

ABIOTICKÉ FAKTORY PŘEŽÍVÁNÍ A VÝVOJE VYBRANÉHO ŠKODLIVÉHO ČINITELE

Abiotic factors of chosen pest survival and development

Středa T., Chuchma F., Rožnovský J.

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Abstrakt

Termín dosažení určitých fází vývoje poikilotermního organismu je zpravidla konstantní při dosažení určité sumy teplot. Matematickým vyjádřením souvislostí mezi empiricky naměřenými hodnotami sum efektivních teplot a jejich kvantifikovatelné odezvy je možné předpovídat okamžik dosažení konkrétní fáze vývoje, stavu populace atd. Cílem práce bylo zmapovat rizikovost vybraného škodlivého činitele ovocných druhů - obaleče jablečného (*Cydia pomonella*) na území ČR na základě srovnání teplotních konstant, voltinismu a dlouhodobých izoterm. Údaje o teplotách z jednotlivých stanic sítě ČHMÚ byly s využitím metod GIS převedeny do 10 km sítě a pro každý bod byly vypočteny pravděpodobnosti dosahování kritických termických konstant pro daný druh. Matematickým zpracováním dat byla stanovena predikce obligátního a fakultativního počtu generací vybraného škůdce. Pomocí izolinií byla graficky zobrazena rizikovost na mapách. Vymezením relací mezi mikroklimatem sadů a hodnotami naměřenými na lokální klimatologické stanici bylo provedeno upřesnění teplotních podmínek v sadu. Výsledky analýz diferencí teplot však ukázaly pouze nepatrné rozdíly mezi teplotami vzduchu v sadech a na standardních klimatologických stanicích.

Klíčová slova: škůdce, suma efektivních teplot, sady, obaleč jablečný, *Cydia pomonella*

Abstract

Certain development stage of poikilothermic organism is usually given by certain temperature sum achievement. Term of achievement of particular stage of population development, growth, state etc. can be estimated by mathematical expression of relationships between effective temperature sums and temperature demand of pests. Aim of the study was to explore the risk factors of selected fruit pest species - Codling Moth (*Cydia pomonella*) in the Czech Republic by comparison of thermal constant, voltinism and long-term isotherm. Temperature data of each CHMI network station were transferred into 10 km grid network using GIS methods. Probability of critical thermal constants achievement of given pest species was counted for each point. Prediction of obligate and facultative generations number of pests was prepared by mathematical data processing. Risk areas of the pest occurrence were graphically displayed on maps. Specific orchard temperature conditions were specified on the bases of relationships between orchard microclimate and variables of meteorological station. Results of temperature analyses showed just minimum differences between air temperatures in the orchards and at standard climatological stations.

Keywords: pest, effective temperatures sum, orchards, Codling Moth, *Cydia pomonella*

Úvod

Fyziologické a biochemické procesy u rostlin a poikilotermních živočichů jsou úzce vázány na podmínky vnějšího prostředí, zejména průběh teploty. Se stoupající teplotou prostředí se proces růstu a vývoje poikilotermního jedince zrychluje až po horní kritickou mez, horní práh vývoje, nad kterou teploty působí na růstové procesy negativně. Bylo zjištěno, že určitých fází

vývoje (růstu) dosahuje organismus při konstantní sumě teplot. Pro kvantitativní vyjádření celkového tepelného množství využitelného pro vývoj organismu je používán termín suma aktivních (SAT) nebo suma efektivních teplot (SET). Jednotkou veličiny jsou denní stupně (DS) nebo nověji díky rozvoji automatizace měření a zpracování dat hodinové stupně (HS). V zemědělství jsou teplotní modely založené na SET používány nejčastěji v ochraně rostlin k signalizaci a predikci výskytu škodlivých činitelů. Za startovací termín sumace efektivních teplot je běžně používán kalendářní údaj nebo první termín výskytu spodní prahové hodnoty vývoje (SPV). Další možností pro start sumace, výrazně zvyšující přesnost predikce výskytu, je použití biologicky datované sumy efektivních teplot, tzv. BIOFIXu (RIEDL et al. 1976). Na přežívání, rychlost vývoje, počet generací atd. má významný vliv mikroklima stanoviště. Mikroklima prostředí je ovlivňováno charakterem vyšších klimatických kategorií (mezoklima, makroklima) a výrazně také charakterem aktivního povrchu (půda, porost), na kterém probíhá přeměna slunečního záření na teplo. LITSCHMANN a HADAŠ (2003) uvádí znatelný mikroklimatický ráz prostředí až několik desítek metrů ve vertikálním profilu a až stovky metrů v horizontálním směru. Specifické mikroklima se nevytváří pouze výjimečně (např. za vysokých rychlostí větru). Konkrétně mikroklima přírodních povrchů s nízkým rostlinným krytem, mikroklima porostů polních plodin, je určováno architekturou porostu, radiační bilancí půdy a porostu, bilancí vody, útlumem proudění vzduchu, odlišným složením vzduchu uvnitř porostu, filtračními schopnostmi porostu a produkcí aromatických látek a alergenů (KLABZUBA a KOŽNAROVÁ 2003). Pro účely predikce výskytu patogenů polních plodin jsou běžně používána data ze standardních klimatologických stanic (měřeno ve výšce 2 m nad standardním travním porostem atd.). S ohledem na teplotní, vlhkostní, radiační a další specifika porostů je tato metoda nutně zatížena nepřesnostmi. Mikroklimatická měření poskytují údaje o situaci přímo v zájmovém porostu a nezbytné podklady pro validaci uvedených modelů. Například u polních plodin, řepky olejné a pšenice seté ve srovnání s teplotou nad trvalým travním porostem výsledky mikroklimatických měření ukazují, že mezi porosty mohou být rozdíly v amplitudách denních maxim běžně na úrovni 0,5 až 4,2 °C (KRÉDL et al. 2010). Z uvedeného vyplývá, že pro precizní vymezení nároků, pro účely monitoringu a predikce výskytu škodlivých činitelů je nezbytné realizovat mikroklimatická měření meteorologických prvků a současné pozorování patogena ideálně přímo v porostu konkrétní plodiny.

V rámci projektu NAZV QH91254 „Kvalifikované využití biotických a abiotických faktorů odporu prostředí v integrované ochraně ovoce“ jsou ve vybraných výsadbách ovocných dřevin vybudovány účelové meteorologické stanice pro identifikaci diferencí mikroklimatu sadů a podmínek na standardních klimatologických stanicích. Výstupy z analýz jsou potom aplikovány při kvantifikaci vlivů mikroklimatu na bionomii vybraných škodlivých činitelů.

Materiál a metody

Pro vyhodnocení abiotických faktorů přežívání a vývoje škodlivého činitele v podmínkách ČR a v mikroklimatických podmínkách konkrétního ovocného sadu byl pro analýzu jako modelový organizmus použit obaleč jablečný (*Cydia pomonella*). Teplotní nároky obaleče byly definovány na základě experimentálně zjištěných termických konstant v minimálním rozsahu SPV a SET pro vývoj generace v laboratorních podmínkách a po jejich ověření v reálných polních podmínkách (PULTAR 2011).

Pro vyhodnocení teplotních podmínek ČR byla použita klimatická data z tzv. technické řady ČHMÚ. Databáze je zpracována pro celé území České republiky, vychází ze staničních měření sítě stanic ČHMÚ. Je tvořena výstupy z výpočtů meteorologických prvků pro 789 gridových bodů pravidelné čtvercové sítě, vzdálených od sebe 10x10 km. Technická řada byla zpracována na ČHMÚ, pobočka Brno použitím geostatistických metod. Z homogenních a doplněných staničních řad byly vypočítány nové, tzv. technické řady meteorologických prvků

v gridových bodech výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN s 10 km rozlišením. Samotný výpočet technických řad vychází z metody IDW (interpolační metoda inverzní vzdálenosti), kdy použité údaje okolních klimatologických stanic jsou nejprve standardizovány na nadmořskou výšku bodu, pro který je počítána nová řada (ŠTĚPÁNEK et al. 2008). Na základě znalosti termických konstant patogena a teplotních podmínek ČR byly vytvořeny mapy nástupu prahových teplot, sum efektivních teplot apod. pro obaleče jablečného v podmínkách klimatu ČR.

K vymezení diferencí teplot v podmínkách mikroklimatu sadu a na nejbližší standardní klimatologické stanici byla použita desetiminutová data, zpracovaná aritmetickým průměrem na hodinová data, z Agrosadu Velké Bílovice a z klimatologické stanice Kobylí. Hodnocen byl celoroční průběh teplot a průběh teplot a jejich mezistanovištní difference během období od 1.3. do 31.10., zvláště pro světlou a tmavou část dne.

Mapové výstupy teplotních charakteristik byly vytvořeny v prostředí GIS ArcView. Grafy a základní statistické hodnocení bylo provedeno v programu STATISTICA ver. 7.

Výsledky a diskuze

Na základě teplotních poměrů ČR a termických nároků obaleče jablečného (PULTAR 2011) byly vymezeny a v mapách pro území ČR vyjádřeny oblasti jeho rozšíření:

1. Oblasti kde druh zcela chybí.
2. Oblasti obligátního výskytu jedné neúplné generace.
3. Oblasti obligátního výskytu jedné úplné generace a částečné druhé generace.
4. Oblasti fakultativního výskytu dvou úplných generací a částečná třetí generace

Ad. 1) Oblasti kde druh zcela chybí

Vývoj je nemožný a druh chybí v oblastech (nadmořských výškách), kde:

- diapauzní housenky nepřežívají zimu, tj. v oblastech kde v zimním období pravidelně T_{min} půdy $< -23,1^{\circ}\text{C}$ po dobu minimálně 24 hod., nebo s vyšší než 50% pravděpodobností na 24 hod T_{min} půdy $< -28,5^{\circ}\text{C}$.
- Nepřežívají kukly z postdiapauzních housenek, tj. v období po zakuklení pravidelně poklesne teplota na minimálně 24 hod na T_{min} půdy $< -20,9^{\circ}\text{C}$. Na území ČR by se mohlo jednat o období od 1. dubna do 31. července, kdy se tyto kukly vyskytují. Limitní teplota je vztažena k půdě, protože část populace přezimuje v detritu pod stromy.
- Samice nejsou schopny naklást vajíčka, tj. tam, kde při hodnotě záření $0-22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ se od poloviny dubna do 21. července nevyskytuje $T_{max} > 15,0^{\circ}\text{C}$.

Z analýzy vyplývá, že na území České republiky neexistují oblasti, ve kterých by extrémní klimatické poměry způsobily eradikaci obaleče usmrcením některého vývojového stadia a trvalým přerušením jeho vývojového cyklu. Může docházet k dočasnému snížení škodlivosti, nikoli k eradikaci druhu v místech, kde jsou splněny ostatní podmínky úplného vývoje.

Ad. 2) Oblasti obligátního výskytu jedné neúplné generace obaleče jablečného

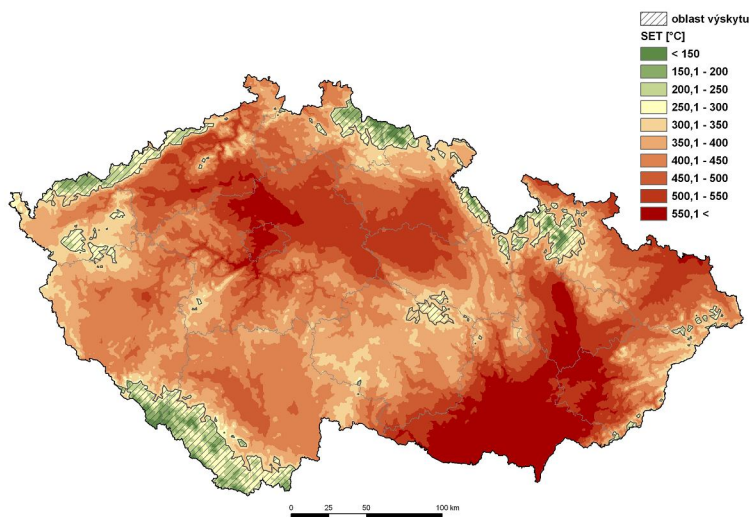
Vývoj druhu je možný pouze v oblastech, kde teploty umožňují dokončení vývoje všech preimaginálních vývojových stadií (vajíčko, housenka, kukla) a vykladení vajíček samicemi. Tam, kde jsou tyto minimální požadavky splněny, probíhá vývoj jedné neúplné generace (od vajíček do L5, která diapauzuje a dokončuje vývoj až v následujícím roce), jedné celé (1. generace) a částečné druhé generace a to obligátně, s výjimkou extrémně chladných let, nebo fakultativně v extrémně teplých letech a oblastech, kde k takovému vývoji nedochází obligátně.

Jedna neúplná generace se obligátně vyskytuje v oblastech (nadmořských výškách), kde:

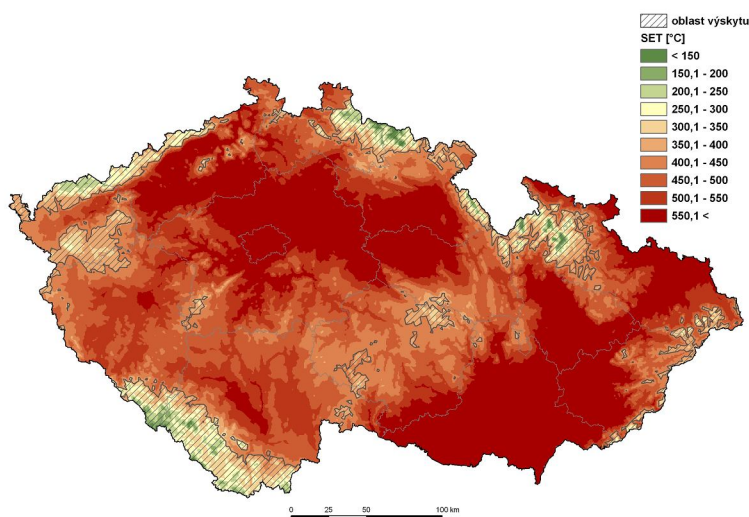
- V období od 1. ledna do 21. července je vždy $SET_{10(d)} < 425^{\circ}\text{C}$,

- nebo od 1. ledna do 31. července $SET_{10}(d) < 550^{\circ}\text{C}$ (ověřující test)

Na základě uvedených teplotních nároků obaleče jablečného byly vytvořeny mapy oblastí obligátního výskytu jedné neúplné generace obaleče jablečného – Obr. 1 a 2.



Obr. 1: Mapa oblastí obligátního výskytu jedné neúplné generace obaleče jablečného (dle kritéria: od 1. ledna do 21. července je vždy $SET_{10}(d) < 425^{\circ}\text{C}$)



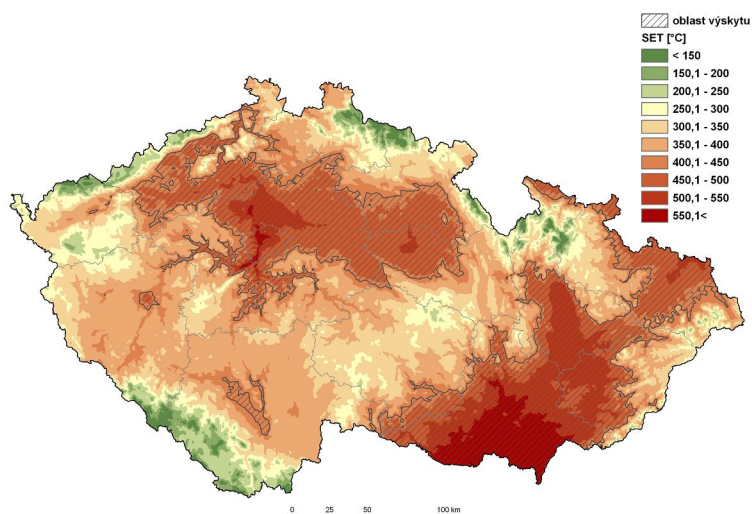
Obr. 2: Mapa oblastí obligátního výskytu jedné neúplné generace Obaleče jablečného (dle kritéria: od 1. ledna do 31. července $SET_{10}(d) < 550^{\circ}\text{C}$ - ověřující test)

Ad. 3) Oblasti obligátního výskytu jedné úplné generace a částečné druhé generace obaleče jablečného

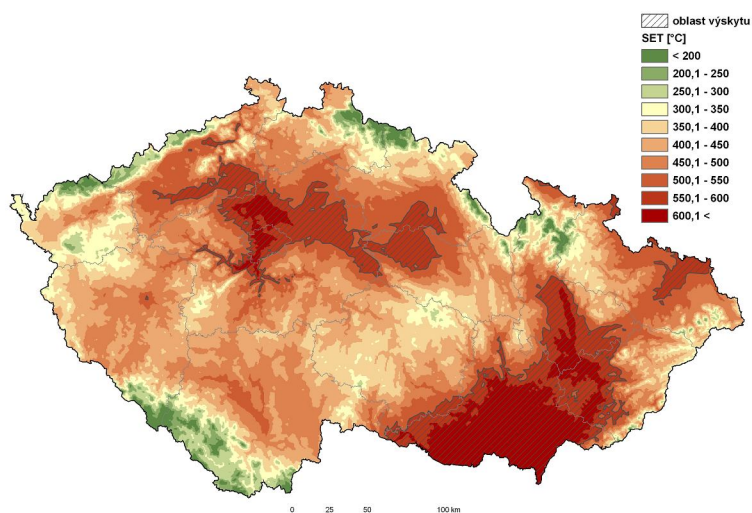
Obligátně se jedna úplná generace a částečná druhá generace vyskytuje v oblastech (nadmořských výškách), kde v klimaticky normálních letech je v období:

- od 1. ledna do 21. července $SET_{10}(d) > 425^{\circ}\text{C}$,
- nebo od 1. ledna do 31. července $SET_{10}(d) > 550^{\circ}\text{C}$ (ověřující test),

přičemž za klimaticky normální roky byly pro účely analýzy považovány, ty, kde je podmínka splněna alespoň v 75 % případů. Výstupy z analýzy na základě uvedených podmínek jsou uvedeny na Obr. 3 a 4.



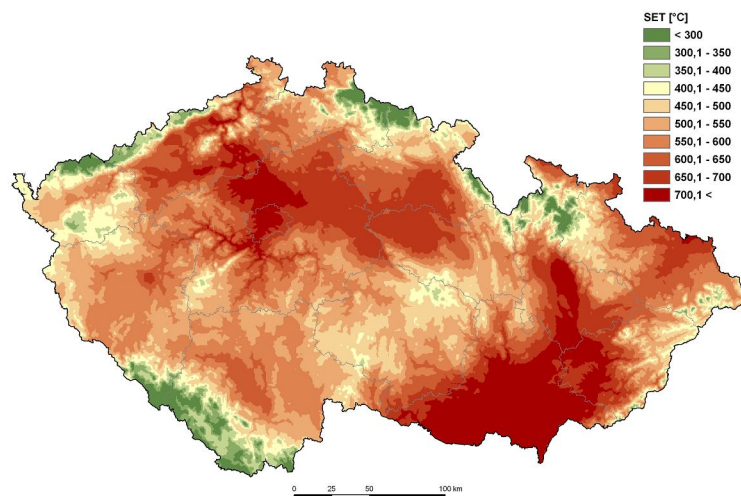
Obr. 3: Mapa oblastí obligátního výskytu jedné úplné generace a částečné druhé generace obaleče jablečného (dle kritéria: od 1. ledna do 21. července SET10(d)>425°C)



Obr. 4: Mapa oblastí obligátního výskytu jedné úplné generace a částečné druhé generace obaleče jablečného (dle kritéria: od 1. ledna do 31. července SET10(d)>550°C - ověřující test)

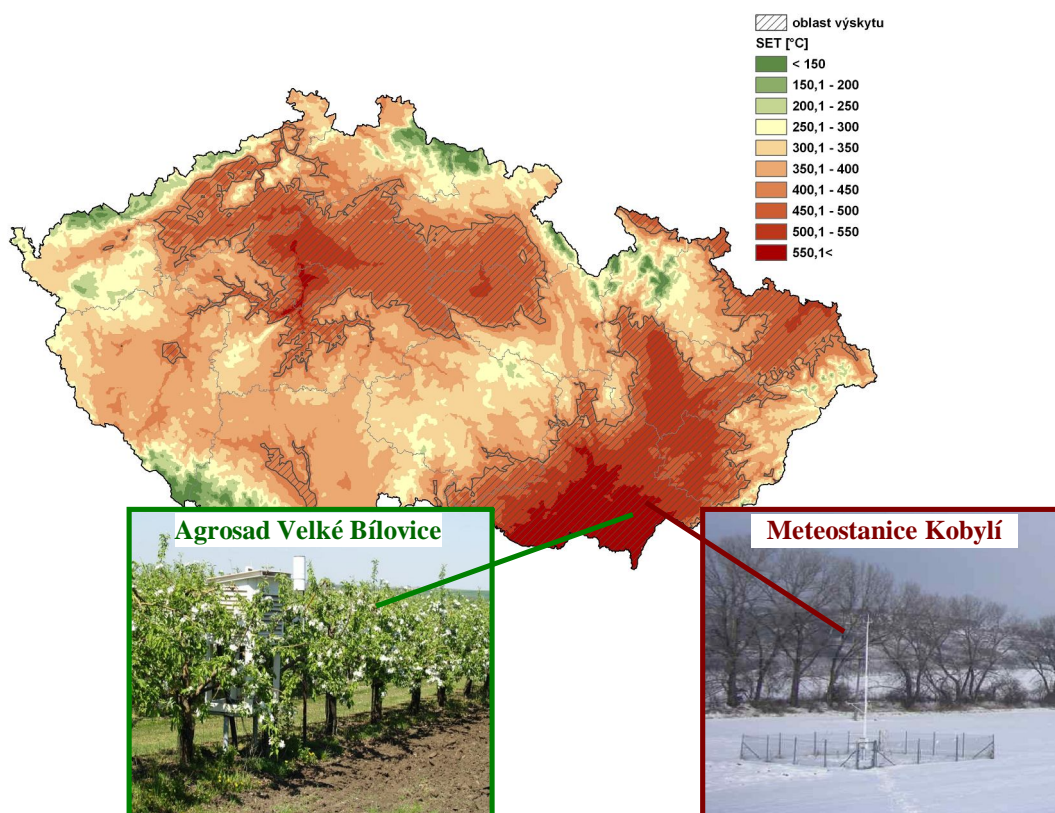
Ad. 4) Oblasti fakultativního výskytu dvou úplných generací a částečná třetí generace obaleče jablečného

Fakultativně se dvě úplné generace a částečná třetí generace mohou vyskytnout v oblastech (nadmořských výškách), kde alespoň v klimaticky extrémních letech dosáhne k 31. červenci SET10(d)>1005°C (za klimaticky extrémní roky byly považovány ty, kde je podmínka splněna alespoň ve 25 % případů). Z Obr. 5 je patrné, že takové oblasti se v rámci České republiky nevyskytují.



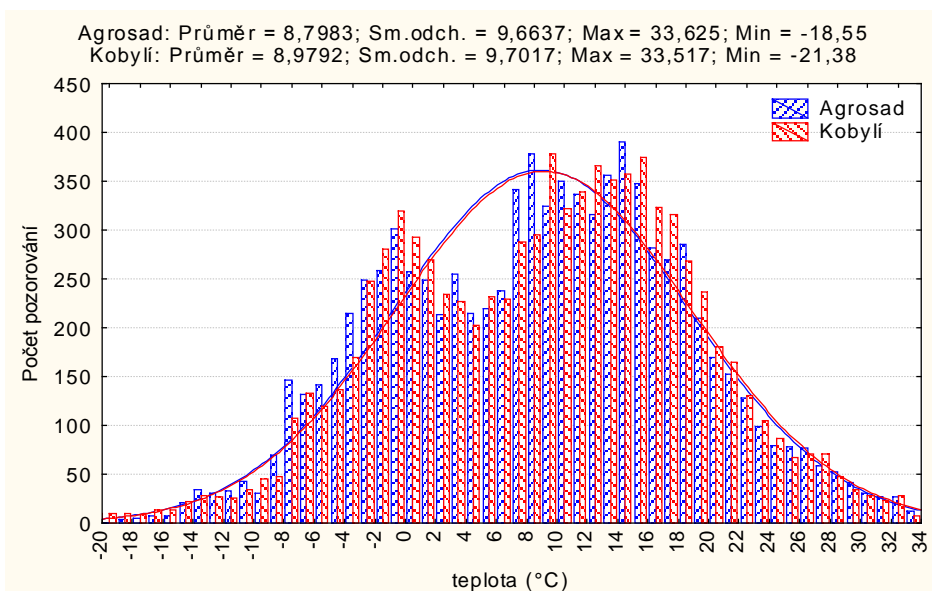
Obr. 5: Mapa oblastí fakultativního výskytu dvou úplných generací a částečná třetí generace obaleče jablečného

Pro případnou korekci výstupů z důvodu výraznějšího vlivu mikroklimatu sadu na teplotní poměry byla provedena analýza teplotních diferencí mezi klimatologickou stanicí ČHMÚ Kobylí (175 m n. m., 48° 56' 22" a 16° 52' 53") a jabloňovým sadem ve Velkých Bílovicích (176 m n. m., 48° 51' 17" a 16° 54' 44"). Automatická meteorologická stanice Kobylí a účelová agrometeorologická stanice Agrosad u Velkých Bílovic jsou od sebe vzdáleny cca 8,5 km. Jejich umístění v terénu a přibližná poloha ve vztahu s obligátním výskytem jedné úplné generace a částečné druhé generace obaleče jablečného (mapa) jsou uvedeny na Obr. 6.



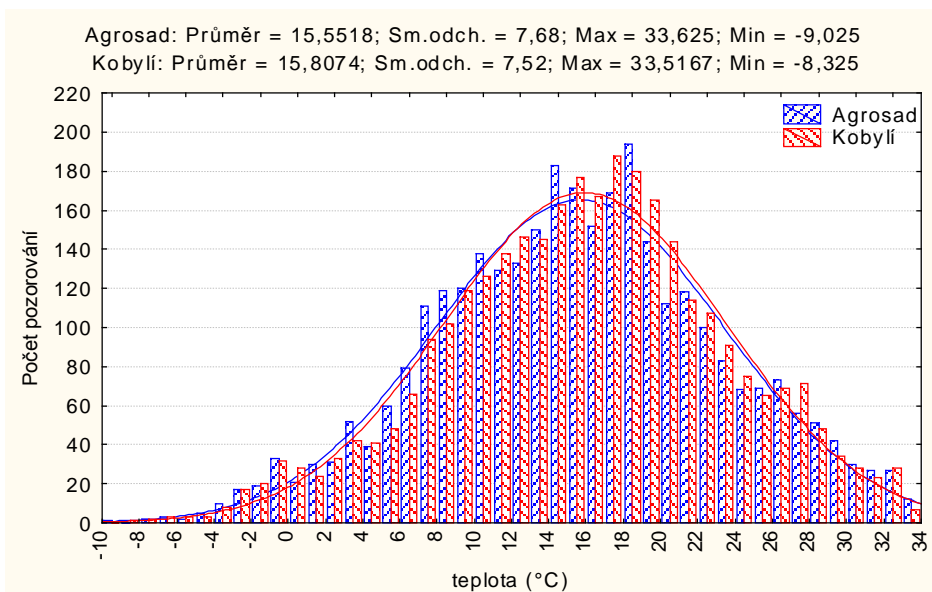
Obr. 6: Stanice Agrosad Velké Bílovice a Kobylí – poloha a umístění v terénu

Výsledky analýzy rozdílů teplotních podmínek v sadu a na nejbližší klimatologické stanici za rok 2010 jsou uvedeny v Grafech 1 až 3. Pro kvantifikaci mezistanovištních diferencí byly použity histogramy četností s uvedením základních statistických charakteristik. Hodnocení celoročních dat (Graf 1) ukazuje minimální rozdíl v průměrné (o 0,2 °C) a maximální dosažené teplotě (o 0,1 °C). Absolutní minimum se lišilo o 2,8 °C. Zajímavé jsou rozdíly v četnosti pozorování jednotlivých kategorií teplot. V Agrosadu zřetelně převládají četnosti u nižších teplot (až do cca 14 °C), kdežto v Kobylí převládají četnosti vyšších teplot (cca od teploty 16 °C). Teplota v Agrosadu byla v 5882 případech nižší, ve 2878 případech vyšší než v Kobylí.



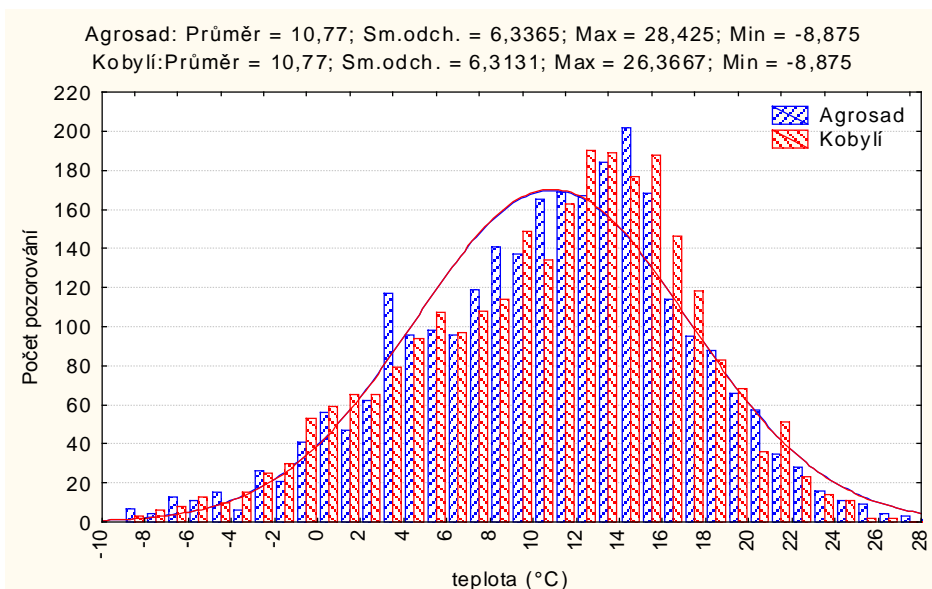
Graf 1: Diference teplot v Agrosadu a na stanici Kobylí – kompletní rok 2010, celodenní data

Hodnocení dat z vegetačního období – 1.3. až 31.10., světlá část dne (7:00 – 19:00) je uvedeno v Grafu 2. Ukazuje minimální rozdíl v průměrné (o 0,25 °C), maximální (o 0,1 °C) i minimální (0,7 °C) dosažené teplotě. V Agrosadu zřetelně převládají četnosti u nižších teplot, kdežto v Kobylí převládají četnosti vyšších teplot. Teplota v Agrosadu byla v 2149 případech nižší, ve 1036 případech vyšší než v Kobylí.



Graf 2: Diference teplot v Agrosadu a na stanici Kobylí – vegetace 2010, světlá část dne

Hodnocení dat z vegetačního období – 1.3. až 31.10., tmavá část dne (20:00 – 6:00) je uvedeno v Grafu 3. Ukazuje téměř nulový rozdíl v průměrné a minimální teplotě. Maxima se lišila o cca 2 °C. V Agrosadu opět zřetelně převládají četnosti u nižších teplot, kdežto v Kobylí převládají četnosti vyšších teplot. Teplota v Agrosadu byla v 1577 případech nižší, ve 1118 případech vyšší než v Kobylí.



Graf 3: Diference teplot v Agrosadu a na stanici Kobylí – vegetace 2010, tmavá část dne

Z hodinových dat za vegetační období (1.3. až 31.10.), zvláště pro světlou a tmavou část dne, byly získány regresní rovnice pro přepočtení teplot z klimatologické stanice Kobylí na teploty v Agrosadu. Výstup (přepočtení) pro vybrané modelové hodnoty je uveden v Tab. 1. Během světlé části dne jsou teploty v Agrosadu u všech testovaných teplot nižší než v Kobylí. Teploty v tmavé části dne jsou identické na obou lokalitách nebo v Agrosadu mírně nižší (maximální diference 0,3 °C). Rozdíly jsou však nepatrné, což vyplývá z minimálních diferencí mezi oběma stanovišti, uvedenými v Grafech 1 – 3.

Tab. 1: Modelové teplota v Agrosadu vypočtené pomocí regresních rovnic

Modelová teplota (°C)	Vegetační den – Agrosad (°C)	Vegetační noc – Agrosad
5	4.58	5.08
10	9.66	10.01
15	14.73	14.93
20	19.81	19.86
25	24.88	24.79
30	29.96	29.72

Závěr

Na základě literárních podkladů, laboratorních experimentů a ověření v polních podmínkách (PULTAR 2011) byly zjištěny termické konstanty pro vývoj generace obaleče jablečného (*Cydia pomonella*). Na základě znalosti termických konstant patogena byly v podmínkách klimatu ČR vytvořeny mapy oblastí, kde obaleč jablečný zcela chybí (nebyly v ČR zjištěny oblasti, které by vylučovaly výskyt), oblasti obligátního výskytu jedné neúplné generace

obaleče jablečného (horské oblasti a část Českomoravské vrchoviny), oblasti obligátního výskytu jedné úplné generace a částečné druhé generace obaleče jablečného (celá jižní Morava, část severní Moravy, Polabí a další oblasti), oblasti fakultativního výskytu dvou úplných generací a částečná třetí generace obaleče jablečného (v ČR nebyly zjištěny).

K vymezení diferencí teplot v podmínkách mikroklimatu sadu a na nejbližší standardní klimatologické stanici byla provedena analýza diferencí teplot z Agrosadu Velké Bílovice a z klimatologické stanice Kobyly. Hodnocení celoročních dat ukazuje minimální rozdíl v průměrné (o 0,2 °C) a maximální dosažené teplotě (o 0,1 °C). Absolutní minimum se lišilo o 2,8 °C. V Agrosadu zřetelně převládají četnosti u nižších teplot (až do cca 14 °C), kdežto v Kobyly převládají četnosti vyšších teplot (cca od teploty 16 °C).

Hodnocení dat z vegetačního období, světlá část dne, ukazuje minimální rozdíl v průměrné (o 0,25 °C), maximální (o 0,1 °C) i minimální (0,7 °C) dosažené teplotě. Hodnocení dat z vegetačního období, tmavá část dne, ukazuje téměř nulový rozdíl v průměrné a minimální teplotě. Maxima se lišila o cca 2 °C.

Rozdíly teplot v mikroklimatu sadu a na klimatologické stanici jsou v tomto případě z pohledu vlivu na vývin a vývoj patogenů zanedbatelné. Mapy výskytu obaleče jablečného, vzešlé z technických řad na bázi dat ze staniční sítě ČHMÚ, tak lze na základě provedené analýzy považovat za reprezentativní.

Dedikace

Práce vznikla s podporou projektu NAZV č. QH91254 s názvem „Kvalifikované využití biotických a abiotických faktorů odporu prostředí v integrované ochraně ovoce“.

Použitá literatura

FUKALOVÁ, P., ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F. (2010): Diference vybraných klimatických charakteristik v porostu sadů a na klimatologické stanici. In Bioklima 2010. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. 1. vyd. Praha: ČZU v Praze, 2010, s. 75-84.

FUKALOVÁ, P., ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (2010): Analýza mikroklimatu ovocných sadů. Úroda, Vědecká příloha "Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů". VÚP a Zemědělský výzkum Troubsko. [CD-ROM]. In Úroda, Vědecká příloha "Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů". 2010. s. 697-700.

KLABZUBA, J., KOŽNAROVÁ, V. (2003): Nová metoda měření stereoinsolace pomocí speciálního termoelektrického snímače. In Proceedings of the Functions of Energy and Water Balances in Bioclimatological Systems. Nitra : SPU Nitra, 2003. vol. I, s. 18.

KRÉDL, Z., STŘEDA, T., KMOCH, M., POKORNÝ, R. (2010): Mikroklima v porostech pšenice a řepky. In Úroda, Vědecká příloha "Aktuální poznatky v pěstování, šlechtění, ochraně rostlin a zpracování produktů". Referáty z konference ze dne 11.-12.11.2010 v Brně. VÚP a Zemědělský výzkum Troubsko. 2010. s. 717-720.

LITSCHMANN, T., HADAŠ, P. (2003). Mikroklima vybraných porostních stanovišť. In Mikroklima porostů, Brno, 26.3.2003. ČBkS, Praha, s. 59-65. ISBN 80-96690.

PULTAR, O. (2011): Klimatické parametry definující areály rozšíření a výskytu vybraných škodlivých činitelů. In Průběžná zpráva projektu „Kvalifikované využití biotických a abiotických faktorů odporu prostředí v integrované ochraně ovoce“ za rok 2010. Dosud nepublikováno.

RIEDL, H., CROFT, B.A., HOWITT, A.J. (1976): Forecasting codling moth physiology based on pheromone trap catches and physiological-time models. Can. Entomol. 108: 449-460.

ŠTĚPÁNEK, P., SKALÁK, P. AND FARDA, A. (2008): RCM ALADIN-Climate/CZ simulation of 2020-2050 climate over the Czech Republic. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (eds):

Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině (Mikulov 9. – 11.9.2008). CD-ROM. ISBN
978-80-86690-55-1.

Kontaktní adresa 1. autora:

Ing. Tomáš Středa, Ph.D.

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Kroftova 43

616 67 Brno

e-mail: tomas.streda@chmi.cz