

## MIKROKLIMA POROSTU BRAMBOR A JEHO VLIV NA VÝSKYT HOUBOVÝCH CHOROB

### THE MICROCLIMATE OF POTATO CANOPY AND ITS EFFECT ON FUNGAL DISEASE OCCURRENCE

Tomáš LITSCHMANN<sup>1</sup>, Petr DOLEŽAL<sup>2</sup>, Ervín HAUSVATER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>AMET, Velké Bílovice

<sup>2</sup>Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E.

#### MIKROKLIMA POROSTU BRAMBOR A JEHO VLIV NA VÝSKYT HOUBOVÝCH CHOROB

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2023, 29: 19–28

V článku jsou podrobně popsány rozdíly teploty a vlhkosti vzduchu v porostu brambor oproti hodnotám naměřených ve výšce 2 m nad zemí. Ke zpracování byly použity údaje měření z let 2020–2022 ve Valečově. Rozdíly v teplotách vzduchu mají dvouvrcholový chod s podružným maximem v ranních hodinách, hlavní maximum nastává v poledních hodinách a v tuto dobu je teplota vzduchu v porostu přibližně o 1–1,5 °C vyšší než nad ním. Hlavní minimum nastává v podvečerních hodinách, teplota vzduchu v porostu je v průměru o cca 1 °C nižší. Rozdíly v relativní vlhkosti mají jednoduchý chod s minimem v ranních hodinách a s plochým maximem v průběhu dne. Relativní vlhkosti vzduchu během dne v porostu bývají v průměru o 4–8 % vyšší než nad ním. Vyšší relativní vlhkosti vzduchu se projevují i ve větším počtu hodin s hodnotou nad 90 % oproti výšce 2 m. Tyto rozdíly vzrůstají s tím, jak se porost postupně zapojuje, vyšší jsou obvykle ve dnech následujících po srážkách a trvají většinou od 2 do 4 hodin, v extrémních případech mohou dosahovat 6–8 hodin.

mikroklima porostu; brambory; teplota a vlhkost vzduchu

## ÚVOD

Měření meteorologických veličin pro účely prognózy a signalizace chorob a škůdců v různých plodinách je u nás poměrně rozšířené a v rámci integrované produkce u některých plodin včetně brambor vyžadované Nařízením vlády č. 80/2023. Důležité však je i místo a výška umístění příslušných snímačů tak, aby měření pokud možno co nejlépe vystihovala skutečné poměry v porostu.

Pro precizní vymezení nároků za účelem monitoringu a predikce výskytu škodlivých činitelů je nezbytné realizovat mikroklimatická měření meteorologických prvků a současně pozorování patogenu ideálně přímo v porostu konkrétní plodiny (STŘEDOVÁ *et al.*, 2011). Z praktických důvodů se však v provozní praxi nejen pro signalizaci chorob

a škůdců používají měření teploty a vlhkosti vzduchu, popřípadě i dalších meteorologických veličin, ve standardních výškách kolem 2 m nad terénem. V případě vyšších porostů, mezi něž patří zejména trvalé kultury jako sady a vinice, je tato výška dostačující, u nižších polních plodin může docházet v důsledku vertikálních gradientů těchto prvků k rozdílům mezi měřeními v této výšce a přímo v porostu.

Porostní mikroklima hraje základní roli v procesech ekosystému, ale prediktivní pochopení vertikální a horizontální variability v heterogenní krajině do značné míry chybí, a to navzdory pozorování, že organizmy, druhy a společenstva reagují rozdílně na teploty hodinové, denní, sezonní a na teploty za delší časové rozpětí (VANWALLEGHEM a MEENTEMEYER, 2009). V procesu výměny hmoty a energie mezi aktivním povrchem a nejnižšími vrstvami ovzduší se do atmosféry dostává značné množství tepla a vodní páry. To má za následek změnu teploty a vlhkosti vzduchu uvnitř porostu a těsně nad ním. Tímto způsobem si každé rostlinné společenství utváří své vlastní mikroklima a mohou tak být výrazně ovlivněny klimatické poměry stanoviště (GEIGER, 1965). Vztah mezi měřeními mikroklimatu na meteorologických stanicích a měřeními porostního mikroklimatu silně závisí jak na struktuře porostu, tak na výškovém umístění měřicích senzorů (CHELLE *et al.*, 2009). V naší i světové literatuře se lze setkat pouze s minimem informací ohledně rozdílů v teplotách a vlhkostech vzduchu měřených přímo v porostu brambor a ve standardní výšce 2 m nad povrchem terénu. V předloženém příspěvku je provedena analýza rozdílů mezi hodnotami teploty a vlhkosti vzduchu měřenými v obvyklé výšce 2 m a přímo v porostu brambor v letech 2020-2022 na pokusné stanici VÚB ve Valečově.

## MATERIÁL A METODY

Pro účely zpracování byla použita měření na pokusné stanici VÚB ve Valečově v průběhu tří let 2020-2022. Měření byla prováděna automatickou meteorologickou stanicí MeteoUNI (AMET Velké Bílovice), osazenou čtyřmi dvojicemi snímačů teploty a vlhkosti vzduchu umístěnými v nerezových stínících. Jako snímače teploty byly použity senzory DS18B20 (Dallas Semiconductor), vlhkost vzduchu byla měřena senzory HIH-4000 (Honeywell). Jedna dvojice snímačů byla umístěna v obvyklé výšce 2 m a tři na různých místech v porostu v bezprostřední blízkosti meteostanice. Zpracované období v jednotlivých letech bylo od června do srpna. Měření byla prováděna současně na všech snímačích v patnáctiminutovém intervalu, ukládána do paměti meteostanice a předávána na webový server.

Z jednotlivých měření byly v dalším postupu zpracovány hodinové průměry teploty a vlhkosti vzduchu a vypočítány rozdíly mezi výškou 2 m a měřeními v porostu. Pro jednotlivé dny pak byly stanoveny počty hodin s relativní vlhkostí vzduchu nad 90 % v jednotlivých variantách. Následně byly ještě ze všech měření zpracovány denní chody rozdílů

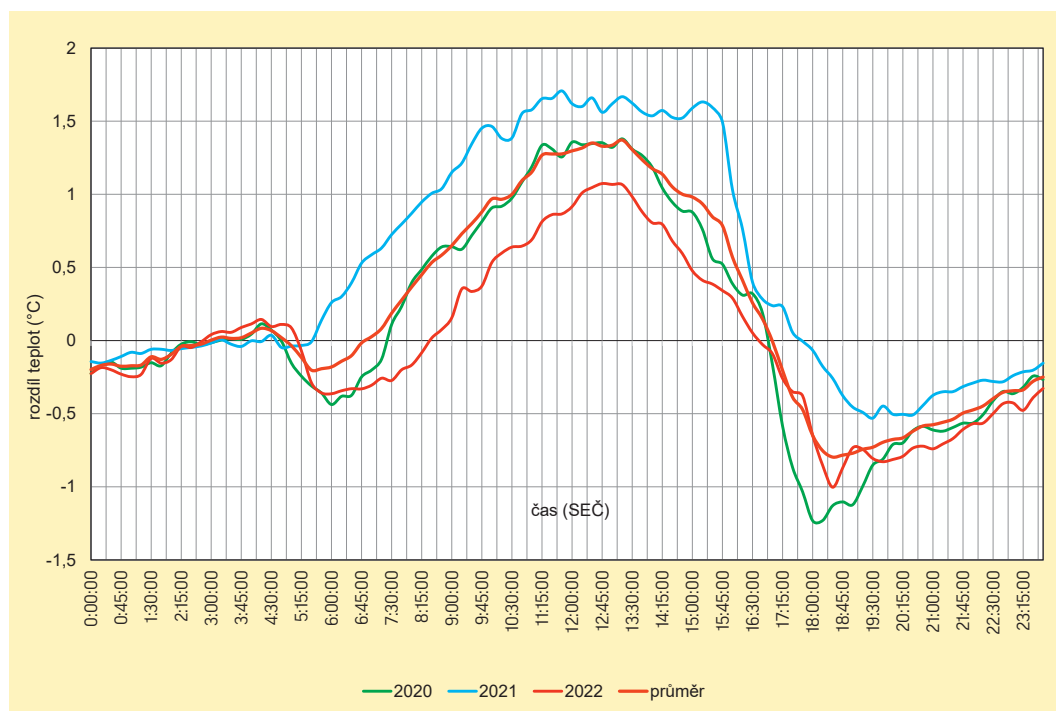
teplot a vlhkostí v jednotlivých letech včetně denního chodu absolutní vlhkosti vzduchu, vypočítané z teploty a vlhkosti vzduchu pomocí všeobecně známých vztahů.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

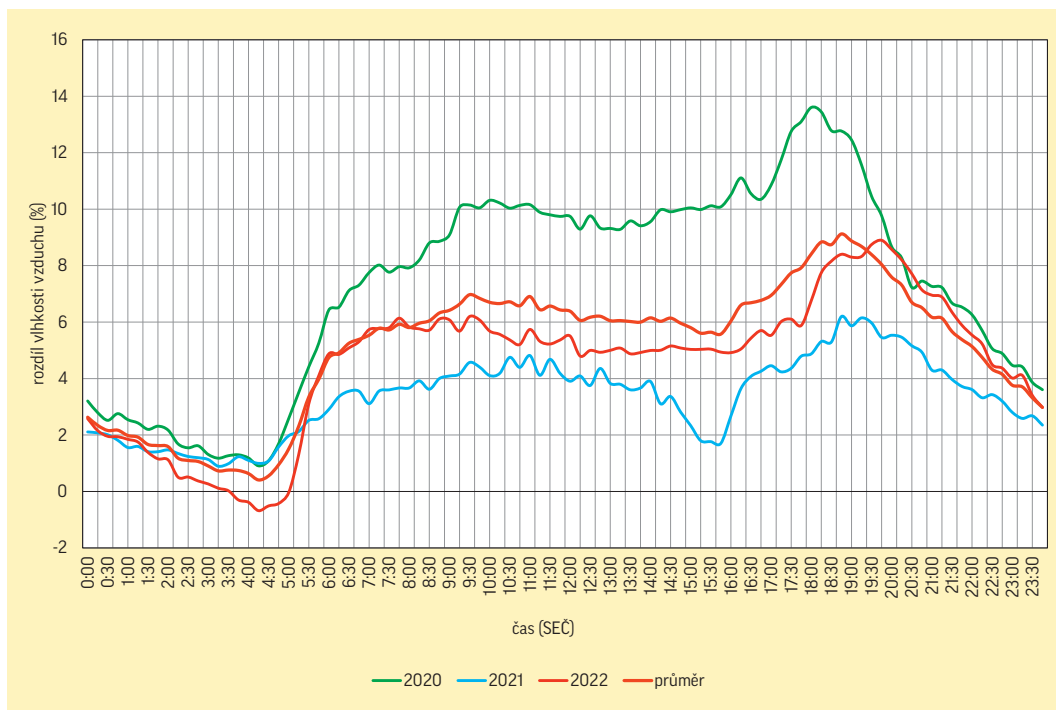
### Teplota a vlhkost vzduchu

Relativní vlhkost vzduchu je udávána jako procento skutečného množství vodní páry ve vzduchu k maximálně možnému. Vzduch při dané teplotě je schopen pojmout pouze určité množství vodní páry, než dojde k jeho nasycení a přebytečná vodní pára za vhodných podmínek začne kondenzovat a vypadávat z atmosféry, popřípadě se srážet na nejrůznějších površích. Jelikož je vlhkost vzduchu velmi úzce svázána s jeho teplotou, je proto vhodné věnovat se nejprve rozdílům v teplotách vzduchu ve výšce 2 m a v porostu. Tyto rozdíly jsou znázorněny na Obr. 1, na němž je jejich denní chod v každém roce zprůměrovaný pro všechny tři varianty měření v porostu. Obdobný obrázek pro vlhkost vzduchu je Obr. 2.

Obr. 1: Denní chod rozdílů teplot mezi porostem a úrovní 2 m za období VI.–VIII. v letech 2020–2022



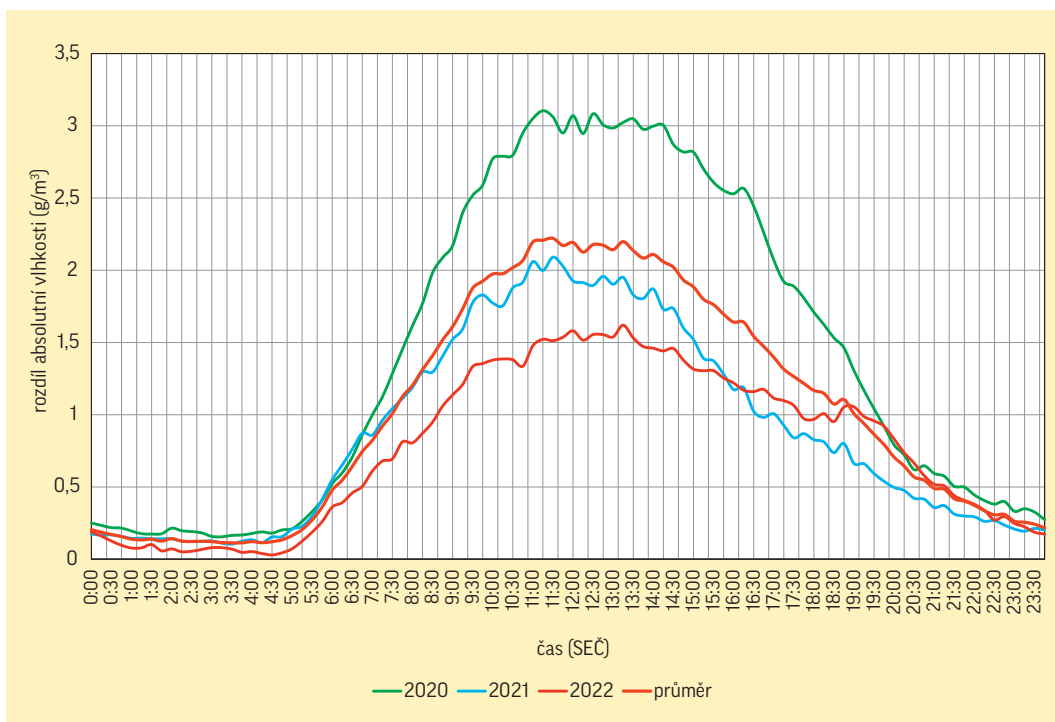
Obr. 2: Denní chod rozdílů vlhkosti vzduchu mezi porostem a úrovní 2 m za období VI.–VIII. v letech 2020–2022



Ve druhé polovině noci je teplota vzduchu v porostu téměř totožná s teplotou vzduchu ve 2 m, v období kolem svítání rozdílů začínají být mírně kladné v souvislosti s tím, jak se začíná na listech brambor vytvářet rosa, přičemž během tohoto procesu se uvolňuje skupenské teplo. Na obrázku rozdílů vlhkostí vzduchu se tento proces projevuje tím, že dochází ke snižování rozdílů ve vlhkostech vzduchu, jelikož v obou výškách dochází k nasycení vzduchu vodními parami. Po východu slunce nastává většinou zvyšování teploty vzduchu a zkondenzovaná voda na povrchu rostlin se začíná vypařovat, to se projevuje tím, že rozdílů ve vlhkostech vzduchu se začínají zvětšovat, přičemž vzduch v porostu má vyšší relativní vlhkost. S odpařováním ranní rosy se spotřebovává určité množství tepla, dochází proto k poklesu teploty vzduchu v porostu s minimem kolem 6. hodiny SEČ. V následujícím období až do poledních hodin se rozdílů v teplotách zvyšují, dopadající sluneční záření nejprve ohřívá aktivní povrch představovaný listy rostlin a teprve od něj se ohřívá atmosféra. Průměrná maximální kladná odchylka dosahuje hodnot kolem 1–1,5 °C. Rostliny po vypaření rosy začínají transpirovat a uvolňovat vodní páru do okolní atmosféry, což se projevuje zvyšováním relativní vlhkosti v porostu oproti výšce 2 m. Pokud by k transpiraci nedocházelo a množství vodní páry zůstalo stejné, nutně by to vedlo k poklesu relativní vlhkosti, protože vzrůstá teplota vzduchu.

Potvrzení o tom, že v důsledku transpirace, eventuálně evaporace, skutečně vzrůstá množství vodní páry v porostu, lze nalézt na Obr. 3, znázorňujícím denní chod rozdílů absolutní vlhkosti, tj. skutečného množství vodní páry obsažené v daném prostoru v  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tento chod je tvořen jednoduchou vlnou s minimem v ranních hodinách a s maximem v poledních, což poměrně dobře koresponduje i s chodem globálního záření během dne, které se do značné míry podílí na rychlosti transpirace. Rozdíly v teplotách se v odpoledních hodinách rychle snižují a kolem 18. hodiny SEČ je v průměru teplota vzduchu v porostu až o  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  nižší než v úrovni 2 m. V tuto dobu zřejmě již na povrchu rostlin začíná převažovat negativní energetická bilance v důsledku radiačního ochlazování, rovněž klesá intenzita transpirace a výsledkem těchto procesů je skutečnost, že se v tuto dobu mírně zvětšují rozdíly v relativních vlhkostech vzduchu, které jsou v tuto dobu v porostu vyšší. Z Obr. 2 lze rovněž vyčíst, že odchylky v relativních vlhkostech vzduchu jsou v průběhu dne poměrně konstantní a pohybují se kolem 6–8%. Po západu Slunce se začínají snižovat až k rannímu minimu.

Obr. 3: Denní chod rozdílů absolutní vlhkosti mezi porostem a úrovní 2 m za období VI.–VIII. v letech 2020–2022

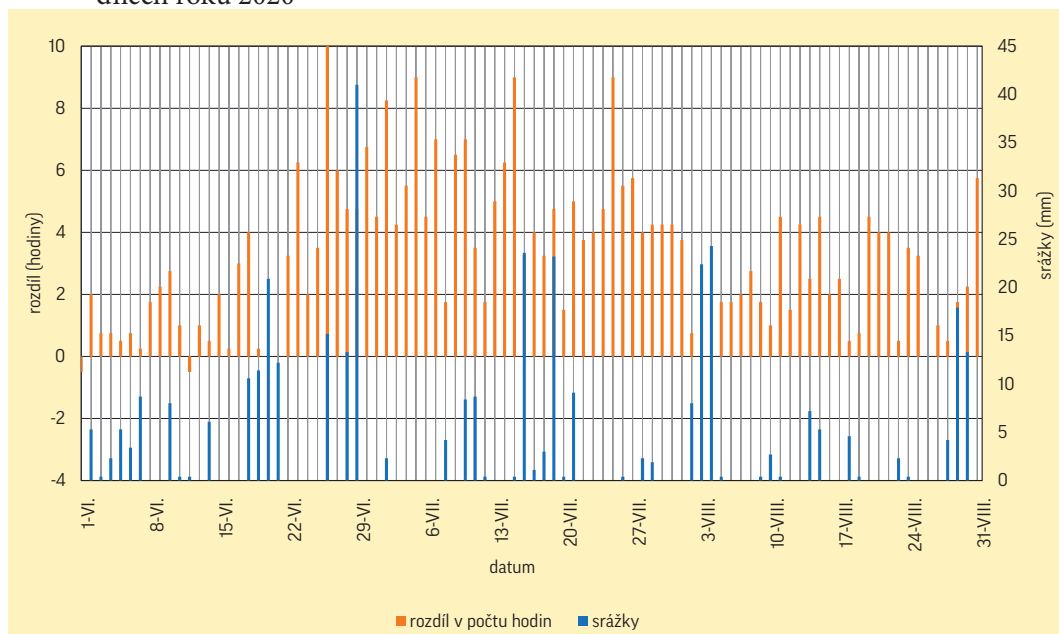


## Počty hodin nad 90 %

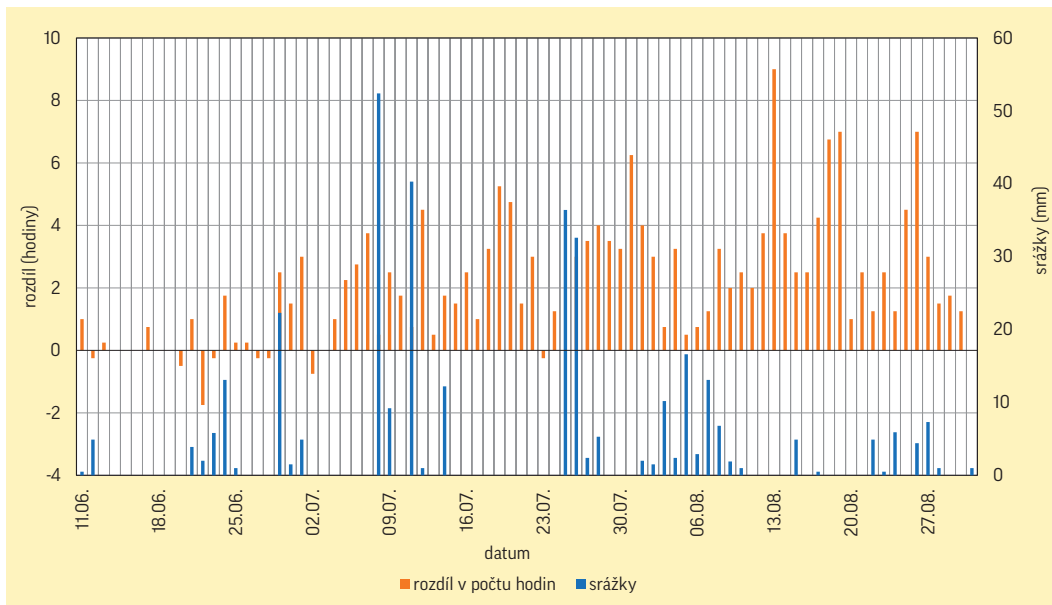
Lze předpokládat, že skutečnost, že v průběhu dne jsou vyšší relativní vlhkosti v porostu brambor, bude mít za následek zvýšení četnosti hodin s vyššími vlhkostmi. Vyšší teploty společně s vyšší vlhkostí vzduchu vytvářejí příhodné podmínky pro rozvoj celé řady houbových chorob, především pak plísně bramboru. Proto jsme se v dalším zpracování zaměřili rovněž na stanovení rozdílů v počtu hodin s vlhkostí nad 90 % v jednotlivých dnech zpracovaných vegetačních období. Výsledky jsou přehledně sestaveny v Obr. 4–6, na nichž jsou kromě rozdílů v počtu hodin s vlhkostí nad 90 % v porostu a ve výšce 2 m vyneseny i dny se srážkami.

Ukazuje se, že vyšší relativní vlhkost se v porostu vyskytuje téměř vždy o něco déle než ve 2 m nad ním. Souvisí to jednak s vnosem vodní páry transpirací porostu a evaporací vody z povrchu rostlin a půdy, avšak též s vlastnostmi porostu a schopností turbulentní výměnou předávat tuto vodní páru do okolní atmosféry. Menší rozdíly jsou proto pozorovány ve většině let na začátku sledovaného období, kdy porost ještě není zcela zapojen. K obdobným závěrům dochází i JOHNSON *et al.* (2016), který uvádí, že před plným zapojením porostů se snižuje pravděpodobnost výskytu plísně. Naopak větší rozdíly jsou pozorovány v obdobích s čtenějším výskytem srážek, kdy je dostatečná vlhkost půdy umožňující plnou transpiraci. Avšak ve dnech se srážkami anebo těsně následujících se rozdíly snižují, jelikož i ve výšce 2 m za těchto podmínek převládá vysoká relativní vlhkost vzduchu.

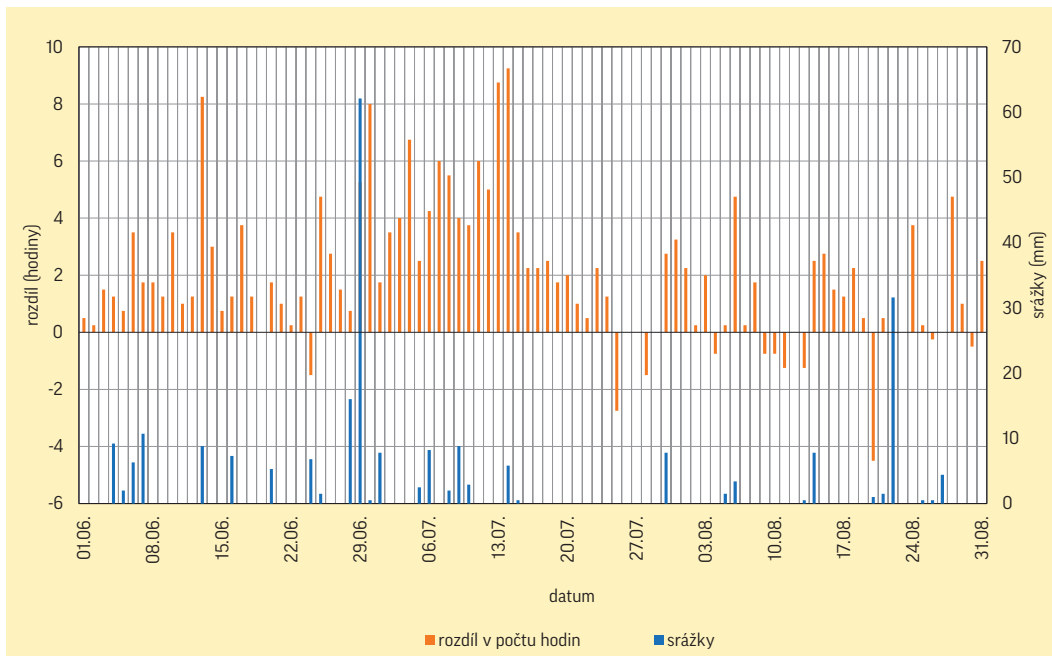
Obr. 4: Rozdíl v počtu hodin s vlhkostí vzduchu nad 90 % a úhrn srážek v jednotlivých dnech roku 2020



Obr. 5: Rozdíl v počtu hodin s vlhkostí vzduchu nad 90 % a úhrn srážek v jednotlivých dnech roku 2021



Obr. 6: Rozdíl v počtu hodin s vlhkostí vzduchu nad 90 % a úhrn srážek v jednotlivých dnech roku 2022



Větší rozdíly se tudíž vyskytují spíše ve dnech beze srážek, což může do jisté míry omezovat rozvoj houbových chorob, jelikož nedochází současně i k déletrvajícimu ovlhčení listů rostlin vlivem deště. Při déletrvajícím období bez výraznějších srážek klesá zásoba půdní vláhy, dochází k omezování evapotranspirace a rozdíly v počtu hodin s relativní vlhkostí vzduchu nad 90 % se snižují.

## ZÁVĚR

Paralelní měření teploty a vlhkosti vzduchu ve výšce 2 m nad porostem brambor a přímo v porostu ukázala na rozdíly, které se mohou vyskytovat v hodnotách na poměrně malé vertikální vzdálenosti. Rozdíly v teplotách vzduchu mají dvouvrcholový denní chod s podružným maximem v ranních hodinách, vyvolaný uvolněním latentního tepla při kondenzací vodní páry v rosu, a následným podružným minimem způsobeným jejím odpařováním po východu Slunce. Hlavní maximum nastává v poledních hodinách a v tuto dobu je teplota vzduchu v porostu přibližně o 1–1,5 °C vyšší než nad ním. Hlavní minimum nastává v podvečerních hodinách, kdy porost začíná ztrácet teplo dlouhovlnným vyzařováním a teplota vzduchu v něm je v průměru o cca 1 °C nižší. Denní chod teploty vzduchu ovlivňuje i rozdíly v relativní vlhkosti, tyto rozdíly mají jednoduchý chod s minimem v ranních hodinách, kdy je vzduch většinou vodními parami nasycen jak v porostu, tak i nad ním, a s plochým maximem v průběhu dne, s mírným zvýšením rozdílu při poklesu teploty v podvečerních hodinách. Vlhkosti vzduchu během dne v porostu bývají v průměru o 4–8 % relativní vlhkosti vyšší než nad ním. Je to způsobeno transpirací porostu, popřípadě evaporací z půdy pod ním, kdy se do atmosféry uvolňuje určité množství vodní páry. Jelikož je transpirace podmíněna do značné míry slunečním zářením, je proto i denní chod rozdílů absolutní vlhkosti velmi podobný chodu globálního záření s minimem v ranních hodinách a maximem v poledních hodinách, maximální průměrné rozdíly se pohybují od 1,5 do 3 g.m<sup>-3</sup> vodní páry. Vyšší relativní vlhkosti vzduchu se projevují i ve větším počtu hodin s relativní vlhkostí nad 90 % oproti výšce 2 m. Tyto rozdíly vzrůstají s tím, jak se porost postupně zapojuje, vyšší jsou obvykle ve dnech následujících po srážkách. Většinou se tyto rozdíly pohybují od 2 do 4 hodin, v extrémních případech mohou dosahovat 6–8 hodin.

Při používání meteorologických údajů ze standardní výšky měření 2 m nad povrchem terénu k signalizaci houbových chorob, jejichž vývoj závisí na hodnotách teploty a vlhkosti vzduchu, je proto zapotřebí počítat s tím, že zejména vlhkosti vzduchu jsou v průběhu dne v porostu vyšší a zakomponovat tuto skutečnost do použité metody. Proto např. v případě metody Indexu, používané na signalizaci plísně bramboru (LITSCHMANN *et al.*, 2020), je zvolena prahová hodnota vlhkosti 80 % namísto 90 %, doporučovaná v jiných metodách např. Blitecast (JOHNSON, 2005), Negativní prognóza (IGLESIAS *et al.*, 2009). K obdobným závěrům dochází i MÁJKOVÁ (2005) v případě signalizace skvrnatičky řepné



na cukrovce, kdy uvádí, že v případě použití měření ve výšce 2 m je zapotřebí snížit prahovou hodnotu vlhkosti vzduchu na 80 % oproti 90 % naměřených přímo v porostu.

## PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek vznikl s podporou výzkumných úkolů NAZV QK22010073 „Alternativní postupy ochrany brambor proti chorobám a škůdcům minimalizující negativní vliv na životní prostředí“, a projektu MZe RO1623.

## LITERATURA

- GEIGER, R. (1965): The climate near the ground. Cambridge: Harvard University Press. 4th edition, 611 s.
- CHELLE, M. – LIU, S. – NEY B. (2009): Which air temperature drives epidemiological processes of fungal foliar wheat diseases at leaf scale? AFPP – 9ème Conférence internationale sur les maladies des plantes tours – 8 et 9 décembre 2009.
- IGLESIAS, I. *et al.* (2009): *Phytophthora infestans* prediction for a potato crop. Am. J. Pot. Res., DOI 10.1007/s12230-009-9114-y
- JOHNSON, D.A. – CUMMINGS, T.F. (2016): In-canopy environment of sprinkler irrigated potato fields as a factor for late blight management in the semiarid environment of the Columbia Basin. Am. J. Potato Res., 93: 239–252.
- JOHNSON, S.B. (2005): Late blight prediction in Maine. Potato Facts, bulletin #2418, University of Maine, 4 s.
- LITSCHMANN, T. – HAUSVATER, E. – DOLEŽAL, P. (2020): A new method of potato late blight forecasting in the Czech Republic. Journal of Plant Protection Research, 60(2): 134–140.
- MÁJKOVÁ, L. (2005): Možnosti stanovení výskytu skvrnatičky řepné na cukrovce s využitím vybraných meteorologických prvků. In: ROŽNOVSKÝ, J. – LITSCHMANN, T. (Eds): „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny 12.–14. 9. 2005. ISBN 80-86 690-31-08.
- STŘEDOVÁ, H. (2011): Mikroklima a mezoklima měst, mikroklima porostů. Praha: Český hydrometeorologický ústav. ISBN 978-80-86690-90-2.
- VANWALLEGHEM, T. – MEENTEMEYER, R. K. (2009): Predicting forest microclimate in heterogeneous landscapes. Ecosystems, 12: 1158-1172. <https://doi.org/10.1111/ppa.12734>

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E.

**THE MICROCLIMATE OF POTATO CANOPY AND ITS EFFECT ON FUNGAL DISEASE OCCURRENCE**

**Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2023, 29: 19–28**

The paper describes in details differences in air temperature and humidity in the potato canopy compared to the values measured at 2 m height above the ground. For processing, data obtained from measurements in Valečov between 2020 and 2022 were used. The differences in air temperatures have double-peak distribution with secondary maximum in morning hours, main maximum occurs at noon and in this time air temperature in the canopy is 1–1.5 °C higher than above the canopy. Main minimum is in early evening hours, the canopy temperature is on average approx. 1 °C lower. The differences in relative humidity have simple distribution with minimum in morning hours and flat maximum during the day. Relative air humidity during the day is on average 4–8 % higher in the canopy than above the canopy. Higher relative humidity is also reflected in more hours with a value above 90 % compared to 2 m height. These differences increase with gradual canopy closure; higher differences are generally in days following precipitation and usually last from 2 to 4 hours, in extreme cases they could reach 6–8 hours.

canopy microclimate; potatoes; air temperature and humidity

*Kontaktní adresa:*

RNDr. Tomáš LITSCHMANN, Ph.D.

AMET, Velké Bílovice

Žižkovská 1230

691 02 Velké Bílovice

Česká republika

mobil: +420 731 702 744

e-mail: amet@email.cz