

SLEDOVÁNÍ METEOROLOGICKÝCH FAKTORŮ V ROSTLINNÉ VÝROBĚ

RNDr. Tomáš Litschmann, Ph.D.; Ing. Petr Doležal, Ph.D.;
Ing. Ervín Hausvater, CSc.

2014

AMET, VELKÉ BÍLOVICE
VÝZKUMNÝ ÚSTAV BRAMBORÁŘSKÝ HAVLÍČKŮV BROD, s.r.o.
PORADENSKÝ SVAZ „BRAMBORÁŘSKÝ KROUŽEK“

Sledování meteorologických faktorů v rostlinné výrobě

RNDr. Tomáš LITSCHMANN, Ph.D¹, Ing. Petr DOLEŽAL, Ph.D²,

Ing. Ervín HAUSVATER, CSc.²

¹AMET, Velké Bílovice; ²Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.

ÚVOD

Zemědělství patří k těm oborům lidské činnosti, které jsou do značné míry závislé na průběhu povětrnosti prakticky během celého roku. Probíhající změny klimatu vnášejí další značný prvek neurčitosti a variability do systému půda – rostlina – atmosféra. Počasí se stává více proměnlivější, častěji se vyskytují povětrnostní extrémny, které mohou být výraznější. Zvyšuje se průměrná teplota vzduchu a prodlužuje se vegetační období. Vzrůstá nerovnoměrnost rozdělení srážek. Dochází tak k paradoxnímu jevu, že i když se jejich množství nesnižuje, zvyšuje se závažnost sucha. Veškeré tyto změny se promítají do změn podmínek pro pěstování plodin a vývoje jejich škodlivých činitelů. Monitorováním relevantních meteorologických prvků a jejich následným vyhodnocením specializovanými programy je možno včas reagovat na výskyt příhodných podmínek pro rozvoj patogenů, stejně tak jako na zvláštnosti růstu pěstovaných kultur.

Cílem této publikace je ve stručnosti seznámit praktické zemědělce s významem vybraných meteorologických prvků z biometeorologického hlediska a způsobem jejich měření přímo v provozních podmínkách. Obsahuje hlavní zásady pro výběr vhodného stanoviště k instalaci měřících zařízení a jejich obsluhu. Rovněž jsou zdůrazněny kritické aspekty ovlivňující přesnost a reprezentativnost jednotlivých měření a praktická doporučení pro údržbu jednotlivých snímačů. Příručka se věnuje především automatickým způsobům monitoringu meteorologických prvků, protože manuální měření není pro současné využití v zemědělském podniku perspektivní a je proto zmíněno pouze okrajově. S ohledem na rozsah příručky není pozornost věnována všem meteorologickým prvkům, které lze měřit, ale pouze těm, jež jsou využívány jako vstupní údaje pro nejrůznější počítačové modely na signalizaci chorob a škůdců.

MONITOROVÁNÍ POVĚTRNOSTNÍCH PRVKŮ

Rozvoj moderních technologií umožňuje provádět dostupná měření prakticky v každém zemědělském podniku, při větší výměře i na více místech. Jedině tak lze získat relevantní údaje pro konkrétní potřebu. Například od prostého zjištění hodnoty teploty a srážek až po vyhodnocení tlaku chorob a škůdců, nebo stanovení příslušné vývojové fáze plodin, např. optimální stupeň sklizňové zralosti u kukuřice apod. V minulosti se většinou meteorologická pozorování prováděla pouze omezeně a sloužila jen pro okamžitou informaci agronomů, kolik napršelo, popřípadě jak mrzlo. S příchodem automatických systémů měření, záznamu a přenosu dat, se možnosti využití údajů o hodnotách meteorologických prvků podstatně rozšířily a kromě prosté informace o aktuálních hodnotách, popřípadě o minulém vývoji, umožňují další zpracování z hlediska vlivu povětrnosti na vývoj rostlin a jejich chorob. Bezdrátový přenos naměřených údajů pomocí sítě GSM umožňuje jejich vyhodnocení prakticky on-line a rovněž v reálném čase předávat výstupy uživateli.

Z mnohaletých praktických zkušeností s měřením v zemědělských podnicích jednoznačně vyplývá, že i když jsou tato měření automatická, vždy je musí mít na starosti konkrétní pracovník, provádějící pravidelné čištění, údržbu a kontrolu správnosti měření jednotlivých veličin. Obvykle stačí např. po dešti překontrolovat, zda meteostanice zaznamenala srážky a pokud ne, vyčistit srážkoměr a chybějící údaje doplnit, občas vyměnit filtrační papír ve snímači ovlhčení listů apod. Pokud je meteostanice „celopodniková“, nestará se většinou o ni nikdo. Je proto nutné si uvědomit, že **ze špatně změřených údajů nemůže být sestavena správná signalizace** sebelepším počítačovým modelem. V celkovém důsledku to pak může vést k odmítavému postoji k těmto moderním metodám signalizace chorob a škůdců.

VYBĚR MÍSTA PRO UMÍSTĚNÍ METEOROLOGICKÉ STANICE

Umístění stanice by mělo být vždy dáno požadavky na naměřené údaje z hlediska jejich dalšího používání. Pokud jsou měření určena k získávání všeobecně platných makroklimatických charakteristik, je vhodné vybrat pro ni takové místo, které se bude co nejvíce přibližovat zásadám uvedeným např. v *Návodu pro pozorovatele* (Žídek, Lipina, 2003). Pozemek, na němž je stanice umístěna, by měl mít velikost nejméně 20 × 20 m, zatravněný a pravidelně udržovaný povrch, vzdálenost nejbližších budov by měla být větší než je čtyřnásobek jejich výšky. Taková makroklimatická měření jsou vhodná v případě, že je používaná meto-

da signalizace konkrétního škodlivého činitele akceptuje (tzn., že metoda byla vypracována právě s použitím tohoto typu údajů, obhospodařované pozemky nejsou ve velké vzdálenosti a terén není vertikálně příliš členitý). Je zapotřebí se vyvarovat umístění měřicího zařízení v blízkosti budov, popřípadě jiných překážek a na špatně ventilovaných místech (dvory, zákoutí apod.). Rovněž umístění nad umělým povrchem (betonová plocha, asfalt) a nebo v jeho blízkosti je nepřijatelné, ovlivnění měřených veličin je potom příliš velké.

V případě, že signalizace má být zaměřena na konkrétní plodinu, je vhodné měření provádět v těsné blízkosti jejího pěstování. Některé metody signalizace škodlivých činitelů jsou vytvořeny a ověřeny na základě naměřených parametrů porostního mikroklimatu a pokud mají poskytovat věrohodné výsledky, musí i měření probíhat přímo v porostu. To se týká především těch metod, které využívají ovlhčení listů, vzdušné vlhkosti apod. Uvnitř porostu trvalých kultur (sady, vinice) je výrazně ovlivněno proudění vzduchu oproti volnému prostoru a tudíž i délka trvání vyšších vlhkostí vzduchu a doba osychání listů je odlišná. Například při monitorování mikroklimatu porostu brambor je optimální umístění meteostanice tak, jak je zachyceno na **obr. 1**. Na **obr. 2** je umístění stanice v jabloňovém sadu, na **obr. 3** ve vinohradu.

U některých nižších polních plodin a zeleniny je zejména v případě signalizace houbových chorob doporučováno měření příslušných prvků přímo ve výšce porostu anebo těsně nad ním. Pro tyto účely je výhodné použít stanici se dvěma sadami snímačů teploty a vlhkosti vzduchu, popřípadě i ovlhčení listů. Jedna sada se umístí přímo do porostu a druhá do standardní výšky, takže jsou zaznamenávány údaje jak makroklimatického charakteru, tak i porostní mikroklima. Na **obr. 4** je ukázka takové sestavy v porostu cibule, opatřená ochranou klecí proti poškození anebo odcizení.



Obr. 1: Optimální umístění meteostanice pro měření mikroklimatu porostu brambor



Obr. 2: Automatická meteorologická stanice umístěná v sadu v klasické meteorologické budce



Obr. 3: Ukázka lokalizace meteorologické stanice v porostu vinné révy



Obr. 4: Měřicí stanice se dvěma sadami snímačů teploty a vlhkosti vzduchu, vhodná pro signalizaci houbových chorob u některých polních plodin

TEPLOTA VZDUCHU

VELIČINA: v meteorologické i běžné praxi se teploty nejčastěji udávají ve stupních Celsiovy teplotní stupnice (°C)

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM TEPLoty VZDUCHU: teplota vzduchu je jednou ze základních životních podmínek rostlin, neboť podmiňuje a ovlivňuje jejich základní životní funkce, mezi něž patří příjem živin, transpirace, respirace, fotosyntéza apod. Tyto funkce však mohou probíhat pouze v určitém teplotním intervalu, jehož krajní meze, tzv. „kritické teploty“ jsou dány anatomickou stavbou těla rostlin a fyziologickými procesy, které v jejich tělech probíhají. V našich podmínkách je udávána spodní hranice pro asimilaci vyšších rostlin přibližně mezi 0 až 5°C, optimum je v rozmezí 15 až 30°C a maximum, při němž se růst rostlin zastavuje, mezi 35 a 42°C (Špánik a kol. 1997). Proces fotosyntézy u brambor je velmi citlivý na vysoké teploty vzduchu, maximální intenzita fotosyntézy nastává při teplotě 20°C a při zvýšení o 5°C se snižuje přibližně o 25%. S teplotou vzduchu velmi úzce souvisí i vývoj hmyzích škůdců jakožto studenokrevných živočichů. Toho je s úspěchem využíváno celou řadou modelů jejich vývoje, založených na sumaci aktivních anebo efektivních teplot, umožňujících signalizovat dosažení jejich jednotlivých vývojových stádií.

V případě houbových chorob je teplota vzduchu společně v kombinaci s dalšími veličinami, které indikují přítomnost vody především na listech rostlin, rozhodující veličinou pro jejich vývoj a rozmnožování.

MĚŘENÍ TEPLoty VZDUCHU: k měření teploty vzduchu slouží teploměry založené na různých principech a různých konstrukcích. V minulosti se v zemědělské meteorologii používaly převážně kapalinové, popřípadě bimetalové teploměry, a k registraci mechanické termografy. V současnosti se tato zařízení používají pouze v omezené míře k získání informace o okamžité teplotě většinou ve vnitřních prostorách, ale i pro tyto účely jsou dnes vhodné hlavně digitální teploměry. K provoznímu měření se v polních podmínkách využívají z praktických důvodů, již téměř výhradně, elektronické teploměry ve spojení s vhodným registrátorem, ukládajícím si jejich hodnoty do paměti a umožňující jejich přenos do počítače.

Většina sériově vyráběných elektronických teploměrů má již dostatečnou přesnost, je však zapotřebí věnovat značnou pozornost jejich umístění. Při nevhodném umístění nejsou získané údaje o teplotě vzduchu přesné. Na snímač teploty kromě teploty vzduchu působí radiační vlivy okolního prostředí, tak-

že pokud chceme měřit skutečnou teplotu vzduchu, je zapotřebí jej odstínit od krátkovlnného slunečního záření a dlouhovlnného záření atmosféry a oblaků, stejně tak i od dlouhovlnného záření zemského povrchu. K tomu slouží stínítka různé konstrukce, jejichž hlavním účelem je odfiltrování výše uvedených vlivů. Často uváděný údaj teplota na slunci je nesprávný a vypovídá o teplotě čidla zahřátého slunečním zářením, nikoliv o teplotě vzduchu. V minulosti se k makroklimatickým měřením i v zemědělství používaly klasické meteorologické budky, které, kromě zajištění srovnatelných podmínek a odstínění výše uvedených radiačních vlivů, umožňovaly i instalaci samozapisujících přístrojů. Tam, kde jsou stále k dispozici, je i v současné době meteorologická budka dobrou volbou pro umístění teplotního senzoru, popřípadě i jiných snímačů, jak ukazuje **obr. 2**. Je však zapotřebí pečlivě udržovat její bílý nátěr, zejména pokud je vyrobena ze dřeva. S přechodem k elektronickým měřením se používají menší lamelová stínítka plastová anebo kovová, většinou bílé barvy, ale jak ukazuje praxe, ani v nerezových nejsou zaznamenávány výraznější odchylky oproti teplotám měřeným v meteorologické budce.

Pokud je třeba měřit a registrovat pouze teplotu vzduchu, popřípadě společně s jeho vlhkostí, lze využít různé miniaturní registrátory opatřené vhodným stínítkem. Na **obr. 5** je ukázka takového registrátoru, kromě záznamu naměřených hodnot ukazuje jejich hodnotu na displeji. Takto chráněný registrátor po přidání spodního odnímatelného krytu (chránící před dlouhovlnným zářením zemského povrchu) je možno použít jak k monitorování teplotně-vlhkostních podmínek ve vnitřních prostorách (skleníky apod.), tak i přímo v porostu za situací, kdy není vyžadován okamžitý přenos dat a jejich vyhodnocení. Empiricky bylo zjištěno, že za slunečného dne může dosáhnout rozdíl teplot naměřený odstíněným a neodstíněným registrátorem ze spodní strany 2 až 4 °C.

Měření teploty vzduchu se v případě makroklimatických měření provádí v předepsané výšce 2 m nad zemí, avšak u porostních měření je nutno

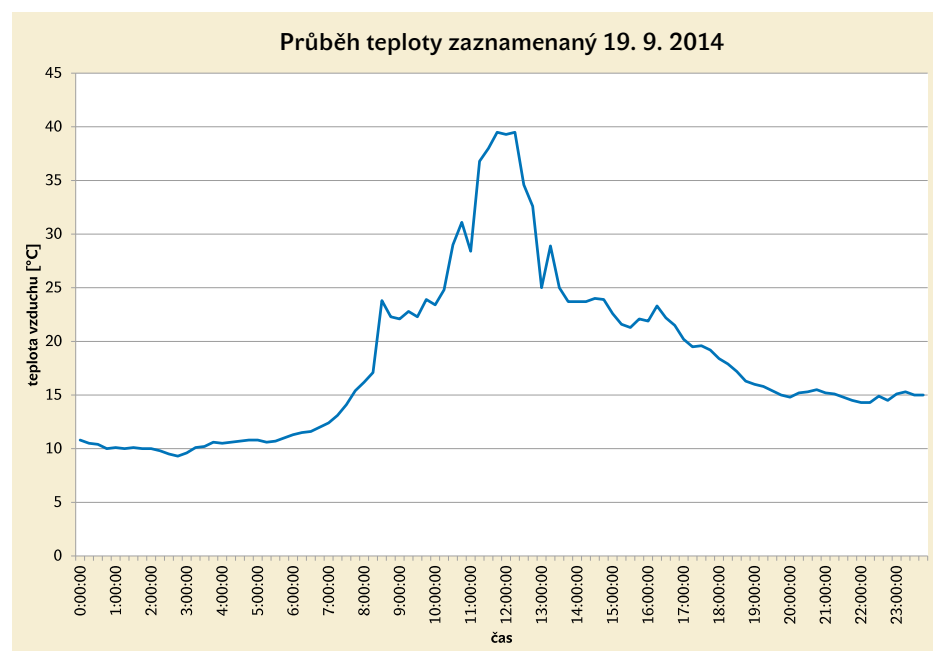


Obr. 5: Malý registrátor teploty a vlhkosti vzduchu v nerezovém stínítku

jejich výšku přizpůsobit zamýšlenému cíli, popřípadě požadavkům aplikace příslušné metody signalizace konkrétního škodlivého činitele. Snímače se pak umísťují přímo do porostu v určité výšce, jako např. 10–30 cm při signalizaci plísňe cibulové nebo skvrnatičky řepné.

PRAKTICKÁ DOPORUČENÍ: stínítka je zapotřebí udržovat čistá a v neporušeném stavu. Změna jejich albeda (tj. odrazivosti na základě změny barvy povrchu) může vést k ovlivnění měřené teploty vzduchu. Příkladem vlivu špatně udržovaného stínítka může být průběh teplot vzduchu zaznamenaný na obr. 6. Jelikož v našich podmínkách nelze v polovině září očekávat teploty kolem 40 °C potom velmi pravděpodobnou příčinou této chyby bude špatný stav stínítka anebo je teploměr umístěn mimo toto stínítka a údaje jsou tak v denních hodinách ovlivňovány především krátkovlnným slunečním zářením. Použitý teploměr má sice chybu měření $\pm 0,2$ °C, ale vlivem špatného umístění může dosáhnout rozdíl teplot až 20 °C.

Obr. 6: Ukázka špatně změřené teploty, ve druhé polovině září se teploty blízké 40 °C u nás opravdu nevyskytují



TEPLOTA PŮDY

VELIČINA: viz teplota vzduchu

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM TEPLoty PŮDY: teplota půdy charakterizuje podmínky prostředí, v němž se rozprostírá kořenový systém rostlin. Rozhoduje o příjmu vody a živin rostlinami. Má také největší vliv na velikost kationtové výměnné kapacity v ornici. Při teplotách pod 0 °C přestává příjem vody a živin a to i v případě, že je půda dostatečně vlhká. Teplota půdy ovlivňuje růst kořenů a jejich dýchání. Mikrobiální činnost v půdě začíná při teplotě cca 5 °C, intenzivně probíhá při teplotách 8–10 °C. Proto teplota půdy ovlivňuje mikrobiální dekompozici organických látek v půdě a tím i produkci CO₂. Z hlediska praktického zemědělce je však důležité, že teplota půdy je velmi významným agroklimatickým prvkem, který ovlivňuje dobu setí nebo sázení, klíčení, vzcházení a přezimování rostlin. Proto je důležité provádět výsevy a výsadby až v termínu, kdy teplota půdy v příslušné hloubce dosáhne minimální hodnoty potřebné pro další vývoj.

Teplota půdy je mimo počátečního vývoje rostlin důležitá i pro vývoj škůdců přezimujících v půdě. Například u mandelinky bramborové se uvádí prahová teplota půdy v hloubce 10 cm 10 °C a suma denních teplot potřebná pro počátek opouštění půdy dospělci 180 °C.

MĚŘENÍ TEPLoty PŮDY: standardními hloubkami pro měření teploty půdy jsou 5, 10, 20, 50 a 100 cm (Žídek, Lipina 2003). V minulosti (a na některých stanicích ČHMÚ i v současnosti) se teplota půdy měřila rtuťovými skleněnými teploměry speciální konstrukce. Pro hloubky cca 30 cm to byly lomené teploměry, trvale zasazené do země. Část teploměru vyčnívala nad povrchem půdy a byla pro pohodlnější čtení stupnice zahnutá. Pro vrstvy 50 cm a více se používaly teploměry hloubkové, charakteristické obzvlášť objemnou rtuťovou nádobkou, aby během jejich vytahování z hloubky a čtení nedošlo k výraznějšímu ovlivnění zachycených údajů o teplotě. V zemědělské praxi je výhodné používat k měření teploty půdy elektronické teploměry spojené se záznamovým zařízením. S ohledem na účel měření stačí volit pouze mělčí vrstvy do 50 cm.

Při výběru místa k instalaci půdních teploměrů je nutno přihlídnout i k tomu, aby nebylo v určité části dne na delší dobu zastíněno okolními předměty, pokud to není zrovna charakteristická vlastnost celého monitorovaného porostu (např. sady, vinice). Za slunečního počasí by docházelo k snížení absorpce tepelné energie povrchem půdy a tím i k ovlivnění její teploty v malých hloubkách oproti volnému prostranství. Povrch nad půdními teploměry by měl být tvořen přímo pěstovanou kulturou a měnit se společně s ní, tzn. na černý úhor v mimo-



Obr. 7: Příklad instalace teploměrů do půdního profilu

vegetačním období. Pokud jsou teploměry na trvalém stanovišti je vhodným povrchem standardní trávník. Instalace skleněných teploměrů se prováděla do předem předvrtaných otvorů do příslušné hloubky. Elektronické teploměry jsou většinou tvořeny kovovými válečky o délce několika centimetrů. Aby bylo možno zajistit jejich umístění ve správné hloubce, je výhodnější je zasouvat z boku do stěny vytvořeného a opětovně zahrnutého zářezu (**obr. 7**). Měření půdních teplot v několika hloubkách může sloužit k určování hloubky promrznutí půdy v zimním období za holomrazů.

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: měření půdních teplot nevyžaduje žádnou speciální údržbu. Pouze je nutno dbát na to, aby porost nad nimi byl v souladu s okolním prostředím. Pokud nad místem snímačů necháme vyrůst vysoký travní porost, výrazně to ovlivní teploty půdy oproti krátce střiženému trávníku anebo porostu kulturních plodin. Je vhodné kontrolovat, zda se půdní teploměr opravdu nachází v půdě a nedošlo k jeho vytržení.

PŘÍZEMNÍ MINIMÁLNÍ TEPLOTA

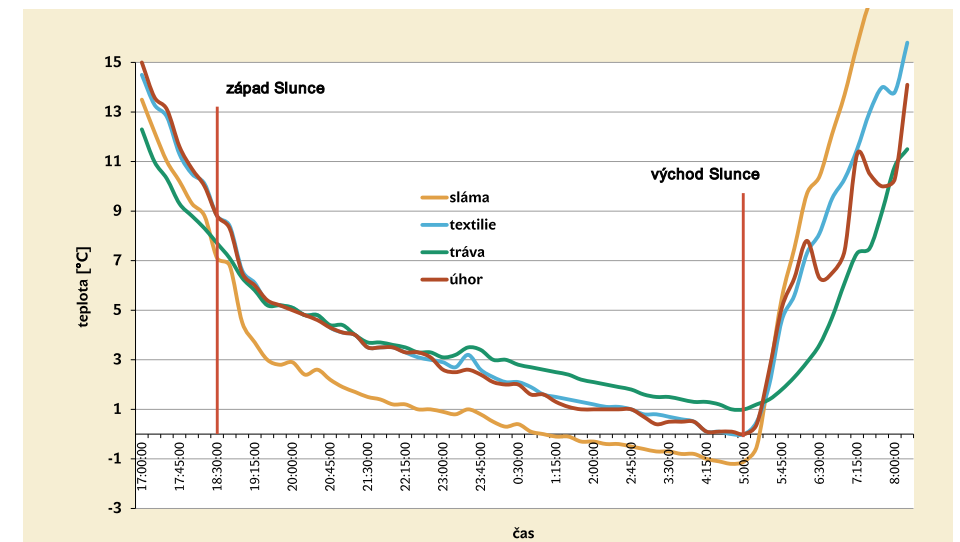
VELIČINA: viz teplota vzduchu

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM PŘÍZEMNÍ MINIMÁLNÍ TEPLoty: Tato veličina je určena na stanovení minimální teploty ve vrstvě vzduchu těsně nad povrchem půdy. V této vrstvě se nalézají vegetativní i generativní orgány většiny pěstovaných plodin a zejména v jarním období a během části vegetace jsou obzvláště citlivé na poškození nízkými teplotami. Pokud je možno sledovat vývoj přízemní teploty on-line na internetu, lze např. včas zasáhnout vhodnou metodou proti jejímu poklesu pod bod mrazu.

MĚŘENÍ PŘÍZEMNÍ MINIMÁLNÍ TEPLoty: Měření přízemní minimální teploty je součástí makroklimatických měření staniční sítě ČHMÚ. Narozdíl od teploty vzduchu, která se zásadně měří teploměrem odstíněným od všech radiačních toků, přízemní minimální teplota se měří nestíněným teploměrem. V případě

ručních měření je to teploměr speciální konstrukce, umožňující odečíst nejnižší dosaženou teplotu i po jejím vzestupu. Tento teploměr se musí každý den večer umísťovat do drátěného stojánu nad půdu anebo sněhovou pokrývkou, ráno po odečtu údajů schovávat před působením slunečních paprsků. Z toho je zřejmé, že v zemědělské praxi je tento ruční způsob měření prakticky nepoužitelný, popřípadě se dá využít na krátkodobá měření v kritickém období. V současné době je přízemní minimální teplota měřena i na stanicích ČHMÚ elektronicky, používá se k tomu obdobný teplotní snímač jako pro měření teploty vzduchu, avšak umístěný v podobném stojánu jako při ručním měření. Skutečnost, že teploměr není opatřen žádnou ochranou proti radiačním tokům vychází z úvahy, že ani rostlinné orgány, nacházející se v těchto výškách nad zemí, nejsou rovněž proti nim odstíněny. Nezastíněný teploměr jen do určité míry indikuje skutečnou teplotu vzduchu, v nočních hodinách je jeho teplota výslednicí kromě teploty vzduchu též působení dlouhovlnného záření z půdy, zpětného záření oblohy a vlastního dlouhovlnného vyzařování teploměru. Během dne se k tomu přidává i krátkovlnné záření slunce. Proto nelze vyhodnocovat přízemní teplotu v průběhu celého dne, neboť je v období pozitivní energetické bilance výrazně ovlivněna právě slunečním zářením. Zjišťuje se proto pouze nejnižší dosažená teplota, která má rovněž i největší hospodářský význam.

Obr. 8: Průběh teplot ve výšce 5 cm nad různými povrchy. Sláma zabraňovala přívodu tepla z půdy, proto je nad ní nejnižší teplota a minimum bylo pod bodem mrazu



Na obr. 8 je názorná ukázka toho, že přizemní teploměr neměří jenom teplotu vzduchu, ale je ovlivňován i zářením okolního prostředí. Veškeré prezentované teploty na tomto obrázku byly naměřeny v okruhu 5 metrů nad rovným povrchem, avšak pokrytým různými materiály. Nejnižší teploty byly nad povrchem pokrytým slámou, která teploměr izolovala od vyzařování z povrchu půdy, zatímco u ostatních půdních povrchů vyzařování tepla z podloží nebylo výrazněji omezeno.



Obr. 9: Ukázka umístění přizemního teploměru přímo na stojanu meteorostanice

Proto je důležité i místo, nad nímž je přizemní teploměr umístěn. Podle předpisu ČHMÚ (Žídek, Lipina 2003) se přizemní teploměr umísťuje v přenosném stojánku do výšky 5 cm nad sežínaný travní porost. V případě, že napadne sníh, je nutno stojánek položit na něj, jinak není měřena teplota nad aktivním povrchem, ale uvnitř sněhové pokrývky. V zemědělské praxi je proto výhodnější měřit přizemní teplotu ve výšce 20 cm snímačem upevněným přímo na stojanu stanice (obr. 9). Odpadnou tím problémy s přemísťováním stojánku nejen v zimním období.

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: měření přizemních minimálních teplot vyžaduje údržbu okolního porostu, podobně jako při měření teploty půdy.

VLHKOST VZDUCHU

VELIČINA: obsah vodních par lze podle zaměření dalšího zpracování vyjádřit mnoha vlhkostními charakteristikami, mezi něž patří absolutní vlhkost, deficit teploty rosného bodu, sytostní doplněk, měrná vlhkost, tlak vodní páry apod. V rostlinné výrobě většinou vystačíme s relativní (poměrnou) vlhkostí, která vyjadřuje v procentech stupeň nasycení vzduchu vodními parami. Údaj 100 % proto znamená, že vzduch je vodními parami nasycen a není schopen přijmout další. Je vhodné si uvědomit, že relativní vlhkost vzduchu závisí též na jeho teplotě, při zvýšení teploty relativní vlhkost vzduchu klesne a naopak, pokud se při 100 % vlhkosti sníží teplota vzduchu, dojde většinou k vysrážení přebytečné vodní páry.

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM VLHKOSTI VZDUCHU: Jak uvádí Špánik a kol. (1997), vlhkost vzduchu má na vegetaci nepřímý vliv ovlivněním transpirace. Se snižující se vlhkostí vzduchu její intenzita vzrůstá a naopak. V období květu nízká vlhkost vzduchu způsobuje zasyčání pylových zrn a zhoršuje podmínky opylování plodin pěstovaných na semeno, tím i snížení výnosů.

Značný význam má vlhkost vzduchu v kombinaci s jeho teplotou v životním cyklu houbových chorob. Příznivé pro jejich rozvoj jsou především vyšší vlhkosti vzduchu a vyšší teploty, avšak s růstem teploty nad optimální pásmo nebezpečnost vysokých vlhkostí vzduchu většinou klesá.

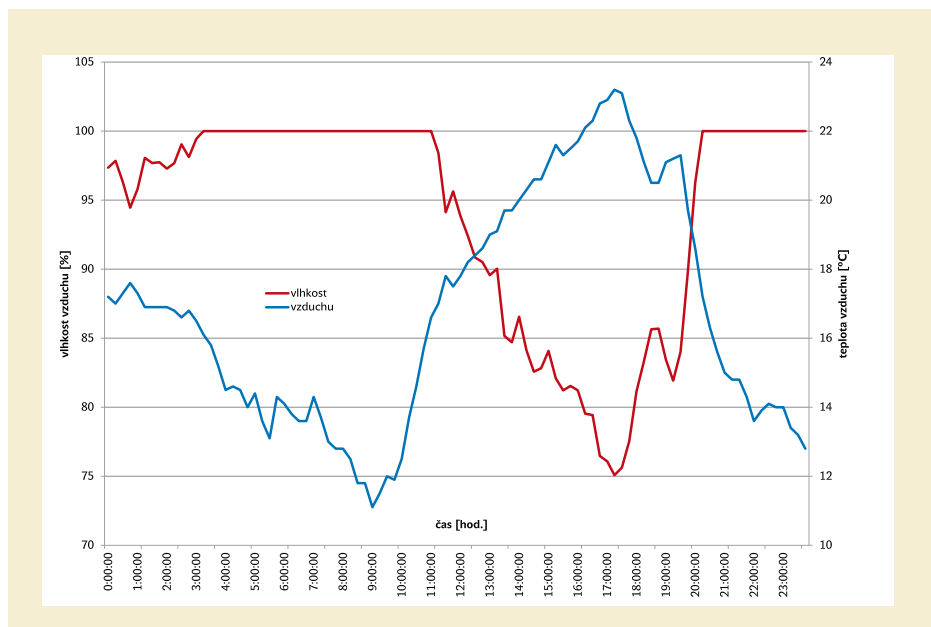
MĚŘENÍ VLHKOSTI VZDUCHU: v případě manuálního měření vlhkosti vzduchu se lze nejčastěji setkat se dvěma typy přístrojů – psychrometry a vlasovými vlhkoměry. Psychrometry jsou přesnější a princip měření spočívá v měření dvou teplot (suché a vlhké), neukazují však relativní vlhkost přímo, ta se musí stanovit podle speciálních tabulek. Proto našly uplatnění zejména na meteorologických stanicích obsluhovaných zaškoleným personálem. Naproti tomu vlasové vlhkoměry jsou sice méně přesné, avšak ukazují vlhkost přímo na stupnici. Jejich použití v současné zemědělské praxi je např. v zakrytých prostorách, kde je nutno orientačně sledovat aktuální hodnotu vlhkosti vzduchu.

Pro automatizované měření vlhkosti vzduchu ve venkovním prostředí jsou v současné době nejvíce využívány snímače založené na kapacitním principu. Ten spočívá v tom, že snímač tvoří kondenzátor, jehož dielektrikem je tenká vrstvička materiálu vratně sorbujícího vlhkost z prostředí. Dielektrikum je film polymeru nebo kovového oxidu. Jedna z elektrod je děrovaná, umožňující okolnímu vzduchu kontakt s dielektrickým filmem. Přestože je množství absorbované vody poměrně malé, díky její velké dielektrické konstantě jsou změny kapacity měřitelné – řádově činí 0,1 % z celkové kapacity na každé % relativní vlhkosti. Kapacitní senzory se vyznačují malou závislostí údaje na teplotě, odolností vůči kondenzaci, dobou odezvy v řádu desítek sekund, přesností v jednotkách % relativní vlhkosti, malými rozměry a v neposlední řadě nízkou cenou. Navzdory proklamovaným tvrzením výrobců o dlouhodobé časové stálosti a životnosti těchto senzorů naše praxe ukazuje, že v podmínkách, v nichž vlhkost vzduchu alespoň občas dosahuje stavu nasycení, dochází u používaného dielektrika postupně k nevratným změnám, vedoucím ke snížení citlivosti snímače až k jeho úplnému znehodnocení.

Pro umístění snímačů vlhkosti vzduchu ve venkovním prostředí platí stejné zásady jako pro snímače teploty vzduchu. Nezbytné je vhodné stínítko, popřípadě meteorologická budka.

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: většina zemědělců podceňuje význam správného měření vlhkosti vzduchu, věnují pozornost pouze teplotě a srážkám. Avšak v situaci, kdy jsou naměřené údaje využívány k signalizaci houbových chorob, je vlhkost vzduchu obvykle jedním z klíčových faktorů, vstupujících do výpočtu a je zcela jasné, že na základě špatných údajů se jen velmi těžko sestaví dobrá signalizace. Pokud mají údaje o vlhkosti vzduchu sloužit požadovaným účelům, zejména pak signalizaci houbových chorob, je nutná pravidelná kontrola a včasná výměna snímače. Typickým příznakem špatně fungujícího snímače vlhkosti vzduchu je skutečnost, že ani v období vyloženě vlhkého počasí (mlha, déletrvající déšť, zejména v noci) neukáže vlhkost vzduchu 100% anebo velmi blízko. Nebo ukazuje vlhkost vzduchu 100% a vyšší i v období, kdy by měla být vlhkost výrazně nižší. Na obr. 10 je typický záznam z takového snímače – ani v dopoledních hodinách při výrazném vzestupu teploty vzduchu neklesla naměřená hodnota pod

Obr. 10: Ukázka vadného snímače vlhkosti vzduchu, po většinu dne ukazuje hodnotu 100 %, přestože teplotní podmínky nesignalizují, že by se jednalo o mlhavý den



100%. Jediným možným řešením je výměna snímače za nový. Pokud jsou údaje o vlhkosti vzduchu využívány k signalizaci houbových chorob, doporučuje se snímač vlhkosti vyměňovat každé dva roky, aby byla jistota, že naměřené údaje jsou správné. Před začátkem sezóny je vhodné po dobu jednoho či více dnů provést srovnávací měření s kalibrovaným registrátorem teploty a vlhkosti vzduchu, umístěným v těsné blízkosti provozního snímače. Porovnáním případných rozdílů lze usoudit, zda snímač vyměnit anebo nikoliv, popřípadě zda pomůže korekce naměřených hodnot.

ATMOSFÉRICKÉ SRÁŽKY

VELIČINA: mm, popřípadě litr na metr čtvereční

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM ATMOSFÉRICKÝCH SRÁŽEK: srážky představují v našich podmínkách většinou jediný zdroj půdní vláhy a jsou základním předpokladem pro zásobování rostlin vodou. Ze spadlých srážek však pouze část je využitelná rostlinami. Při stejném množství srážek závisí procento využití na řadě činitelů, z nichž nejvýznamnější jsou fyzikální vlastnosti půdy, stav půdního povrchu, stupeň nasycení půdy vodou a svažitost pozemku (Havlíček a kol. 1986). Intenzivní přívalemé deště představují erozní nebezpečí především pro svažité pozemky nepokryté, anebo pouze částečně pokryté vegetací. V našich podmínkách se nejčastěji tyto přívalemé deště vyskytují v měsících červnu až srpnu a jejich zastoupení na celkovém úhrnu srážek v těchto měsících dosahuje 10 až 20%.

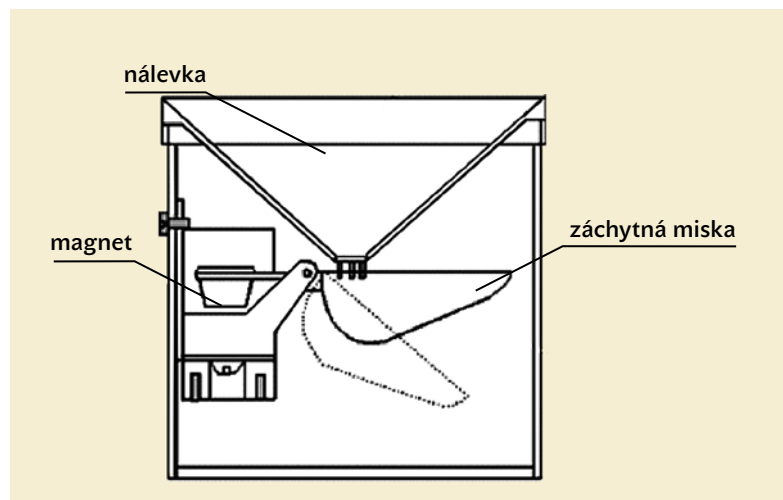
Atmosférické srážky jsou rovněž významným půdotvorným faktorem, pokud převládají nad výparem, dochází k vyluhování svrchních vrstev, při nižších úhrnech než je výpar naopak k vynášení látek vztlínající vodou k povrchu. S tím úzce souvisí i pohyblivost živin, zejména pak lehce pohyblivého dusíku, jež se při vydatnějších srážkách vyplavuje do povrchových i podzemních vod.

Při záporných teplotách vzduchu srážky vypadávají ve formě sněhu, který za příhodných podmínek vytváří na polích sněhovou pokrývku. Ta zabraňuje promrzání půdy a vymrzání ozimů, navíc je zdrojem vláhy pro nadcházející jarní období.

Během srážek a po určitou dobu po nich je na povrchu rostlin vytvářen a udržován vodní film, čímž vznikají v kombinaci s teplotou vzduchu více či méně příhodné podmínky pro rozvoj většiny houbových chorob. Dopadající kapky deště mohou také uvolňovat a vymršťovat do okolí spory houbových chorob, nalézající se např. ve spadaném listí na zemi. Vydatné anebo dlouhotrvající srážky však

mohou v některých případech také způsobovat poškození povrchového mycelia a tím omezovat produkci konidií na konidioforech, smývat konidie z povrchu rostlin a bránit jejich klíčení. Při takových srážkách většinou dochází i ke smývání kontaktních přípravků z povrchu rostlin a je tudíž nutno postříkat opakovat.

MĚŘENÍ SRÁŽEK: k měření srážek se používají srážkoměry nejrůznější konstrukce. Pro ruční měření srážek se z historicky daných důvodů používají srážkoměry se záchytnou plochou 500 cm², s mnoha z nich se lze stále ještě setkat v zemědělských podnicích. Menší záchytnou plochu, 200 cm² mají srážkoměry Hellmanova typu, rovněž u nás používané. Ruční měření srážek je vhodné provádět každý den v 7 hodin SEČ (8 hodin letního času) a naměřené množství zapsat ke dni předcházejícímu, tak jak se děje i na oficiálních stanicích ČHMÚ. U automatických stanic se používají člunkové srážkoměry, jejichž princip spočívá v tom, že voda ze záchytné nálevky stéká do misky (člunku) a po určitém naplnění se překlápí a voda se vyleje, načez se buď miska vrátí do původní polohy působením magnetu, jako na **obr. 11**, anebo další srážková voda teče do vedlejší misky. Každé překlopení sepne jazýčkový kontakt a meteorostanice zaregistruje příslušné množství srážek. Výhodou člunkových srážkoměrů je poměrně jednoduchá konstrukce a také to, že umožňují zaznamenat i intenzitu srážek, tj. kolik milimetrů spadlo za určitou časovou jednotku, např. 1 minuta apod. Údaj o intenzitě srážek následně umožňuje např. posoudit, zda ke smyvu půdy z pole osázeného



Obr. 11: Schéma jednočlunkového mechanismu srážkoměru

širokořádkovými plodinami došlo v důsledku opravdu mimořádné povětrnostní situace nebo zanedbáním některého z vhodných agrotechnických opatření.

Podle všeobecně přijímaných návodů by měl být srážkoměr umístěn tak, aby jeho záchytná plocha byla ve výšce 1 m nad povrchem terénu. Jak ale dokládá **obr. 12**, nemusí být toto řešení vždy nejšťastnější a pravděpodobnější hodnota srážek se získá srážkoměrem umístěným ve větší výšce, nejlépe na společném stojanu s ostatními snímači, tak jak to v současnosti konstruuje většina výrobců meteorologických stanic pro zemědělské účely. Zejména pak v trvalých kulturách (sady, vinice), je umístění v dostatečné výšce nad porostem nezbytností. Důležité je, aby se v okolí srážkoměru nevyskytovaly vysoké předměty, vytvářející srážkový stín, doporučována je vzdálenost čtyřnásobku jejich výšky.

Tím, že takto umístěný srážkoměr představuje v terénu vyvýšené místo, stává se v některých případech oblíbeným místem k sedání různých druhů ptáků a dochází k jeho častějšímu znečištění a ucpávání trusem. Problému se dá předejít buď instalací vyvýšeného bidýlka v jeho těsné blízkosti, vybavením srážkoměru ochranným kruhem, jako je např. na **obr. 12**. Ačkoliv by se mohlo zdát měření srážek poměrně triviální záležitostí, ve skutečnosti množství srážek, které doteče do člunku, popřípadě je přelito do odměrného válce, je ovlivněno mnoha faktory, jako je modifikace vzdušného proudění kolem srážkoměru a tím i změna dráhy dešťových kapek za silnějšího větru, spotřeba vody na omocnění stěn srážkoměru, vypařování při malé intenzitě srážek apod. To znamená, že ani dva vedle sebe stojící srážkoměry nemusí zaznamenat vždy přesně stejnou hodnotu.

Poněkud problematické je měření v zimním období při vypadávání tuhých srážek. V případě manuálního měření je nutno srážkoměrnou nádobu přenést do teplé místnosti (ne však ke zdroji tepla) a po roztání změřit množství vody.



Obr. 12: Ukázka srážkoměru, umístěného podle předpisu ve výšce 1 m, ale na veřejně přístupném místě s nedostatkem odpadkových košů. Kolem srážkoměru je instalován kovový prstenec, sloužící pro sedání ptactva na něj a ne na okraj srážkoměru (Brno, areál augustiniánského kláštera)

Pokud je zapotřebí měřit srážky automaticky i v zimním období, je zapotřebí používat elektricky vyhřívané srážkoměry. Ne vždy je však v dosahu přípojka el. proudu, navíc při nízkých intenzitách srážek dochází k jejich zvýšenému odparu a naměřené množství je nižší. U nevyhřívaného automatického srážkoměru jsou tuhé srážky zaregistrovány až po jejich rozpuštění, pokud nejsou do té doby vyfoukány z nálevky srážkoměru. Pro zemědělce však není většinou důležité až tak celkové množství vypadlých srážek za zimní období, jako zásoba vláhy v půdě po jejich roztání. To lze však poměrně snadno zjistit měřením půdní vlhkosti (viz níže), jež poskytuje věrohodné výsledky i pod sněhovou pokrývkou, nikoliv však v případě zmrzlé půdy.

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: správné měření srážek především automatickou stanicí vyžaduje pravidelné čištění všech otvorů, jimiž srážková voda stéká do člunku. V závislosti na umístění stanice se srážkoměr ucpává více či méně často. Zvýšená údržba je vyžadována, pokud se nalézá poblíž míst s často zvířeným prachem (silnice, zpevněné plochy, polní cesty), naopak místa pokrytá vegetací produkují prachové částice v omezené míře. K ucpávání srážkoměru však může docházet pylem v období kvetení některých dřevin, ptačím trusem apod. Rovněž je nutno občas vyčistit i samotný člunek, neboť v něm usazený prach a jiné nečistoty vytvářejí mazlavou hmotu, ovlivňující svou hmotností výsledek měření. Doporučuje se současně provádět i ruční měření a občas je porovnat s údaji naměřenými automatickým srážkoměrem.

OVLHČENÍ LISTŮ

VELIČINA: ovlhčení listů je bezrozměrná veličina, nabývá stavů ovlhčeno – neovlhčeno, do signalizačních modelů vstupuje většinou jako „počet hodin s ovlhčením listů“. Některé meteostanice umožňují uživateli nastavit citlivost snímače, tj. hranici, od níž se výstupní signál označí jako „ovlhčeno“.

BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM OVLHČENÍ LISTŮ: ovlhčení listů je veličina, používaná speciálně v rostlinné fytopatologii a mající vyjadřovat stav, kdy se na povrchu listů vyskytuje souvislý film volné vody, umožňující klíčení spor a jejich pronikání do pletiv hostitelské rostliny. Ovlhčení listů může být zapříčiněno buď deštěm anebo silnější rosou. Délka trvání ovlhčení pak závisí na dalších parametrech, jako je rychlost větru, vlhkost a teplota vzduchu. Jak uvádí příručka Světové meteorologické organizace, ovlhčení listů je samostatná veličina a velmi těžko se dá nahradit např. délkou trvání relativní vlhkosti nad 90 %, jak se občas děje.

MĚŘENÍ OVLHČENÍ LISTŮ: měření ovlhčení listů přímo na listech se provádí speciálními elektrodami pouze v rámci výzkumné činnosti. V běžné praxi se používají snímače různé konstrukce, založené většinou na měření vodivosti mezi dvěma elektrodami, mezi nimiž bývá umístěn nasákový materiál, např. filtrační papír. Vzestup vodivosti nad určitou hodnotu je vyhodnocen jako stav ovlhčení. Pravděpodobně nejrozšířenější snímač orosení listů u nás s filtračním papírem je na **obr. 13**. Existují však i snímače bez filtračního papírku, tvořené pouze elektrodami z nekorodujících materiálů geometricky vhodně uspořádaných. Na **obr. 14** je ukázka takového snímače, který je vhodný např. do porostu cibule, jelikož poměrně vhodně simuluje geometrii jejich listů.



Obr. 13: Snímač orosení listů založený na měření vodivosti speciálního papíru



Obr. 14: Snímač orosení listů vhodný do porostu cibule, tvořený dvojitou šroubovicí nerezového drátu

Snímač je nejvhodnější umístit přímo do sledovaného porostu v příslušné výšce tak, aby na něj mohly dopadat kapky deště.

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: pokud je snímač ovlhčení listů založen na snímání vodivosti filtračního papíru, je nutno zajistit jeho pravidelnou výměnu, např. každý měsíc, v případě déletrvajících dešťů i častěji. Je však nutno čistit také snímače s elektrodami, neboť usazené nečistoty mohou zvyšovat vodivost i v suchém stavu.

VLHKOST PŮDY

VELIČINA: vlhkost půdy se vyjadřuje většinou buď jako objemová vlhkost v objemových %, tj. kolik % z daného objemu zeminy zaujímá voda, anebo jako hmotnostní vlhkost v hmotnostních %, udávající jakou hmotností se podílí voda na celkové hmotnosti určitého množství zeminy. Používání objemové vlhkosti je výhodnější z hlediska bilancování zásob vláhy v půdě a jejich změn. Při znalosti měrné hmotnosti dané půdy lze obě veličiny navzájem přepočítávat.

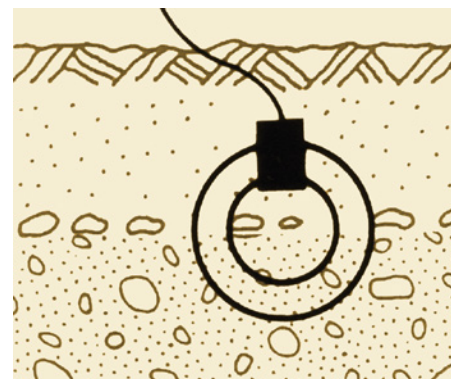
BIOMETEOROLOGICKÝ VÝZNAM PŮDNÍ VLHKOSTI: voda obsažená v půdě představuje rozhodující zdroj vláhy pro transpiraci rostlin, slouží jako rozpouštědlo minerálních látek a umožňuje jejich využití rostlinami. Nedostatek vláhy v půdě vede k stresu rostlin, stejně tak jako její nadbytek. Vlhkost půdy v kombinaci s její teplotou určuje i rychlost mineralizace organických látek v půdě. Vysoká půdní vlhkost zvyšuje riziko výskytu některých chorob.

Údaje o půdní vlhkosti mohou poskytovat cenné informace pro řízení a případnou automatizaci závlah.

MĚŘENÍ PŮDNÍ VLHKOSTI: měření půdní vlhkosti je na rozdíl od předcházejících veličin poněkud komplikované, neboť např. od poměrně homogenního vzduchu se fyzikální a chemické vlastnosti půdy pohybují v poměrně širokých mezích. Byla proto vyvinuta celá řada metod, přičemž zřejmě neexistuje žádná, která by poskytovala spolehlivé výsledky v celém spektru půd. Jako základní srovnávací metoda se používá ruční gravimetrické stanovení půdní vlhkosti, při němž se odebírají neporušené půdní vzorky do válečků o daném objemu (u nás 100 cm³), které je nutno dále laboratorně vyhodnotit. Jedná se o poměrně pracnou a nákladnou metodu, nevhodnou k operativnímu měření v zemědělském podniku. Pro provozní měření jsou nejčastěji používány snímače založené na kapacitním principu, anebo snímače využívající vztahu mezi změnou obsahu vody v půdě a podmínkami pro šíření elektromagnetických vln. Ve všech případech však platí, že je nutno věnovat mimořádnou péči instalaci používaných snímačů, zejména aby byly jejich aktivní části v těsném kontaktu s okolní zeminou a půda kolem nich byla dobře utužena bez vzduchových kapes. Rovněž je vhodné odstranit všechny kameny a drobný skelet ze zeminy, již jsou snímače zasypávány, aby se zajistila srovnatelnost měření.

Hloubka měření (a tím i instalace snímačů) závisí na účelu měření. Největší dynamika změn půdní vlhkosti je ve svrchní vrstvě, kde se nalézá podstatná masa kořenů a rovněž zde zasakuje většina srážek. Při jejich vyšších úhrnech zasakují pak i do hlubších vrstev, proto je vhodné monitorovat i tyto, neboť z nich

čerpají rostliny vláhu v případě jejího nedostatku ve svrchních vrstvách v obdobích sucha. Pokud to konstrukce používaného snímače dovoluje, jako např. u snímače VIRRIB, je vhodné jej umístit svisle (**obr. 15**), čímž se měří půdní vlhkost v celé tloušťce dané vrstvy. Na **obr. 16** je ukázka instalace snímače v horizontální poloze, v tomto případě se měří půdní vlhkost v poměrně tenké vrstvě a není zachycena dynamika půdní vlhkosti v profilu nad snímačem. Pokud je potřeba měřit půdní vlhkost do větší hloubky, je vhodné jednotlivé snímače (např. stejného typu, jako na **obr. 16**) umístit nad sebe do předem vyvrtaného otvoru o průměru 15 cm. V hlubokých půdách tak lze monitorovat jejich vlhkostní režim až do hloubky 150 cm, což je užitečné u hlouběji kořenících plodin, jako např. u vinné révy. I v tomto případě je však nutno zeminu kolem jednotlivých snímačů vracet postupně a průběžně ji utužovat vhodným nástrojem.



Obr. 15: Instalace snímače VIRRIB vertikálně, měří půdní vlhkost v silnější vrstvě



Obr. 16: Instalace snímače půdní vlhkosti horizontálně do vykopané jámy

PRAKTICKÉ DOPORUČENÍ: Při měření půdní vlhkosti je obzvláště důležité dbát na vhodný stav porostu nad ním. Pod holou půdou jsou jiné vlhkostní poměry než pod vysokým bylinným porostem, proto by měl půdní pokryv odpovídat účelu, kvůli němuž je půdní vlhkost měřena. Pokud se jedná o porost plodiny, měl by tento porost být nad snímačem přibližně ve stejném stavu jako na celé pěstované ploše. Má-li údaj o půdní vlhkosti sloužit ke všeobecné informaci, je vhodné nad ním udržovat pravidelně kosený trávník, zaručující srovnatelné podmínky v průběhu let. Při využívání údajů o půdní vlhkosti k řízení závlahy je samozřejmostí, že se musí zavlažovat i povrch nad snímačem.

PŘÍKLADY KONFIGURACE METEOROLOGICKÉ STANICE

Z předcházejícího textu je zřejmé, že meteorologické stanice v rostlinné výrobě mohou mít nejrůznější využití v závislosti na tom, jakými snímači jsou vybaveny. Pokud mají sloužit pouze k obecné informaci o hodnotách základních meteorologických veličin, je postačující skromnější osazení, v případě využití pro signalizaci houbových chorob je nutno stanici vybavit snímači podle požadavků jednotlivých metod. V následující tabulce je doporučované základní osazení snímači pro jednotlivé plodiny.

MĚŘENÝ PRVEK	PLODINA							
	brambory	kukuřice	cukrovka	obiliny	řepka	sady	vinná réva	cibule, zelenina
Teplota vzduchu	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Vlhkost vzduchu	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
2. snímač teploty vzduchu			▲		▲			▲
2. snímač vlhkosti vzduchu			▲		▲			▲
Srážky	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲
Přízemní teplota	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Teplota půdy	▲	▲		▲	▲	▲	▲	▲
2. teplota půdy	▲					▲	▲	
Ovlhčení listů	▲				▲	▲	▲	▲
Vlhkost půdy	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲

▲ nutný prvek

▲ doporučovaný prvek



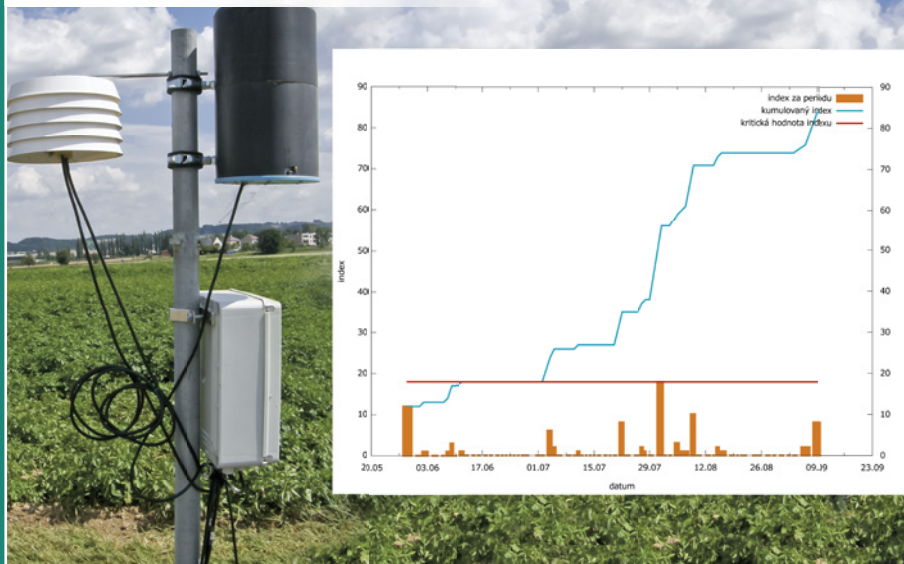
Meteorologická stanice v porostu brambor

LITERATURA

- GEIGER, R. (1950): *The climate near the ground*. Harvard university press Cambridge, 518 s.
- Guide to Agricultural Meteorological Practices. (2010): WMO-No. 134, 799 s., ISBN 978-92-63-10134-1
- HAVLÍČEK, V. a kol. (1986): *Agrometeorologie*. SZN Praha, 264 s.
- LITSCHMANN, T. – ROŽNOVSKÝ, J. (2011): Automatizovaný systém signalizace škodlivých činitelů v ovocných sadech. In: Šiška, B. – Hauptvogel, M. – Eliašová, M. (eds.). *Bioclimate: Source and Limit of Social Development International Scientific Conference*, 6th – 9th September 2011, Topoľčianky, Slovakia.
- LITSCHMANN, T. (2012): Meteorologická měření a jejich využití v ochraně rostlin. *Agromanuál 2* (2012 Únor): 67–69.
- ŠPÁNIK, F. a kol. (1997): *Aplikovaná agrometeorologie*. SPU Nitra, 1997, 194 s., ISBN 80-7137-421-0.
- ŽÍDEK, D. – LIPINA, P. (2003): Návod pro pozorovatele meteorologických stanic. ČHMÚ, Metodický předpis č. 13, 90 s.



VÝZKUMNÝ ÚSTAV
BRAMBORÁŘSKÝ
HAVLÍČKŮV BROD



Meteorologické stanice jsou zdrojem dat pro prognózu a signalizaci plísně bramboru

Řada PRAKTICKÉ INFORMACE – Číslo 56. SLEDOVÁNÍ METEOROLOGICKÝCH FAKTORŮ V ROSTLINNÉ VÝROBĚ.

Vydaly: Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o.

a Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“,

Dobrovského 2366, CZ-580 01 Havlíčkův Brod.

Vydání první.

Náklad: 3000 výtisků.

Obrázky: archivy AMET a VÚB.

Grafická úprava: Jiří Trachtulec. Tisk: Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Zpracováno s podporou projektu NAZV QJ1210305 a QJ101A184.

ISBN 978-80-86940-61-8

© Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., 2014

© Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“, 2014

Tato publikace nesmí být přetiskována vcelku nebo po částech, přenášena nebo uváděna do oběhu pomocí elektronických, mechanických, fotografických či jiných prostředků bez výslovného svolení Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod, s. r. o. a AMET, Velké Bílovice

www.vubhb.cz