

ZMĚNY KONCENTRACE SPOR *ALTERNARIA* spp. V ZÁVISLOSTI NA SUMĚ EFEKTIVNÍCH TEPLOT NAD 25 °C

CHANGES IN THE CONCENTRATION OF *ALTERNARIA* spp. SPORES DEPENDING ON THE SUM OF EFFECTIVE TEMPERATURES ABOVE 25 °C

Tomáš LITSCHMANN¹, Petr DOLEŽAL², Ervín HAUSVATER²,
Petr SEDLÁK³, Anna ŠEDOVÁ², Vladimíra SEDLÁKOVÁ³

¹Moravský Žižkov

²Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.

³Česká zemědělská univerzita v Praze

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E. – SEDLÁK, P. – ŠEDOVÁ, A. – SEDLÁKOVÁ, V.
ZMĚNY KONCENTRACE SPOR *ALTERNARIA* spp. V ZÁVISLOSTI NA SUMĚ EFEKTIVNÍCH
TEPLOT NAD 25 °C

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2025, 31: 23–32

V článku jsou shrnuty výsledky pokusů s lapači spor umístěnými v porostech brambor v letech 2024 a 2025 s cílem získat informace o četnostech spor některých druhů rodu *Alternaria* v průběhu vegetační sezóny a dát je do souvislosti s pětidenní sumou hodinových efektivních teplot nad 25 °C (5dSETh25). Lapače byly umístěny na několika místech ČM Vysočiny a na jižní Moravě. Ukázalo se, že charakteristika 5dSETh25 je poměrně dobrým indikátorem dynamiky počtu spor *Alternaria* spp. v ovzduší a s tím i souvisejícího rozvoje alternariových skvrnitostí v porostech. Absolutní počet spor však závisí i na dalších faktorech, z nichž nejdůležitější je přítomnost infikovaných rostlin v okolí. Ve spojení s dalšími metodami, udávajícími odolnost porostu proti infekci, je možno charakteristiku 5dSETh25 používat k signalizaci nebezpečí rozvoje alternariových skvrnitostí u pěstovaných plodin a provedení včasného zásahu jejich pěstiteli.).

Alternaria alternata; alternariové skvrnitosti bramboru; P-days; signalizace

ÚVOD

Článek navazuje na předcházející práci LITSCHMANN *et al.* (2024) a rozšiřuje získané poznatky o vliv vysokých teplot jako nutnou podmínku rozvoje alternariových skvrnitostí a přítomnost spor těchto patogenů v ovzduší v blízkosti porostů brambor. Na průkaznou korelaci mezi rozvojem choroby v porostu a počtem spor v ovzduší upozorňuje např. PATEL *et al.* (2024). Vysoká korelace však v tomto případě zřejmě neznamena i kauzalitu, neboť rozvoj alternariových skvrnitostí na rostlinách znamená vyšší produkci spor a vyšší produkce spor zase zvyšuje rozsah poškození porostů.

Dlouhodobý trend zvyšujících se teplot má za následek i zvyšování výskytu a závažnosti alternariových skvrnitostí, na což upozorňují četní autoři (DELGADO-BAQUERIZO *et al.*, 2020; JAMBHULKAR *et al.*, 2016). V posledních letech až desetiletích je proto věnována zvýšená pozornost studiu souvislostí mezi výskytem těchto chorob a meteorologickými veličinami, přičemž nejsilnější kladné korelace bývají většinou nalézány v případě maximální teploty vzduchu (např. SHIVAJYOTHI *et al.*, 2023), popřípadě hodinových teplot vzduchu (GRINN-GOFRONET *et al.*, 2018). U jiných faktorů, jako je např. minimální teplota, vlhkost vzduchu a srážky, nejsou korelace jednoznačné a někteří autoři udávají zcela protichůdné hodnoty. Alternarie nejsou jenom škodlivým činitelem brambor, ale i jiných pěstovaných rostlin, např. rajčat (JAMBHULKAR *et al.*, 2016). Spory mnoha druhů *Alternaria* sp. jsou silnými alergen, které mohou způsobovat respirační potíže u citlivých jedinců. Rovněž produkují řadu mykotoxinů, z nichž nejvíce známých a studovaných vytváří druh *Alternaria alternata*. Tyto toxiny pronikají do pletiv napadených rostlin a mohou kontaminovat potravinové a krmné řetězce (HUSSAIN *et al.*, 2024). I z těchto důvodů jsou ve zvýšené míře studovány vlivy změn klimatu na četnost a růst těchto hub.

Získané poznatky o závislosti mezi charakteristikou 5dSETh25 a četností spor alternarií v ovzduší (a s tím spojeném rozvoji alternariových skvrnitostí v porostech brambor) byly využity pro signalizaci nebezpečí těchto chorob na základě údajů automatických meteorologických stanic rozmístěných v blízkosti porostů a během sezóny jsou každodenně aktualizovány na webových stránkách VÚB.

MATERIÁL A METODY

Aerobiologický materiál

V roce 2024 probíhal záchyt spor pomocí rotačních lapačů AMETTRAP (AMET Velké Bílovice) celkem na třech vybraných lokalitách v oblasti Vysočiny a jedné lokalitě v ranobramborářské oblasti jižní Moravy. Bližší podrobnosti ohledně konstrukce a použití rotačních lapačů spor lze nalézt např. v práci CHECK *et al.* (2024). Spory se zachycovaly na rotující jehly o průměru 1,2 mm potažené silikonovou vazelinou. Vzorky byly odebírány nejméně dvakrát týdně a po ukončení sezóny byly hodnoceny výskyty spor *Alternaria alternata* a *A. solani* pomocí metody PCR v laboratoři ČZU v Praze (SEDLÁK *et al.*, 2025 v tisku). Přehled lokalit je uveden v tabulce 1, pro potřeby této práce byly zpracovány pouze četnosti spor *A. alternata*.

Tab. 1: Přehled lokalit vybraných pro hodnocení výskytu spor *A. alternata* v roce 2024

Lokalita	Souřadnice, nadmořská výška	Období monitorování	Počet vzorků	Průměrná četnost spor
Havlíčková Borová	49.6444097N, 15.7564844E/ 550 m	03.06.–28.08.2024	23	2435
Hosov	49.3875631N, 15.5435172E/ 582 m	04.06.–28.08.2024	24	2488
Valečov	49.6425039N, 15.4992572E/ 460 m	03.06.–26.08.2024	24	2625
Moravský Žižkov	48.8372850N, 16.9363633E/ 200 m	06.05.–25.08.2024	20	3047

V roce 2025 probíhal záchyt spor pouze v lokalitě Moravský Žižkov, avšak daleko podrobněji, a to pomocí volumetrického lapače spor (AMET Velké Bílovice, Obr. 1) s týdenním zachytem spor na lepicí pásku, navinutou na válci otáčeném hodinovým strojem. Spory všech druhů rodu *Alternaria* byly následně spočítány pro každý den pomocí optického mikroskopu se zvětšením 400x. Vyhodnoceno bylo období od 7. 4. do 4. 10. 2025.



Obr. 1: Rotační (vlevo) a volumetrický lapač spor v porostu brambor

Meteorologické údaje

V každé lokalitě s nainstalovaným lapačem spor se nacházela i automatická meteorologická stanice MeteoUNI (AMET Velké Bílovice) měřící a zaznamenávající v 15minutových intervalech údaje o teplotě a vlhkosti vzduchu, srážkách a dalších meteorologických veličinách. Snímače teploty a vlhkosti vzduchu byly umístěny ve výšce 2 m nad terénem.

Metody hodnocení

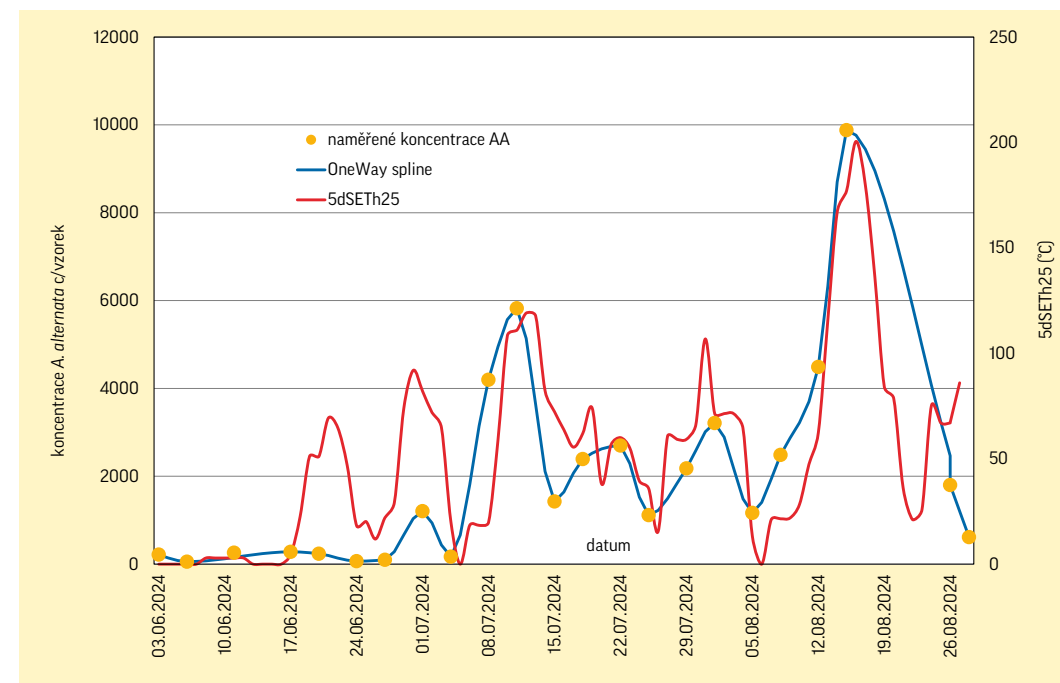
Pro každou lokalitu byly z naměřených čtvrt hodinových teplot vzduchu vypočítány hodinové průměry a z nich pak sumy efektivních teplot nad 25 °C za předcházejících 5 dnů (podrobněji viz LITSCHMANN *et al.*, 2024). Takto vytvořená charakteristika (dále 5dSETh25) byla použita k porovnání se získanými záchyty spor v obou pokusných letech na všech lokalitách. Prahová hodnota 25 °C pro výpočet hodinových sum efektivních teplot byla zvolena na základě údajů z literatury k této problematice, nejnověji zpracovaná v práci SALOTTI *et al.* (2024), v níž se uvádějí jako optimální teploty pro většinu biologických procesů v životním cyklu *Alternaria alternata* i *Alternaria solani* (klíčení konidií, infekce, růst mycelia, rozvoj příznaků, sporulace) hodnoty 25 až 30 °C. Rovněž SÁNCHEZ ESPINOSA *et al.* (2024) uvádí pro oblast SZ Španělska nejvyšší pozorované koncentrace spor druhů *Alternaria* při průměrných denních teplotách vzduchu v rozmezí 25,5 až 31,2 °C.

Jelikož odběry jehel z rotačních lapačů v roce 2024 nebyly prováděny každodenně, byly skutečně naměřené hodnoty četností spor *A. alternata* proloženy metodou One Way spline a získány tak odvozené údaje i pro nevyhodnocované dny, které pak byly dány do souvislosti s 5dSETh25. Proložení jednotlivých bodů touto křivkou je znázorněno na Grafu 1 pro Havlíčkovu Borovou včetně vynesení hodnot 5dSETh25 v jednotlivých dnech.

Průměrná četnost výskytu zachycených spor na jednotlivých lokalitách se mírně lišila v závislosti na okolních podmínkách (Tab. 1). Aby bylo možné záchyty spor navzájem porovnávat, byly standardizovány na jednotnou úroveň vydělením záchytu v daném termínu jejich průměrnou hodnotou za celé zpracované období pro danou lokalitu.

Počty spor *Alternaria spp.* v roce 2025 byly z pásky volumetrického lapače vyhodnocovány v denním kroku a byly porovnány s hodnotami charakteristiky 5dSETh25 pro příslušné dny.

Graf 1: Průběh změn četnosti spor *A. alternata* včetně 5dSETh25 v lokalitě Havlíčkova Borová

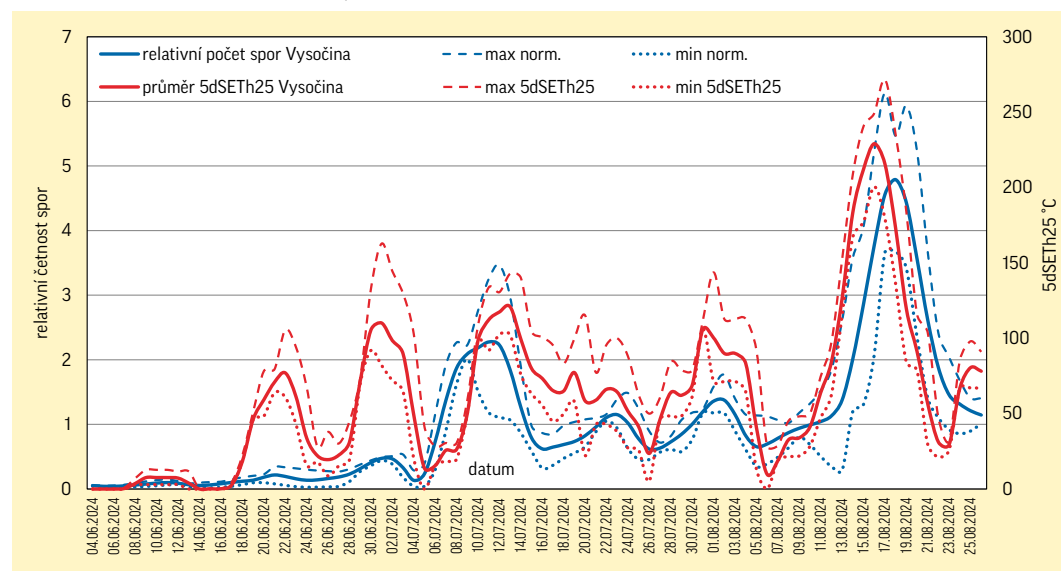


VÝSLEDKY A DISKUSE

Normalizované a zprůměrované četnosti výskytu spor v průběhu vegetačního období pro tři lokality v bramborářské oblasti na Vysočině jsou znázorněny na Grafu 2, včetně hodnot charakteristiky 5dSETh25. Na první pohled je zde zřejmá podobnost průběhu obou křivek. Mírné posuny ve výskytu extrémů lze přičíst na vrub skutečnosti, že odběry exponovaných jehel nebyly prováděny každodenně. V tomto grafu jsou pro obě veličiny znázorněny i jejich maximální a minimální hodnoty a určují tak variační rozpětí, v němž se tyto veličiny pohybovaly. Je tak možno konstatovat, že v klimaticky víceméně homogenní oblasti, jakou Vysočina bezesporu je, podobný průběh 5dSETh25 má za následek i podobný průběh změn relativních četností spor. Spory *A. alternata* se začaly objevovat v roce 2024 v druhé polovině června po prvních vlnách dnů s vyššími teplotami nad 25 °C, a to zpočátku pozvolna. Nejprve muselo dojít k napadení hostitelských rostlin, ať již to byly neošetřené porosty brambor, anebo jiné rostliny v okolí, a až poté k další sporulaci. Při další vlně vyšších teplot v první polovině července s hodnotami jen o málo vyššími než v předchozích dvou vlnách již došlo k masivní produkci spor. V druhé polovině tohoto měsíce byly teploty o něco nižší, ale přesto dosahovaly letních hodnot. Četnosti zachycených

spor se snížily a vyskytovala se jenom lokální maxima ve dnech s vyššími teplotami. Absolutní maximum charakteristiky 5dSETh25, následované maximem relativní četnosti spor, se vyskytlo v polovině srpna. Toto období bylo nejteplejší v průběhu vegetace v tomto roce, přičemž vysoké teploty přišly v době, kdy byl již i dostatek napadených rostlin, z nichž se spory mohly uvolňovat.

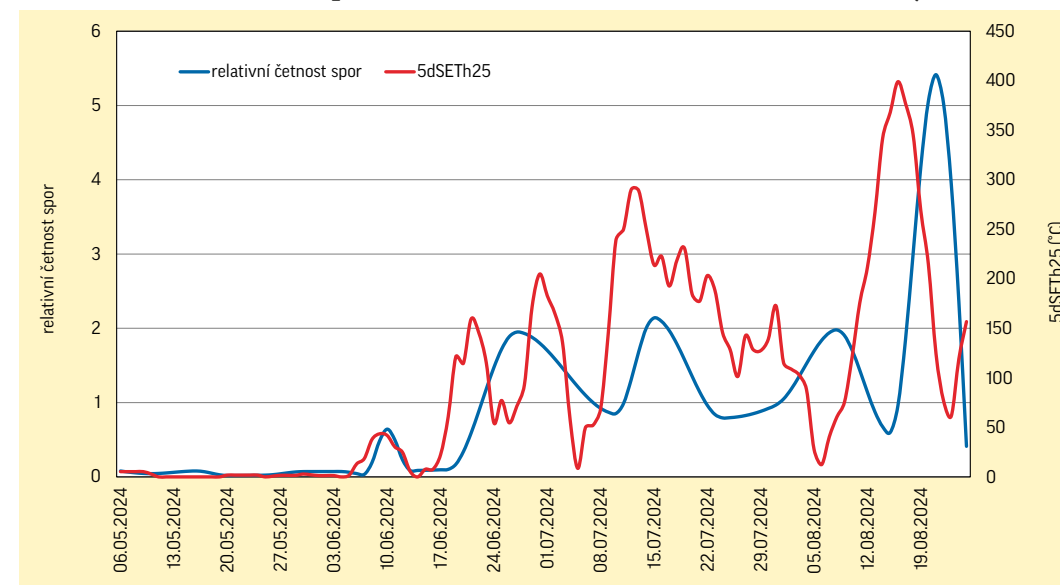
Graf 2: Relativní četnost spor *A. alternata* na třech lokalitách ČM Vysočiny a průměrné hodnoty 5dSETh25



Poněkud odlišný byl průběh záchytu spor v ranobramborářské oblasti v Moravském Žižkově (Graf 3). Lapač spor byl umístěn v porostu neošetřovaných brambor, vysázených koncem března. První spory byly detekovány již kolem poloviny června, při prvním výskytu dnů s teplotami nad 25 °C. Během následujícího mírného ochlazení produkce spor poklesla, avšak po oteplení v závěru června a v červenci se opět zvýšila. Podobně jako na Vysočině se až do konce zpracovaného období vyskytovaly dny s letními teplotami, takže křivka 5dSETh25 se jen v ojedinělých případech přibližovala k nule, a proto se i počet zachycených spor ve všech termínech pohyboval na poměrně vysoké úrovni. Maximum zachycených spor a zároveň i maximum v hodnotách 5dSETh25 se i v tomto případě vyskytlo až v polovině srpna.

V roce 2025 při vyhodnocování záchytu spor *Alternaria spp.* v denním kroku (Graf 4) se první spory vyskytly již začátkem měsíce května při několika denním oteplení, avšak během následujícího ochlazení jejich počty klesaly k nule a v mírně zvýšené míře se začaly objevovat až při vzestupu teplot nad 25 °C začátkem června. I přes výrazné maximum

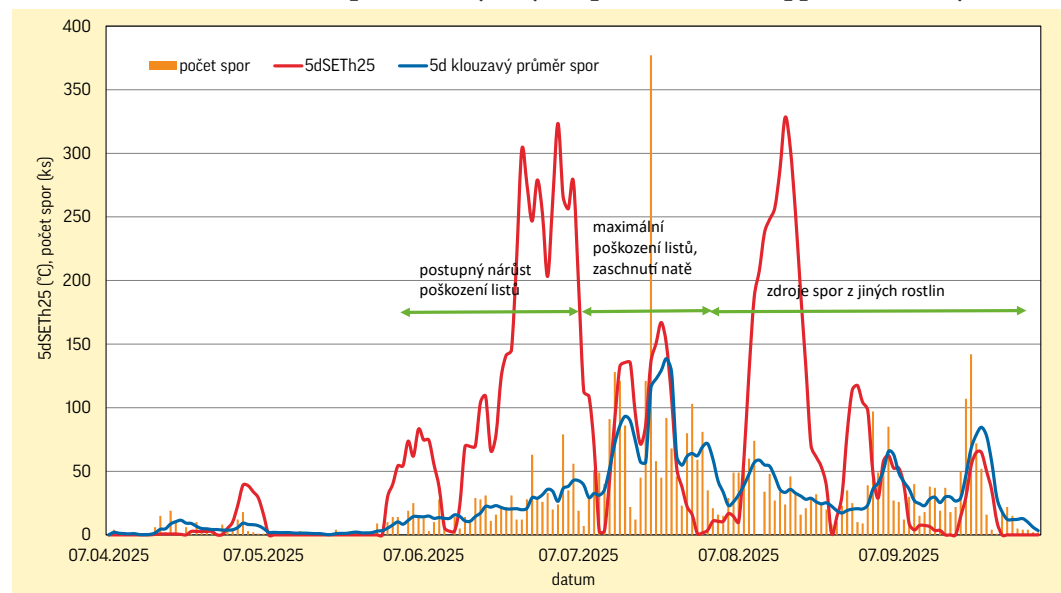
Graf 3: Relativní četnost spor *A. alternata* v Moravském Žižkově a hodnoty 5dSETh25



hodnot 5dSETh25 v druhé polovině tohoto měsíce nedošlo k výraznému zvýšení počtu zachycených spor, jako tomu bylo v předchozím roce. Příčinu je pravděpodobně možné hledat ve výrazně chladnějším květnu. V roce 2025 byla jeho průměrná teplota v Moravském Žižkově 13,9 °C, zatímco 17,2 °C v roce 2024. Proto byl vývoj porostů zřejmě opožděn a převládala v nich mladší pletiva lépe odolávající vzniku alternariových skvrnitostí. Počty uvolňovaných spor byly tudíž nízké. Tento pozvolný nástup tvorby spor byl srovnatelný s pozorováním v roce 2024 na chladnější Vysočině. Obdobně byl pak i následován výrazným maximem počtu spor v polovině července v důsledku teplejších dní při již dostatečném počtu infikovaných rostlin, avšak při menších hodnotách 5dSETh25. Maximum 5dSETh25 se i v tomto roce vyskytlo v srpnu, nevyvolalo však již tak velkou produkci spor jako v roce předcházejícím, došlo u nich jen k mírnějšímu zvýšení. Do konce vegetačního období se pak vyskytly ještě další dvě lokální maxima počtu spor v září, vždy související s vzestupem hodnot 5dSETh25. Nejtěsnější vazbu mezi počtem zachycených spor a hodnotou 5dSETh25 bylo možné pozorovat v červenci, kdy již byla nař brambor značně napadena a uvolňování spor pak záviselo čistě na povětrnostních faktorech.

Z výsledků je zřejmé, že závislost mezi charakteristikou 5dSETh25 není v průběhu celého vegetačního období lineární a závisí do značné míry na schopnosti okolních porostů vytvářet a uvolňovat spory alternarií. Experimenty prokázaly, že při zvýšených hodnotách této charakteristiky dochází i ke zvýšení počtu spor oproti předcházející úrovni, při jejím poklesu klesají i počty spor. Lze proto předpokládat, že charakteristika 5dSETh25 je vhodným ukazatelem, který může upozorňovat pěstitele na zvýšené nebezpečí rozvoje alternariových skvrnitostí a na nutnost provést odpovídající opatření.

Graf 4: Průběh 5dSETh25 a počet zachycených spor *Alternaria* spp. – Moravský Žižkov



ZÁVĚR

Z provedeného hodnocení záchytu spor *Alternaria alternata* (2024) a dalších druhů rodu *Alternaria* (2025) ve dvou po sobě jdoucích letech a v rozdílných pěstitelských oblastech ČR je patrné, že jejich výskyt úzce souvisí s vývojem teplot vzduchu. Ve všech sledovaných lokalitách se potvrdilo, že zvýšené hodnoty charakteristiky 5dSETh25 (součet hodinových efektivních teplot nad 25 °C za předchozích 5 dnů) byly následovány nárůstem počtu zachycených spor, zatímco při poklesu této hodnoty se počet spor snižoval. Tato vazba však není zcela lineární, protože je významně ovlivněna i fenologickým stavem porostů a přítomností již napadených pletiv, z nichž mohou být spory uvolňovány.

Z výsledků rovněž vyplývá, že nejvyšší produkce spor nastává v období, kdy se současně vyskytují vysoké teploty a v porostu je již dostatek infikovaných či zasychajících rostlin. To bylo patrné zejména v teplejších lokalitách a v pozdějších fázích vegetace. Chladnější jarní podmínky – jako v roce 2025 – mohou naopak nástup sporulace zpomalit, i když se následně objeví teplotní maxima.

Lze tedy říci, že charakteristika 5dSETh25 představuje užitečný ukazatel pro odhad rizika zvýšeného výskytu spor, a tím i rozvoje alternariových skvrnitostí. Ačkoli sama o sobě nevysvětluje všechny rozdíly mezi jednotlivými ročníky a lokalitami, může být cennou součástí rozhodovacích systémů pro ochranu rostlin a pomoci pěstitelům lépe načasovat preventivní zásahy proti této chorobě.

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 RO1625.

LITERATURA

- DELGADO-BAQUERIZO, M. – GUERRA, C. A. – CANO-DÍAZ, C. – EGIDI, E. – WANG, J.-T. – EISENHAUER, N. *et al.* (2020): The proportion of soil-borne pathogens increases with warming at the global scale. *Nature Climate Change*, 10: 550–554. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0759-3>
- GRINN-GOFRÓN, A. – BOSIACKA, B. – BEDNARZ, A. *et al.* (2018): A comparative study of hourly and daily relationships between selected meteorological parameters and airborne fungal spore composition. *Aerobiologia*, 34(1): 45–54. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10453-017-9493-3>
- HUSSAIN, S. – ABBAS, A. – ALI, M. – JAHAN, I. – JABRAN, M. – AHMED, M. A. – AHMED, Z. F. R. – ZHANG, X. (2025): Diversity of *Alternaria*-derived toxins and their toxicodynamic and toxicokinetic characteristics in the food chain. *Food Frontiers*, 6(1): 185–217. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/fft2.507>
- CHECK, J.C. – HARKNESS, R. J. – HEGER L. – SAKALIDIS, M. L. – CHILVERS, M. I. – MAHAFFEE, W.F. – MILES, T.D. (2024): It's a trap! Part I: Exploring the applications of rotating-arm impaction samplers in plant pathology. *Plant Disease*, 108(7): 1910–1922. doi: 10.1094/PDIS-10-23-2096-FE.
- JAMBHULKAR, P. P. – JAMBHULKAR, N. – MEGHWAL, M. – AMETA, G. S. (2016): Altering conidial dispersal of *Alternaria solani* by modifying microclimate in tomato crop canopy. *Plant Pathology Journal*, 32(6): 508–518. Dostupné z: <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.06.2015.0101>
- LITSCHMAN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E. – SEDLÁK, P. – SEDLÁKOVÁ, V. (2024): Vliv průběhu teplot ve vegetaci na výskyt alternariových skvrnitostí u brambor. *Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod*, 30: 19–32.
- PATEL, J. V. – GOHEL, N. M. – PRAJAPATI, D. – PARMAR, D. M. (2024): Effect of weather factors on severity of early blight incited by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Jones and Grout in potato. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(3): 69–75. Article no.IJPSS.112411
- PLAZA, MARIA P. – OTEROS, J. – LEIER-WIRTZ, V. – KOLEK, F. – MENZEL, A. – BUTERS, J. T. M. – TRAIL-HOFFMANN, C. – DAMIALIS, A. (2025): A multi-scale analysis of airborne *Alternaria* spore dispersal: influence of meteorology, land cover and air pollution. *Agricultural and Forest Meteorology*, 372: 110716. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110716>.
- SALOTTI, I. – GIORNI, P. – DALL'ASTA, C. – BATTILANI, P. (2025): Modeling temperature requirements for growth and toxin production of *Alternaria* spp. associated with tomato. *Toxins (Basel)*, 17(8): 361. doi: 10.3390/toxins17080361. PMID: 40864037; PMCID: PMC12390012.
- SALOTTI, I. – GIORNI, P. – BATTILANI, P. (2024): Biology, ecology, and epidemiology of *Alternaria* species affecting tomato: ground information for the development of a predictive model. *Front. Plant Science*, 15: 1430965. doi: 10.3389/fpls.2024.1430965
- SÁNCHEZ ESPINOSA, K. C. – AIRA, M. J. – FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M. – RODRÍGUEZ-RAJO, F. J. (2024): Airborne *Alternaria* spores: 70 annual records in northwestern Spain. *Journal of Fungi*, 10(10), 681. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/jof10100681>
- SEDLÁK, P. – SEDLÁKOVÁ, V. – LITSCHMANN, T. – ČÍLOVÁ, D. – MELOUNOVÁ, M. – VAŠEK, J. – HAUSVATER, E. – DOLEŽAL, P. (2025): New system for detection of potato leaf pathogens spores based on rotation traps and ddPCR. *Journal of Plant Diseases and Protection*. v tisku
- SHIVAJYOTHI, N. – SINGH, P. K. – PATEL, S. K. – SINGH, P. – HARINDRA, M. – VYDYANAD, T. A. C. (2023): Influence of different weather parameters on development of early blight of tomato in Gird region of Madhya Pradesh, India. *Eco. Env. & Cons*, 29(January Suppl. Issue): S351–S355.

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E. – SEDLÁK, P. – ŠEDO VÁ, A. – SEDLÁKOVÁ, V.
**CHANGES IN THE CONCENTRATION OF *ALTERNARIA* spp. SPORES DEPENDING ON THE
SUM OF EFFECTIVE TEMPERATURES ABOVE 25 °C**

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2025, 31: 23–32

The paper summarizes the results of trials on spore traps placed in potato crops in 2024 and 2025 with the aim of obtaining data on frequencies of spores of certain *Alternaria* species during the growing season and correlating them with the five-day sum of hourly effective temperatures above 25 °C (5dSETh25). The traps were placed in several localities of the Bohemian-Moravian Highlands and southern Moravia. It was shown that the characteristic 5dSETh25 is a relatively good indicator of the dynamics of the number of *Alternaria* spp. spores in the air and the associated development of early blight in crops. However, the absolute number of spores also depends on other factors, the most important of which is the presence of infected plants in the surroundings. In connection with other methods indicating resistance of the crop to infection, the characteristic 5dSETh25 can be used for forecasting risk of early blight development in grown crops and application of timely intervention by growers.

Alternaria alternata; early blight; P-days; forecast

Kontakt:

RNDr. Tomáš LITSCHMANN, Ph.D.
691 01 Moravský Žižkov
Česká republika
mobil: +420 731 702 744
e-mail: amet@email.cz

