
CITLIVOSTNÍ ANALÝZA VYBRANÝCH MODELŮ NA SIGNALIZACI PLÍSNĚ BRAMBORU V PODMÍNKÁCH ČESKÉ REPUBLIKY

SENSITIVITY ANALYSIS OF SELECTED MODELS FOR POTATO LATE BLIGHT FORECAST UNDER CONDITIONS OF CZECH REPUBLIC

Tomáš LITSCHMANN¹, Petr DOLEŽAL², Ervín HAUSVATER²

¹AMET, Velké Bílovice

²Výzkumný ústav bramborářský, Havlíčkův Brod

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E.

Citlivostní analýza vybraných modelů na signalizaci plísně bramboru v podmínkách České republiky

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2012, 20: 133–142

V předloženém příspěvku je provedena citlivostní analýza dvou modelů na signalizaci plísně bramboru na základě dat z let 2011 a 2012 pro lokalitu Lípa u Havlíčkova Brodu s ohledem na případnou nepřesnost v měření vlhkosti vzduchu. Ukazuje se, že v případě modelu negativní prognózy se změna v hodnotách naměřených vlhkostí projevuje jako plynulá systematická chyba, přičemž velikost odchylky v předpovídaném datu u hodnoty 150 dosahuje 1–2 dny na změnu vlhkosti o 1%. U modelu NoBlight jsou v případě děletrvajících vlhkých period (rok 2011) změny menší a projevují se především při záporných odchylkách v naměřených vlhkostech. Avšak za situací, kdy převažují kratší období s vysokými vlhkostmi vzduchu (rok 2012), jsou tyto rozdíly výraznější, přičemž opět větší v případě, kdy snímač naměří nižší hodnoty než skutečné. Je proto nezbytné provádět u automatických meteorologických stanic kontrolní ověřování snímačů vlhkosti vzduchu před každou sezónou pomocí jednoduchého kalibračního přípravku.

plíseň bramboru; signalizační metody; vlhkost vzduchu

ÚVOD

Mezi jedny ze základních principů integrované produkce patří pokud možno co největší využívání informací získaných nejrůznějšími metodami k správnému načasování chemického ošetření, popřípadě k výběru nevhodnějšího přípravku. Nejinak je tomu i u ochrany brambor proti plísni bramboru (*Phytophthora infestans* Mont (de Bary), zejména pak v zemích, kde mají tyto metody ochrany již svoji dlouholetou tradici. Naplánování aplikace fungicidů proti plísni bramboru je poměrně složité, neboť napadení závisí na povětrnostních podmínkách, které jsou velmi variabilní v prostoru i čase, citlivosti odrůdy, mikroklimatických podmínkách příslušného stanoviště apod.

Za posledních více než 60 let bylo ve světě vyvinuto přes 20 modelů, které se snaží vyhodnotit příznivé teplotně-vlhkostní podmínky pro rozvoj této choroby.

Jak uvádí např. EREMEEV *et al.* (2006) na základě pokusů prováděných v Estonsku, je možno s pomocí programu NegFry zajistit účinnou ochranu proti plísni bramboru při snížení počtu ošetření oproti standardnímu agrotechnickému postupu a zároveň nesnížit velikost výnosu a kvalitu hlíz. K obdobným závěrům docházejí pro některé pobaltské země i autoři článku KOPPEL *et al.* (2003), uvádějící průměrné snížení počtu ošetření o 30 %. Pro Irsko prezentují závěry pětiletých výzkumů DOWLEY *et al.* (2002) a docházejí k závěrům, že při správné aplikaci výstupů z programu NegFry lze dosáhnout úspory 27–49 % ve spotřebě fungicidů.

Převážná většina existujících modelů vyhodnocuje naměřené meteorologické údaje buď přímo v blízkosti porostu, anebo na nejbližší oficiální meteorologické stanici. Kromě údajů o teplotě vzduchu se v těchto modelech objevuje hodnota relativní vlhkosti 90 %, která má z historických důvodů nahrazovat údaje o ovlhčení listů. Tento prvek se ve staničních sítích národních meteorologických služeb neměří, a zřejmě proto tvůrci modelů sáhli po jeho náhradě hodnotou 90% relativní vlhkosti vzduchu a jako jeden z nejdůležitějších parametrů v nich figuruje údaj o délce trvání období s relativní vlhkostí nad touto hranicí. Stejná prahová hodnota je např. používána i při signalizaci výskytu skvrnatičky řepné na cukrovce (MÁJKOVÁ 2005).

Využívání modelů na signalizaci houbových chorob zemědělskou praxí je podmíněno využíváním automatických meteorologických měření a jejich samočinným vyhodnocením včetně distribuce výsledků k uživateli. Např. v práci BRAVO *et al.* (2012) je popsána technologická linka signalizace plísně bramboru pro jižní Chile, zahrnující sběr dat z meteorologických stanic umístěných v terénu a jejich přenos do centra, vyhodnocení těchto dat pomocí vhodného modelu (Blitecast) a distribuce výsledků zpět k jednotlivým uživatelům ve formě zprávy SMS anebo E-mailu.

Při měření vzdušné vlhkosti se v současné době u automatických meteorologických stanic využívají v převážné většině kapacitní snímače, u nichž výrobci uvádějí přesnost $\pm 3\%$ relativní vlhkosti v případě střední cenové kategorie, u těch nejlepších lze dosáhnout přes-

nosti kolem $\pm 2\%$ (Vaisala). Se zvyšující se vlhkostí vzduchu (nad 90 %) nepřesnost měření ještě asi o 1–2 % vzrůstá. Odchylka naměřené vlhkosti vzduchu od skutečné se ještě mění v průběhu času (drift) s tím, jak snímače stárnou, v závislosti na extremitě podmínek, jimž jsou v provozu vystaveny.

Pokud jsou k signalizaci využívána data národních meteorologických služeb (u nás Český hydrometeorologický ústav), lze předpokládat, že na těchto stanicích je prováděna pravidelná údržba a kalibrace všech snímačů, včetně vlhkostních. Nevýhodou těchto stanic je však to, že je jich omezený počet, který se může s prováděnými úsporami v rozpočtu této organizace ještě snižovat, navíc bývají často vzdáleny od pozemků s danou kulturou a nereprezentují vždy mezoklimatické a mikroklimatické podmínky porostu. V praxi jsou proto často zřizovány automatické meteorologické stanice samotnými pěstiteli, popřípadě organizacemi poskytujícími poradenskou činnost. U těchto stanic bývá jejich pravidelné kontrole a údržbě věnována podstatně menší pozornost, než je tomu u profesionálních stanic.

Jelikož se nám nepodařilo zatím v literatuře nalézt srovnání, jak se mohou měnit výsledky signalizací v závislosti na nepřesnostech v měření vlhkosti vzduchu, pokusili jsme se v předloženém příspěvku provést vlastní studii, k jak velkým chybám může docházet, a navrhnout vhodné řešení. Neboť jediné správně naměřené údaje vyhodnocené vhodným modelem mohou přinést očekávaný efekt v úspoře fungicidů.

MATERIÁL A METODY

K vlastní citlivostní analýze jsme použili data naměřená automatickou meteorologickou stanicí MeteoUni (Amet Velké Bílovice), umístěnou v blízkosti porostu brambor v Lípě u Havlíčkova Brodu ve vegetačním období 2011 a 2012. Měření byla prováděna ve čtvrt-hodinových intervalech. Tato stanice používá k měření vlhkosti vzduchu snímač HIH-4000 od firmy Honeywell (ANONYM 2005), jež vykazuje přesnost $\pm 2,5$ až $\pm 3,5\%$ vlhkosti vzduchu, opakovatelnost $\pm 0,5\%$ a v polních podmínkách změnu parametrů $\pm 1,2\%$ za rok.

Z modelů jsme použili NoBlight, popsany např. v práci JOHNSONA (2005). Je obdobou rozšířeného Wallinova modelu Blitecast s tím rozdílem, že za období s vysokou vzdušnou vlhkostí se považuje úsek od vzestupu vlhkosti nad 90 % a jejímu následnému poklesu pod 76,5 %. Podle délky tohoto období a průměrné teploty během něj se tomuto úseku přiřadí hodnota kritického čísla v našich podmínkách od 0 do 8. Při dosažení hodnoty součtu těchto kritických čísel 18 je zapotřebí začít s ošetřením. Akumulace těchto hodnot začíná ode dne, kdy porost brambor je vzešlý z 50 %. V roce 2011 bylo v Lípě u Havlíčkova Brodu dosaženo tohoto stavu dne 29.5., o rok později dne 22.5.

Druhým testovaným modelem byl model negativní prognózy, popsany v roce 1966 Ullrichem a Schrodterem, uváděný např. v práci IGLESIAS *et al.* (2010). Pro období s relativní vlhkostí nad 90 % se opět vypočítá průměrná teplota vzduchu a vynásobí se příslušným

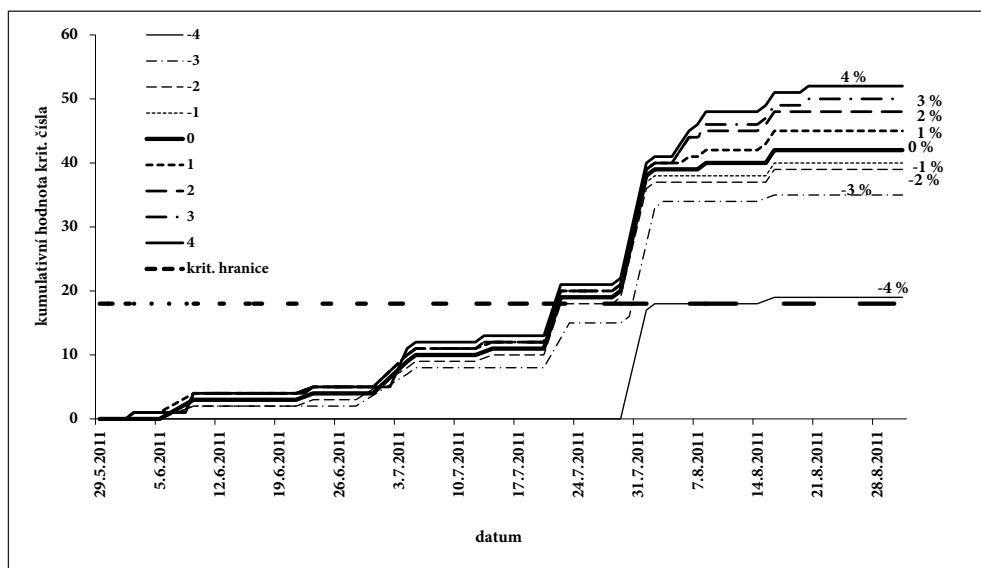
koeficientem. Tento model je jednou součástí systému NegFry. Pokud součet těchto násobků nepřesáhne hodnotu 150, je nepravděpodobné, že by se v porostu mohla objevit plíseň bramboru. Uvedená prahová hodnota podléhá lokálním vlivům a citlivosti odrůd, takže se může měnit.

Pro každý rok a model byly vypočteny příslušné hodnoty kritických čísel nejprve s původními daty vzdušné vlhkosti, následně jsme všechny naměřené čtvrthodinové hodnoty vlhkosti snížili o 1 % a provedli nový výpočet. Takto jsme postupovali s krokem 1 % v intervalech -4 % až +4 % od skutečně naměřené hodnoty, takže jsme pro každý model a rok získali 9 časových řad výsledků.

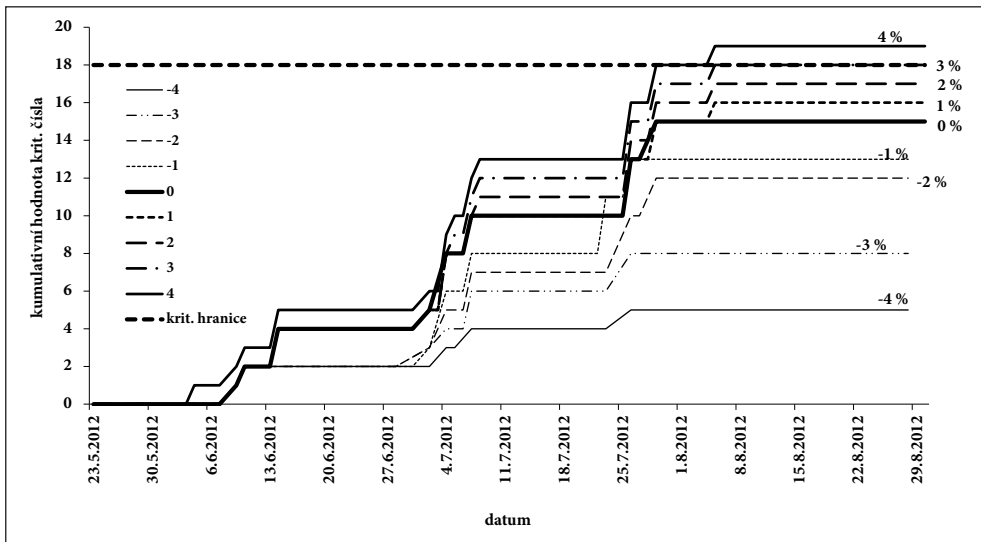
VÝSLEDKY A DISKUSE

Na Obr. 1 a 2 jsou vyneseny výsledky simulace modelu NoBlight v letech 2011 a 2012 pro jednotlivé odchylky vlhkostí vzduchu. V roce 2011, v němž se vyskytovaly výraznější periody vlhčího počasí, je rozdíl ve dnech v dosažení kumulativní hodnoty kritického čísla pro různé vlhkosti poměrně malý, zejména pak za situace, kdy simulované hodnoty snímače vlhkosti vzduchu ukazovaly vyšší hodnoty. V případě záporných odchylek, tj. za situace, že by snímač vlhkosti vzduchu naměřil nižší hodnoty, než odpovídají skutečnému stavu atmosféry, vznikly výraznější rozdíly ve výsledku až při odchylkách -3 a -4 % relativní vlhkosti.

Obr. 1. Průběh kumulovaných hodnot modelu NoBlight v Lípě v roce 2011 pro jednotlivé odchylky relativních vlhkostí vzduchu



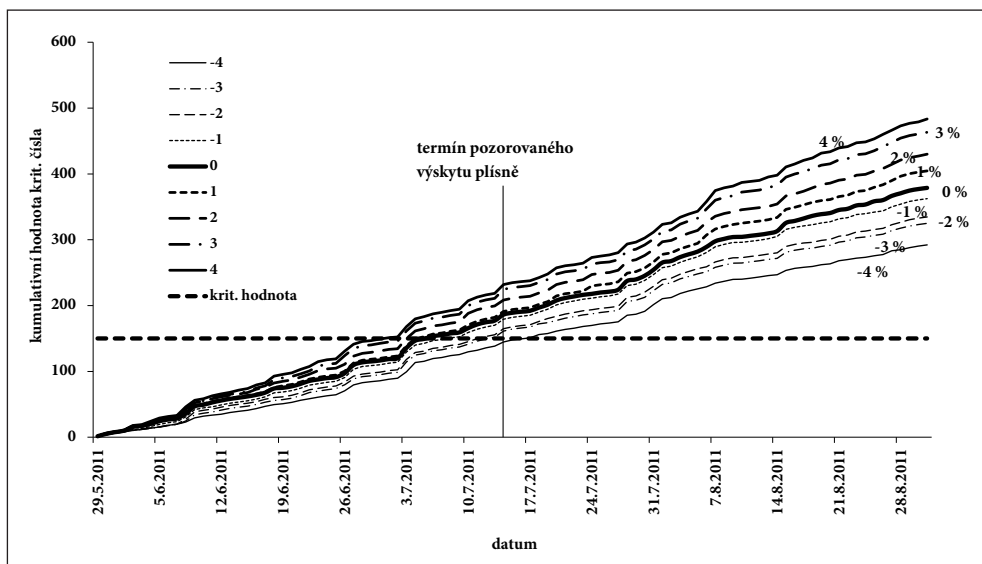
Obr. 2. Průběh kumulovaných hodnot modelu NoBlight v Lípě v roce 2012 pro jednotlivé odchylky relativních vlhkostí vzduchu



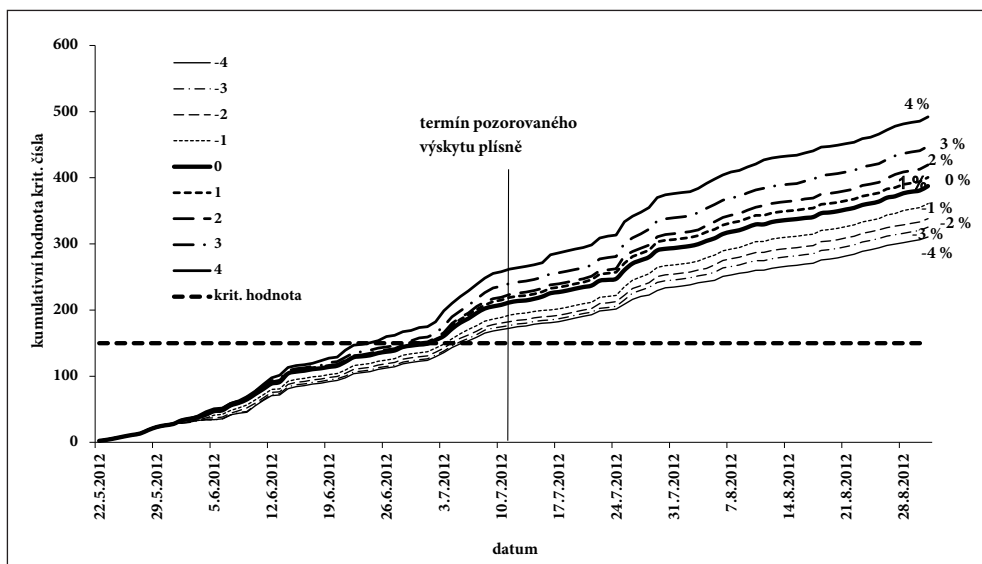
V roce 2012 však byla situace odlišná, period s vysokými vlhkostmi vzduchu bylo poměrně málo a byly kratší, takže kritická čísla narůstala pomalu a v případě vlhkostí vzduchu naměřených stanic nebylo kritické hodnoty 18 dosaženo ani ke konci srpna. Dne 11. 7., kdy byly pozorovány v této lokalitě první výskyty plísně, byl rozdíl mezi skutečně naměřenými a simulovanými vlhkostmi ve variantě +4 o 3 čísla vyšší (10 skutečné hodnoty, 13 hodnoty zvýšené o 4 %), avšak při snížení hodnot vlhkostí vzduchu tento rozdíl dosahoval 6 (10 skutečné hodnoty, 4 hodnoty snížené o 4 %).

U modelu negativní prognózy v roce 2011 (Obr. 3, 4) kritická čísla narůstají pozvolna a nikoliv skokově jako u modelu NoBlight, což je dáno mj. i tím, že model NoBlight počítá s nejkratší délkou období s vysokou vlhkostí vzduchu 10 hodin, většinou však více, u modelu negativní prognózy se bere v úvahu již období s vysokou vlhkostí nad 4 hodiny. Kratší periody jsou pochopitelně častější a lze je očekávat prakticky každý den, zatímco delší období se vyskytují méně často, a proto se hodnoty kritického čísla u modelu NoBlight mění skokově po delších časových úsecích. Případná nepřesnost v naměřených hodnotách vzdušné vlhkosti se proto u modelu negativní prognózy projevuje jako systematická odchylka, kdy vypočítané hodnoty pro každý den vykazují o něco vyšší anebo nižší hodnotu. Při sčítání denních hodnot kritických čísel se tyto odchylky kumulují, a proto křivky na Obr. 3 a 4 pro jednotlivé hodnoty změn vlhkostí vzduchu mají podobu křivek plynule se od sebe vzdalujících. Jestliže v roce 2011 by bylo při odchylce vlhkoměru +4 % signalizováno dosažení kritického čísla již 2.7. a při odchylce -4% 16.7., v roce 2012 byl při odchylce +4% signalizován termín splnění krit. čísla 24. 6. a při odchylce -4% 5. 7. Z toho vyplývá, že při změně kalibrace vlhkoměru o 1 % je ve výsledku dosaženo změny termínu aplikace fungicidu o cca 1,5 dne.

Obr. 3. Průběh kumulovaných hodnot modelu negativní prognózy v Lípě v roce 2011 pro jednotlivé odchylky relativních vlhkostí vzduchu



Obr. 4. Průběh kumulovaných hodnot modelu negativní prognózy v Lípě v roce 2012 pro jednotlivé odchylky relativních vlhkostí vzduchu



Předložené výsledky naznačují, že při zanedbání údržby a pravidelného seřizování meteorologických stanic, jejichž data slouží k signalizaci plísně bramboru, mohou být rozdíly zejména v sušších letech s méně četnými periodami vysokých vlhkostí vzduchu poměrně výrazné. Zejména pak naměření nižších hodnot vlhkosti vzduchu, než je skutečnost, vede k větším odchylkám než za situací, kdy stanice vlhkost vzduchu nadhodnocuje. Je proto zapotřebí provádět pravidelnou kalibraci před každou sezónou a ověřit, že snímač vlhkosti vzduchu ukazuje především hodnoty vlhkosti vzduchu kolem 90 % správně. K tomu lze v praxi využít skutečnosti, že nad některými solemi se vytváří oblast vzduchu s poměrně konstantní vlhkostí. Vzduch nad nasyceným roztokem kuchyňské soli (NaCl) dosahuje relativní vlhkosti 75,5 % při teplotě 20 °C. Pokud se rozpustí v 1 l vody 120 g NaCl, dosahuje relativní vlhkost nad tímto roztokem hodnoty 93 %, což je velmi blízko hodnotě 90 %, kterou potřebujeme ověřit. Lze tak zdánlivě poměrně snadno ověřit pomocí vhodného přípravku, zdali při vysokých oblastech snímač ukazuje správnou hodnotu a popřípadě provést před sezónou vhodnou korekci. Nevýhodou tohoto postupu je skutečnost, že roztok a testovaný snímač musí mít stejnou teplotu, neboť rozdíl v jejich teplotách o velikosti 1 °C způsobí rozdíl v indikované vlhkosti až 6 %. Proto je zapotřebí kalibraci provádět při pokojové teplotě v místnosti, v níž je teplota pokud možno konstantní, a až po uplynutí určité doby, během níž dojde k ustálení teplot. Doporučuje se tudíž i současné měření teploty vzduchu v testovacím přípravku. Tento přípravek nesmí být vystaven průvanu ani slunečnímu záření, doporučuje se umístit celý komplet např. do vhodné uzavíratelné krabice z pěnového polystyrénu. Jak je zřejmé, dá se toto testovací zařízení pořídit poměrně snadno a při pečlivém provedení kalibrace lze dosáhnout uspokojivých výsledků.

ZÁVĚR

Dosažené výsledky poukazují na nezbytnost pravidelného ověřování snímačů vlhkosti vzduchu meteorologických stanic používaných v zemědělské praxi nebo v zemědělském výzkumu k signalizaci plísňě bramboru pomocí různých modelů. Jedná se zejména o modely, v nichž se bere do úvahy délka období s vlhkostí vzduchu nad 90 %, popřípadě nad jinou vysokou hodnotou. V případě modelu NoBlight, kdy v některých letech o termínu aplikace mohou rozhodovat výraznější vlhké periody, se nepřesnost v měření vlhkosti vzduchu nemusí ve výsledku projevit, avšak v sušších letech, kdy kritická čísla přibývají po jednotkách, mohou být rozdíly značné. U negativní prognózy se nepřesnost v měření projevuje vždy na výsledku, neboť hodnoty kritického čísla narůstají prakticky každým dnem a se změnou v kalibraci snímače se mění jejich velikost. Lze předpokládat, že změna kalibrace o 1 % relativní vlhkosti se ve výsledku projeví posunem termínu dosažení kritické hranice o cca 1,5 dne.

K pravidelné kalibraci snímačů vlhkosti vzduchu lze použít poměrně jednoduchý a levný postup, který při dodržení určitých pravidel poskytuje uspokojivé výsledky.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován s podporou projektů NAZV QJ1210305 a QI101A184.

LITERATURA

- ANONYM (2005): HIH 4000 Series. Humidity sensors. Katalogový list firmy Honeywell
- BRAVO, R. – ACUÑA, I. – INOSTROZA, J. – VILLARROEL, D. (2012): Decision support systems for late blight integrated management in the southern Chile. In SCHEPERS, H.T.A.M. (ed.): Proceedings of the Thirteenth EuroBlight workshop. St. Petersburg, Russia, 9-12 October 2011, PPO-Special Report No. 15: 231-235.
- DOWLEY, L.J. – LEONARD, R. – RICE, B. – WARD, S. (2002): Efficacy of the NegFry decision support system in the control of potato late blight in Ireland. In WESTERDIJK, C.E. – SCHEPERS, H.T.A.M. (eds.): Proceedings of the Sixth Workshop of an European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight, Edinburgh, Scotland, 26-30 September 2001, PPO-Special Report No. 8: 81-92.
- EREMEEV, V. – LOHMUS, A. – JOUDU, J. (2006): Neg-Fry – DSS for the chemical control of potato late blight – results of validation trails in Tartu. *Agronomy Research*, 4(Special issue): 167-170.
- IGLESIAS, I. – ESCUREDO, O. – SEIJO, C. – MÉNDEZ, J. (2010): *Phytophthora infestans* prediction for a potato crop. *American Journal of Potato Research*, 87: 32-40.
- JOHNSON, S.B. (2005): Late blight prediction in Maine. *Potato Facts*, bulletin #2418, University of Maine. 4 s.
- KOPPEL, M. – HANSEN, J. G. – LASSEN, P. – TURKA, I. – BIMSTEINE, G. – VALSKYTE, A. (2003): Implementation of the NegFry decision support system in the Baltic countries in 1999-2002. In WESTERDIJK, C.E. – SCHEPERS, H.T.A.M. (eds.): Proceedings of the Seventh Workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Poznań, Poland, 2-6, October 2002, PPO-Special Report No. 9: 47-57.
- MÁJKOVÁ, L. (2005): Možnosti stanovení výskytu skvrnatičky řepné na cukrovce s využitím vybraných meteorologických prvků. In ROŽNOVSKÝ, J. – LITSCHMANN, T. (eds.): „Bioklimatologie současnosti a budoucnosti“, Křtiny 12.-14.9.2005. ISBN 80-86 690-31-08.

LITSCHMANN, T. – DOLEŽAL, P. – HAUSVATER, E.

Sensitivity analysis of selected models for potato late blight forecast under conditions of Czech Republic

Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2012, 20: 133–142

The study describes performed sensitivity analysis of two models for potato late blight forecast, based on data from 2011 and 2012 for the locality Lípa near Havlíčkův Brod considering potential inaccuracy in air humidity measurement. It is shown that in case of negative prognosis model a change in measured humidity values is expressed as a continuous systematic error, where the size of deviation in predicted data for value 150 reaches 1-2 days for 1% humidity change. In NoBlight model lesser changes are found in case of longer moisture periods (year 2011) and they are especially expressed at negative deviations in measured humidity; however, in situations, when shorter periods with high air humidity prevail (year 2012), the differences are more pronounced, they are again higher in case, when a sensor measures lower values than actual ones. Therefore it is necessary to perform a verification control of air humidity sensors in automated meteorological stations before the start of every season using of a simple calibration agent.

potato late blight; forecasting methods; air humidity

Kontaktní adresa:

RNDr. Tomáš LITSCHMANN, Ph.D., AMET, Velké Bílovice,

Žižkovská 1230, 691 02 Velké Bílovice, Česká republika

tel.: +420 519 346 252, e-mail: amet@email.cz