teploty povrchu listů pozvolnější než teplota měřená zbývajícími teploměry. Je to způsobeno spotřebou tepla na výpar vysrážené rosy na povrchu listů. Ve druhém případě naopak po východu Slunce došlo ke zvýšení vlhkosti vzduchu, a tudíž i k omezení výparu případné vysrážené vody a veškeré naměřené teploty měly velmi podobné hodnoty. Jelikož pro výsledné poškození pozdními jarními mrazíky je rozhodující minimální dosažená teplota povrchu rostlin, jsou na grafu 3 vyneseny průměrné rozdíly v minimálních teplotách mezi teplotou povr-

chu jednotlivých rostlinných částí a teplotami naměřených jednotlivými teploměry. Ve všech případech byla teplota vzduchu měřená zastíněným teploměrem vždy vyšší než skutečná teplota povrchu rostlin, a to o 0,4 až 0,7 °C. Výrazně menší rozdíly byly mezi hodnotami udávanými vlhkým teploměrem a teplotou povrchu rostlin. V tomto případě se pohybovaly rozdíly většinou v rozmezí jedné desetiny stupně. Je to dáno tím, že minimálních teplot je většinou dosahováno v období, kdy jsou v důsledku poklesu teploty i poměrně vysoké relativní vlhkosti vzduchu a vlhký teploměr není příliš ochlazován vypařující se vodou, popřípadě došlo již k vysrážení vody i na teploměru s punčoškou a rostlině, takže procesy ovlivňující jejich tepelnou bilanci jsou přibližně to-

tožné. Co však platí v případě minimálních teplot, nemusí platit po celou noc.

Názorně to dokazuje graf 4, z nějž vyplývá, že po většinu noci vlhký teploměr udává teplotu nižší, než je skutečná teplota povrchu zkoumaných rostlinných částí, naopak klasický teploměr ve stínítku udává teplotu vyšší, podobně jako v případě minimálních teplot. V praxi to znamená, že pokud na začátku noci bude teplota doporučeného vlhkého teploměru pod kritickou hodnotou, ještě to automaticky neznamená, že i příslušné rostlinné části jsou pod touto hranicí. Daleko lepších výsledků shody je možno dosáhnout s měřením provedeným teploměrem obaleným punčoškou, ale bez umělého ovlhčování.

Závěry měření

A jaké vyplývají závěry z provedených měření? Ukazuje se, že teplota povrchu rostlinných pletiv je během noci vždy nižší než teplota udávaná klasickým teploměrem, tj. umístěným ve stínítku, které jej částečně chrání před vlivy dlouhovlnného záření z povrchu země a atmosféry.



Obr. 3 – Měření povrchové teploty plůdku hrušně

Pokud ke stanovení teploty povrchu rostlin použijeme vlhký teploměr, avšak ne ve stínítku, ale volně vystavený radičním tokům, jimž je vystaven i povrch rostlin, zaznamáme poměrně dobrou shodu v případě nejnižších teplot. Většinou však v předcházejícím období

před dosažením minima ukazuje vlhký teploměr nižší hodnoty, než jsou reálně naměřené na povrchu jednotlivých rostlinných částí. Ke správnému stanovení teploty porostu, a tím i k optimálnímu řízení protimrazových opatření je proto vhodné použít měření nezastíně-

ným teploměrem opatřeným bavlněnou punčoškou (možná, že by to šlo i bez ní, takhle se alespoň zvyšuje absorpční kapacita v případě výskytu rosy anebo srážek). Důležitá je rovněž i správná výška umístění takto upraveného teploměru, měla by odpovídat přibližně výšce, v níž se nalézají největší část ohrožených částí rostlin (květy anebo plůdky u ovocných stromů, rašící listy u révy), neboť zejména za klidných a jasných nocí, během nichž většinou dochází k poškození, bývají vertikální gradienty teplot poměrně značné a strmě se mění směrem k zemskému povrchu.

Jaro roku 2018 se naštěstí obešlo bez pozdních mrazíků, po zkušenostech z posledních let však pro ovocnáře a vinohradníky určitě nebude na škodu, když budou na tuto eventualitu připraveni jak aplikační technikou, tak i možnostmi stanovení skutečné teploty povrchu rostlin a následně pak i optimálním provozem protimrazových opatření.



Obr. 2 – Měření teploty květů hrušně infračerveným teploměrem

Text a foto
RNDr. Tomáš Litschmann,
Amet, Velké Bílovice