

ZMĚNA POTENCIÁLNÍHO ROZŠÍŘENÍ MANDELINKY BRAMBOROVÉ (*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA*, SAY 1824) V ČR BĚHEM PRVNÍ POLOVINY 21. STOLETÍ

E. Kocmánková, M. Trnka, D. Semerádová, Z. Žalud, M. Dubrovský, M. Možný,
J. Juroch, H. Šefrová

Došlo: 4. prosince 2007

Abstract

KOCMÁNKOVÁ, E., TRNKA, M., SEMERÁDOVÁ, D., ŽALUD, Z., DUBROVSKÝ, M., MOŽNÝ, M., JUROCH, J., ŠEFROVÁ, H.: *The change of the potential occurrence of Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824) in the Czech Republic till 2050*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 2, pp. 87–94

This present study is focused on the modeling of the most important potato pest i.e Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824) development in relation to the climate conditions over the area of the Czech Republic. The aim was to develop a model allowing the assessment of the CPB possible spread under the climate change. For the estimation of the CPB occurrence in expected climate conditions we used a dynamic model CLIMEX that enables to determine the suitability of a given location climate for the pests survival and infestation capability based on known pests requirements to the climate conditions. Following the validation and calibration of the model outputs, the meteorological data were altered according to three Global Circulation Models (ECHAM4, HadCM3, NCAR-PCM) that were driven by two SRES emission scenarios (A2, B1) with two assumed levels of climate system sensitivity for period 2025 and 2050. Model output, for current and expected climate conditions, were visualized by GIS using a digital landscape model. Under all climate change scenarios we noted a widening of CPB distribution area and change in the infestation pressure of the pest.

CLIMEX, Colorado potato beetle, climate change

Přítomnost škůdců a chorob v agrosystémech působí jak na kvantitu, tak na kvalitu výnosů zemědělských plodin. Životní cyklus škůdců je ovlivňován řadou faktorů, z nichž hlavním jsou klimatické podmínky významně limitující rozšíření, populační dynamiku, míru napadení plodin a celkový výskyt většiny škůdců a chorob zemědělských plodin. Pro účely ochrany rostlin jsou nezbytné detailní znalosti mechanismů, jimiž klima ovlivňuje vývoj škůdců a patogenů. Závislost vývoje škůdců na klimatických podmínkách prostředí lze využít jednak pro správné načasování ochranných zásahů, čímž se současně zvýší i jejich efektivita, ale zároveň nabývá na významu v souvislosti s probíhající klimatickou změnou, která u druhů, jejichž vývoj přímo závisí na klimatu, ovlivní velikost jejich dosavadního are-

álu a pravděpodobně i jejich škodlivost. V podmínkách změny klimatu je očekávána změna v rozšíření některých škůdců a to vlivem vyšších teplot, které urychlí jejich vývoj, zkrátí životní cyklus, což umožní některým druhům dokončit během sezony více generací cyklů a zvýší tak škody způsobené na zemědělských plodinách.

Mechanismy, jimiž klimatické podmínky působí na vývoj druhů, lze analyzovat australským programem CLIMEX, jenž je v této studii použit pro vyhodnocení potenciálního rozšíření na základě klimatických podmínek a determinaci počtu dokončených generací nejvýznamnějšího škůdce bramboru mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata* Say, 1824). CLIMEX umožňuje stanovit klimatické limity pro populační růst a přežití mandelinky v České re-

publice na základě její současné geografické distribuce. V současných klimatických podmínkách České republiky mandelinka dokončuje 1–2 generace. Nejvíce škodí v teplých oblastech, a to především na jižní a jihovýchodní Moravě a v Polabí, kde může vzhledem k příznivým klimatickým podmínkám vytvořit zmiňované dvě generace.

Mandelinka bramborová byla do Evropy zavlečena po roce 1870, v tomto období byly pozorovány jednotlivé kusy v přístavních městech Evropy, evidentně se jednalo o kusy přivezené z USA spolu s nákladem brambor. Tyto exempláře však nedaly vznik životaschopným populacím (BEZDĚK, 2006). Dále byla zavlečena do Evropy patrně po skončení 1. světové války do okolí přístavu Bordeaux a odtud se šířila na východ. Dnes je rozšířena téměř po celém území Evropy, také na Sibiři, Kazachstánu a Číně (BEZDĚK, 2006; AUDISIO, 2007). Na území naší republiky byla poprvé zjištěna v roce 1945 (SLABÝ, 1950) a dnes obývá celé území (BEZDĚK, 2006).

Pro výlet jarních brouků je limitujícím faktorem teplota půdy 14 °C hloubce 20 cm a teplota vzduchu 15 °C (WEGOREK, 1955). ALFARO (1943) udává výlet prvních imag již při teplotě vzduchu 10 °C a masový výskyt nejdříve při 14–15 °C. V našich podmínkách spadá hlavní doba výletu brouků do druhé poloviny května a první poloviny června. Ojediněle se brouci vyskytují i začátkem května a za zvlášť příhodných podmínek jsou hlášeny nálezy i ze začátku dubna (MILLER, 1956). Za spodní práh vývoje mandelinky bramborové je nejčastěji považována teplota 12 °C, tato hodnota platí pro embryonální vývoj i pro vývoj larev (BUSNEL, 1939; DE WILDE, 1950; FINAKOV, 1956), KITTLAUS (1961) považuje embryonální vývoj za možný i při 10 °C. Maximální teplotní práh dosahuje hodnoty 38 °C, nad touto hranicí ustává embryonální vývoj, hynou larvy i kukly (MILLER, 1956). Optimální rozpětí teplot, při nichž vývoj mandelinky probíhá nejrychleji a s minimálním mortalitou, je mezi 18 a 28 °C (BUSNEL, 1939; CAPINERA, 2001). Diapauza je indukována kombinací fotoperiody, průběhu teplot a kvalitou výživy. Dlouhý den podporuje nepřetržitou reprodukci, zatímco krátký den podporuje diapausu, jejíž nástup se ale mezi populacemi liší (CAPINERA, 2001). Suché a velmi teplé roky vytvářejí vhodné podmínky pro silný výskyt škůdce (HĀNI *et al.*, 1993).

Cílem této studie bylo jednak ověření použitelnosti simulačního programu CLIMEX pro modelování vývoje škůdce v našich klimatických podmínkách a dále pak stanovení potenciálního rozšíření včetně rizika výskytu vícegeneračních populací mandelinky bramborové na území České republiky v očekávaných klimatických podmínkách.

MATERIÁL A METODIKA

Dynamický model CLIMEX stanovuje rozšíření druhu v závislosti na klimatu dané lokality. Může být použit pro vyjádření vhodnosti klimatických podmínek vybraného území k přežití vybraného druhu, pro porovnávání klimatu různých lokalit navzájem

nebo pro porovnání klimatu stejných lokalit v různých letech (SAMWAYS *et al.*, 1999). Výstupem simulace vývoje mandelinky bramborové v závislosti na teplotách prostředí je ekoklimatický index (EI) vyjadřující vhodnost klimatických podmínek pro etablování a dlouhodobý výskyt populace škůdce na dané lokalitě. EI obecně dosahuje hodnot 0–100, kde hodnota 0 indikuje lokalitu nevhodnou pro dlouhodobý výskyt modelovaného druhu a EI větší než 30 reprezentuje velmi příznivé klima pro výskyt (SUTHERST, MYAWALD, 1985 SUTHERST *et al.*, 2001). HODDLE (2003) považuje lokality již s hodnotou EI vyšší než 25 za velmi vhodné pro populační růst a výskyt druhu, hodnota EI 10–25 za vhodné a hodnota EI nižší než 10 indikuje mezní lokality pro výskyt. Hodnota EI je integrací růstového indexu a indexů popisujících vliv různých abiotických stresorů na sledovaný druh. Roční růstový index (GI) popisuje populační růst druhu během příznivé části roku v závislosti na teplotě, vlhkosti a průběhu diapausy. Stresové indexy udávají přežití druhu během nepříznivého období roku a zahrnují překročení teplotních prahů a nízké či vysoké vlhkosti ve vztahu k požadavkům druhu. Pro výpočet GI i stresových indexů CLIMEX využívá uživatel definovaných intervalů.

Hodnoty pro stanovení prahů souvisejících s teplotou byly čerpány z literárních zdrojů zmíněných výše, tj. spodní prahová hodnota 12 °C, optimální rozmezí teplot 15–28 °C a pro tuto studii zvolený horní teplotní práh 33 °C. Spodní teplotní práh 12 °C posloužil i jako hodnota pro počátek výpočtu sumy denních stupňů, na jejichž základě CLIMEX odvozuje počet generací v průběhu jedné sezony. Na dokončení vývoje jedné úplné generace mandelinka vyžaduje 400 denních stupňů nad prahovou hodnotu 12 °C (SUTHERST *et al.*, 2001). Prahové hodnoty pro vstup do diapausy byly zastoupeny teplotou 13 °C a denní délkou 13,5 hodiny, k ukončení diapausy dochází při teplotě 10 °C. Ekoklimatický index pro mandelinku bramborovou byl v této studii počítán s využitím pouze teplotních prahů bez ohledu na vlhkost, protože autoři studie nepovažují vlhkostní podmínky panující v České republice za limitující pro vývoj a přežití tohoto škůdce.

Na základě vstupních parametrů popisujících teplotní poměry potřebné pro vývoj mandelinky bramborové byl vytvořen model její geografické distribuce v současných klimatických podmínkách. Tyto klimatické podmínky byly reprezentovány meteorologickými daty z let 1961–2000 pro 43 lokalit, které poměrně dobře reprezentují celé území. Meteorologická data zahrnovala měsíční průměry maximálních a minimálních teplot, úhrny srážek a relativní vlhkosti v 9 a 15 hodin. Model byl z důvodu validace testován nejen v referenčním období 1961–1990, ale rovněž i během neobvykle teplého desetiletí 1991–2000, kdy se průměrné roční teploty na 30 reprezentativních stanicích v ČR zvýšily o 0,2–0,9 °C (KVĚTOŇ, 2001; CHLÁDKOVÁ *et al.*, 2007).

Vytvořený model současného rozšíření mandelinky bramborové v ČR byl validován srovná-

ním modelovaného rozšíření s hlášeným výskytem škůdce ve stejném období. Databáze pozorovaného výskytu mandelinky pocházejí ze zdrojů SRS (Státní rostlinolékařská správa) a obsahuje datum pozorování jednotlivých vývojových stupňů mandelinky a udání okresu, ve kterém byl výskyt pozorován. Způsob sběru dat, jejich archivace a poměrně obecné geografické určení výskytu bohužel neumožňuje detailní validaci modelu.

Aby bylo možné posoudit dopady změny klimatu na potenciální rozšíření v první polovině 21. století, bylo nutné meteorologická data upravit podle tří globálních cirkulačních modelů (GCM) ECHAM4, HadCM3 a NCAR-PCM a současně podle dvou emisních scénářů (A2 pro vysokou klimatickou citlivost, B1 pro nízkou klimatickou citlivost) (DUBROVSKÝ *et al.*, 2005). S použitím nové sady meteorologických dat byly vytvořeny modely potenciálního vývoje mandelinky bramborové v podmínkách změny klimatu.

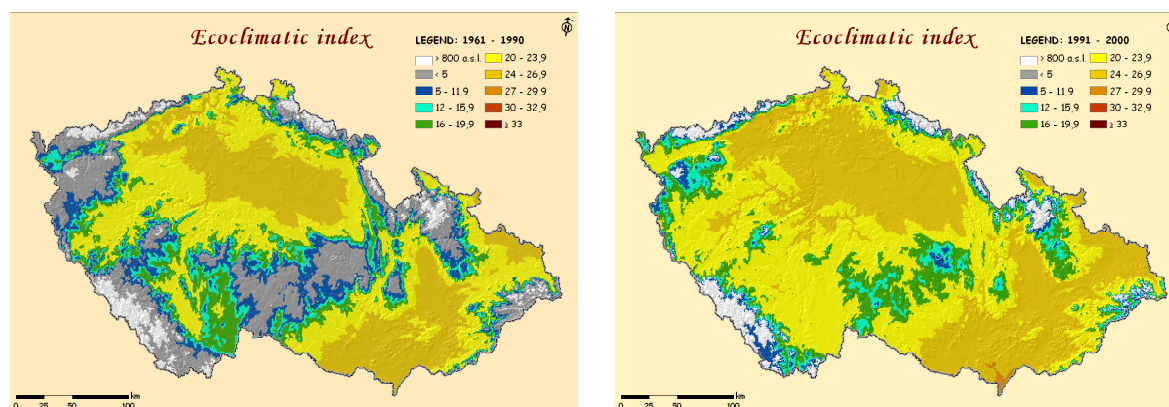
VÝSLEDKY A DISKUSE

Znázornění škodlivých výskytů mandelinky bramborové, jak ji stanovil CLIMEX na základě vstupních dat, je prezentováno na Obr. 1. Mapy jsou vytvořeny interpolací výstupních hodnot EI všech 43 lokalit a CLIMEX zde označuje klimatické podmínky téměř celého území (vyjma nejchladnější oblasti Českomoravské vrchoviny a pohraničních hor) za vhodné pro přežití škůdce. Primární klimatická nika je vymezená hodnotou indexu nad 25, což značí klima vhodné pro přítomnost silné populace. Současně hodnoty indexu 24–26,9 upozorňují na možnost částečné druhé generace škůdce. Na mapě vpravo zobrazující výskyt mandelinky v poslední a teplejší dekádě dvacátého století, je v porovnání s mapou vlevo (1961–1990) je zřejmý posun vertikálního rozšíření škůdce do vyšších nadmořských výšek. Tento fakt podporuje i práce ŠEFROVÉ a LAŠTŮVKY (2006), podle níž lze v případě šíření škůdců vlivem

klimatické změny očekávat posun pravděpodobněji ve vertikálním směru než zvětšování areálu směrem na sever. Úplná druhá generace je podle CLIMEXu přítomna pouze v omezené oblasti jižní Moravy a je charakterizována počáteční hodnotou indexu 27; tento výskyt odpovídá publikovaným literárním zdrojům a známým požadavkům mandelinky bramborové na teploty. Velikost území s přítomností částečné druhé generace lze vyjádřit v procentech zasažené orné půdy, kdy se tato plocha zvýšila z původních 32,4 % orné půdy (1961–1990) na 48,8 % v období 1991–2000 (Tab. I.). Tímto posunem podle CLIMEXu mandelinka citlivě zareagovala na teplejší podmínky poslední dekády 20. století.

Pro účely validace byly výstupy modelu CLIMEX integrovány pro oblast orné půdy v jednotlivých okresech a následně určeno, zda byl daný okres během sledovaného období vhodný pro etablování životaschopné populace škůdce. Tyto výsledky pak byly porovnány s pozorovanými výstupy (Obr. 2). I přes nedostatečné informace o reálném rozšíření mandelinky bramborové během let 1961–2000 je možné považovat výsledky validace modelu CLIMEX za uspokojivé. Z výsledků je zřejmé, že model vykazuje vysokou senzitivitu avšak nízkou specifičnost, ale také to, že nárůst počtu okresů s výskytem škůdce v 90. letech byl modelem poměrně věrně zachycen. Pro interpretaci výsledků je nutné zdůraznit vysoký stupeň falešné pozitivivity. Tuto skutečnost však bylo možné předpokládat s ohledem na neúplnost experimentálních dat a fakt, že model definuje pouze klimatickou vhodnost oblasti bez ohledu na přítomnost vhodných hostitelů.

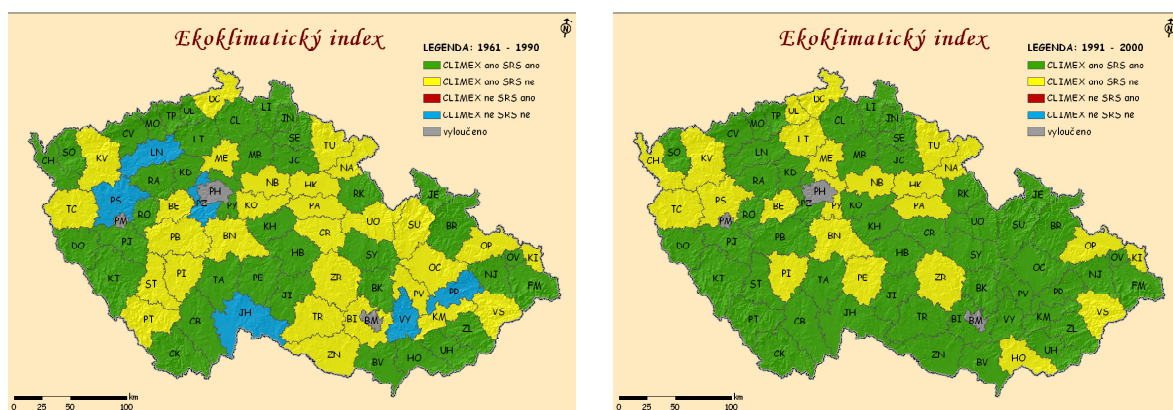
Očekávané klimatické podmínky s sebou zřejmě přinesou značný nárůst plochy území s možností vývoje částečné a zejména úplné druhé generace. Úplná druhá generace se podle GCM modelu HadCM pro nízkou klimatickou citlivost B1 objeví i v Polabí již v roce 2025. Tentýž scénář pro rok 2050 označuje za ohrožené výskytem úplné druhé ge-



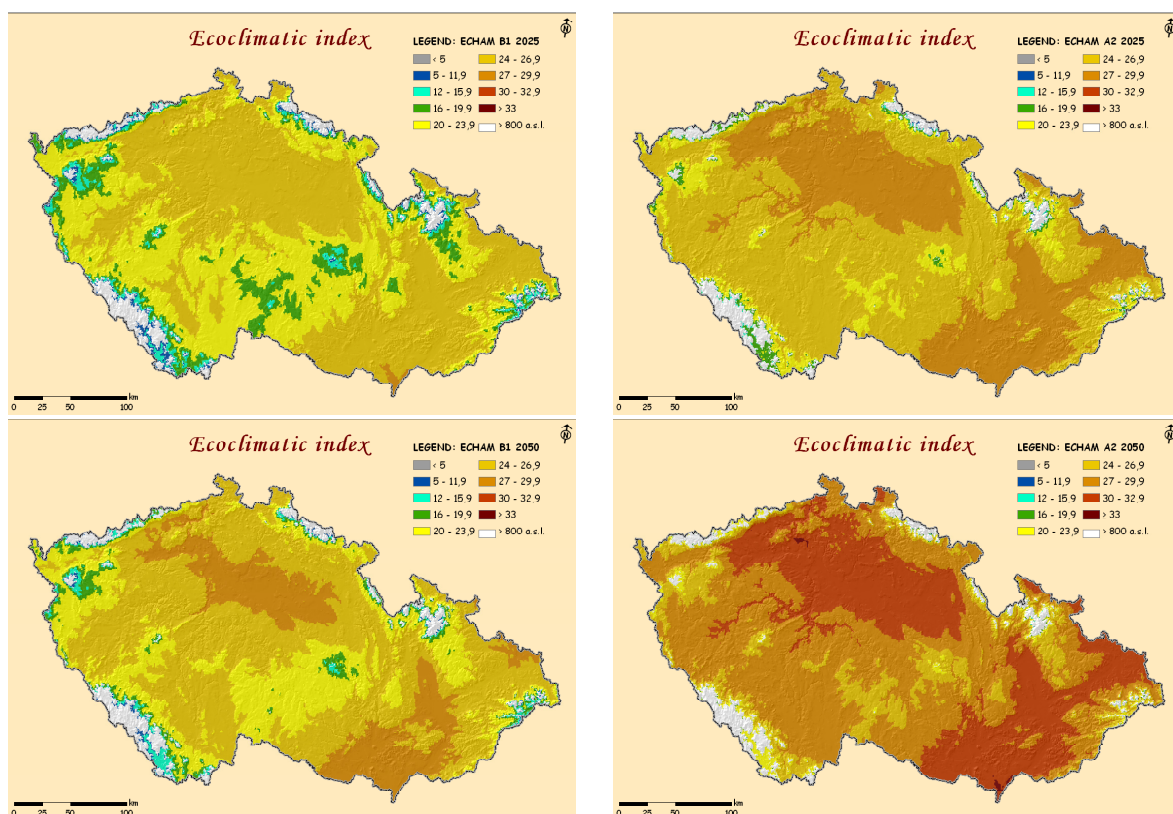
1: Potenciální rozšíření mandelinky bramborové v současných klimatických podmínkách, období 1961–1990 (vlevo), 1991–2000 (vpravo), světle oranžová barva s hodnotou EI 24–26,9 označuje primární klimatickou niku škůdce a výskyt částečné druhé generace, oranžová (EI 27–29,9) v oblasti jižní Moravy značí úplnou druhou generaci.

nerace již 18 % území celé ČR, což znamená 27,6 % rozlohy orné půdy. Podle HadCM pro vyšší klimatickou citlivost A2 se plocha s výskytem úplné druhé generace zvýší do roku 2050 až na 64,1 % celého území ČR, což je 71,6 % orné půdy a současně 16,1 % orné půdy bude velmi pravděpodobně ohro-

ženo částečnou třetí generací škůdce. Ostatní použité GCM podobně simulují zvyšující se zastoupení plochy klimaticky vhodné pro dvougenerační populaci mandelinky, ale přestože některé výsledné plochy jsou výrazně menší, než jak je indikuje HadCM, stále se simulovaný stav významně liší od stavu sou-



2: Srovnání škodlivého výskytu mandelinky bramborové v jednotlivých okresech v období 1961–1990 (vlevo) a 1991–2000 (vpravo) podle CLIMEXu a pozorování SRS. Jednotlivé barvy vyjadřují, jak se simulovaný výskyt shoduje s pozorovaným, zelená barva značí výskyt mandelinky indikovaný jak CLIMEXem, tak potvrzený Státní rostlinolékařskou správou. Žlutá barva označuje okresy, ve kterých byl indikován výskyt jen podle CLIMEXu, červená barva je pro okresy, kde CLIMEX chyběně označil nepřítomnost druhu a modrá barva značí okresy bez výskytu mandelinky podle CLIMEXu i pozorování SRS.

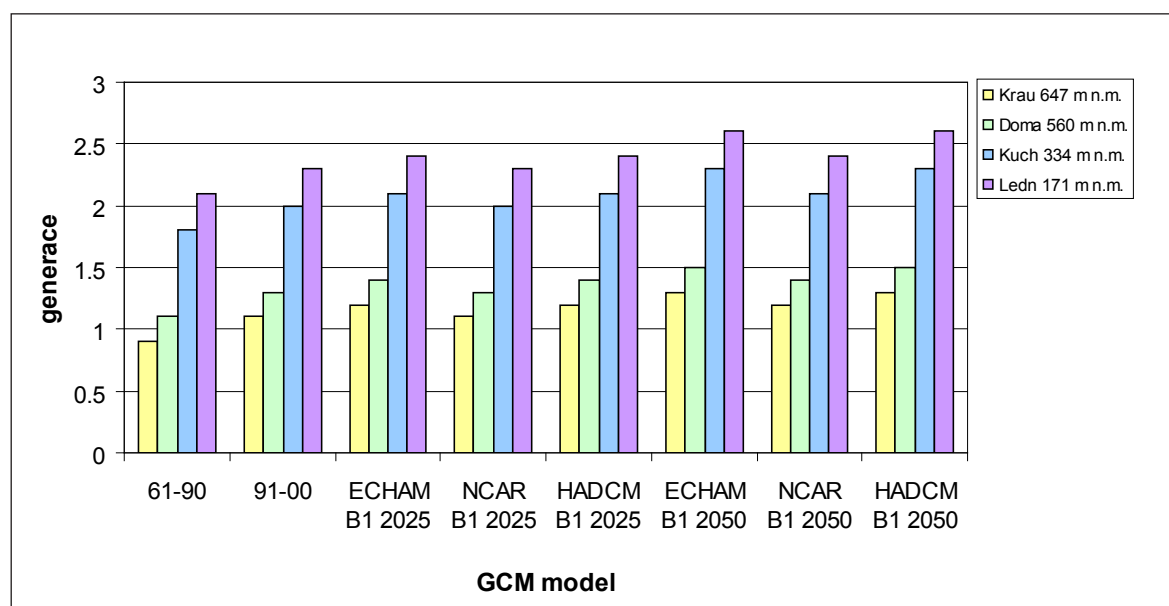


3: Potenciální výskyt mandelinky bramborové podle GCM ECHAM4 pro nižší (B1) a vyšší (A2) klimatickou citlivost v letech 2025 a 2050. ECHAM B1 2050 zaznamenává posun klimaticky vhodné oblasti pro výskyt úplné druhé generace z počáteční omezené oblasti jižní Moravy, kterou značí ECHAM B1 2025, do podstatné části níže položených oblastí včetně Polabí (jasně oranžová barva). Po dalším nárůstu takto zasažené plochy se podle ECHAM A2 pro rok 2050 významná část nížinných oblastí stává ohroženou výskytem částečné třetí generace (ECHAM A2 2050, tmavě oranžová barva) včetně nejjižnějšího výběžku Moravy, kde model indikoval klima vhodné pro výskyt úplné třetí generace mandelinky bramborové (červená barva).

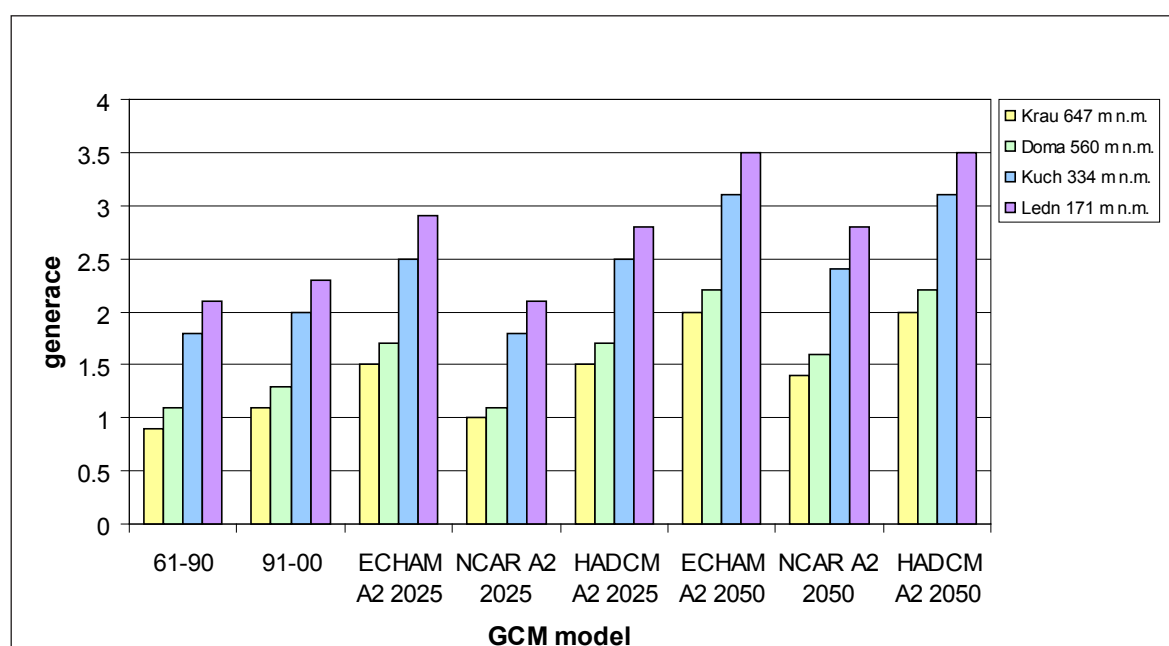
časného. Třetí generaci mandelinky na území ČR v největší rozloze značí GCM ECHAM pro klimatickou citlivost A2 pro rok 2050 (Obr. 3). Podle tohoto modelu může být částečnou třetí generací postiženo dokonce až 32 % celé ČR a 45,1 % orné půdy, 0,2 % orné půdy bude mít klimatické podmínky vhodné pro dokončení celé třetí generace.

Nárůst počtu generací a tudíž škodlivosti některých druhů vlivem vyšších teplot je podmíněn je-

jich bionomií, neboť klimatickou změnou mohou být výrazněji ovlivněny druhy, které v průběhu vegetačního období vytvářejí větší počet generací. Čím více larev ukončí vývoj před dosažením kritické fotoperiody (čili do určitého termínu), tím je tato generace početnější. Zbývající larvy vstupují do diapauzy a dávají vznik dospělcům teprve v následujícím roce. Při klimatické změně bude dříve překročen spodní práh vývoje a více larev dokončí svůj vývoj



4: Růst počtu generací na lokalitách o různé nadmořské výšce – Krásné Údolí, Domanínec, Kuchařovice a Lednice; sloupce zobrazují počet generací mandelinky bramborové pro rok 2025 a 2050 dle scénářů v pořadí: období 1961–1990, 1991–2000, ECHAM4, NCAR-PCM a HadCM3, vše pro nízkou klimatickou citlivost B1.



5: Růst počtu generací na lokalitách o různé nadmořské výšce – Krásné Údolí, Domanínec, Kuchařovice a Lednice; sloupce zobrazují počet generací mandelinky bramborové pro rok 2025 a 2050 dle scénářů v pořadí: období 1961–1990, 1991–2000, ECHAM4, NCAR-PCM a HadCM3, vše pro vyšší klimatickou citlivost A2.

včas, takže početnost další letní generace a následně i škodlivost poroste. Navíc vyšší teplota a její dřívější nástup v roce může podpořit pohyblivost některých škůdců a jejich rychlejší lokální šíření (ŠEFROVÁ a LAŠTŮVKA, 2006).

Pro co nejpřesnější odhad dopadů klimatické změny na vývoj škůdce je třeba zachytit celou amplitudu možného vývoje klimatu. Jednotlivé GCM modely se ve svých výstupech odlišují, stejně tak jejich kombinace s emisními scénáři klimatické citli-

vosti (SRES) podávají rozdílné výsledky. Ve studii je tedy zahrnuta jak nízká klimatická citlivost systému na zvyšující se koncentraci skleníkových plynů v atmosféře (LOW B1), tak citlivost vysoká (HIGH A2) a stejně tak je ve skupině GCM zastoupen model vyjadřující jednak pesimističtější odhad (HadCM3), optimističtější (NCAR-PCM) a také střední odhad (ECHAM4). Srovnání, jaký počet generací mandelinky bramborové simulují různé kombinace GCM a emisních scénářů, je zobrazeno na Obr. 4 a 5.

I: Plocha orné půdy (%) vhodné pro výskyt dvou a třígenerační populace mandelinky bramborové v jednotlivých časových obdobích. A2-HIGH představuje klimatické podmínky v případě vývoje emisí dle SRES-A2 a vysoké citlivosti klimatického systému a B1-LOW pak SRES-B1 s nízkou klimatickou citlivostí. Tyto scénáře byly aplikovány pro 3 GCM modely (ECHAM4, HadCM3 a NCAR-PCM).

Procento orné půdy s vhodnými podmínkami pro výskyt částečné 2. generace škůdce				
SRES-scénář GCM	1961–1990	1991–2000	2025	2050
B1-LOW ECHAM	32,3	48,8	62,4	75,3
B1-LOW NCAR-PCM			56,5	60,3
B1-LOW HADCM			61,1	75,4
A2-HIGH ECHAM			96,4	100,0
A2-HIGH NCAR-PCM			60,4	96,5
A2-HIGH HADCM			92,7	99,3
Procento orné půdy s vhodnými podmínkami pro výskyt úplné 2. generace škůdce				
SRES-scénář GCM	1961–1990	1991–2000	2025	2050
B1-LOW ECHAM	0,3	0,3	0,3	25,0
B1-LOW NCAR-PCM			3,2	12,0
B1-LOW HADCM			2,5	27,6
A2-HIGH ECHAM			46,0	92,9
A2-HIGH NCAR-PCM			15,1	38,7
A2-HIGH HADCM			47,0	71,6
Procento orné půdy s vhodnými podmínkami pro výskyt částečné 3. generace škůdce				
SRES-scénář GCM	1961–1990	1991–2000	2025	2050
B1-LOW ECHAM	0,0	0,0	0,0	0,0
B1-LOW NCAR-PCM			0,0	0,0
B1-LOW HADCM			0,0	0,0
A2-HIGH ECHAM			0,0	45,1
A2-HIGH NCAR-PCM			0,0	19,7
A2-HIGH HADCM			0,2	16,1
Procento orné půdy s vhodnými podmínkami pro výskyt úplné 3. generace škůdce				
SRES-scénář GCM	1961–1990	1991–2000	2025	2050
B1-LOW ECHAM	0,0	0,0	0,0	0,0
B1-LOW NCAR-PCM			0,0	0,0
B1-LOW HADCM			0,0	0,0
A2-HIGH ECHAM			0,0	0,2
A2-HIGH NCAR-PCM			0,0	0,0
A2-HIGH HADCM			0,0	0,0

SOUHRN

Výsledky získané ze simulací potenciálního výskytu mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824) na území České republiky v podmínkách změny klimatu provedených s použitím dynamického modelu CLIMEX naznačují pravděpodobné rozšiřování škůdce a jeho posun do vyšších nadmořských výšek. Rovněž vlivem vyšších teplot poroste počet generací tohoto škůdce. Nejsilnější ohrožení úplnou druhou generací již v roce 2025 simuluje model HadCM3 pro scénář SRES A2, podle kterého téměř polovina rozlohy orné půdy v ČR bude mít vhodné klimatické podmínky pro vývoj dvougenerační populace a podle téhož modelu do roku 2050 rozloha tohoto území vzroste až na 72 %. Výskyt částečné třetí generace je pravděpodobný podle GCM modelu ECHAM a SRES scénáře A2 v roce 2050 na 45 % orné půdy a úplné třetí generace na 0,2 % orné půdy.

CLIMEX, mandelinka bramborová, změna klimatu

SUMMARY

Simulations of potential distribution of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824) in the Czech Republic for the expected climatic conditions were made with the dynamical model CLIMEX. Values of so called Ecoclimatic Index we calculated for the present climate at 43 sites where meteorological data were available. These sites represent quite well heterogeneity of the climate conditions of the Czech Republic. Process of the model validation was followed by the comparison of the modeled potential pest's distribution with the recorded field occurrence under the present climate. The results show that the model was able to reproduce pest's spread during 1990's quite well. Overall the results of the evaluation show high sensitivity of the model but low specificity. In the conditions of climate change the pest may complete its development earlier and the higher individuals' density will subsequently increase the severity of the pest. In addition the higher temperature and its earlier onset may support the mobility and faster spread of some pest species. CLIMEX indicated likely pest's spread and shift to higher altitudes and also on the base of higher temperatures is likely the increase of the number of pest's generations. To account for the uncertainties in the expected climate conditions we took into account wide amplitude of future climate realizations based on range of emission scenarios and global circulation models. Therefore both the low climate sensitivity to increasing concentration of the CO₂ in the atmosphere (LOW B1) and the high sensitivity of the climate system (HIGH A2) were considered. In the same time the range of global circulation models included HadCM3, NCAR-PCM and ECHAM4. According to the HadCM3 under HIGH A2 conditions almost the half of the arable land will be endangered by the occurrence of bivoltine population by 2025. The same scenario indicates for 2050 72 % of the area being threaten by the bivoltine population of the Colorado Potato Beetle. According to ECHAM4 High A2 the occurrence of partial third generation is likely on 45 % of arable land and completed third generation in the 0.2 % of arable land by 2050.

PODĚKOVÁNÍ

Studie byla provedena s podporou projektů GAČR 522/05/0125 („Dopady změny klimatu na potenciální výskyt vybraných patogenů a škůdců“) a MSM6215648905 („Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“).

LITERATURA

- ALFARO, A., 1943: Algunos aspectos de la biología del escarabajo de la patata (*Leptinotarsa decemlineata* Say). *Bol. Pat. Veg. Ent. Agr.*, 16, 91–104.
- AUDISIO, P., 2007: Coleoptera, Chrysomelidae. *Fauna Europea* version 1.3, 2007, <http://www.faunaeur.org> [navštíveno 30. 11. 2007]
- BEZDĚK, J., 2006: *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824), mandelinka bramborová, s. 350–351. In: Klímovský, J. & Stýblo, P. (eds): *Nepůvodní druhy fauny a flóry České republiky*. ČSOP, Praha, 496 s.
- BUSNEL, R., 1939: Études physiologiques sur le *Leptinotarsa decemlineata* Say. Paris, pp. 207
- CAPINERA, J. L., 2001: *Handbook of Vegetable Pests*, Academic Press, s. 95–99.
- DE WILDE, J., 1950: Développement embryonnaire et postembryonnaire du Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) en fonction de la température. *Proc. VIIIth Int. Congt. Ent.*, Stockholm, 310–321.
- DUBROVSKÝ, M., NEMEŠOVÁ, I., KALVOVÁ, J., 2005: Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. *Climate Research*, 29: 139–156.
- FINAKOV, V. K., 1956: Koloradskij žuk i mery borby s nim. Izd. AN USSR, Kiev, 121 s.
- HÁNI, F., POPOW, G., REINHARD, H., SCHWARZ, A., TANNER, K., VORLET, M., 1993: *Obrazový atlas chorob a škůdců polních plodin*, Scientia, vyd. 1., Praha, 336 s.
- HODDLE, M. S., 2003: The potential adventive geographic range of glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca coagulata* and the grape pathogen *Xylella fastidiosa*: implications for California and other grape growing regions of the world. *Crop Protection*, 25: 691–699.

- CHLÁDKOVÁ Z., KALVOVÁ J., RAIDL A., 2007: The observed changes of selected climate characteristics in the period 1961–2000. *Meteorologický časopis*, 10, 13–19.
- KITTLAUS, E., 1961: Die Embryonalentwicklung von *Leptinotarsa decemlineata* Say, *Epilachna sparta* Herbst und *Epilachna vigintioctomaculata* Motsch, var. *niponica* Lewis in Abhängigkeit von der Temperatur. *Deutsch Ent.*, 8, 41–62.
- KVĚTOŇ, V., 2001: *Normály teplot vzduchu na území České republiky v období 1961–1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961–2000*, Praha, s. 217.
- MAYWALD, G. F., SUTHERST, R. W. and ZALUCKI, M. P., 1997: Generic modelling for integrated pest management. In "Proceedings of MODSIM 97, International congress on modelling and simulation". (Editors A. D. Macdonald, M. McAleer), 1115–1116 pp.
- MILLER, F., 1956: *Zemědělská entomologie*. ČSAV, Praha, 460–469.
- SAMWAYS, M. J., OBORN, R., HASTINGS, H. M., HATTING, V., 1999: Global climate change and accuracy of prediction of species' geographical ranges: establishment success of introduced ladybirds (Coccinellidae, *Chilocorus spp.*) worldwide. *Journal of Biogeography*, 26, 795–812.
- SLABÝ V. et al., 1950: K výzkumu mandelinky bramborové. *Ochrana rostlin*, 23(3): 230–234, 1950.
- SUTHERST, R. W., MAYWALD, G. F., 1985: A computerised system for matching climates in ecology. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 13: 281–99.
- SUTHERST, R. W., MAYWALD, G. F., BOTTOMLEY, W., BOURNE, A., 2001: CLIMEX v2 User's Guide, *CSIRO Entomology*, 12–13 13: 281–99.
- ŠEFROVÁ, H., LAŠTŮVKA, Z., 2006: Povedou klimatické změny k šíření škůdců a nárůstu jejich početnosti? *Agromanuál*, 2006/1, 23–25.
- WEGOREK, W., 1955: Investigation on spring migration of the colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say) and possibilities of combating the insect. *Ekol. Polska*, 1955, A, 3, 247–277.

Adresa

Ing. Eva Kocmánková, Ing. Miroslav Trnka, Ph.D., Ing. Daniela Semerádová, Prof. Ing. Zdeněk Žalud, Ph.D., Ústav agrosystémů a bioklimatologie; Doc. Ing. Hana Šefrová, Ph.D., Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Česká republika, RNDr. Martin Dubrovský, Ph.D., Ústav fyziky atmosféry Akademie věd ČR, Boční II 1401, 141 31 Praha 4, Česká republika, RNDr. Ing. Martin Možný, Observatoř Doksany, Český hydrometeorologický ústav, 411 82 Doksany, Česká republika, RNDr. Jan Juroch, Státní rostlinolékařská správa, pobočka Brno, Trnkova 103, 628 00 Brno, Česká republika