

# THE CLIMATE NICHE OF COLORADO POTATO BEETLE AND POTATO LATE BLIGHT IN CENTRAL EUROPE IN 2050

DOPADY ZMĚNY KLIMATU NA KLIMATICKOU NIKU MANDELINKY BRAMBOROVÉ A PLÍSNĚ BRAMBOROVÉ VE STŘEDNÍ EVROPĚ V ROCE 2050

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

Ústav Agrosystémů a bioklimatologie , Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xkocman0@node.mendelu.cz, zalud@node.mendelu.cz

---

## ABSTRACT

This study is focused on the most important potato pest i.e Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824) and also disease that have lead to severe potato yield collapses in the past i.e. Potato late blight (*Phytophthora infestans*, de Bary 1876). The aim was to develop models allowing the assessment of the CPB possible spread and risk of the early outbreaks or increases in the intensity of PLB both under the climate change. For the estimation of the CPB occurrence in expected climate conditions there was 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 climate conditions. As a tool for the assessment of the PLB outbreak and the number of infectious days was invoked the CLIMEX supplementary tool DYMEX. Following the validation and calibration of the model input meteorological data were altered according to three Global Circulation Models (ECHAM4, HadCM3, NCARPCM) that were driven by two emission scenarios (A2, B1) with two assumed levels of climate system sensitivity for period 2050. Model output, for current and expected climate conditions, were visualized by GIS (Geographical Information Systems) using a digital landscape model. Under all climate change scenarios we noted marked shift of pests' potential niche to higher altitudes and change in infestation pressure of both evaluated species.

**Key words:** CLIMEX, DYMEX, Colorado potato beetle, Potato late blight, climate change

## ÚVOD

Klimatické podmínky jsou jedním z hlavních faktorů, které významně ovlivňují rozšíření, populační dynamiku, životní cyklus, infekční tlak a celkový výskyt většiny škůdců a chorob zemědělských plodin. Mechanismy, jimiž klimatické podmínky působí na vývoj druhů, se snaží odhalit použité modely CLIMEX a DYMEX, znalosti získané ze simulací pak lze využít v ochraně polních plodin a v prevenci dopadů klimatické změny. V podmínkách změny klimatu je u škůdců, jejichž vývoj přímo závisí na klimatických podmínkách, očekáváno riziko posunu jejich klimatické niky a změna v jejich schopnosti šířit se a zamořovat území. Je pravděpodobné, že klimatické změna a vyšší teploty povedou k dřívějšímu nástupu vegetačního období, což může uspišit vývoj mnoha škůdců, např. mandelinky bramborové (*Leptinotarsa decemlineata*, Say 1824). Vyšší teploty mohou zkrátit její životní cyklus a umožnit dokončení více generací v průběhu jedné sezony. 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 dvě generace.

Mandelinka bramborová byla do Evropy zavlečena v roce 1876 z Amerického kontinentu zaoceánskými loděmi. V ČSSR byla poprvé zjištěna v roce 1945 v západních a severních Čechách a do roku 1958 se rozšířila po celé republice. Nyní je rozšířena v celé západní Evropě a v části východní a jižní Evropy, není doposud trvale usídlena v Anglii, Dánsku, Švédsku a Norsku (ZACHA a kol., 1996). Její vývoj je ovlivňován zejména teplotou prostředí. Pro výlet jarních brouků je limitujícím faktorem teplota půdy 14 °C hloubce 20 cm WEGOREK (1955). ALFARO (1943) udává výlet prvních imag při teplotě vzduchu už 10°C a masový výskyt nejdříve při 14-15°C. Za spodní práh vývoje mandelinky bramborové je nejčastěji považována teplota 12 °C, tato hodnota platí pro embryonální vývoj i pro vývoj larev. Maximální teplotní práh dosahuje hodnoty 38 °C, nad touto hranicí ustává embryonální vývoj, hynou larvy i kukly. Optimální teploty jsou 18 – 28 °C, při nichž vývoj mandelinky probíhá nejrychleji a s minimálním mortalitou (BUSNEL, 1939, CAPINERA, 2001). Diapausa je indukována kombinací fotoperiody, teploty a kvality hostitelských rostlin.

Vymezení klimatické niky mandelinky bramborové a determinace počtu dokončených generací tohoto škůdce v budoucích klimatických podmínkách je v této studii simulován s použitím australského programu CLIMEX. Je to model schopný stanovit vhodnost klimatických podmínek dané lokality pro populační růst a přežití modelovaného druhu na základě jeho současné geografické distribuce. S rostoucím výskytem mandelinky, která by byla schopna dokončit více generací v sezóně, by také velmi pravděpodobně rostly ekonomické škody způsobené tímto škůdcem.

Významným patogenem bramboru, o němž je známo, že jeho vývoj je ovlivněn zejména teplotou a vlhkostí, je plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*, de Bary 1876). Díky jejím známým požadavkům na tyto klimatické prvky je možné dobře odhadovat její vývoj a výskyt v závislosti na klimatických podmínkách lokality a nebo v podmínkách klimatické změny. Teplejší klima a brzké léto pravděpodobně přispěje k uspišení prvního

propuknutí plísně bramborové, což může vést k brzké defoliaci porostů brambor a ke snížení výnosů.

Původce plísně bramborové pochází ze středního Mexika. Krátce po jeho zavlečení do Evropy v letech 1845 – 1847 ztráty na bramborových porostech dosahovaly obrovského procenta a v důsledku neúrody brambor byl zaznamenán např. krutý hladomor v Irsku a masivní vystěhovalectví do Ameriky. V současné době se plíseň bramboru vyskytuje téměř ve všech oblastech, kde se brambory pěstují (VÁŇA, 1996). Plíseň bramborová přezimuje ve formě mycelia na hlízách brambor. Sporangia na stonku a spodní straně listů se volně šíří vzdušným prouděním a deštěm (VÁŇA, 1996) a za vysoké vzdušné vlhkosti a optimální teploty 20 °C přímo klíčí v infekční hyfu a způsobují infekci, jinak se při dešti, rose a nižších teplotách ve sporangiu tvoří zoospory, které dále klíčí (TÁBORSKÝ, MAZÁKOVÁ, 2005), masivní nové infekce lze očekávat od poloviny června po každé kritické periodě, která je definována délkou 48 hodin při teplotě 10 – 24 °C a s minimální relativní vlhkostí 75 % (Baumontovo pravidlo). Choroba se při teplotách nižších jak 10 °C a vyšších jak 30 °C nešíří.

Rozvoj plísně bramborové byl stanovován pomocí programu DYMEX, který umožňuje detailněji zachytit populační dynamiku modelovaného druhu a dovoluje vytvořit rozvinutější model s širším využitím.

## MATERIÁL A METODIKA

### CLIMEX A MANDELINKA BRAMBOROVÁ

Dynamický model CLIMEX stanovuje rozšíření druhu v závislosti na klimatu. Může být použit pro vyjádření vhodnosti různých lokalit k přežití vybraného druhu, pro porovnávání klimatu různých lokalit nebo pro porovnání klimatu stejných lokalit v různých letech (Samways *et al.*, 1999). Výstupem použitého modelu závislosti vývoje mandelinky bramborové na teplotách prostředí je **ekoklimatický index (EI)**, který, na základě vstupních meteorologických dat charakterizujících zájmovou lokalitu a prahových hodnot odpovídajících požadavkům mandelinky na klima, udává vhodnost klimatických podmínek pro její přežití na dané lokalitě. Součástí EI je roční růstový index GI, jenž popisuje populační růst druhu během příznivé části roku a stresové indexy udávající přežití druhu během nepříznivého období roku. Pro výpočet EI byly tedy jako vstupní parametry použity dvě skupiny dat: první skupinou jsou teplotní prahové hodnoty pro vývoj mandelinky bramborové čerpané z literárních zdrojů zmíněných výše, tj. spodní prahová hodnota 12 °C, optimální rozmezí teplot 15 – 28 °C, horní teplotní práh 33 °C. Spodní teplotní práh 12 °C posloužil i jako hodnota pro počátek kalkulace denních stupňů, na jejichž základě CLIMEX odvozuje počet generací v průběhu jedné sezony. Na dokončení celé jedné generace mandelinka vyžaduje 400 denních stupňů nad prahovou hodnotu 12 °C (Sutherst *et al.*, 2001). Prahové hodnoty pro vstup do diapausy byly zastoupeny denní délkou 13.5 hodiny a teplotou 13 °C, k ukončení diapausy dochází při teplotě 10 °C. Druhou skupinou vstupních dat jsou dlouhodobá meteorologická data - v této studii data z let 1961 – 2000 pro 43 lokalit. Model

pro rozšíření mandelinky v podmínkách současného klimatu byl z důvodu ověření funkčnosti vytvořen ve dvou různých variantách: v první variantě byla použita meteorologická data pro referenční období 1961 – 1990 a v druhé variantě meteorologická data 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). Meteorologická data byla zastoupena maximálními a minimálními teplotami, srážkami a relativní vlhkostí v 9 a 15 hodin.

EI dosahuje hodnot 0 – 100, kde hodnota 0 indikuje lokalitu nevhodnou pro dlouhodobé přežití druhů. EI větší než 30 reprezentuje velmi příznivé klima pro vývoj druhů (Sutherst, Myawald, 1985, Sutherst *et al.*, 2001), Hoddle (2003) naopak považuje lokality s hodnotou EI vyšší jak 25 za velmi vhodné pro populační růst a přežití druhu, EI = 10-25 za vhodné, hodnota EI nižší než 10 indikuje mezní lokality pro přežití.

Vytvořený model současného rozšíření mandelinky bramborové v ČR byl validován prostřednictvím srovnání modelovaného rozšíření s reálným zaznamenaným výskytem mandelinky ve stejném období. Data o reálném výskytu mandelinky pocházejí ze zdrojů SRS.

Meteorologická data ověřeného modelu byla posléze upravena podle GCM (Globální Cirkulační Modely) a klimatických scénářů ECHAM, HadCM a NCAR a současně pro dva emisní scénáře (A2, B1) (Dubrovský *et al.*, 2005).

## DYMEX A PLÍSEŇ BRAMBOROVÁ

DYMEX je sada dvou nástrojů pro vytvoření a následné spuštění modelu: prvním nástrojem je *Model Builder*, ve kterém má uživatel možnost vytvořit si dle svých potřeb vlastní model. Druhým nástrojem je *Model Simulator*, ve kterém lze model spustit a získat tak výsledky definované v *Builderu* (Maywald *et al.*, 1997).

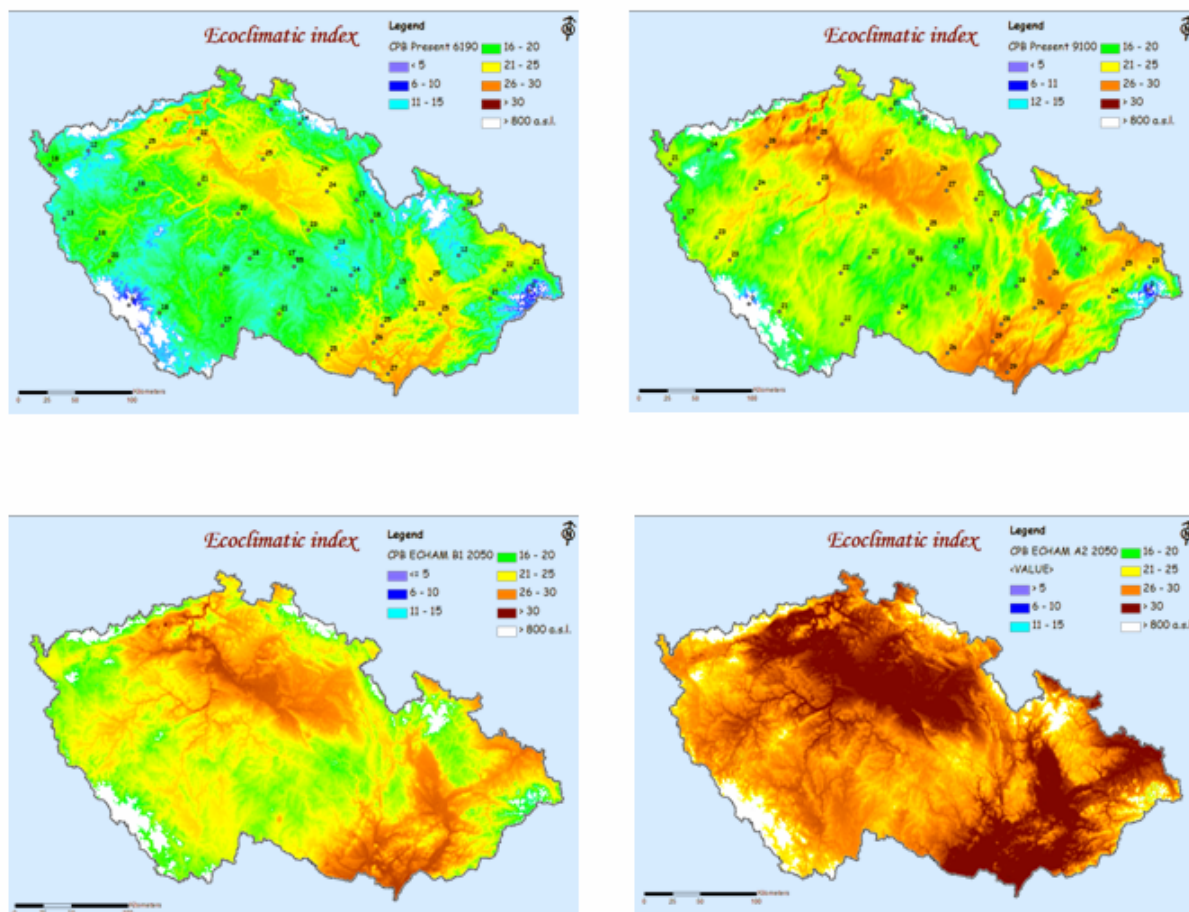
Jako vstupní meteorologická data DYMEX vyžaduje denní hodnoty maximálních a minimálních teplot, srážek a relativní vlhkosti. Model aktivity plísně bramborové byl vytvořený v *Model Builderu* pomocí kombinace množství mezi sebou komunikujících modulů, z nichž každý sledoval splnění různých meteorologických podmínek definovaných prahovými hodnotami nebo parametry. Např. modul pro splnění optimálních teplot pro rozvoj plísně sledoval, jestli se teploty v daný den pohybovaly v optimálním rozmezí 10 – 25 °C. Jiný modul sledoval počet dnů s relativní vlhkostí přesahující 75 % a další označil dny s úhrnem srážek za posledních 48 hodin vyšším než 3 mm (paralela pro vyjádření dlouhodobějšího ovlhčení listu, které napomáhá vzniku infekce). Integrací jednotlivých modulů bylo definováno Baumontovo pravidlo a model tak umožnil sledovat počet dní s podmínkami vhodnými pro aktivitu plísně bramborové.

Vstupní meteorologická data charakterizovala období 2001 – 2005 na 10 lokalitách a pro toto období byla použita i kontrolní a validační data poskytnuta SRS a udávající datum prvního výskytu plísně bramborové na vybraných lokalitách. Podobným způsobem jako v případě modelu mandelinky bramborové v CLIMEXu byly i pro plíseň bramborovou vytvořeny modely změny klimatu.

Výstupy modelů CLIMEXu - jak pro současné i očekávané klimatické podmínky – byly pro lepší vizualizaci zpracovány v GIS. Model plísňě bramborové v DYMEXu umožnil sledování počtu dní s podmínkami vhodnými pro vznik infekce, výstupy byly přehledně zobrazeny v grafu.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

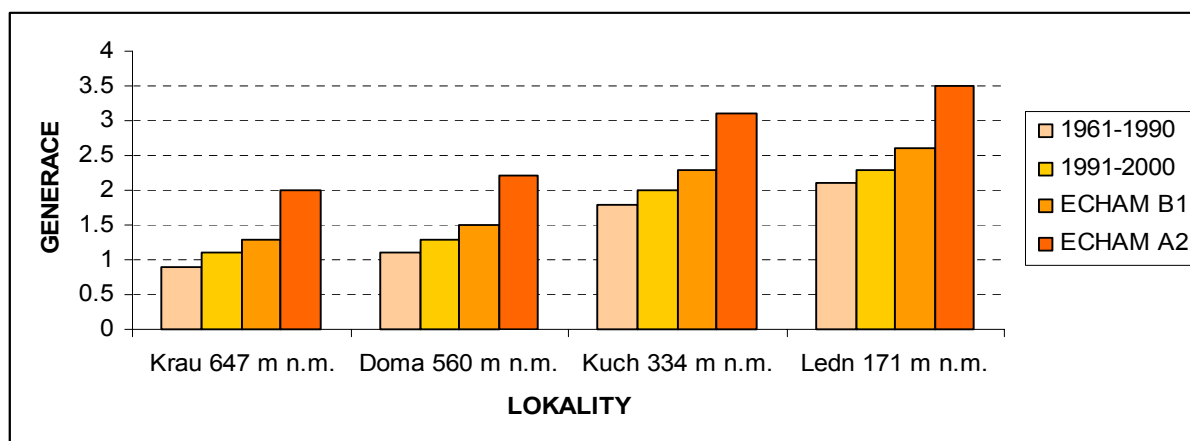
Znázornění současného rozšíření mandelinky bramborové jak je odhadl CLIMEX na základě vstupních dat je presentováno na Obr. 1. Mapy jsou vytvořeny interpolací výstupních hodnot EI na všech 43 lokalitách. Na mapě vpravo, která zobrazuje teplejší poslední dekádu dvacátého století, je v porovnání s obrázkem vlevo (1961 – 1990) zřejmé rozšiřování primární klimatické niky ( $EI > 25$ ) mandelinky bramborové. Mandelinka je schopná přežít prakticky na celém území ČR ( $EI > 10$ , na mapě modrá až oranžová barva), ale oblasti s dokončeným vývojem druhé generace ( $EI > 25$ , oranžová barva) jsou determinovány jen v nejteplejších oblastech Polabí a J Moravy.



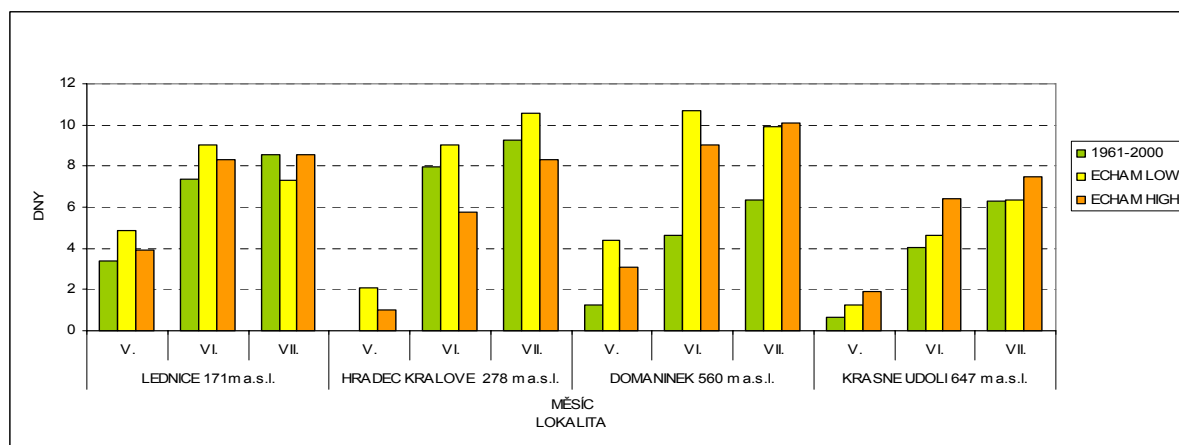
Obr. 1 Rozšíření mandelinky bramborové v současných klimatických podmínkách (nahore), období 1961 – 1990 (vlevo), 1991 – 2000 (vpravo), potenciální rozšíření v roce 2050 podle scénářů ECHAM A2 a ECHAM B1.

Výsledky simulací pro scénáře klimatické změny signalizují rozšiřování klimatické niky mandelinky bramborové, zejména scénář ECHAM A2 2050 vykazuje významný posun pro mandelinku klimaticky příznivé oblasti do vyšších nadmořských výšek, červeně zbarvené oblasti s hodnotou  $EI > 30$  značí výskyt třígenerační mandelinky bramborové. Obr. 2 porovnává počet generací na čtyřech vybraných lokalitách volených tak, aby měly vždy rozdílnou nadmořskou výšku. Od referenčního období 1961 – 1990 se s každým dalším scénářem počet generací zvyšuje důsledkem rostoucích teplot, mandelinka ukončuje diapausu dříve, její vývoj probíhá rychleji a podle pesimističtějšího scénáře ECHAM A2 2050 se počet generací zvyšuje až o celou jednu, např. v jedné z nejteplejších oblastí Lednice tak mandelinka v roce 2050 dokončuje tři úplné generace.

Za kritické období pro propuknutí plísně bramborové je považováno období červen-červenec a v těchto měsících oba scénáře klimatické změny ECHAM B1 i ECHAM A2 2050 (Obr. 3) indikují nárůst počtu příznivých dní zejména ve vyšších nadmořských výškách s větším množstvím srážek a tudíž vyšší relativní vlhkostí. Potenciální hrozbu pro dříve sázené brambory (díky dřívějšímu nástupu vegetačního období) znamená - v porovnání se současným stavem - nárůst v počtu příznivých květnových dní.



Obr. 2 Růst počtu generací na lokalitách o různé nadmořské výšce - Krásné Údolí, Domanínec, Kuchařovice a Lednice; sloupce na každé lokalitě zobrazují generace mandelinky bramborové dle scénářů v pořadí: období 1961 – 1990, 1991 – 2000, ECHAM B1 2050 a ECHAM A2 2050.



Obr. 3 Porovnání počtu dní příznivých pro plíseň bramborovou na čtyřech lokalitách podle scénářů 1961 – 2000, ECHAM B1 2050 a ECHAM A2 2050 v měsících květnu, červnu a červenci.

## ZÁVĚR

Výsledky simulací v CLIMEXu pro potenciální výskyt mandelinky bramborové v podmínkách očekávaného klimatu naznačují pravděpodobné rozšiřování areálu jejího výskytu a současně růst počtu dokončených generací v sezóně z dnešních dvou na tři v těch nejteplejších oblastech. DYMEX ve svých modelech předpokládá vyšší počet dnů s příznivými podmínkami pro šíření plísně bramborové, důležitý je zejména vyšší počet příznivých květnových dnů. Modely potvrdily předběžné odhady v riziku posunu klimatické niky a zesilování tlaku dvou významných škůdců bramboru v budoucích klimatických podmínkách na území ČR.

## PODĚKOVÁNÍ

Použití softwaru pro vypracování studie bylo podpořeno projektem FRVŠ 2672/2007, metodika byla sestavena s podporou projektu Grantové Agentury ČR: Project No. 522/05/0125).

## 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.
- Busnel, R. (1939): Études physiologiques sur le *Leptinotarsa decemlineata* Say. Paris, 207 pp  
GRISON, P., 1943. Observation sur le rythme d'activité nyctémérale chez le Doryphore *Leptonotarsa decemlineata* Say. – C.R.Acad. Sci., 217, 621-622.
- Capinera, J.L. (2001): Handbook of Vegetable Pests, Academic Press, s. 95 – 99.
- Dubrovský, M., Nemešová, I., Kalvová, J. (2005): Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. *Climate Research* 29: 139-156.
- 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* 23 (2004), pp. 691-699.
- Květoň, V. (2001): Normály teplot vzduchu na území České republiky v období 1961 – 1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961 – 2000, Praha, p. 217.
- Maywald, G.F., Sutherst, R.W., Zalucki, M.P. (1997): Generic modelling for integrated pest management, In “Proceedings of MODSIM 97, international congress on modelling and simulation“. (Eds AD Macdonald, M McAleer) pp. 1115 – 1116. (MODSIM 97: Hobart, Australia).
- Samways, M.J., Oborn, R., Hastings, H., Hatting, V. (1999): Global climate change and accuracy of prediction of species' geographical ranges: establishment sukses of introduced ladybirds (Coccinellidae, *Chilocorus spp.*) worldwide, *Journal of Biogeography*, 26, 795 – 812.

Sutherst, R. W. and 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.

Strňák, F. (1925): K výskytu mandelinky bramborové, Zprávy výzkumných ústavů zemědělských, č. 15, Ministerstvo zemědělství republiky Československé.

Táborský, V., Mazáková, J. (2005): Šíření plísně bramboru. *Farmář* 11 (2): 12.

Váňa, J. (1998): Systém a vývoj hub a houbových organismů. 2. vydání. Praha: Karolinum, ISBN:80-7184-603-1.

Wegorek, W. (1955): Investigation on spring migration of the colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say ) and possibilities of combating the insect. *Ekol. Polska*, A, 3, 247-277.

Zacha a kol., 1996: Prognóza a signalizace v ochraně rostlin, státní zemědělské nakladatelství Praha, 90-97.