

VLIV PRŮBĚHU TEPLOT VE VEGETACI NA VÝSKYT ALTERNARIOVÝCH SKVRNITOSTÍ U BRAMBOR

THE EFFECT OF TEMPERATURE PROGRESS IN VEGETATION ON EARLY BLIGHT OCCURRENCE IN POTATOES

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

¹AMET, Moravský Žižkov, ²Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o.

³Česká zemědělská univerzita v Praze

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E. – SEDLÁK, P. – SEDLÁKOVÁ, V.
VLIV PRŮBĚHU TEPLOT VE VEGETACI NA VÝSKYT ALTERNARIOVÝCH SKVRNITOSTÍ U BRAMBOR

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2024, 30: 19–32

V příspěvku jsou vyhodnocena pětiletá pozorování výskytu alternariových skvrnitostí na odrůdách zařazených do Sortimentu doporučených odrůd (SDO) a dána do souvislosti s teplotní charakteristikou suma hodinových efektivních teplot nad 25 °C (SETh25). Je ukázáno, že zejména teploty nad touto hranicí výrazně přispívají k rozvoji těchto chorob v porostech brambor. Byl rovněž vytvořen ukazatel vhodnosti teplotních podmínek pro rozvoj alternariových skvrnitostí v průběhu vegetačního období založený na pětidenní sumaci hodinových efektivních teplot nad 25 °C (5dSETh25).

Pro vyjádření změn podmínek pro rozvoj alternariových skvrnitostí v minulých desetiletích byly vypočítány SETh25 pro jednotlivé roky za období 1961–2023 pro H. Brod, přičemž se ukázalo, že v posledním desetiletí dosahují dvou až třinásobných hodnot oproti období 1961–1990. Rovněž v ročním chodu ukazatele 5dSETh25 v období 2014–2024 je možno pozorovat značné zvýšení hodnot oproti období 1961–1990, přičemž maxima jsou dosahována až v průběhu srpna.

alternariové skvrnitosti; suma efektivních teplot; změna klimatu

ÚVOD

Změna klimatu modifikuje hodnoty a průběh většiny meteorologických veličin, jež jsou většinou navzájem svázány nejrůznějšími fyzikálními zákony, do nichž obvykle vstupuje jako nezávisle proměnná veličina teplota vzduchu. Ta se celoplanetárně zvyšuje v důsledku nevyvážené radiační bilance, kdy atmosféra Země přijímá o něco více energie, než vyzařuje zpět do kosmického prostoru v důsledku působení radiačně aktivních plynů, jejichž koncentrace v ovzduší neustále vzrůstá.

Klimatická změna se projevuje postupným zvyšováním nejen průměrných teplot, ale stále větší četností dnů, v nichž teploty překračují hranice stanovené pro letní a tropické dny. Dny s těmito extrémními teplotami ovlivňují negativně růst brambor a ve zvýšené míře působí zejména na houbové patogeny s polycyklickým vývojem a jimi vyvolaná poškození na listech brambor oslabených teplotním stresem.

Výskyt a průběh dané choroby obecně závisí na třech faktorech – přítomnosti patogenu, stavu rostliny a na okolním prostředí (tzv. trojúhelník choroby), přičemž klimatická změna ovlivňuje všechny tři faktory. Změna parametrů okolního prostředí, především pak meteorologických veličin ovlivněných klimatickou změnou, může být příznivá anebo nepříznivá pro rozvoj patogenu, stejně tak jako příznivá pro růst rostlin anebo naopak vyvolávající u nich abiotický stres. Nejméně příhodná je pak kombinace faktorů příznivě ovlivňujících vývoj patogenu a současně vyvolávající stres u rostlin a umožňující tak jeho snazší pronikání do rostlinných pletiv. Zvyšující se pozorované četnosti výskytu alternariových skvrnitostí v porostech brambor mohou naznačovat, že u tohoto patogenu dochází právě k této kombinaci. Projevuje se to zejména v oblastech, kde se v minulosti toto poškození vyskytovalo jen zřídka a v omezené míře, a nebyly proti němu prováděny cílené zásahy, avšak se změnou klimatu došlo k zintenzivnění četnosti i projevů a je zapotřebí mu věnovat v současnosti i budoucnosti zvýšenou pozornost.

Jelikož z našeho území nejsou k dispozici údaje o výskytu poškození alternariemi, anebo ještě lépe jeho průběh během vegetace, jednotnou metodiku a z jednoho místa za delší časové období, snažili jsme se proto nejprve dát do souvislosti několikaletá podrobná pozorování přímo v porostech s vhodnou klimatologickou charakteristikou a u té pak zjišťovat její změnu za delší časové období. Díky soustavné a systematické práci klimatologů v minulosti i současnosti máme z našeho území dostatečně dlouhé časové řady homogenních meteorologických údajů vhodných pro toto použití.

V předloženém příspěvku jsme se pokusili dát do souvislosti vyšší teploty vzduchu, vyjádřené pomocí hodinových sum efektivních teplot nad 25 °C, a průběh poškození listů bramboru na několika skupinách odrůd za pětileté období pozorování. Rovněž byl stanoven vývoj ročních sum těchto efektivních teplot stanovený na základě naměřených maximálních denních teplot pro lokalitu Havlíčkův Brod od roku 1961 do 2023 a na něm byl dokumentován jejich výrazný nárůst v posledních desetiletích.

MATERIÁL A METODY

Ke zpracování byly využity hodnoty o poškození listové plochy alternariovými skvrnitostmi na pokusné stanici Výzkumného ústavu bramborářského (VÚB) ve Valečově za období 2020–2024 prováděné v rámci ověřování Seznamu doporučených odrůd (SDO). SDO obsahoval v letech 2020–2024 vždy v jedné skupině několik odrůd velmi raných (VR – 6 až 11 odrůd), raných (R – 10 až 13 odrůd), poloraných (PLR – 6 až 8 odrůd) a polopozdních až pozdních (PLP-PP – 1 až 3 odrůdy). Hodnocení napadení listů v % alternariovými skvrnitostmi bylo prováděno přibližně v týdenních intervalech ve dvou opakováních. Pro každou skupinu odrůd byly vypočítány průměrné hodnoty napadení v jednotlivých termínech. Meteorologické údaje o teplotě vzduchu byly použity z automatické stanice Meteo-UNI (AMET, Velké Bílovice) v Havlíčkově Brodě v areálu VÚB, umístěné nedaleko stanice ČHMÚ, z níž byly do dalšího zpracování použity maximální denní teploty vzduchu od roku 1961.

Z naměřených čtvrt hodinových hodnot teploty vzduchu za období 2014–2024 byly vypočítány hodinové průměry a ty byly použity ke stanovení sum hodinových efektivních teplot (LITSCHMANN a JUROCH (1997)) nad 25 °C (ETh25). Tato nezvyklá prahová hodnota byla zvolena z důvodu maximálního růstu mycelia *Alternaria alternata* a *Alternaria solani* při teplotách 25–30 °C, jak uvádí LINGWAL, *et al.* (2018). Obdobně KUMAR a SINGH (2022) u *A. solani* uvádějí pro maximální růst mycelia teplotu 25 °C následovanou teplotou 30 °C. Při těchto a vyšších teplotách rovněž dochází ke stresu u hostitelských rostlin bramboru, čímž se stávají citlivější k rozvoji choroby na listech. Většina studií uváděných v přehledovém článku SÁNCHEZ-CORREA *et al.* (2024) považuje za optimální pro růst brambor teploty okolo 20 °C. Při překročení hranice 25 °C dochází k omezení růstu hlíz, a negativně jsou též ovlivněny metabolické procesy v různých fázích vývoje rostlin (GAUTAM *et al.*, 2024).

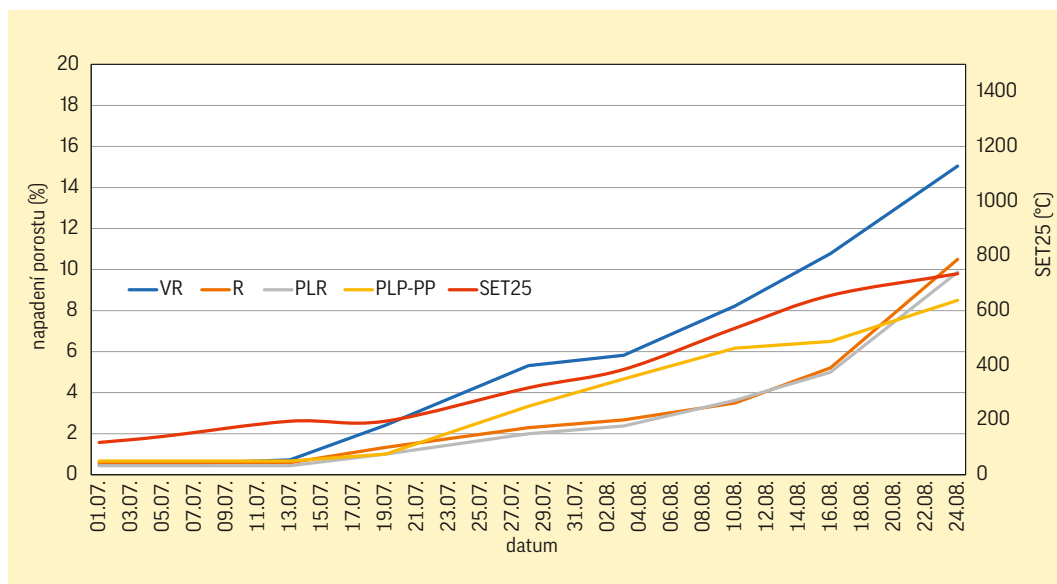
Sumy hodinových efektivních teplot za pětileté období 2020–2024 byly použity k porovnání jejich průběhu s vývojem napadení alternariovými skvrnitostmi v jednotlivých letech u jednotlivých skupin odrůd, a pak k určení závislosti mezi sumou ETh25 v jednotlivých dnech a maximální denní teplotou. Této závislosti bylo následně využito ke stanovení vývoje těchto sum od roku 1961. Dále jsme vycházeli z úvahy, že ojedinělé překročení hranice 25 °C se neprojeví tak negativně jako kumulativní působení vysokých teplot po několik, po sobě následujících, dnů. V jednotlivých letech proto byly spočítány klouzavé sumy ETh25 vždy pro daný den a čtyři předcházející, což umožňuje kvantifikovat dlouhodobější působení vysokých teplot na rostliny a jejich patogeny.

VÝSLEDKY A DISKUSE

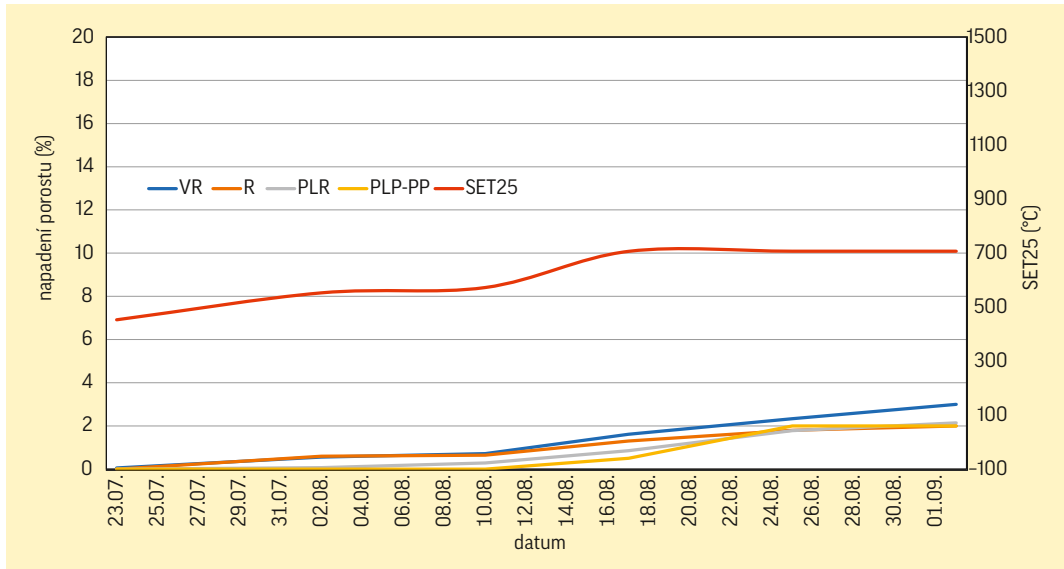
Vztah mezi vývojem napadení alternariovými skvrnitostmi a SETh25

Na Obr. 1 až 5 jsou vyneseny průběhy napadení porostů jednotlivých skupin odrůd brambor v letech 2020 až 2024 společně s vývojem sum efektívních teplot nad 25 °C. Ve všech těchto grafech je patrná určitá míra korelace mezi nárůstem poškození a růstem těchto sum. Dobře pozorovatelné je to např. v letech 2020 a 2024, kdy sumy v průběhu vegetační sezóny plynule narůstaly a současně s tím se zvyšoval i rozsah napadení porostů. Naproti tomu v roce 2021 byl nárůst teplotních sum velmi mírný a proto rovněž i poškození se vyvíjelo velmi pozvolna a ke konci sezóny dosáhlo jenom několika procent. Rok 2023 je kombinací období s vyššími teplotami, přesahujícími 25 °C, a chladnější periodou s nižšími teplotami. Obr. 4 ukazuje, že v průběhu růstu teplotní sumy na začátku a ve druhé polovině sledovaného období se obdobně zvyšoval rovněž rozsah poškození alternariovými skvrnitostmi. Avšak v chladnějším období mezi nimi, kdy teplotní sumy stagnovaly, se příliš neměnil ani rozsah poškození porostů.

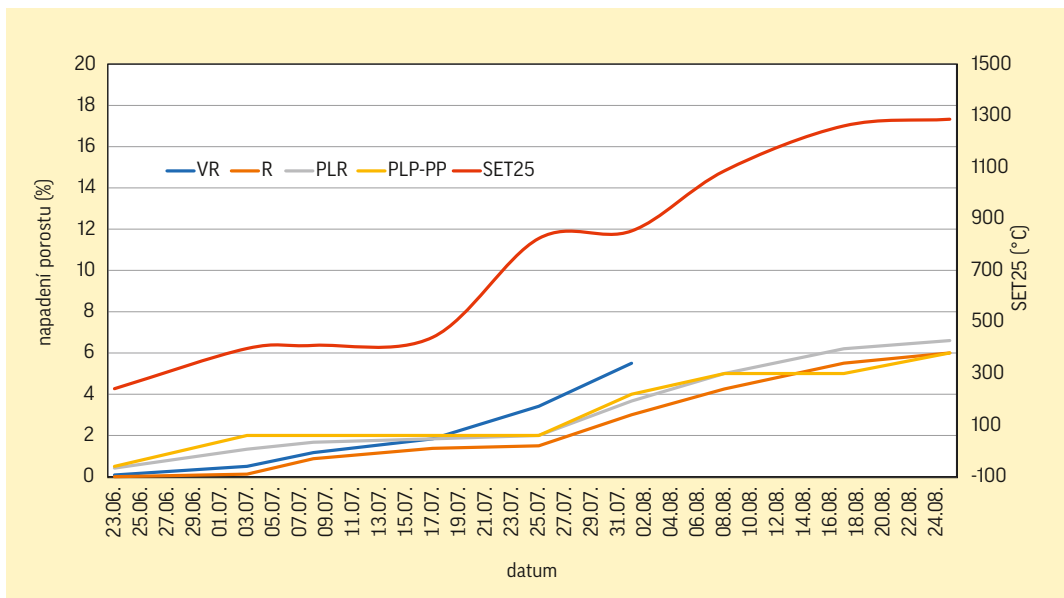
Obr. 1: Vývoj napadení porostů alternariovými skvrnitostmi ve výzkumné stanici VÚB Havlíčkův Brod ve Valečově v roce 2020



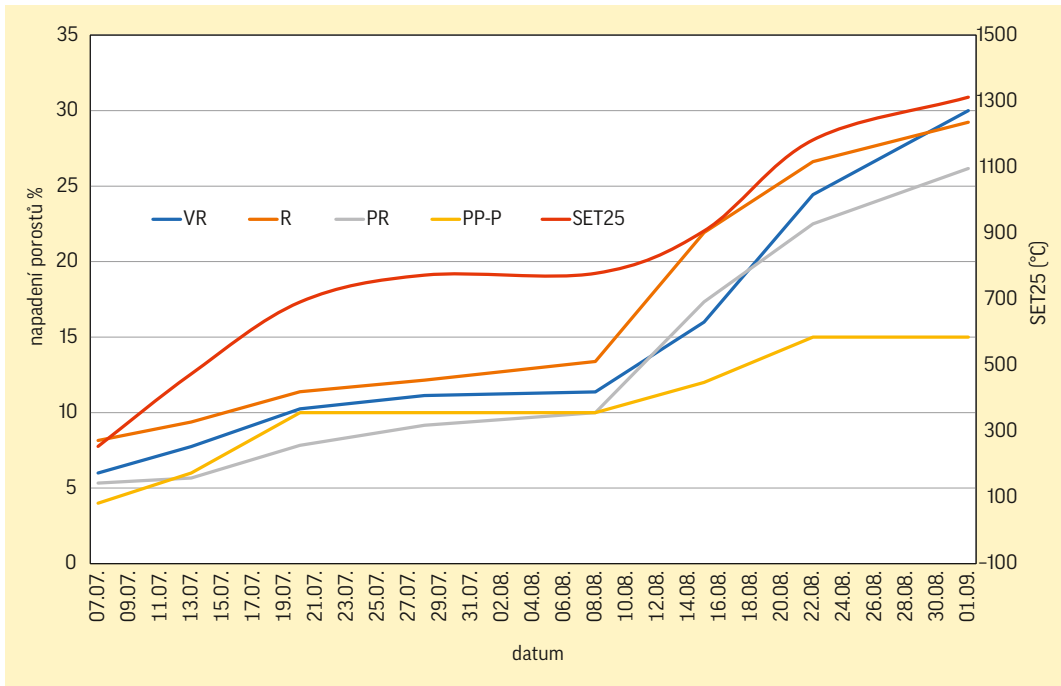
Obr. 2: Vývoj napadení porostů alternariovými skvrnitostmi ve výzkumné stanici VÚB Havlíčkův Brod ve Valečově v roce 2021



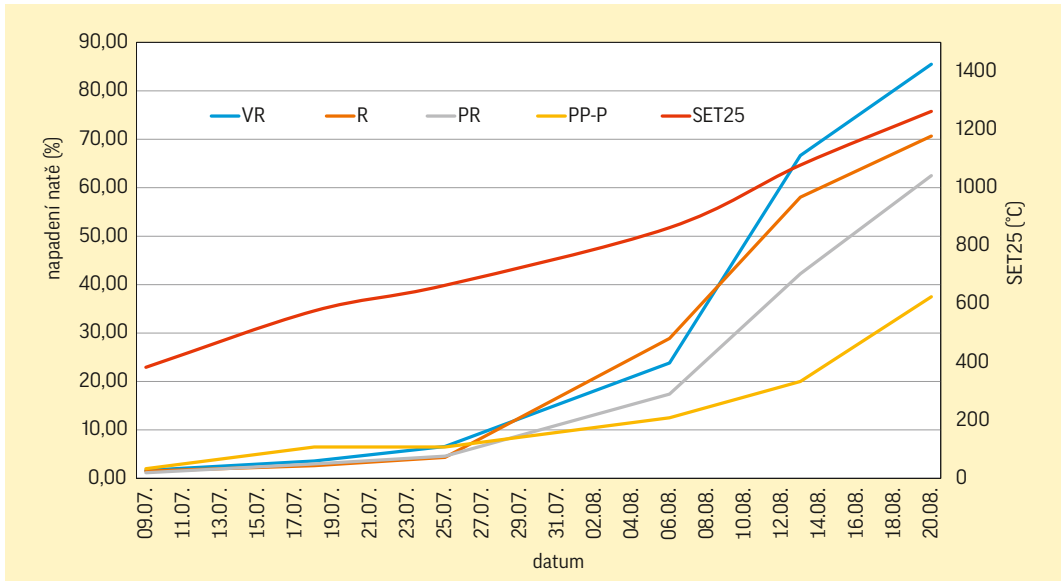
Obr. 3: Vývoj napadení porostů alternariovými skvrnitostmi ve výzkumné stanici VÚB Havlíčkův Brod ve Valečově v roce 2022



Obr. 4: Vývoj napadení porostů alternariiovými skvrnitostmi ve výzkumné stanici VÚB Havlíčkův Brod ve Valečově v roce 2023



Obr. 5: Vývoj napadení porostů alternariiovými skvrnitostmi ve výzkumné stanici VÚB Havlíčkův Brod ve Valečově v roce 2024



Na základě těchto grafů lze tedy předpokládat určitou spojitost mezi průběhem napadení listů a vyššími teplotami v průběhu dne přesahujícími 25 °C. Není to určité podmínka zcela postačující, sporulaci a infekci pravděpodobně ovlivňují i další abiotické faktory, mezi něž lze zařadit kolísání vzdušné vlhkosti, ovlhčení povrchů listů apod. Například HUSSAIN *et al.* (2022) uvádějí vysokou kladnou korelaci mezi rozvojem choroby a maximální i minimální teplotou vzduchu, naopak korelace s minimální vlhkostí vzduchu je slabší a záporná, přesto statisticky významná. Znamená to tedy, že čím je vyšší teplota vzduchu, tím vyšší je napadení rostlin, k čemuž statisticky přispívá i nižší minimální vlhkost vzduchu. V našich podmínkách je v teplotě vzduchu v průběhu dne za určitých podmínek obsažena současně i informace o jeho relativní vlhkosti. Se vzrůstající teplotou při stejném obsahu vodní páry v atmosféře jeho relativní vlhkost klesá, což by mohlo vysvětlovat zjištěnou negativní závislost. Nejnižší relativní vlhkosti vzduchu proto za jasných slunečních dnů bývají většinou naměřeny v období výskytu nejvyšších teplot. Vysoké letní teploty se obvykle vyskytují za jasných dnů v oblasti tlakových výší, kdy v průběhu noci dochází k utišení větru, vysokému efektivnímu vyzařování povrchů rostlin a tím i k tvorbě rosy na listech, což je jedna z dalších uváděných podmínek pro rozvoj alternariových skvrnitostí.

Roční chod pětidenních klouzavých sum ETh25

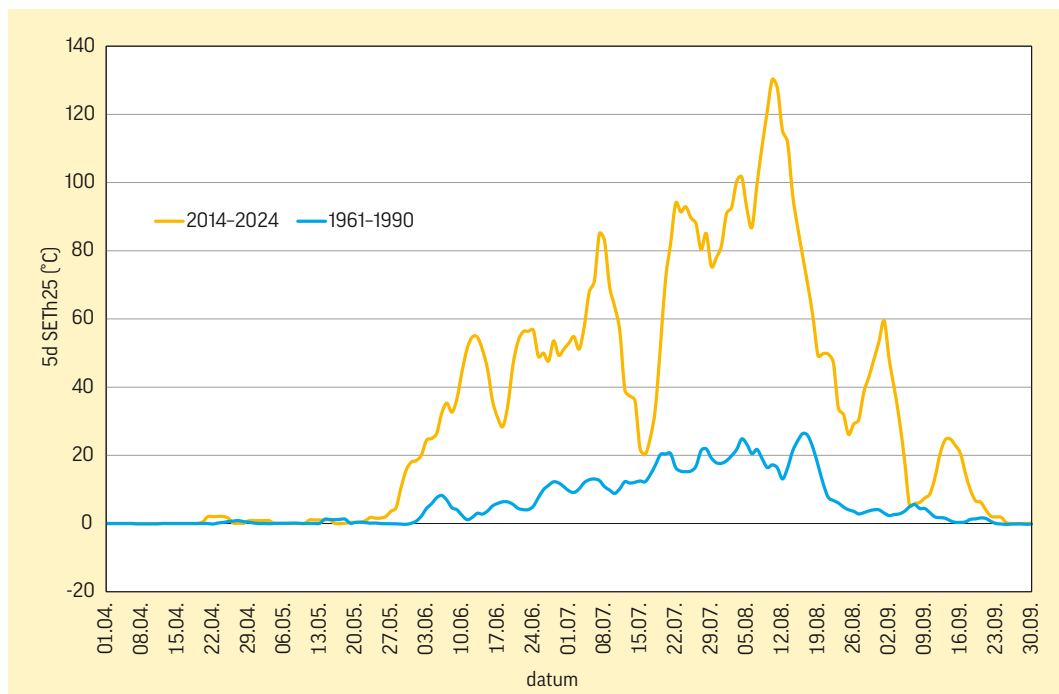
V předchozí kapitole bylo dokumentováno, že sumy hodinových efektivních teplot nad 25 °C s doprovodnými meteorologickými jevy do určité míry ovlivňují výskyt alternariových skvrnitostí v porostech brambor, ať již v důsledku zvýšeného růstu mycelia příslušných patogenů, anebo oslabení rostlin vysokými teplotami. Předpokládali jsme, že pokud toto působení vysokých teplot bude mít dlouhodobější charakter, podmínky pro vznik poškození budou příznivější než za ojedinělých jednodenních excesů. Stanovili jsme proto období 5 dnů jako vhodné pro sumu hodinových efektivních teplot nad 25 °C, u něhož lze předpokládat již dlouhodobější negativní působení na rostliny.

Tyto klouzavé sumy teplot byly vypočítány z hodinových průměrných teplot naměřených automatickou meteorologickou stanicí v Havlíčkově Brodě za jedenáctileté období 2014–2024 a pro jednotlivé dny zprůměrovány. Takto získaný roční chod pětidenních sum je znázorněn na Obr. 6. Pro porovnání, k jak výrazně změně došlo oproti druhé polovině minulého století, je do grafu přidána i křivka vypočítaná z maximálních denních teplot (viz níže) pro H. Brod za období 1961–1990. V dlouhodobém průměru sumy nad letními teplotami začínají vzrůstat v období 2014–2024 přibližně na začátku června. Po 8. červnu, kdy většinou začíná nad naše území proudit chladnější a vlhčí vzduch v rámci evropského monzonu (BEDNÁŘ, 1993), dochází k jejich mírnému poklesu a následnému vzestupu až do počátku července. Přibližně ve druhé červencové dekádě nastává v dlouhodobém průměru výraznější ochlazení a pokles sum ETh25. Z Obr. 1 až 5 za posledních 5 let lze vypořadovat, že v tomto období skutečně většinou dochází i ke zpomalení progresu choroby na listech brambor. Zatím lze jen těžko stanovit, proč zrovna v tomto období docházelo

v průměru v posledních jedenácti letech k poklesu počtu dnů s letními teplotami. Nejvyšší průměrné hodnoty pětidenních sum ETh25 se podle Obr. 6 vyskytují až koncem první srpnové dekády. V tomto období většinou dochází k nárůstu poškození alternariovými skvrnitostmi, jednak v důsledku vyšších déletrvajících teplot, ale též i v důsledku většího rozsahu nekrotických skvrn a lézí na listech uvolňujících větší množství spor. Svoji úlohu u některých odrůd má již počínající senescence nati a tím nižší náchylnost k infekci. Četnější výskyt zachycených spor rodu *Alternaria* i větší rozsah poškození od poloviny července do poloviny srpna uvádí i GAWIŇSKA-URBANOWICZ a KAPSA (2013) a pro druhou a třetí červencovou dekádu SHPANEV a SMUK (2022). Porovnání křivky z let 2014–2024 s křivkou 1961–1990 na Obr. 6 ukazuje na výrazný nárůst déletrvajících období s letními teplotami v posledním období.

Použitá pětidenní suma hodinových sum efektivních teplot nad 25 °C je proto zřejmě dobrým ukazatelem změny povětrnostních podmínek v průběhu roku a s tím i souvisejících změn ve výskytu alternariových skvrnitostí.

Obr. 6: Průměrné hodnoty pětidenních sum ETh25 pro Havlíčkův Brod za období 2014–2024 a jejich srovnání s obdobím 1961–1990

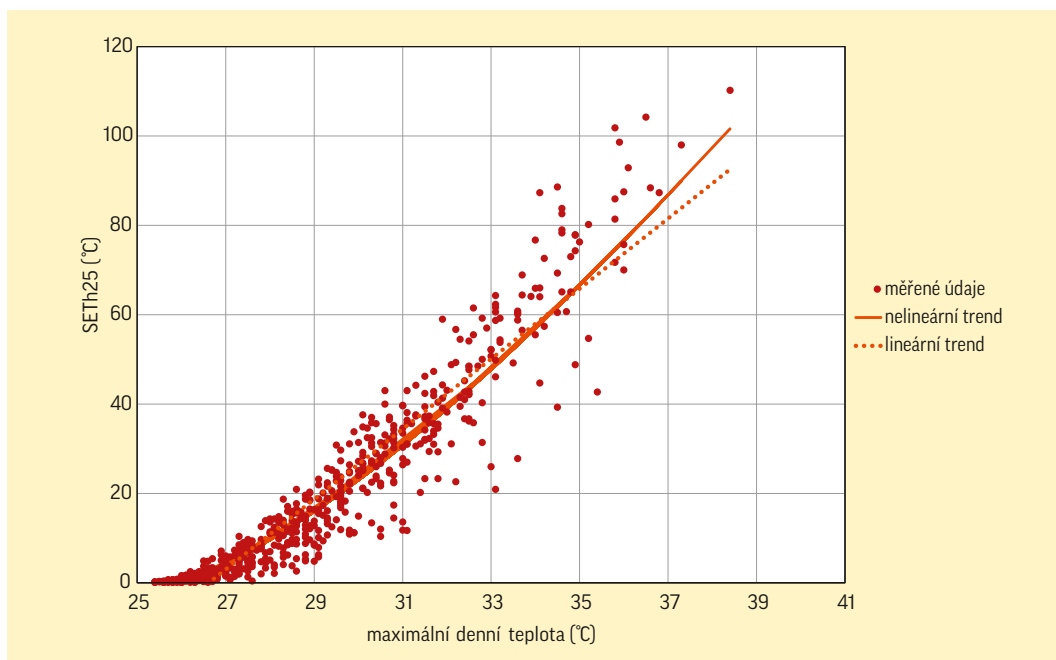


Dlouhodobější změny sum ET25

Historické meteorologické údaje, vhodné pro dlouhodobější sledování vývoje klimatu v daném místě, jsou z důvodu ručního měření jednotlivých veličin v minulosti dostupné pouze v denním kroku a nikoliv v kratších, desetiminutových anebo čtvrt hodinových intervalech, tak jak to umožňují současné automatické meteorologické stanice. U stanic s manuální obsluhou v minulosti se měření teploty vzduchu prováděla v termínech 7, 14 a 21 hodin středního místního času, odečet maximální teploty se prováděl v 21 hod. téhož času (SLABÁ, 1972; ŽÍDEK a LIPINA, 2003). Pokusili jsme se proto stanovit dlouhodobější změny SETh25 pomocí závislosti jejich denních hodnot na T_{max}. Na Obr. 7 je vynesena závislost mezi těmito dvěma veličinami pro údaje získané z automatické meteostanice v Havlíčkově Brodě za období 2014–2024. Ukazuje se, že tato závislost má v případě použití lineární závislosti hodnotu R² 0,89 a nezlepší se ani při zahrnutí minimálních teplot do výpočtu. Poněkud lepšího výsledku, zejména pak při vyšších maximálních teplotách, u nichž lineární závislost dává nižší hodnoty, lze dosáhnout použitím nelineárního vztahu, u nějž je hodnota R² 0,919.

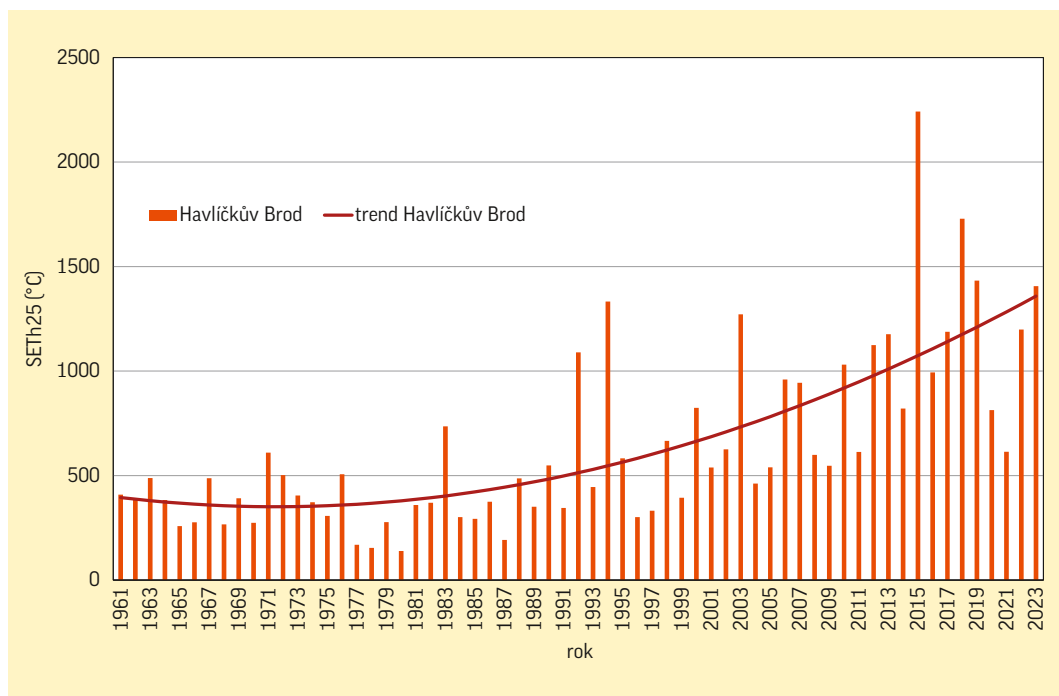
Vyšší rozptyl hodnot SETh25 pro jednotlivé maximální teploty vzduchu ukazuje, že pokud je to technicky možné, je lepší vždy použít k výpočtu pro konkrétní den naměřené hodinové teploty vzduchu a neodvozovat je z bodové hodnoty denního maxima.

Obr. 7: Závislost mezi SETh25 a maximální teplotou T_{max} pro Havlíčkův Brod za období 2014–2024



Lze však předpokládat, že v delším časovém horizontu jednoho vegetačního období se odchylky vypočítaných SETH25 pomocí nelineární rovnice navzájem vykompenzují a sumy efektivních teplot stanovené s použitím maximálních denních teplot se budou blížit hodnotám vypočítaným z průměrných hodinových teplot. Z veřejně dostupných denních meteorologických údajů ze stanic provozovaných ČHMÚ podle zákona 123/1998 Sb. jsme přepočítali maximální denní teploty na SETH25 pro meteorologickou stanici ČHMÚ v Havlíčkově Brodě za období 1961–2023. Výsledek je prezentován na Obr. 8. Ukazuje se, že až do konce 80. let dvacátého století teplotní sumy jen ojediněle překračovaly hodnotu 500 °C a pohybovaly se většinou kolem 200–300 °C. Avšak od počátku 90 let vzrůstaly a od počátku nového století stále častěji překračují hodnotu 1000 °C a v posledních letech již ojediněle překonávají anebo se alespoň blíží hodnotě 1500 °C. Jedná se tudíž o velmi výraznou změnu během několika desetiletí a lze předpokládat, že v budoucnu se budou sumy i nadále zvyšovat. Dá se proto předpokládat, že se i četnost a intenzita poškození porostů brambor alternariiovými skvrnitostmi v klasických bramborářských oblastech v dalších letech bude nadále zvyšovat a je zapotřebí tomuto problému věnovat zvýšenou pozornost. Podobně i SHSPANEV a SMUK (2022) potvrzují často v literatuře uváděný předpoklad, že za zvýšeným výskytem chorob vyvolaných alternariemi na bramborách je nutno hledat

Obr. 8: Hodnoty SETH25 vypočítané z maximálních denních teplot vzduchu pro Havlíčkův Brod za období 1961–2023



zvyšování teploty vzduchu během vegetačního období. Vysoké teploty mají silně pozitivní vliv na četnost výskytu a intenzitu rozvoje těchto chorob. Podobně i výsledky sledování RUNNO-PAURSONA *et al.* (2015) v letech 2010 a 2011 v severním Pobaltí ukazují, že v tomto regionu se výrazná poškození způsobená alternariemi stávají závažným problémem vyvolaným zvýšenou četností horkých letních dní. Tedy zřejmě těch s maximální teplotou nad 25 °C, což je klimatologicky uznávaná hranice pro definici letního dne.

ZÁVĚR

V předložené práci jsme se pokusili dát do souvislosti zvýšený výskyt alternariových skvrnitostí v posledních desetiletích s vyššími teplotami nad 25 °C a vhodnou klimatickou charakteristikou, kterou je suma hodinových efektivních teplot nad 25 °C. Ukázalo se, že průběh těchto sum ve většině let celkem dobře koresponduje s průběhem poškození na listech vyvolaném alternariovými skvrnitostmi.

Pro lepší charakteristiku sloužící k vyjádření dlouhodobějšího působení vysokých teplot na rostliny a vývoj choroby, jsou použity klouzavé pětidenní sumy ETh25. Při jejich zprůměrování pro jednotlivé dny v letech 2014–2024 se ukázaly rozdíly v průběhu ročního chodu teplot oproti typickým hodnotám z první poloviny minulého století. Vyvrcholení léta přichází později až počátkem srpna, zatímco kolem poloviny července byl zaznamenán poměrně výrazný pokles pětidenních sum ETh25 oproti předcházejícím i následujícím dnům. Tato skutečnost se poměrně dobře odráží většinou i ve vývoji rozsahu poškození listů. Pětidenní sumy ETh25 °C v průběhu jednotlivých vegetačních sezón mohou zároveň sloužit k vyjádření míry stresu bramborových porostů a jako ukazatel pro možný rozvoj projevů alternariových skvrnitostí na listech.

U vývoje ročních sum ETh25 byl zaznamenán jejich výrazný postupný nárůst od počátku devadesátých let minulého století nejprve na dvojnásobek a ke konci zpracovaného období v některých letech až na trojnásobek hodnot před rokem 1990. Zatím se neobjevily žádné nové poznatky, že by se růst teplot nejen na našem území měl zastavit anebo alespoň zpomalit. Proto je nutno počítat s tím, že bramborové porosty budou i nadále potřebovat aktivní ochranu proti alternariovým skvrnitostem. Zároveň stále se zvyšující teploty vzduchu budou negativně působit na vývoj a růst porostů a hlíz. K teplotnímu stresu se bude přidávat i stres z nedostatku vláhy vlivem nerovnoměrného rozdělení srážek během vegetace.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek vznikl s podporou výzkumného úkolu NAZV QK22010073 „Alternativní postupy ochrany brambor proti chorobám a škůdcům minimalizující negativní vliv na životní prostředí“ a institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace reg. č. MZE-RO1624.



Porost brambor napadený alternariovými skvrnitostmi



Detail alternariové skvrnitosti na listu bramboru



Alternariové skvrnitosti na listech bramboru



Projevy alternariových skvrnitostí

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E. – SEDLÁK, P. – SEDLÁKOVÁ, V.
**THE EFFECT OF TEMPERATURE PROGRESS IN VEGETATION ON EARLY BLIGHT
OCCURRENCE IN POTATOES**

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2024, 30: 19–32

The paper evaluates five-year monitorings of early blight occurrence in varieties included in the List of Recommended Varieties (SDO) and related to temperature characteristic sum of hourly effective temperatures above 25 °C (SETh25). It is shown that especially temperatures above this limit significantly contribute to early blight development in potato crops. An indicator of suitability of temperature conditions for development of early blight during growing season has also been developed based on five-day summary of hourly effective temperatures above 25 °C (5dSETh25).

To express changes in conditions for early blight development in past decades, SETh25 were calculated for individual years in the period 1961-2023 for Havlíčkův Brod and it was shown that they reached double or triple values in last decade compared to 1961-1990. For the annual progress of the indicator 5dSETh25 in the period 2014-2024 a significant increase of values was also recorded compared to 1961-1990 with peaks being reached in August.

early blight; sum of effective temperatures; climate change

Kontakt:

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