

Mendelova univerzita v Brně
Institut celoživotního vzdělávání



Závěrečná práce

Brno 2010

RNDr. Jan Juroch

Mendelova univerzita v Brně

Institut celoživotního vzdělávání



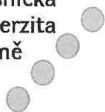
Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně
(*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.)

Závěrečná práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Ivana Šafránková, Ph.D.

Vypracoval:
RNDr. Jan Juroch

Brno 2010



ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Zpracovatel **RNDr. Jan Juroch**

Studijní program Rostlinolékařství

Název tématu: **Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.)**

Zásady pro vypracování:

1. K zadanému tématu vypracujete literární rešerši.
2. Pro stanovení zralosti askospor využijete počítačový model. Získané údaje vyhodnotíte a provedete srovnání se skutečným průběhem dozrání askospor uvedeného patogenu.
3. Na základě získaných údajů navrhnete vhodný způsob fungicidní ochrany včetně termínu zahájení ošetření jabloní proti strupovitosti.

Rozsah práce: 30–40 stran + přílohy

Seznam odborné literatury:

1. Gadoury D. M. et al. (2004): A Comparison of Methods Used to Estimate the Maturity and Release of Ascospores of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease* 88: 869–874.
2. MacHardy W. E. et al. (2001): Parasitic and Biological Fitness of *Venturia inaequalis*: Relationship to Disease Management Strategies. *Plant Disease* 85(10): 1036–1050.
3. MacHardy W. E. (1996): *Apple scab: biology, epidemiology, and management*. St. Paul, Minnesota: APS Press. 545 s. ISBN 0-89054-206-6.
4. Spotts R. A. et al. (2000): Pear Scab: Components of Potential Ascospore Dose and Validation of Ascospore maturity Model. *Plant Disease* 84: 681–683.
5. Sutton T. B. et al. (1976): Factors Affecting Dispersal of Conidia of the Apple Scab Fungus. *Phytopathology* 66: 1313–1317.

Datum zadání závěrečné práce: květen 2009

Termín odevzdání závěrečné práce: květen 2010




RNDr. Jan Juroch
řešitel


Ing. Ivana Šafránková, Ph.D.
vedoucí práce


Ing. Pavel Máchal, CSc.
ředitel vysokoškolského ústavu


doc. Ing. Radovan Pokorný, Ph.D.
garant studijního programu

Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.)

Autor: RNDr. Jan Juroch

Odpovědný ústav: Institut celoživotního vzdělávání

Vedoucí práce: doc. Ing. Ivana Šafránková, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci PGS oboru Rostlinolékařství na téma „Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.)“ vypracoval samostatně a použil jen prameny, které cituji a uvádím v přiloženém soupisu literatury.

Souhlasím, aby práce byla uložena v knihovně Mendelovy univerzity v Brně a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Brně dne 28.5.2010

RNDr. Jan Juroch

Poděkování

Děkuji vedoucí práce doc. Ing. Ivaně Šafránkové, Ph.D. z Ústavu pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství Mendelovy univerzity v Brně za projevenou ochotu a odborné vedení při zpracování závěrečné práce.

Děkuji svým kolegům, především je to Ing. Zbyněk Vícha, za poskytnutí srovnávacích údajů o letu askospor v lapačích spor a Mgr. Michal Perutka, za vytvoření počítačového programu pro modelování průběhu zralosti askospor Ventina-askospory. Rovněž děkuji Ing. Jakubu Beránkovi, Ph.D. a paní RNDr. Marii Fojtové za cenné odborné rady a pomoc.

Abstrakt

Strupovitost jabloně, původce *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. (anamorfa *Spilocaea pomi*), je nejdůležitější chorobou jabloní. Chemická ochrana proti chorobě je velmi obtížná a ekonomicky nákladná. Cílem práce bylo shromáždění aktuálních informací o nových metodách, umožňujících lepší předpověď vývoje choroby, stanovení přesných termínů zahájení a ukončení chemické ochrany. Byl navržen prakticky využitelný systém řízení ochrany a vytvořen počítačový program pro předpověď termínu zralosti askospor. K modelování zralosti byla použita reálně naměřená meteorologická data z let 2008/2009 a 2009/2010, která byla srovnávána s výsledky skutečných pozorování průběhu uvolňování askospor pomocí lapače spor. Dva ze tří testovaných modelů založených na vyhodnocování sumy efektivních teplot, druhý ještě v kombinaci se současným ovlhčením povrchu, včas a přesně předpověděly termín zralosti askospor a lze je využít. Třetí model předpověděl termín zralosti askospor včas, ale s velkým předstihem a nelze jej proto prakticky využít.

Klíčová slova

Strupovitost jabloně, *Venturia inaequalis*, jabloň, řízení ochrany, suma efektivních teplot, modely

Abstract

Apple scab, caused by *Venturia inaequalis* (Cooke) Wint. (anamorph *Spilocaea pomi*), is the most significant apple disease. The chemical control is very difficult and cost-effective. The aim of this thesis was to summarize the current knowledge in new methods that are capable to predict disease development and to determine exact terms of the beginning and ending of chemical control. Decision support system for disease control management in practice and computer program for prediction ascospore maturity was designed. Verification of the program was carried by means of meteorological data from the years 2008/2009 and 2009/2010 and by comparing to real ascospore release measured by volumetric trap. Two of three tested models based on degree day accumulation, second model in combination temperature with wetness, accurately predicted terms of ascospore maturation and approved availability of practical use. Third model predicted ascospore maturity in time but previously and cannot be used in practice.

Key words

Apple scab, *Venturia inaequalis*, apple, control management, degree days accumulation, models

OBSAH

Abstrakt	8	
Obsah.....	11	
1	ÚVOD	12
2	CÍL	14
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	15
3.1	Patosystém <i>Venturia inaequalis</i> - <i>Malus</i> a vnější prostředí	15
3.1.1	Patogen <i>Venturia inaequalis</i> – původce strupovitosti jabloně	16
3.1.1.1	Obecný úvod.....	16
3.1.1.2	Systematické zařazení druhu:	17
3.1.1.2.1	Systematické zařazení teleomorfního stadia:	17
3.1.1.2.2	Systematické zařazení anamorfního stadia:	18
3.1.1.3	Vývojový cyklus a biologie patogenu	19
3.1.2	Hostitel.....	20
3.1.2.1	Obecný úvod.....	20
3.1.2.2	Hlavní hostitelský druh - Jabloň (<i>Malus</i>)	21
3.1.2.3	Hostitelský okruh <i>Venturia inaequalis</i>	22
3.1.2.4	Systematické zařazení hostitelského druhu:	22
3.1.3	Podmínky prostředí.....	23
3.1.4	Přehled existujících postupů	34
4	MATERIÁL A METODA	61
4.1	Pokusná lokalita.....	61
4.1.1	Obecná charakteristika	61
4.1.2	Klimatické podmínky	61
4.2	Monitoring	63
4.2.1	Obecný popis	63
4.3	Monitorovací zařízení.....	64
4.3.1	Popis monitorovacích zařízení.....	64
4.3.1.1	Automatická meteorologická stanice.....	64
4.3.1.2	Lapač spor.....	64
4.4	Zpracování dat	65
4.4.1	Popis programového vybavení	65
4.4.1.1	Počítačové programy	65

5	VÝSLEDKY	66
5.1	Modelování zralosti askospor	66
5.2	Interpretace výsledků.....	75
6	DISKUSE.....	76
6.1	Návrh systému řízení ochrany proti strupovitosti jabloně – teoretická část... 76	
6.2	Ověření teplotního modelu zralosti askospor – experimentální část.....	76
7	ZÁVĚR	79
7.1	Návrh systému řízení ochrany proti strupovitosti jabloně – teoretická část... 79	
7.2	Ověření teplotního modelu zralosti askospor – experimentální část.....	82
8	POUŽITÁ LITERATURA	86
9	PŘÍLOHY.....	91
9.1	Seznam použitých zkratk	91
9.2	Seznam v textu uvedených tabulek, grafů a obrázků	93
9.2.1	Tabulky	93
9.2.2	Grafy.....	94
9.2.3	Obrázky	94

1 ÚVOD

Produkcí jablek v tuzemských podmínkách lze považovat za perspektivní ovocnářské odvětví, domácí spotřebitelé preferují domácí konzumní jablka před zahraničními dovozy, nejen z důvodu „konzervativních sensorických návyků“, ale i prokazatelně nižšího obsahu reziduí pesticidů. Osvětová činnost Ovocnářské unie ČR, MZe ČR a SISPO zvýšila ekologické povědomí spotřebitelů a zvýšila zájem o zemědělské produkty pocházející z integrované a ekologické produkce. Zavedením integrovaných systémů pěstování lze výrazně snížit počet provedených chemických ošetření. Výskyt chorob rostlin je však vždy limitován vnějšími podmínkami, proto nelze absolutně stanovit konkrétní počet povolených ošetření např. proti strupovitosti jabloně. Využitím moderních metod diagnostiky, signalizace či prognózy však lze přesněji časovat termíny ošetření a docílit lepší zdravotní stav výsadeb.

V budoucnosti lze očekávat výrazný nárůst poptávky po jablkách vypěstovaných v souladu celosvětovým trendem zdravé výživy s nižšími vstupy pesticidů a dalších ekologicky nebo hygienicky problematických látek, tedy pěstovaných v systémech integrované nebo biologické produkce. Významným stimulem i legislativní podporou pro produkci zdravých zemědělských komodit a následně i zdravých potravin bude implementace „Rámcové směrnice ER a EP kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů“ (ANONYM, 2009b) do legislativních nástrojů v ČR a následná aplikace integrovaných systémů pěstování plodin do zemědělské praxe. Tato směrnice nabude platnost od 1.1.2014 ve všech členských zemích EU. Již v současnosti je však finanční podpora zemědělců vázána na dodržování zásad a standardů správné zemědělské praxe a „Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC) v rámci systému „Kontroly podmíněnosti neboli Cross-Compliance“ (C-C). Povinné požadavky na žadatele o dotace se týkají oblasti životního prostředí, veřejného zdraví, zdraví zvířat a zdraví rostlin, dobrých životních podmínek zvířat a dále agro-environmentálních opatření.

Dodržování „Směrnice“ bude od všech zemědělských subjektů vyžadovat nové přístupy a tedy hledání nových způsobů a metod ochrany, nových pomocných prostředků, biologických agens, využívání moderních technologií (jako jsou měřicí a výpočetní, aplikační nebo navigační zařízení) a samozřejmě používání ekotoxikologicky nezávadných přípravků na ochranu rostlin, aby bylo dosaženo cíle, tzv. trvale udržitelné zemědělství. Zavedení směrnice do oblasti ovocnářské výroby bude vyžadovat i značnou změnu dosavadního systému řízení ochranných zásahů proti strupovitosti jabloně, která je nejzávažnější houbovou chorobou jabloní a limitujícím faktorem produkce konzumních jablek pro tržní realizaci.

Význam problematiky ochrany proti strupovitosti jabloně lze doložit náklady na chemickou ochranu, které činily v roce 2006 více než 23 mil. Kč a bylo spotřebováno více než 31 tis. kg čistých účinných látek (KAPLER et al., 2007).

Práce uvádí přehled známých ochranných opatření a pracovních postupů, značná část metod byla vyvinuta vědecko-výzkumnými univerzitními centry v „ovocnářsky vyspělých“ zemích, nejčastěji v USA, Kanadě; v zemích EU je vysoká úroveň ovocnářského výzkumu v Německu, Francii, Nizozemsku, Itálii a Velké Británii. Některé poznatky však nelze přímo zavést do praxe bez předchozího (časově obtížně definovatelného období) praktického ověřování v podmínkách ČR.

V ČR zatím nebyla schválena koncepce rostlinolékařského poradenství, zatím neexistuje plošně fungující systém akreditovaných poradců pro některé plodiny a skupiny plodin. Odborné poradenství v ochraně rostlin pro určité odvětví zabezpečuje většinou příslušný plodinový ústav, který na základě výsledků vlastních projektů zpracovává konkrétní plodinovou metodiku a získané poznatky využívá k poradenské činnosti. Rozsah řešených výzkumných projektů v agrárním sektoru, které jsou schvalovány Národní agenturou pro zemědělský výzkum (NAZV) a účelově financovány z prostředků MZe ČR, nepokrývá všechny aktuální problémy v oblasti zdraví rostlin. Plodinové svazy nemají zatím dostatek finančních prostředků na zadávání speciálních výzkumných projektů, chybí rovněž konkurenční prostředí v poradenství. V oboru speciální zemědělské výroby, resp. ovocnářské produkce, tedy existuje ještě množství nevyřešených konkrétních problémů, především v oblasti integrované ochrany rostlin. KOCOUREK (2008) doporučuje směřovat úsilí na neustálý vývoj a zdokonalování tři základních komponent systémů integrované ochrany rostlin:

- 1) ekonomických prahů škodlivosti (ekonomická efektivnost systémů ochrany)
- 2) využívání selektivních a pro životní prostředí neškodných prostředků ochrany (přírodě blízké hospodaření, monitoring výskytu nejen škodlivých organismů, ale i necílových – indikátorových a užitečných organismů)
- 3) využívání antirezistentních strategií (postregistrační kontrola účinnosti přípravků na ochranu rostlin, monitoring rezistence škodlivých organismů k pesticidům)

Proto lze doufat, že některé v práci navržené postupy, které plně respektují zásady integrované produkce ovoce, budou prakticky využity.

2 CÍL

Cílem práce nazvané „Řízení ochrany proti strupovitosti jabloně (*Venturia inaequalis*(Cke.) Wint.)“ bylo navrhnout komplexní systém (pracovní postup) zabezpečující ochranu jabloní po celé vegetační období s využitím známých metod a postupů a v souladu se zásadami integrovaného systému pěstování ovoce. Navržený systém zahrnuje nové a alternativní, metody monitoringu vývoje patogenu, předpovědi nebezpečí výskytu a šíření, regulace patogenu a rovněž i stanovení optimálních termínů indikace ošetření na základě vědecky ověřených prahů škodlivosti.

K dosažení stanoveného cíle bylo třeba:

1. Vypracovat literární rešerši k zadanému tématu.
2. Pro stanovení zralosti askospor využít počítačový model.
Získané údaje vyhodnotit a provést srovnání se skutečným průběhem dozrávání askospor uvedeného patogenu.
3. Na základě získaných údajů navrhnout vhodný způsob fungicidní ochrany včetně termínu zahájení ošetření jabloní proti strupovitosti.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Patosystém *Venturia inaequalis*-*Malus* a vnější prostředí

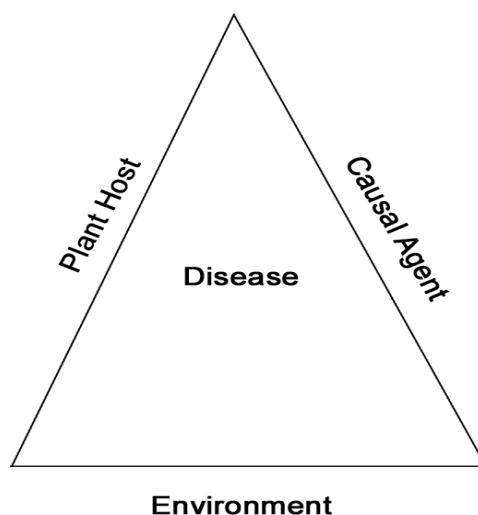
Během dlouhého období vývoje došlo k vytvoření složitých ekologických, genetických vztahů a vazeb mezi původním patogenním organismem, jejich původním hostitelským druhem (nebo více druhy rostlin v rámci Rosales) a vnějším prostředím. Během této koevoluce docházelo rovněž k sociaci, při které vznikaly z předchůdce původního druhu patogenu nové specializované druhy, např. *V. pyrina* a *V. nashicola*; *V. cerasi*, *V. carpophila* a *V. asperata* (SCHNABEL et al., 1999). V některých případech, pravděpodobně z důvodu kratší doby koevoluce, vznikly pouze nižší taxonomické jednotky např. tzv. specializované formy (*formae specialis*). Na základě molekulárně genetických metod byly např. sledovány vzájemné vztahy mezi podobnými druhy - *Spilocaea pyracanthae*, původcem strupovitosti hlohyně a *Venturia inaequalis*, původcem strupovitosti jabloně (Le CAM et al, 2002). Autoři zjistili velmi malé genetické rozdíly mezi rDNA izolátů a prokázali těsné příbuzenské vztahy, z těchto důvodů navrhují nové taxonomické označení *Venturia inaequalis* f.sp. *pomi* a f.sp. *pyracanthae*. Rovněž docházelo k vzájemné koordinaci vývoje patogenu s vývojem hostitele.

Aby mohlo dojít ke vzniku choroby, musí být splněny tři základní podmínky. Ideální podmínky bývají často zobrazovány jako rovnostranný trojúhelník, kde každá z jeho stran reprezentuje jednu z nezbytných podmínek a jejich vzájemný vztah bývá nazýván jako „trojúhelník choroby“ (AGRIOS, 1997).

První z podmínek je přítomnost patogenu, původce choroby; druhou je přítomnost hostitele (jeden nebo více hostitelských druhů) a třetí strana představuje vnější prostředí (nejčastější podmínky prostředí charakterizují základní meteorologické prvky: teplota, relativní vlhkost vzduchu, úhrn srážek, intenzita a doba slunečního svitu apod.; z agrometeorologických prvků např. doba ovlhčení povrchu rostlin), které umožňuje interakci patogenu s hostitelem. Důsledkem těchto interakcí je velmi složitý patosystém patogen-hostitel, jehož existence a vnější projevy závisí na prostředí. Pokud některá ze stran, případně více stran trojúhelníku chybí (základní podmínky nejsou splněny), choroba nemůže vzniknout. Například v případě modelové choroby: strupovitosti jabloně představují tyto podmínky citlivá odrůda hostitele - jabloně domácí (případně jiné druhy *Malus* sp.) a vhodná růstová fáze, kdy jsou vytvořena vnímavá pletiva. Druhou podmínkou je přítomnost inokula, plodnic (pseudoperithecií) houbového patogenu, obsahujících zralé askospory v askách a třetí podmínkou vhodné meteorologické podmínky, tj. chladnější a vlhké počasí, během kterého zůstávají nové rašící listy a vytvářející se plody na povrchu dlouhodobě ovlhčené.

Každý z výše uvedených faktorů lze nějakým způsobem zobecnit a charakterizovat některou veličinou, což je základem fytopatologických modelů.

Obrázek 31 Schéma trojúhelníku choroby (zdroj: AGRIOS,1997)



3.1.1 Patogen *Venturia inaequalis* – původce strupovitosti jabloně

3.1.1.1 Obecný úvod

Rod *Venturia* byl pojmenován na počest významného italského botanika a mykologa - Antonio Venturi (1805-1864). Druhový název *inaequalis* znamená nestejný, nestejnoměrný, nerovnoměrný a charakterizuje typický tvar dvoubuněčných spor pohlavního stadia (askospor), tj. nestejnou velikost jednotlivých buněk.

Rod *Venturia* (anamorfy *Fusicladium*, *Spilocaea* a *Cladosporium*) zahrnuje v současné době asi 200 druhů. Většinou to jsou patogeny okrasných a ovocných dřevin. Strupovitost jabloně, jejímž původcem je houba *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. (anamorfa *Spilocaea pomi*), představuje hospodářsky nejvýznamnější chorobu jabloní.

Taxonomie vřeckovýtrusných hub odd. Ascomycota je založena na charakteristikách pohlavního rozmnožování, jeho průběhu a vzniklých strukturách, prochází však neustále vývojem na základě výsledků molekulárně-genetických analýz. Charakteristickým znakem třídy Dothideomycetes, do které patří i *Venturia inaequalis*, je tvorba asků (syn. vřecko; sg. *ascus*, pl. *asci*), v nichž po meioze a následných mitózách dochází ke vzniku 8 haploidních askospor. Askum představuje meiosporangium, spory (askospory) v něm vznikají volným novotvořením stěny kolem vzniklých jader. Aska se tvoří v plodnicích, pseudoperitheciích (askolokulární typ plodnic), zpočátku vzniká myceliální útvar (stroma), vyvíjejí se pohlavní orgány a hymenium, které se potom vmezeřují do původního pletiva (z

něho zůstávají v plodnici mezi vznikajícími věčky pseudoparafýzy), které se částečně nebo úplně rozpouštějí a v rozrušeném parenchymatickém pletivu stromatu mezi nimi vznikají a vyvíjejí se aska. Plodnice se otvírají na vrcholu ostiolem, které se rozpustí.

Plodnice je kulovitěho tvaru (viz obr. 1 až 5), tmavohnědá až černá, 90 – 150 μm velká, obsahuje asi 50 – 100 asků (viz obr. 6). Válcovitá aska rodu *Venturia* jsou bitunikátní, 55 – 75 x. 6 – 12 μm velká (viz obr. 6,7). Při vyprazdňování se nejdříve vnější méně pevná a křehká vrstva (exoascus) protrhne, vnitřní pružná vrstva (endoascus) se potom prodlouží, dosahuje až 2 – 3x větší délku, zralé askospory se přesouvají do apikální části a jsou vlivem turgoru aktivně vystřelovány otvorem v apikální části. Askospory jsou žlutavě zelené až žlutohnědé, 11 – 16 x 5 – 7 μm velké. Jsou dvoubuněčné, horní buňka je kratší a širší než spodní (viz obr. 7, 8).

Nepohlavní rozmnožování se děje konidiami, vznikajícími konidiogenezí, která je rovněž jedním z kritérií jejich klasifikace. Konidie jsou jednobuněčné nebo dvoubuněčné, světle až tmavě olivově zeleně zbarvené, opačně kyjovitého, hruškovitého nebo někdy nepravidelného tvaru, na konci zašpičatělé, 20 -30 μm dlouhé (viz obr. 9, 10). Vznikají na konidioforech a tvoří se postupně během období sporulace. Konidiofory jsou krátké, nečlánkované vyrůstají z hnědého mycelia na povrch listů trhlinami v kutikule (viz obr. 10).

Askospory i konidie klíčí na povrchu rostlinných pletiv ve vodním prostředí, vzniká klíčící vlákno a na jeho konci se tvoří apresorium, které penetračním hrotem naruší kutikulu a proniká do mezibuněčných prostor mezi kutikulou a epidermis, následně do buněk prorůstají hustoria, která využívají zásobní látky buněk, postupně dochází ke kolonizaci okolních buněk a k jejich nevratnému poškození, což se projevuje i změnou zbarvení napadených pletiv.

3.1.1.2 Systematické zařazení druhu:

Teleomorfa: *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter, 1875

Anamorfa: *Spilocaea pomi* Fries, 1825

Mezinárodní označení - EPPO kód: VENTIN

3.1.1.2.1 Systematické zařazení teleomorfního stadia:

(ANONYM, 2008)

Soustava: Vitae - živé organismy

Doména: Eukaryota (*Whittaker & Margulis, 1978* – jaderní)

Opisthokonta (*Cavalier-Smith, 1987*)

Nadříše: Unikonta

Říše: Fungi (*Whittaker, 1959* – houby)
Oddělení: Ascomycota (*Caval.-Sm., 1998* - houby vřeckovýtrusé)
Podkmen: Pezizomycotina (*O.E. Erikss. & Winka, 1997*)
Třída: Dothideomycetes (*O.E. Erikss. & Winka, 1997*)
Podtřída: Pleosporomycetidae
Řád: Pleosporales – zd'ovkotvaré *
Čeleď: *Venturiaceae* – strupatkovité *
Rod: *Venturia* Saccardo – strupatka *
Druh: *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter - strupatka jabloňová *

* české názvy vyšších (řád, čeleď) i nižších (rod, druh) taxonomických jednotek sice existují, (KALINA et VÁŇA, 2005), ale v mykologické praxi není české názvosloví používáno

Historie systematického řazení:

(Anonym, 2001b)

Teleomorfa

- *Venturia inaequalis* (Cooke) G. Winter, in, *Mycotheca Universalis* 3: no. 261 (1875).

Synonyma

- *Didymosphaeria inaequalis* (Cooke) Niessl, in, *Fungi europ. exsicc.:* no. 2663 (1881)
- *Endostigme inaequalis* (Cooke) Syd., in, *Annls mycol.* 21(3/4): 171 (1923)
- *Sphaerella inaequalis* Cooke, in, *Handbook of British Fungi* 2: no. 2758 (1871)
- *Spilosticta inaequalis* (Cooke) Petr., in, *Annls mycol.* 38(2/4): 193 (1940)

3.1.1.2.2 Systematické zařazení anamorfního stadia:

Oddělení: Deuteromycota
Třída: Hyphomycetes
Řád: Hyphomycetales
Čeleď: *Dematiaceae*
Rod: *Spilocaea*
Druh: *Spilocaea pomi* Fries

Historie systematického řazení:

Anamorfa

- *Spilocaea pomi* Fries 1819

Synonyma:

- *Spilocaea pomi* Fr. [stat. anam.], *Fr. Nov. Fl. Suec.*, (1819, *Systema Orbis Vegetabilis* 198 (1825).
- *Fusicladium pomi* (Fr.) Lind [stat. anam.], *Danish Fungi., as Represented in the Herbarium of E. Rostrup* 521 (1913).
- *Cladosporium dendriticum* Wallr. [stat. anam.], *Flora Cryptogamica Germaniae* 2: 169 (1833).
- *Fusicladium dendriticum* (Wallr.) Fuckel [stat. anam.], *Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde* 23-24: 357 (1870) [1869-70].
- *Passalora pyracanthae* G.H. Otth [stat. anam.], *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern* 1868: 66 (1869) [1868].
- *Fusicladium pyracanthae* (G.H. Otth) Rostr. [stat. anam.], *Plantepatologi., Haandbog i Læren om Plantesygdomme for Landbrugere, Havebrugere og Skovbrugere* 467 (1902).
- *Spilocaea pyracanthae* (G.H. Otth) Arx [stat. anam.], *Tijdschrift over Plantenziekten* 63: 198 (1957).
- *Spilocaea amelanchieris* I.C. Harv. [stat. anam.], in *Harvey, I.C.; Braithwaite, M., New Zealand Journal of Agricultural Research* 25: 441 (1982).

3.1.1.3 Vývojový cyklus a biologie patogenu

Vývojový cyklus

Patogen přezimuje v pletivech strupovitostí napadených a opadaných listů (viz. obr. 19), ve kterých se po opadu listů začínou vyvíjet negativně geotropické plodnice (pseudoperithecia), které na jaře dokončují vývoj a v nich dozrávají asky a askospory.

Askospory jsou zdrojem a příčinou primárních infekcí. První askospory bývají zralé v období rašení jabloně (BBCH 07/53), nejpozději však dozrávají ve fázi myšího ouška (BBCH 10/54). Askospory postupně dozrávají a uvolňují se v závislosti na průběhu počasí daného roku. Období uvolňování askospor začíná v teplejších oblastech v první (většinou až v druhé dekádě) dubna, pokračuje během května až do poloviny (výjimečně do konce) června. Masová zralost a největší nebezpečí infekcí nastává od fenofáze růžové poupě (BBCH 57) (MEIER et al., 1994) a zpravidla trvá do období cca 2 týdny po odkvětu. V tomto relativně krátkém časovém úseku se obvykle uvolní 90 – 95 % askospor. Období letu askospor a nebezpečí primárních infekcí trvá cca 6 – 8(10) týdnů.

Konidie se tvoří během fáze sporulace, která následuje po skončení inkubační doby primárních i sekundárních infekcí. Konidie se tvoří od jara až do konce vegetace, tj. do opadu listů a výjimečně i ve skládkách ovoce.

Askospory jsou šířeny především vzdušnými proudy, konidie se šíří smýváním z výše položených infikovaných listů nebo plodů na níže položené.

Patogen je fakultativním parazitem. Obě vývojová stadia, tj. pohlavní stadium (teleomorfa) a nepohlavní (anamorfa), tak neoddělitelně tvoří na sebe navazující úseky úplného vývojového cyklu houby, se zcela odlišnými ekologickými nároky i způsobem života. Během svého vývojového cyklu houba prochází dvěma různými fázemi, fází s parazitickým způsobem výživy na živých pletivech hostitele a v období dormance svého hostitelského druhu přetrvává jako saprofyt, vývoj dokončuje ve stromatech v pletivech opadlých listů nebo na napadených, ale venku přezimujících plodech (BEDNÁŘ, 2003).

Biologie a příznaky napadení

Patogen napadá listy, květy a plody, zcela výjimečně i letorosty. Na obou stranách čepelí listů vznikají nejdříve hnědozelené, později černé, sazovité, různě velké skvrny (viz obr. 13, 14), pletivo pod nimi často i nekrotizuje (sazovité skvrny se však někdy vyskytují i na spodní straně listových čepelí). Postižená místa nekrotizují, silně napadené listy opadávají. Obdobné skvrny se tvoří i na květech a plodech. Silně napadené květy a mladé plody rovněž opadávají. Na starších plodech různě velké a utvářené šedočerné skvrny (viz. obr. 11, 16 a 17) v důsledku nestejného růstu postižených a zdravých pletiv dochází často k deformacím a při silném napadení i k praskání plodů (viz obr. 12, 18). Následně jsou postižené plody sekundárně napadány dalšími patogeny, způsobujícími různé hniloby plodů. Výjimečně může dojít k napadení plodů před sklizní, které se projeví na vizuálně zdravých a nenapadených plodech až ve skládce. Na plodech se toto pozdní napadení projeví drobnými šedočernými skvrnami rozestými často ve velkém množství po celém povrchu jablka (skládková strupovitost) (HLUCHÝ et al., 1997; ACKERMANN, 2002).

3.1.2 Hostitel

3.1.2.1 Obecný úvod

Jabloně jsou v České republice nejrozšířenějším ovocným druhem, jak po stránce pěstitelské, tak i celkovým objemem produkce (67 % podíl). Spotřeba ovoce u nás je asi 87 kg na obyvatele za rok, z toho množství tvoří 53 kg ovoce mírného pásma a asi polovinu spotřeby (25 kg) tvoří jablka. Celková sklizeň dosáhla v roce 2009 výše 178 tis. t

(BUCHTOVÁ, 2010). Množství sklizených jablek v ČR se podílelo přibližně pouhými 2 % na sklizni jablek EU. Přes poměrně vysokou domácí produkci, která má bohužel v posledních letech klesající tendenci, není ČR ve výrobě jablek soběstačná. Jablka jsou přesto významnou, bezpochybně hlavní a také velmi citlivou komoditou sektoru ovocnářství (LUDVÍK, 2010). Celková výměra ovocných sadů v ČR v roce 2009 dosáhla 21 738 ha, z toho 17 713 ha činí produkční sady, výsadby jabloní jsou vysázeny na ploše 9 895 ha. Do plodnosti nastupují nebo v příštích letech nastoupí moderní výsadby kvalitních odrůd, pěstované na intenzivních tvarech, často s instalovanou kapkovou závlahou, protikroupovou ochranou a obdělávané kvalitní mechanizační technikou. V roce 2009 činila výměra jabloňových sadů hospodařících v systému integrovaného pěstování ovoce 5 800 ha, výměra sadů v ekologickém systému hospodaření 3 678 ha.

3.1.2.2 Hlavní hostitelský druh - Jabloň (*Malus*)

Hlavním hostitelským rodem je jabloň (*Malus* sp.), včetně jednoho z nejvýznamnějších a nejčastěji pěstovaných ovocných druhů mírného klimatického pásma, jabloně domácí *Malus ×domestica* Borkh..

Jabloň domácí *Malus ×domestica* je palearktickým druhem, pochází z horských oblastí Střední Asie, tedy z mírného klimatického pásma. Je hybridogenního původu, jedná se multihybrida vzniklého pravděpodobně zpočátku náhodným výběrem semenáčů s největší pravděpodobností jabloně Sieversovy *Malus sieversii* s atraktivními vzhledovými a chuťovými vlastnostmi (JONES et ALDWINCKLE, 1997; SANDSKÄR, 2003) a později náhodným spontánním křížením s jabloní zakrslou *Malus pumila* a jabloní východní *M. orientalis*. Teprve mnohem později docházelo k záměrnému křížení primitivních odrůd jabloní a k jejich cílenému, pozitivnímu výběru. Následně byli jedinci s vhodnými hospodářskými nebo estetickými vlastnostmi generativně nebo vegetativně množeni (semena; odkopky a později rouby) a docházelo k jejich dalšímu šíření.

Evropský autochtonní druh jabloň lesní *Malus sylvestris* se na vzniku „druhu“ jabloně domácí nepodílel, mnohem později (především až v současné době) je využíván jako podnož pro vyšlechtěné kulturní odrůdy a jako donor genů odolnosti k patogenům a škůdcům.

Na vzniku nových odrůd se v dalších oblastech pěstování a v pozdějších obdobích podílely mrazuodolné asijské druhy jako jabloň drobnoplodá *Malus baccata*, jabloň mnohokvětá *M. floribunda* a příp. další druhy.

Jabloň domácí vznikla v tzv. Středoasijském genovém centru, tj. v oblasti Kavkazu, Zakavkazska a Iránu, kde vzniklo mnoho kulturních druhů rostlin, včetně významných

ovocných dřevin (jabloň, hrušeň, meruňka, mandloň, ořešák a réva). V této oblasti byly splněny všechny předpoklady a podmínky pro vznik nových druhů zemědělských plodin, tj. přítomnost „divokých“ rodičovských druhů, vhodné klimatické i kulturní podmínky, tedy vznikající raně zemědělská civilizační centra s velkou poptávkou a spotřebou potravin. Odtud se pak jabloň rozšířila na počátku našeho letopočtu, v době maximálního rozsahu a především rozkvětu Římské říše. Nejdříve se rozšířila do oblasti Malé Asie a později přes Řecko a Itálii se dostala v rámci obchodu nebo při kolonizaci nových území i do ostatních částí Evropy, a tedy i na území Čech, Moravy a Slezska. V českých zemích se jabloně zpočátku pěstovaly pouze v klášterních zahradách. Až za vlády Karla IV. se jabloně rozšířily do přídomních sadů a zahrad (BOČEK, 2008).

V současné době existuje ve světě více než 10 000 odrůd jabloní a více než dva tisíce různých klonů. V ČR je zapsáno ve Státní odrůdové knize, spravované ÚKZÚZ (k 15.6. 2009), 105 odrůd jabloní a 13 odrůd podnoží (ANONYM, 2009a).

3.1.2.3 Hostitelský okruh *Venturia inaequalis*

Venturia inaequalis má poměrně široký okruh hostitelských rostlin z řádu Rosales – růžotvaré, v minulosti řazených do jedné z podčeledi *Maloideae* – jabloňovité, v současnosti do čeledi *Malaceae* (aktuálně je používáno jako standard systematické zařazení dle Klíče ke květeně České republiky (KUBÁT et al., 2002)).

Molekulární taxonomie využívající nejnovější molekulárně-genetické metody přináší do všech biologických oborů nové, zpřesňující poznatky a v některých případech i zásadní změny, vyžadující přehodnocení současného systematického zařazení některých druhů na základě analýzy DNA.

Hlavním hostitelským rodem je rod *Malus* sp. - jabloň. *Venturia inaequalis* (f.sp. *pomi*) však napadá také zástupce rodů *Sorbus* spp. – jeřáb, *Crateagus* spp. – hloh a dále *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindley – lokvát. Často uváděnou hlohyni *Pyracantha* spp. dle posledních výzkumů napadá příbuzný taxon, specializovaná forma *Venturia inaequalis* f.sp. *pyracanthae* (Le CAM et al., 2001).

3.1.2.4 Systematické zařazení hostitelského druhu:

(ANONYM, 2003)

Soustava: Vitae – živé organismy

Doména: Eukaryota (*Opisthokonta*) – jaderní

Nadříše: Unikonta

Říše: Plantae (*Vegetabilia*) – rostliny

Podříše: Angiospermobionta (*Cormobionta*) – vyšší rostliny

Oddělení: Magnoliophyta – krytosemenné

Třída: Magnoliopsida (*Rodopsida*) – vyšší dvouděložné

Podtřída: Rosidae

Řád: Rosales – růžotvaré

Čeleď: *Malaceae* Small. – jabloňovité

Rod: *Malus* P. Mill. – jabloň

Druh: *Malus ×domestica* Borkh. – jabloň domácí

Další hostitelské rody

Pyrus Linnaeus – hrušeň, *Sp. Pl. 479, emend. Miller Gard. Dict., ed. 4, sine p. 1753*

Malus Miller – jabloň, *Gard. Dict., ed. 4, sine p. 1754*

Sorbus Linnaeus – jeřáb, *Sp. Pl. 477, 1753*

Crataegus Linnaeus - hloh, *Sp. Pl. 475, 1753*

(*Pyracantha* Roem. – hlohyně, *Fam. Natur. Regni Veg. Syn. Monogr. 3:219, 1847*)

Viburnum Linnaeus – kalina, *Sp. Pl. 475, 1753*

3.1.3 Podmínky prostředí

Obecný úvod

Strupovitost jabloňe je choroba s vyhraněnými ekologickými nároky, avšak vývoj choroby probíhá v poměrně širokém rozpětí vnějších podmínek. Škodí především v oblastech s oceánským podnebím, v oblastech s kontinentálním charakterem podnebí spíše v chladnějších a humidních podhorských polohách. Strupovitost se šíří především za deštivého počasí, příčinou šíření však může být i závlahová voda z povrchových zavlažovacích zařízení.

Celý cyklus začíná tím, že deštěm navlhčená plodnice praská, askospory jsou vystřelovány nad povrch listů a dále rozšiřovány větrem. K vyklíčení askospory a vzniku infekce je nezbytná určitá doba ovlhčení. Teplota významně ovlivňuje rychlost vývoje patogenu (infekce, inkubační doba, sporulace). Primární, askosporové infekce mohou nastat v rozmezí teplot 0,5 – 29°C. Optimální jsou teploty 17 – 21°C. Čím je příznivější teplota (bližší optimálnímu intervalu), tím kratší je potřebná doba ovlhčení k vyklíčení spory a k infekci. V suchých periodách bez deště, resp. bez intenzivního ovlhčení listů k infekcím nedochází. K infekci askosporami dochází pouze ve dne (askospory potřebují k vyklíčení světlo).

Na povrchu primárně napadených pletiv vyrůstají po uplynutí inkubační doby konidiofory, na nichž se tvoří konidie, které jsou zdrojem sekundárních infekcí a představující anamorfní (nepohlavní) stadium. Sekundární, konidiové infekce mohou nastat v širokém rozmezí teplot, minimální teplota pro infekci konidii je 5°C, optimální teploty jsou v rozmezí 14 – 24°C, maximální teplota je 28°C. K infekci konidii dochází na rozdíl od askospor ve dne i v noci (na světle i ve tmě).

Ve 40. letech minulého století začal v USA intenzivní výzkum vztahu mezi dobou ovlhčení, teplotou a intenzitou infekcí (MILLS, 1944; MILLS et La PLANT 1951), na základě kterého byla navržena první v praxi využitelná metoda signalizace infekcí strupovitostí (viz tab. 1), která byla v následujících letech mnohokrát modifikována nebo revidována (JONES, 1980). Původní metoda je stále zdokonalována a meteorologické podmínky pro vznik primárních infekcí, především za nižších teplot, jsou neustále upřesňovány. Každá úprava metody je podložena výsledky experimentů prováděných v přesně definovaných laboratorních podmínkách nebo měřeními meteorologických prvků v přirozených výsadbách pomocí moderních elektronických přístrojů vybavených přesnými čidly.

Rovněž však dochází i ke zpřesňování meteorologických podmínek pro sekundární, konidiové infekce (MacHARDY et GADOURY, 1989; STENSVAND et al., 1997).

Splnění podmínek pro infekci (intenzita infekce) lze stanovit na základě zjištěné doby ovlhčení a průměrné teploty vzduchu během ovlhčení (případně relativní vlhkosti vzduchu při přerušení ovlhčení povrchu). Vztah mezi teplotou, dobou ovlhčení a intenzitou infekcí, který lze také matematicky vyjádřit, je využíván v různých počítačových programech na ochranu jabloní proti strupovitosti.

Primární infekce

Tabulka 1

Vyhodnocení podmínek pro vznik infekce (MILLS, 1944, MILLS et La PLANTE, 1951)

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení povrchu listů nebo plodů potřebná pro splnění podmínek vzniku (askosporové) infekce		
	SLABÉ	STŘEDNÍ	SILNÉ
°C	hod	hod	hod
0,5 - 5,0	více než 48	více než 48	více než 60
5,1 - 5,4	28	38	60
5,5 - 5,9	25	35	60
6,0 - 6,4	22	32	50
6,5 - 6,9	21	29	45
7,0 - 7,4	20	26	40
7,5 - 7,9	19	25	37
8,0 - 8,4	17	23	34
8,5 - 8,9	15	21	30
9,0 - 9,4	15	20	29
9,5 - 9,9	14	19	28
10,0 - 10,4	13	18	27
10,5 - 10,9	13	18	26
11,0 - 11,4	12	17	25
11,5 - 11,9	12	17	24
12,0 - 12,4	11	16	24
12,5 - 12,9	11	15	23
13,0 - 13,4	10	15	22
13,5 - 13,9	10	14	21
14,0 - 14,4	9	14	21
14,5 - 15,4	9	13	20
15,5 - 15,9	9	13	19
16,0 - 16,9	9	12	19
17,0 - 24,0	9	12	18
24,1 - 25,0	10	12	19
25,1 - 25,5	11	14	21

V případě dvou za sebou následujících period ovlhčení, přerušovaných krátkodobým oschnutím:

po dobu kratší než 4 hodiny (při relativní vlhkosti vzduchu do 85 %) nebo

po dobu kratší než 12 hodin (při relativní vlhkosti vzduchu vyšší než 85 %)

lze jednotlivé doby ovlhčení sečíst a výslednou periodu považovat za jednu, nepřerušovanou!

Ochrana

Ochranná opatření lze rozdělit na nepřímá a přímá, nepřímá představují obecně známé a prakticky využívané principy, definované např. jako „Správná zemědělská praxe“. Dále se jedná se o sled preventivních opatření, zejména agrotechnických, které je třeba provést v tomto případě při zakládání ovocné výsadby. Jsou to všechna opatření, která omezují vhodnost podmínek pro šíření onemocnění (výběr stanoviště – vhodné půdní podmínky, správná orientace výsadeb, vhodná svažitost, dostatečné izolační vzdálenosti od sousedních porostů; vhodné předplodiny, vyrovnané hnojení; využití doplňkové závlahy – kapková zařízení; použití zdravého (certifikovaného) sadbového materiálu; soulad mezi stanovištěm a odrůdou – výběr podnoží a odrůd; na riziková stanoviště – s nevhodnými mikroklimatickými polohami nevysazovat náchylné odrůdy; vhodný spon a pěstební tvar; optimální péče o korunu – přiměřený, šetrný a správně termínovaný výchovný, udržovací, zmlazovací a letní řez; včasná regulace plevelů – sekundární hostitelé patogenů, živné rostliny škůdců nebo vektorů aj.) (ACKERMANN, 2002).

Přímá ochrana

Genetická – využití rezistentních odrůd

V nově zakládaných výsadbách a zejména v systému integrované produkce by mělo být postupně snižováno zastoupení velmi náchylných odrůd a zvyšováno zastoupení tolerantních a především rezistentních odrůd (KOCOUREK, 2008). Šlechtění tolerantních a hlavně geneticky rezistentních odrůd je jedním z hlavních směrů, kterými se v současné době zabývá ovocnářský výzkum a praktické využití rezistentních odrůd je základem systémů integrované produkce ovoce.

Šlechtění rezistentních odrůd začalo již ve 40. letech 20. století v USA, kde později vznikla pracovní skupina PRI (šlechtitelské týmy na univerzitách – Purdue, Rutgers a Illinois). První registrované rezistentní odrůdy v ČR byly vyšlechtěny týmem O. Louda sen. & jr. vedeným prof. J. Tupým na šlechtitelské stanici ÚEB AV ČR ve Střížovicích, jako rodičovské odrůdy byly ke křížení použity získané americké rezistentní linie, příp. první komerčně úspěšná rezistentní odrůda Prima a české odrůdy Rubín, Šampion a další. Druhým centrem šlechtění jabloní je VŠÚO Holovousy. V současnosti patří Česká republika k zemím „produkcujícím“ vysoce kvalitní rezistentní odrůdy ke strupovitosti a padlí jabloně, některé z nich jsou velmi ceněné a dokonce značně rozšířené v celé Evropě především mezi producenty jablek pěstovaných v biologických systémech.

Domácího původu jsou rezistentní odrůdy: 'Ametyst', 'Angold', 'Biogolden', 'Blaník', 'Dantes', 'Dolores', 'Durit', 'Heliodor', 'Karmína', 'Kordona', 'Lotos', 'Lipno', 'Luna', 'Melodie', 'Nela', 'Opal', 'Orion', 'Otava', 'Produkta', 'Pyrop', 'Rajka', 'Red Topaz', 'Rondo', 'Rosana', 'Rozela', 'Rubinola', 'Sirius', 'Sonet', 'Svatava', 'Topaz', 'Vanda', 'Viktoria', 'Vysočina' (NESRSTA et al., 2007); zahraničního původu 'Belmac', 'Enterprise', 'Florina', 'Freedom', 'Jonafree', 'Liberty', 'MacFree', 'Nova', 'Easygro', 'Novamac', 'Prima', 'Primevere', 'Pristine', 'Redfree', 'Richelieu', 'Rouville', 'Sir Prize', 'Supermac' a další odrůdy (CARISSE, 2006).

Chemická

Základem úspěšné chemické ochrany je zvládnutí primárních infekcí (duben - červen), které vyloučí potřebu dalších ošetření (proti sekundárním infekcím) v období od července do sklizně. Ochranu je možno provádět preventivně nebo kurativně na základě sledování průběhu infekcí, příp. jako kombinaci obou systémů (HLUCHÝ et al., 1997).

Při preventivní ochraně ošetřujeme průběžně po celou dobu nebezpečí primárních infekcí. Podle lokality a podmínek ošetřujeme od vyrašení do června v intervalu (5)7 – 10 (výjimečně 14 i více) dní. Interval mezi postřiky by měl zohlednit infekční tlak, intenzitu růstu (v období maximální intenzity růstu se vyvíjejí 2 – 3 listy týdně) a možnosti použitého fungicidu (reziduální účinnost účinné látky, mechanismus účinku – kontaktní (smyvatelnost), systémový, lokálně systémový přípravek (neúčinnost za nízkých teplot)).

Maximální intenzita ochrany musí být v období největšího nebezpečí infekcí (od fenofáze růžového poupěte, BBCH 57 do doby cca 1- 2 týdnů po odkvětu). Interval ošetření musí zohlednit skutečný průběh počasí. Za suchých period se neošetřuje a ošetří se až před předpokládanou změnou počasí (předpověď srážek). Pokud nastane neočekávaný déšť (proběhne infekce) ošetříme kurativně.

Při kurativní (postinfekční) ochraně ošetřujeme až po splnění podmínek pro infekci. Tento systém vychází ze znalosti vzájemného vztahu mezi dobou ovlhčení, teplotou a intenzitou infekcí (MILLS, 1944; MILLS et La PLANTE, 1951; JONES, 1980). K ošetření musí být použity kurativně působící fungicidy, při důsledném dodržování doby kurativní účinnosti. Další ošetření se signalizuje po infekci, která vznikla šestý a další dny po předchozím ošetření.

V kombinovaném systému ochrany se obvykle ošetřuje před květem preventivně (méně intenzivní růst, často nižší teploty) a v dalším období kurativně.

Použití kombinovaných fungicidů nebo tank-mix kombinací (systémová + kontaktní účinná látka) je vhodné zejména pro kurativní ošetření v obdobích pravidelných

(opakovaných) infekcí, kdy se uplatní delší preventivní působení těchto kombinací. Lokálně systémové fungicidy ze skupiny inhibitorů demetylace (DMIs) nepoužívat vícekrát než 3x za vegetaci a střídat je s fungicidy s jiným mechanismem účinku (hrozí nebezpečí křížové = cross-rezistence), vzájemné střídání různých přípravků z jedné skupiny však nezabrání vzniku rezistence (ACKERMANN, 2002).

Chemická ochrana by měla být posledním ochranným opatřením, prováděným ve zcela výjimečných případech a až po vyčerpání všech možností nepřímé i přímé ochrany. V posledních letech se však chemická ochrana proti strupovitosti jabloně stala také nedílnou součástí sledu pesticidních ošetření i ve výsadbách rezistentních odrůd jabloní, kde dříve nebyla potřebná. Způsobilo jí překonání genu rezistence Vf, jehož donorem je botanický druh jabloň mnohokvětá *Malus floribunda* Sieb. klon 821 (viz tab. 2). Tento gen, resp. jeho donor *M. floribunda* kl. 821 byl dlouhodobě a zcela dominantně využíván jako jeden z rodičovských druhů při šlechtění rezistentních odrůd. Přestože bylo známo riziko možného překonání monogenně založené odolnosti, většina pěstovaných rezistentních odrůd jabloní byla založena na jednom genu rezistence - Vf. Až mnohem později byly při šlechtění využity další geny odolnosti, např. gen Va, jehož donorem je odrůda 'Antonovka'. V současné době je šlechtění zaměřeno na tvorbu odrůd s polygenně založenou rezistencí. K lokálnímu překonání genu rezistence Vf došlo v roce 2006 na několika lokalitách na území ČR, vždy v intenzivních výsadbách rezistentních jabloní (BLAŽEK et VÁVRA, 2006). První signály nebezpečí, tedy výskyt slabých příznaků napadení strupovitostí na rezistentních odrůdách, přicházely ze zahraničí již dříve.

Tabulka 2

Přehled známých genů rezistence k *Venturia inaequalis* Cke a jejich donorů
(taxon, odrůda)

Geny rezistence (R-geny)	Genový zdroj - donor
Vf	<i>Malus floribunda</i> Sieb. 821, 'Priscilla'
Vfh	<i>Malus floribunda</i> Sieb. 821
Va	'Antonovka' Typ PI 172623
Vm	<i>Malus micromalus</i> Makino 245-38
Vr	<i>Malus pumila</i> Mill.
Vb	<i>Malus baccata</i> Borkh. Hansen#2
Vbj	<i>Malus baccata</i> jackii Borkh.

K překonání genetické rezistence došlo vlivem zavlečení nové agresivní rasy 7 patogenu *Venturia inaequalis* překonávající gen Vf, původem z Velké Británie, odkud se postupně šířila do dalších zemí a rovněž i na území ČR. K zavlečení došlo pravděpodobně vlivem „globalizace světového obchodu“ při dovozu infikovaných jablek ze zemí s výskytem této rasy, k rozšíření pravděpodobně zase při skladování plodů v domácích velkoskladech umístěných v blízkosti výsadby jabloní.

I používání přípravků na ochranu rostlin s sebou přináší problémy, pokud odhlédneme od problémů ekotoxikologických a možných důsledků používání některých problematických účinných látek v minulosti a jejich negativního vlivu na životní prostředí, zdraví zvířat a lidí. Tímto problémem je vznik rezistentních populací patogenu následkem neuváženého, nadměrného a častého používání pesticidů, nekvalitně prováděných aplikací a nedodržování doporučených dávek. V důsledku víceletého a opakovaného používání pesticidů se stejnými účinnými látkami nebo s účinnými látkami využívajícími stejný nebo podobný mechanismus působení dochází k postupné selekci populací patogenu rezistentních k těmto účinným látkám a k výraznému poklesu jejich účinnosti. Problém rezistence se týká zejména systémových fungicidů ze skupiny triazolů (v minulých letech zaznamenán v ČR na řadě míst) i velmi účinných a mezi ovocnáři rozšířených strobilurinových fungicidů – Zato a Discus. V podmínkách ČR bylo nalezeno při monitoringu několik lokalit, kde byla potvrzena rezistence houby k oběma účinným látkám ze skupiny strobilurinů - kresoxim-methylu i trifloxystrobinu (LÁNSKÝ, 2005).

K zabránění vzniku nebo alespoň oddálení nástupu rezistence k přípravkům na ochranu rostlin, v tomto případě konkrétně fungicidů proti původci strupovitosti jabloně patogenu *Venturia inaequalis*, byly FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) zpracovány a všem uživatelům fungicidů doporučeny následující zásady antirezistentní strategie:

- nepoužívat aplikace jednotlivých strobilurinových (triazolových) fungicidů;
- kombinovat je s kontaktními fungicidy (úč. I.captan, dithianon, mancozeb, thiram, tolylfluanid apod.);
- používat plné dávky strobilurinů (triazolů) ve směsi;
- nepoužívat blokové aplikace stejných účinných látek (stejně skupiny úč. látek);
- v případě podezření poklesu účinnosti těchto fungicidů směřovat jejich aplikace mimo období nejsilnějšího infekčního tlaku;
- v případě potvrzení rezistence vyřazení strobilurinového přípravku ze systému ochrany po dobu několika let.

Klíčovou zásadou antirezistentní strategie obecně je důsledné dodržování aplikačních dávek a střídání přípravků s účinnými látkami z odlišných skupin a s jiným mechanismem účinku (LÁNSKÝ, 2005).

FRAC, resp. specializované výkonné výbory (expertní fóra a pracovní skupiny) se zabývají metodickým řízením problematiky rezistence, tedy postupů k zabránění vzniku rezistence nebo řízení vzniklé rezistence, monitoringem, přípravou antirezistentních strategií k jednotlivým skupinám účinných látek pesticidů. V rámci FRAC existují pracovní skupiny pro jednotlivé skupiny účinných látek (např. SBI=DMIs, QoI aj.) (JUROCH, 2008).

Rostlinolékařská terminologie použitá v navrženém integrovaném systému ochrany

Integrovaná produkce (IP)

Integrovaná produkce představuje způsob zemědělského hospodaření, jehož základním cílem je zajištění trvale udržitelného rozvoje, tedy rozvoje, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody, zachovává přirozené funkce agroekosystémů a ostatních ekosystémů, jež jsou zemědělskou produkcí přímo či nepřímo ovlivňovány.

(Definice dle IOBC - International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants) (BOLLER et al., 2004)

Integrovaná ochrana rostlin (IOR)

Integrovaná ochrana rostlin představuje pečlivé zvažování veškerých dostupných metod ochrany rostlin a následnou integraci vhodných opatření, která potlačují rozvoj populací škodlivých organismů a udržují používání přípravků na ochranu rostlin a jiných forem zásahu na úrovních, které lze z hospodářského a ekologického hlediska odůvodnit a které snižují či minimalizují rizika pro lidské zdraví nebo životní prostředí. Integrovaná ochrana rostlin klade důraz na růst zdravých plodin při co nejmenším narušení zemědělských ekosystémů a podporuje mechanismy přirozené ochrany před škodlivými organismy.

(Definice IOR dle „Směrnice ER a EP kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství za účelem dosažení udržitelného používání pesticidů“)(ANONYM,2009b)

Prognóza

znamená časově i prostorově vymezenou předpověď výskytu škodlivých organismů (ŠO), zpracovanou na základě minulého i současného stavu populace v agroekosystému, znalostí bionomie prognózovaného druhu a předpokládaného vývoje abiotických podmínek.

Podklady pro prognózu se získávají monitoringem agroekosystémů, v tomto případě výsadeb jabloní. Meteorologické údaje jsou získávány měřeními meteorologických prvků pomocí přístrojů v meteorologických budkách, pomocí měřících a současně záznamových zařízení a pomocí automatických meteorologických stanic v blízkosti výsadeb (analogová nebo digitální forma záznamů). Dle rozsahu prognózovaného období se prognózy dělí na krátkodobé (2 dny – 2 týdny) a dlouhodobé (2 týdny – roky)

Signalizace

znamená stanovení optimálního termínu pro ochranný zásah z hlediska vývoje škodlivého činitele nebo růstové fáze rostliny.

(Cílem je upozornění na určitý jev a stanovení optimálního termínu zásahu - časové vymezení ochranného zásahu)

Indikace

znamená stanovení potřeby chemické ochrany jednotlivých porostů s využitím prahů škodlivosti (takový výskyt ŠO, při němž je účelné provedení ochranného zásahu).

Práh škodlivosti

takový stupeň poškození, který rostlina regenerací již není schopna vyrovnat, takže dochází k ekonomickým ztrátám, práh škodlivosti je u dané plodiny stále stejný (neměnný) a není tedy totožný s ekonomickým prahem škodlivosti, jehož výše je závislá na konkrétních ekonomických podmínkách v daném okamžiku (cena práce, PHM, pesticidů, amortizace strojů atd.).

Kritické číslo

takový stupeň napadení rostlin chorobou nebo počet jedinců škůdce, který je schopen způsobit poškození porostu rovné prahu škodlivosti. (Hodnota je stanovena experimentálně).

Ekonomický práh škodlivosti

taková hladina intenzity choroby, při které je pokles hodnoty výnosu plodiny (škoda) větší než náklady vynaložené na ochranná opatření, znamená to, že EPŠ není konstantní, ale neustále se mění v závislosti na ekonomických podmínkách v určitém konkrétním okamžiku a na konkrétním místě (cena práce, PHM, pesticidů, amortizace strojů atd.).

(EPŠ je tedy vždy vyšší než práh škodlivosti. (Hodnota je stanovena experimentálně).

Teplotní modely - Sumy efektivních teplot (SET)

Vývoj poikilotermních organismů (bez aktivního regulačního systému vnitřní teploty) je určován podmínkami vnějšího prostředí. Zejména průběh vnější teploty ovlivňuje průběh metabolických procesů v organismu změnami rychlosti enzymatických reakcí. Rychlost enzymatických reakcí vzrůstá od určité, pro každý druh organismu specifické, prahové hodnoty teploty. Pod touto hodnotou probíhá pouze bazální metabolismus organismu.

Pro studium vývoje organismů v závislosti na vnější teplotě byly vytvořeny tzv. teplotní modely vývoje organismů. Pro kvantitativní vyjádření celkového tepelného množství potřebného pro vývoj organismu byla použita jako veličina suma efektivních teplot (SET). Sumy efektivních teplot bývají uvedeny buď v denních stupních ($d^{\circ}C$) nebo v hodinových stupních ($h^{\circ}C$), případně oběma způsoby, pokud jsou tyto hodnoty známy. Starší a jednodušší typy teplotních modelů byly charakterizované pomocí snadněji měřitelných jednotek - tzv. denních stupňů ($d^{\circ}C$), kdy vývoj organismu v určitém dni charakterizuje pouze jedna teplotní hodnota. Rozvoj mikroelektroniky a výpočetní techniky umožnil vývoj složitějších a přesnějších teplotních modelů, charakterizovaných menšími jednotkami - tzv. hodinovými stupni ($h^{\circ}C$). Tyto modely charakterizují vývoj organismu v hodinových intervalech

Sumy efektivních teplot (SET) lze prakticky využít nejen pro předpovídání vývoje a stanovení termínu indikace ošetření proti hospodářsky významným druhům hmyzu, ale dokonce proti fytopatogenním bakteriím a houbám, jako původcům chorob rostlin.

Dle prostředí, kde probíhá vývoj škodlivého organismu jsou efektivní teploty a jejich kumulativní sumy počítány buď z teploty vzduchu nebo půdy (v různých výškách nad povrchem země či v různých hloubkách pod povrchem, charakteristických pro vývoj každého druhu).

Sumy efektivních teplot pro vývoj škodlivých činitelů jsou zpravidla počítány od 1. ledna (výjimečně od jiného data = 1.3., 1.4., 1.9., 1.11., jedná se o termín, charakteristický pro každý organismus), v některých případech však jsou počítány od data dosažení určité vývojové fáze škodlivého činitele (Biofix - biologické referenční datum), případně od data dosažení vhodných meteorologických podmínek pro vývoj škodlivého organismu (ŠO), např. dosažení vhodné vývojové fáze hostitelské rostliny (rašení apod.).

Vysvětlivky:

Spodní (teplotní) práh vývoje (SPV) je teplota stanovená experimentálně (charakteristická pro každý druh), při níž začínají probíhat metabolické pochody a vývoj druhu (SPV vždy $\geq 0^{\circ}\text{C}$)

Horní práh vývoje (HPV) je teplota stanovená experimentálně (rovněž charakteristická pro každý druh), při níž dochází ke snižování metabolických pochodů na minimum a ustává vývoj druhu.

Efektivní teplota (ET) = hodnota rozdílu mezi dosaženou teplotou a prahovou teplotou pro vývoj druhu (nad spodním a případně pod horním prahem vývoje, je-li znám)

Hodinové stupně (h°C) = jednotka efektivní teploty vyjádřená jako hodnota rozdílu aktuální teploty v určité hodině a prahové teploty (spodního a případně horního prahu vývoje)

Denní stupně (d°C) = jednotka efektivní teploty vyjádřená jako hodnota rozdílu průměrné denní teploty a prahové teploty (spodního a případně horního prahu vývoje) (*degree day, °D*)

Suma efektivních teplot (SET_{spv}) = celková hodnota získaná součtem jednotlivých hodnot efektivní teploty od určitého termínu, vyjadřuje se v hodinových nebo v denních stupních ($\text{SET}(\text{d}^{\circ}\text{C}) \times \text{SET}(\text{h}^{\circ}\text{C})$), hodnota charakteristická pro vývoj každého druhu, na které je založena prognóza vývoje nebo indikace ochrany

Teplotu je možné měřit pomocí automatických meteorologických stanic (AMS) a hodnoty sumy efektivních teplot lze získat pomocí počítačových programů, které bývají součástí jejich SW vybavení pro práci s daty. SRS vyvinula k tomuto účelu speciální počítačové programy SUMÁTOR (DOS) a později program MeteoDat (Windows), které výpočet SET usnadňují (JUROCH, 1997; PERUTKA et al., 2001).

Postup výpočtu SET (d°C)

Postup klasický-matematický:

Nejdříve vypočteme průměrnou denní teplotu $T_{\text{prům}}$ (zpravidla vzduchu ve výšce 2m nad zemí, není-li uvedeno v údajích o organismu jinak) z maximální T_{max} a minimální denní teploty T_{min} následovně:

$$T_{\text{prům}} = T_{\text{max}} + T_{\text{min}} / 2$$

Dále z hodnoty průměrné denní teploty $T_{\text{prům}}$ vypočteme denní efektivní teplotu ET_{SPV} odečtením spodní prahové hodnoty vývoje (SPV), (většinou uvedené v údajích o organismu)

$$\text{ET}_{\text{SPV}} = T_{\text{prům}} - T_{\text{SPV}}$$

Získáme hodnotu efektivní teploty (ET_{SPV}) za určitý den (počátečním dnem $i = 1$ většinou bývá počáteční den daného roku – tj. 1.1., avšak u některých organismů i jiné datum, např. 1.3., 1.4.), posledním dnem hodnocení den n – dosažení určité požadované hodnoty sumy).

Sumu efektivních teplot (SET_{SPV}) za období počínaje dnem $i = 1$ a konče dnem n získáme sčítáním denních hodnot efektivních teplot (ET_{SPV}) dosažených v jednotlivých dnech (vždy od určeného data – například zmiňovaného 1.1.) tak, že novou hodnotu přičteme k hodnotě předešlého dne.

$$SET_{SPV} = \sum_{i=1}^n ET_{SPV}$$

při splnění podmínky $[(T_{max} + T_{min}) / 2] > T_{SPV}$

nebo též lze postup popsat následovně $SET = \sum(T_{max} + T_{min} / 2) - SPV$

Stejný postup je i u výpočtu sum efektivních teplot SET_{SPV} v hodinových stupních ($h^{\circ}C$), avšak místo jedné denní hodnoty je třeba vypočítat 24 hodnot SET_{SPV} denně (tj. za každou hodinu!) a to třeba po dobu několika měsíců, což je při manuálním zpracování údajů časově velmi náročné nebo dokonce nemožné.

3.1.4 Přehled existujících postupů

Následující kapitoly chronologicky sledují jednotlivé fáze vývoje houby a k nim se vztahující nové metody a postupy využívané v integrovaných systémech pěstování jablek v zahraničí.

Prognóza ohrožení výsadby

První krok doporučeného pracovního postupu pro následující vegetační sezónu (kalendářní rok) je nutné provést ještě v závěru vegetačního období předchozího roku. Tímto krokem je stanovení pravděpodobného množství primárního inokula pro následující sezónu neboli odhad potenciálního množství askospor v určité konkrétní výsadbě. Jedná se tedy o prognostickou metodu odhadující míru ohrožení konkrétní výsadby. Navržená metoda (MacHARDY et al., 1999) je poměrně jednoduchá a reprezentativní, avšak časově poměrně náročná.

Potenciální zásoba askospor PAD (*Potential Ascospore Dose*)

Infekční tlak je přímo úměrný množství přítomného inokula - askospor, lze jej vyjádřit pomocí tzv. potenciální zásoby askospor (PAD) ve výsadbě, veličina byla experimentálně odvozená, následně prakticky ověřená na četných zámořských i evropských pracovištích a v současné době je již široce prakticky využívána. PAD je tedy předpověděnou hodnotou pravděpodobného počtu askospor schopných“ uvolnění v období primárních infekcí, vyprodukovaných na ploše 1m² povrchu půdy sadu pokrytého zbytky infikovaných opadaných listů.

Hodnotu PAD lze určit nepřímo jako celkový počet napadených listů zjištěný při podzimním hodnocení, které se provádí v období mezi sklizní a opadem listů (prakticky se však provádí těsně po sklizni) v homogenní výsadbě (v bloku jedné odrůdy, případně v celém sadu dle rozsahu výsadby – počtu stromů) s podobnými půdními, geografickými podmínkami, odrůdovou skladbou (se stejnou odolností ke strupovitosti atd). Hodnotí se všechny listy (obě strany listu) na 600 letorostech a zaznamená pouze počet napadených listů na letorostu a celkový počet napadených listů bez ohledu na intenzitu, tj. počet lézí. Jednotlivý list se tedy hodnotí systémem: napadený/nenapadený (A/N).

Reprezentativnost vzorku (spolehlivost hodnoty PAD) je zajištěna náhodným způsobem výběru a dostatečným počtem hodnocených stromů a letorostů (pouze vizuálním hodnocením při průchodu výsadbou; bez odběru!) v závislosti na velikosti výsadby, dle následujícího klíče:

- v bloku o velikosti 300 – 900 stromů se vybere vždy po 20 letorostech na 30 náhodně vybraných stromech (celkem 20 x 30 = 600 letorostů, tj. přibližně každý 10. – 30. strom),
- v bloku 400 – 1200 stromů se vybere vždy po 15 letorostech na 40 náhodně vybraných stromech (celkem 15 x 40 letorostů, tj. cca každý 10. – 30. strom),
- v bloku 600 – 1800 stromů se vybere vždy po 10 letorostech na 60 náhodně vybraných stromech (celkem 10 x 60 letorostů, tj. cca každý 10. – 30. strom),

Velikost výsledného vzorku je tedy vždy stejná, tj. 600 hodnocených letorostů v sadu. Hodnotí se náhodně vybrané letorosty, rostoucí ve spodní části koruny, vždy letorosty z horní části (z důvodu obvykle horší kvality aplikace), rovněž rostoucí na vnější i vnitřní straně koruny. Pokud jsou na stromech adventivní letorosty tzv. „vlky“, je třeba na každém stromě zahrnout do hodnocení i jeden takový letorost.

Na základě zjištěné potenciální zásoby askospor PAD a tedy teoreticky předpověděného infekčního tlaku byly stanoveny tři kategorie výsadby s různým ohrožením primárními infekcemi strupovitosti a od nich se odvíjející různé strategie ochrany:

- 1) zjištěno méně než 50, (případně dle jiných prací méně než 53) napadených listů / 600 letorostů (nízko rizikový sad: tj. $<600 \text{ askospor.m}^{-2}$)
- 2) 50(53) – 100 listů (středně rizikový sad)
- 3) více než 100 listů (silně rizikový sad: tj. $>5000 \text{ askospor.m}^{-2}$)

Dle hodnoty PAD jsou doporučena následující strategie ochrany – ochranná opatření:

ad 1) nízko rizikový sad - doporučena strategie oddálené ochrany, tj. posunutí

prvního fungicidního ošetření z důvodu předpovězeného nízkého rizika primárních infekcí (nízké zásoby askospor = nízkého infekčního tlaku), ošetření se provede až v růstové fázi růžového poupěte BBCH 57 nebo po třetí proběhlé infekci (výběrem té z uvedených variant, která nastane dříve!), avšak vždy před čtvrtou infekcí!

ad 2) středně rizikový - doporučeno provedení sanitárních opatření - výběr

některé z možných preventivních metod či jejich kombinace a využití strategie oddáleného prvního ošetření (viz ad 1).

ad 3) silně rizikový - doporučen intenzivní preventivní systém ochrany v následující vegetační sezóně s včasným zahájením ochrany.

Možnými sanitárními opatřeními jsou podzimní aplikace 5 % močoviny na listy těsně před opadem, snižující prokazatelně množství potenciálního inokula (zásobu askospor) až o 97 %, podzimní aplikace na opadané listy o 50 % (v době, kdy je opadáno cca 95 % listů ze stromů) a jarní aplikace na opadané listy o 70 % (LÁNSKÝ et al., 1991; SUTTON et al., 2000). Přestože je to metoda velmi účinná, může být v našich podmínkách problematická z důvodu dodržení podmínek v rámci agro-envi opatření, tj. termínově a kvantitativně limitovaného množství aplikovaného dusíku („Nitrátová směrnice“) a samozřejmě je zakázaná v ekologické produkci.

Dalšími opatřeními jsou mechanické rozdrčení opadlých listů na podzim nebo velmi časně na jaře a následné zapravení zbytků do půdy, které redukuje zásobu askospor o 80 – 90 % (SUTTON et al., 2000), případně termická likvidace (plamenové plečky). Možné je rovněž, ale ve velkovýrobě prakticky hůře proveditelné, úplné odstranění listů z výsadby (shrabování, sběr, vysávání, přestože ve světě existují příslušná mechanizační zařízení).

Experimentálně byla ověřována i podzimní aplikace biopreparátů – antagonistických druhů hub *Athelia bombacina* (LÁNSKÝ et al., 1991; ZVÁRA et al., 1994), *Microsphaeropsis ochracea*, *Ophiostoma* sp. nebo *Trichoderma* sp. (CARISSE et al., 2006), která snížila

množství askospor o 60 – 90 %, účinnost preparátů byly nepřímo úměrná k termínu podzimní aplikace (pozdní aplikace méně účinné), metoda však není zatím prakticky využívána, přestože výsledky byly velice slibné (CARISSE, 2009). Účinné rovněž byly izoláty dalších druhů hub (*Chaetomium* spp., *Epicoccum* spp., *Phoma* spp. a *Trametes versicolor*) (TSHOMO et al., 2003), *Sporobolomyces roseus*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhodotorula glutinis*, *Metschnikowia* sp. (FISS et al., 2003). S různým úspěchem byly experimentálně ověřovány i další preparáty urychlující rozklad opadaných infikovaných listů (enzymy, humáty, apod.) nebo potlačujících vývoj plodnic v listech (aplikace fungicidů po sklizni; ale problematická z důvodu další zátěže životního prostředí rezidui pesticidů a finanční nákladnosti) (LÁNSKÝ et al., 1991). Nadějně se jeví použití hygienicky bezproblémových pomocných prostředků, např. hydrogenuhličitanu sodného (jedlá soda) nebo draselného (JAMAR et al., 2007), dolomitického vápence (SPOTTIS et al., 1997), různých rostlinných výluhů a dalších látek účinkujících přímo nebo jako induktory rezistence.

Výsledné, redukované množství plodnic na ošetřených nebo rozdrcených listech, resp. tvořících se asků a následně tedy i askospor je již méně „epidemiologicky“ významné, což umožňuje vynechat několik počátečních ošetření.

Praktický přínos metody je zřejmý, poprvé je praxi nabídnuta využitelná, jednoduchá a spolehlivá prognostická metoda a jsou stanovena objektivní kritéria pro hodnocení infekčního potenciálu sadu v příštím roce. Na základě PAD lze tedy s dostatečným časovým předstihem zvolit strategii ochrany pro období primárních infekcí (případně alespoň pro úvodní část), s předstihem plánovat sled přípravků (intenzitu ochrany) a odhadnout náklady na chemickou ochranu v následující sezóně a na základě ohrožení jednotlivých bloků odrůd stanovit i časový harmonogram ochrany v jednotlivých blocích dle skutečné potřeby.

Některá doporučení je však zatím třeba považovat za problematická, případně i značně riziková, zvláště strategie oddálené ochrany není u nás známa a v našich podmínkách tedy vůbec prakticky vyzkoušena. Autoři však rovněž zmiňují slabiny metody, v případě používání DMIů přípravků a zvláště postinfekční aplikace prý nelze zaručit spolehlivou eradikaci původce, dojde pouze k pozastavení jeho vývoje během vegetace, který později v opadlých listech dále pokračuje. V době hodnocení napadení listů počátkem podzimu nemohou být tyto sporné, ošetřené, léze spolehlivě vyloučeny z hodnocení jako odumřelé a zkreslují výslednou zásobu askospor. Vzhledem k významnému zastoupení přípravků DMIů v systémech ochrany proti strupovitosti v našich podmínkách, by uvedenou metodu bylo možné uplatnit pouze v případě celosezónního použití přípravků s jiným mechanismem účinku, (preventivní systém ochrany kontaktně působícími přípravky, případně ještě v kombinaci např. s QoI přípravky –

strobiluriny a dalšími skupinami). Metodu prý rovněž nelze využít bez rizika v případě přítomnosti blízkých vnějších zdrojů inokula (jednotlivé zplanělé jabloně, neudržovaná stromořadí a neošetřované zahrady s citlivými odrůdami) ve vzdálenosti do 200 m od produkčních sadů. Ačkoliv jsou prý prahové hodnoty i navržená strategie univerzální, je podle autorů třeba před zavedením metody do praxe v jiných zemích či regionech provést srovnávací pokusy a ověřit prahové hodnoty z důvodu odlišnosti odrůdové skladby, rozdílu v rasovém spektru původce onemocnění a případně také odlišných pěstitelských tvarů a tedy hustoty výsadeb.

Uvedený způsob stanovení PAD (spolehlivý, ale časově dosti náročný) byl postupem času zjednodušen využitím statistické metody tzv. sekvenční analýzy, která umožňuje dostatečně spolehlivé zařazení sadů do jednotlivých kategorií ohrožení i na základě hodnocení menšího vzorku než původních 600 letorostů. Zjednodušené metody (REARDON et al., 2005; viz obr. 26 a 27) pro hodnocení napadení listů během vegetace nebo pro podzimní hodnocení (MacHARDY et. al., 2001; viz obr. 28) doporučují prohlédnout pouze 10 stromů (ve starších výsadbách) a na každém 10 letorostů, nebo v případě menších tvarů provést prohlídku 20 stromů a na každém prohlédnout 5 letorostů. Princip metody je tedy obdobný, hodnotí se vzorek letorostů o stanovené velikosti, celkový (kumulativní) počet napadených listů se srovnává s prahovým množstvím (s tabulkovou hodnotou resp. grafem/tabulkou s barevnými zónami). Pokud počet napadených listů odpovídá střední (oranžové) zóně, není vzorek dostatečně reprezentativní a je nutné pokračovat v hodnocení, tedy prohlédnout dalších 10 nebo 20 stromů, vždy 10 nebo 5 letorostů (podle velikosti stromu) na každém stromu a na každém letorostu všechny listy.

Metoda existuje v několika modifikacích, kanadská metoda doporučuje hodnotit pouze 100 letorostů ve výsadbě (CARISSE, 2006). Metoda sekvenční analýzy je cca 6x rychlejší, doba potřebná pro vyhodnocení jednoho bloku je u trénovaných osob pouhých 36 min. oproti 4 hod. 20 min. (BERKETT, 2002).

Prognóza zralosti askospor

Průběh zrání askospor je možné zjišťovat přímo vizuálně - mikroskopicky. Sleduje se průběh dozrávání askospor ve věckách (v pravidelných několikadenních intervalech a později, v rozhodujícím období, téměř průběžně, optimálně denně) s cílem zjistit přesný termín zralosti prvních askospor ve věckách tedy potenciálního počátku kritického období primárních infekcí (ANONYM, 1999a).

V minulosti nebyla známa prognostická metoda, která by dokázala stanovit termín

zralosti askospor a počátku nebezpečí primárních infekcí nepřímo, bez potřeby mikroskopického sledování skutečného vývoje askospor ve vřeckách a plodnicích. Proto bylo třeba vyvinout metodu, která by byla zejména časově i finančně méně náročná, z důvodu vysoké ceny „lidské práce“ v hospodářsky vyspělých zemích. Problematikou distančního stanovení termínu zralosti se zabývalo mnoho světových výzkumných pracovišť. V důsledku rychlého rozvoje mikroelektroniky byl jako optimální zvolen systém sestávající z měřících čidel, dále tzv. „dataloggeru“, zaznamenávajícího naměřené agrometeorologické prvky a dohromady tvořící automatickou meteorologickou stanicí propojenou "on-line" s počítačem, vybaveným speciálním software (specializované moduly na ochranu proti jednomu konkrétnímu ŠO, systémy na podporu rozhodování (Decision Support Systems – DSS) nebo složité expertní systémy). Součástí SW vybavení meteorologických stanic pro ochranu speciálních plodin, konkrétně jabloní, bývá rovněž některý z existujících modelů zralosti askospor. Výhodou používání modelů je časová a finanční nenáročnost, avšak za cenu menší přesnosti modelovaných hodnot oproti reálné situaci. Postup však lze zpřesnit současným přímým mikroskopickým sledováním zrání askospor v plodnicích na odebraných listech a vzájemným srovnáním s modelovanými hodnotami.

Modely zralosti askospor

Využití teplotních modelů (SET) v prognózování vývoje živočišných škůdců a v praktické ochraně rostlin je běžné, v tomto případě se však jedná o revoluční myšlenku autorů (GADOURY et MacHARDY, 1982) využít SET (obecně známou jako suma efektivních teplot a správně představující kumulativní součet denních efektivních teplot, vyjádřený v denních stupních Celsia – d°C k modelování vývoje houbového patogenu. Teplotní model popisuje závislost mezi SET a sezónním podílem zralých askospor, vyjádřeným jako vážený průměr a interval spolehlivosti.

Suma efektivních teplot SET pro *Venturia inaequalis* (ve skutečnosti biologická suma = (B)SET) považuje za počátek vývoje askospor a tedy počátek vyhodnocování datum biologické (Biofix), tedy ne kalendářní, kterým je termín dosažení fenofáze zelená špička u poloviny květních pupenů referenční odrůdy McIntosh (cca střed období růstových fází stříbrná až zelená špička pupenů, BBCH 03 – 07). Hodnotu SET lze získat z rozdílu průměrných denních teplot a prahové teploty vývoje patogena (spodní práh vývoje pro houbu *Venturia inaequalis* = 0°C) a přičítáním denních hodnot k hodnotám předchozích dnů (viz obecný popis teplotních modelů). Průměrné denní teploty je možné vypočítat jako průměr

maximální a minimální denní teploty vzduchu. Záporné teploty se nahrazují nulou, vývoj askospor je nevratný, může se pouze zpomalit či zastavit nízkými teplotami, ne však vrátit.

Tabulka 3

Průběh zralosti askospor *Venturia inaequalis* (kumulativní množství zralých askospor) v závislosti na sumě efektivních teplot SET ((B)SET) v denních stupních (d°C)

(B)SET (biologická SET) (d°C)	Kumulativní množství zralých askospor *	90% interval spolehlivosti odhadu **
d°C	%	%
1,7	1	0 – 7
43,3	3	0 – 14
62,8	5	1 – 19
101,7	10	2 – 32
162,8	25	7 – 55
232,2	50	21 – 80
301,7	75	46 – 94
362,8	90	69 – 98
393,3	95	79 – 99
421,1	97	86 – 100
462,8	99	93 – 100

Vysvětlivky:

* průměrná hodnota kumulativního množství zralých askospor

** 90 % interval spolehlivosti odhadu znamená, že kumulativní množství zralých askospor se pohybuje v uvedeném intervalu hodnot

tučně období maximální rychlosti dozrávání askospor v askách – zrychlená fáze zrání

SET je ve skutečnosti biologická suma efektivních teplot (B)SET v denních stupních Celsia od rašení jabloní odrůdy McIntosh)

Průběh zrání askospor a jejich následného uvolňování (období primárních infekcí a nebezpečí strupovitosti) lze rozdělit do 3 fází:

- 1) zpomalená fáze probíhající v období SET 0 – 149 d°C (počátečních cca 20 % zralých askospor, tj. 0 – 20 % zralých)
- 2) zrychlená fáze probíhající v období SET 149 – 371 d°C (většina askospor, tedy dalších cca 70 % zralých, tj. 20 – 90 %)
- 3) závěrečná fáze probíhající v období SET 371 – 427 d°C (zralost posledních 10 % askospor, tj. celkem 90 – 100 % zralých)

Většina askospor *Venturia inaequalis* se uvolní ve zrychlené fázi, probíhající v období SET 65,6 – 404,4 d°C od rašení (stadium zelené špičky, BBCH 07), což je představuje období vysokého rizika primárních infekcí. Za počátek epidemiologicky významného období lze také považovat termín ukončení diferenciací askospor v 15 – 17 % asků, zjištěný mikroskopicky.

Konec období primárních infekcí nastane po dosažení hodnoty SET 418 d°C a současném splnění srážkové a teplotní podmínky (intenzivní déšť během dne: denní úhrn srážek ≥ 2.5 mm a teplota $>10^{\circ}\text{C}$). Ukončení letu, tedy uvolnění většiny (95 %) askospor je samozřejmě vhodné potvrdit údaji z lapače spor. Zbytkové množství posledních zralých nebo dozrávajících askospor je dle autorů epidemiologicky nevýznamné (MacHARDY et GADOURY, 1985)

Model vykazoval poměrně vysokou přesnost a shodu se skutečným průběhem uvolňování askospor zejména v humidních oblastech, na lokalitách a v letech s častými a intenzivními srážkami. V některých sušších oblastech a v letech s déletrvajícím jarními obdobími bez srážek nebo s malými srážkami (1 – 3 týdny) se však projeví rozdíly mezi skutečností a modelem, docházelo k posunu zralosti a zpoždění uvolňování askospor i v případě četných a intenzivních dešťů následujících po předchozím delším období sucha. Později došlo k úpravě a zpřesnění modelu zavedením srážkové podmínky, výpočet SET se přeruší počínaje 4. dnem po skončení ovlhčení, pokud následuje delší období bez srážek (STENSVAND et al., 2005).

Další používané modely zralosti askospor jsou již mnohem složitější, protože kombinují více faktorů, tvoří je několik submodelů. Opět jsou založeny na sčítání denních nebo přesnější modely i hodinových sum efektivních teplot (SET) při současném ovlhčení povrchu opadlých listů, vysoké relativní vlhkosti vzduchu (ROSSI et al., 1999). Minimální potřebná vlhkost vzduchu pro dozrávání askospor je 85 %, minimální potřebná doba ovlhčení je 8 hod. Na základě experimentů byl navržen model A-scab, který hodnotí vývoj askospor v pseudoperitheciu.

$$\text{DDC}_i = \sum_{j=1}^i \sum_{h=1}^{24} (T_{hj} / 24)$$

kde:

DDC_i (=SET) suma efektivních teplot v den i ;

T_{hj} je teplota vzduchu ($^{\circ}\text{C}$) v jednotlivou hodinu ($h = 1$ až 24) dne j ($j = 1$ až i)

jestliže $T_{hj} \geq 0$, nebo $\text{Ovl} = 0$ (bez ovlhčení), T_{hj} se počítá 0;

SET se vyhodnocuje pokud $T > 0^{\circ}\text{C}$ a listy jsou ovlhčené ($\text{Ovl} = 1$),

Biofix (počátek vyhodnocování SET) ($j = 1$) je počítán dle modelu JAMES et SUTTON (1982) od stadia 5 vývoje pseudoperithecia (viz tab. 6)

Nebezpečí se hodnotí pomocí veličiny zvané PAT neboli kumulativního podílu uvolněných askospor (Cumulative Proportion of the season's Ascospores Trapped) ke dni i ,

$$P\hat{A}Ti = 1/[1+\exp(a-b \cdot DDCi)]$$

kde:

a, b jsou parametry modelu

PAT1, PAT2 jsou horní a dolní intervaly spolehlivosti.

Nebezpečí uvolňování askospor je následující:

nebezpečí nízké $PAT > 0,016$ a $PAT < 0,9$; $PAT1 = 0,1$

střední $PAT1 = 0,1$ a $PAT = 0,9$

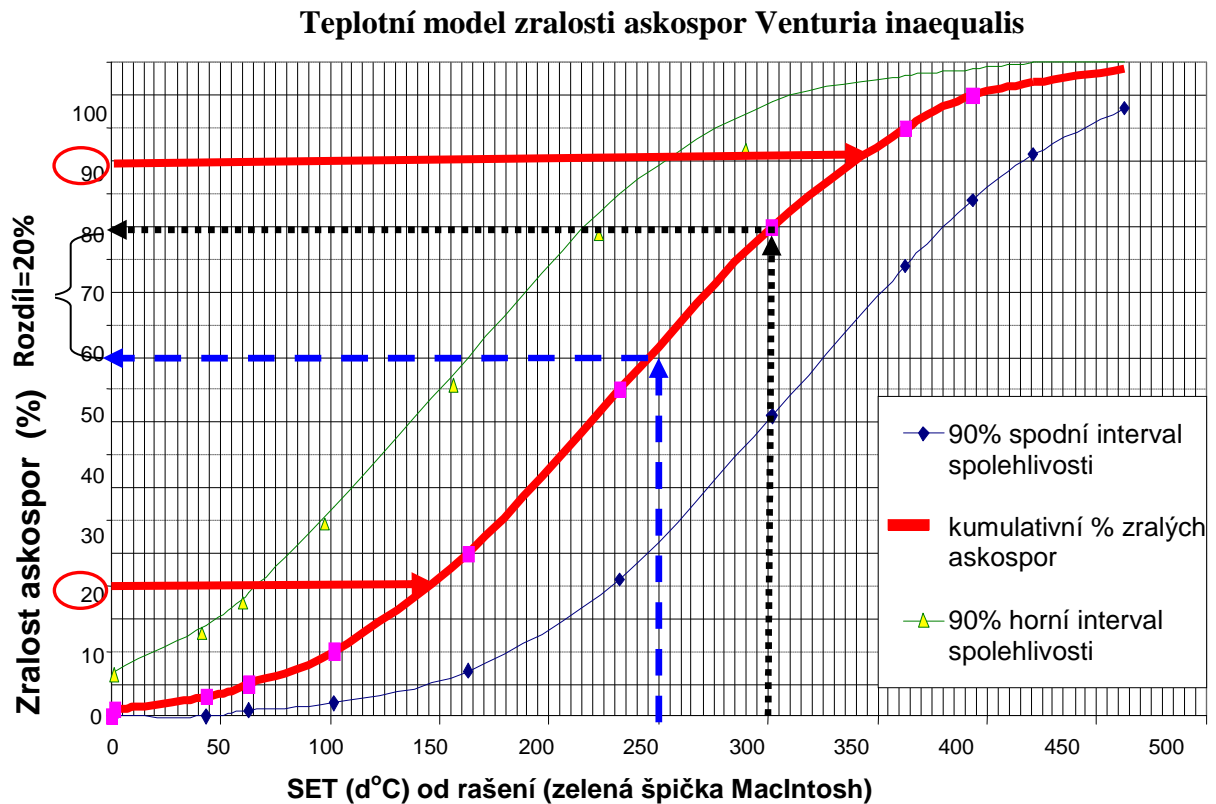
vysoké $PAT1$ a $PAT2 = 0,5$

Uvolňování askospor

Průběh zralosti lze graficky zobrazit pomocí křivky kumulativního počtu zralých askospor a prakticky využít v plánování ochranných opatření a odhadu případných důsledků vynechání ošetření. Askospory dozrávají kontinuálně, ale z asků se uvolňují všechny zralé askospory (dozrálé od posledního období uvolňování a shromážděné ve vřeckách) v obdobích infekcí jednorázově. Potenciální ohrožení, tj. % množství (zásobu) askospor schopných infekce lze určit z křivky průběhu zralosti (viz graf 1) vynesemím hodnot SET poslední periody uvolňování askospor (na osu x), tedy počátku poslední infekce a hodnoty aktuální SET na křivku průběhu zralosti a následným odečtem % zralých askospor (na ose y), potenciálně schopných infekce.

Graf 1

Průběh zralosti askospor *Venturia inaequalis* (kumulativní množství zralých askospor) v závislosti na sumě efektivních teplot SET ((B)SET) v denních stupních (d°C) počínaje od rašení odrůdy McIntosh



Vysvětlivky:

Zralost askospor v %

0-20% zpomalená fáze zrání

20-90% zrychlená fáze

90-100% závěrečná fáze

Ve zpomalené (*lag*) fázi a závěrečné fázi dozrává pouze menší podíl (20 a 10 % - viz graf 1) z celkového ročního množství askospor, což představuje rovněž menší denní „zásobu“ zralých askospor, schopných za příznivých podmínek uvolnění. V případě splnění srážkových podmínek v této fázi dojde tedy k uvolnění přítomné zásoby askospor, dozrálé od posledního termínu uvolňování (tedy poměrně malého množství askospor a dokonce ještě ne celého; v závislosti na různých meteorologických podmínkách, viz tab. 4), což představuje rovněž menší epidemiologické nebezpečí. Na této úvaze je založena i strategie oddálené ochrany.

Tabulka 4

Infekční potenciál askospor (procentuelní podíl zralých askospor schopných uvolnění z celkového množství 100 % = zásoby vytvořených askospor od poslední infekce) v závislosti na meteorologických podmínkách (různé denní době srážek a jejich úhrnném množství a teplotě)

Meteorologické podmínky	Množství askospor schopných uvolnění za vhodných podmínek
mm, °C	%
Noční déšť (tma) pouze	5
Denní déšť <2.5; teplota <10	25
Denní déšť >2.5; teplota <10	50
Denní déšť <2.5; teplota >10	50
Denní déšť >2.5; teplota >10	90

Naopak ve zrychlené fázi dozrává převážný podíl ročního objemu askospor (70 %) což současně představuje podstatně vyšší denní zásobou zralých askospor. Denní zásoby askospor se kumulují a opět v případě vhodných podmínek se uvolní, v této fázi vývoje to však představuje mnohem větší počet askospor, tedy infekční tlak a rovněž větší nebezpečí šíření choroby i poškození plodů a listů v případě zanedbání ochrany. V případě, že jednotlivé periody uvolňování následují brzy po sobě (4 – 5 hod) nedojde k dozrání nových askospor schopných infekce a tedy k jejich uvolnění, rovněž tak v případě nočního ovlhčení či ovlhčení rosou se uvolní většinou zanedbatelné množství. Výsledné množství inokula - askospor je tedy určeno dvěma faktory, jejich zralostí a vhodnými podmínkami pro uvolňování.

Uvolňování je silně závislé na světle (převládající množství se uvolní ve dne, maximum kolem poledne), askospory se začínají uvolňovat, resp. jsou turgorem vymršťovány brzy po nasycení pletiv v plodnicích vodou a následném prasknutí vnější stěny asků (exoascus) a „vyhřeznutí“ vnitřní stěny (exoascu); první již za 30 min., většina během 2 – 3 hodin a téměř všechny se uvolní během 6 hod. po začátku deště. Za vhodné podmínky pro uvolňování jsou považovány: teplota $\geq 10^{\circ}\text{C}$, intenzita srážek $\geq 0,2$ mm/hod. a světlo (viz tab. 4). Pouze malé množství zralých askospor (cca 5 % celkové zralé zásoby) je uvolňováno v noci, tj. od 19:00 do 8:00 hod. (SELČ) (MacHARDY et GADOURY, 1986; GADOURY et al., 1994). V nízkorizikových sadech to představuje úplně zanedbatelné množství, proto noční infekce nejsou uvažovány a za počátek ovlhčení se považuje až 8:00 hod. Zatímco ve vysoce rizikových sadech (s vysokou hodnotou PAD - vysokou zásobou inokula) může představovat i 5 % v noci uvolněných askospor vysokou pravděpodobnost primární infekce, proto je nutné noční infekce započítat do celkové doby ovlhčení.

Doba ovlhčení potřebná pro vznik infekce se tedy hodnotí takto:

a) ve slabě rizikových sadech a to pouze na počátku vegetace (v období bez přítomnosti konidií, resp. sporulujících skvrn (lézí) na napadených částech, jejichž uvolňování je nezávislé na světle či tmě):

- pokud začne déšť ve dne (8 – 19 hod. SELČ, či případně dle jiných autorů 5 – 20 hod. SEČ), počítá se ovlhčení potřebné pro vznik infekce od počátku deště do doby oschnutí listů
- pokud začne déšť v noci (19 - 8 hod. SELČ, příp. 20 – 5 hod SEČ), počítá se ovlhčení až od 8:00 hod (denní světlo, příp. od 5:00 hod. SEČ), do doby oschnutí listů.

b) ve vysoce rizikových sadech se počítá doba ovlhčení potřebná pro vznik infekce od počátku deště do oschnutí listů bez ohledu na denní dobu (ve dne i v noci)

Nevýhodou modelů je, že nedokáží přesně stanovit infekční tlak - množství zralých i uvolněných askospor z asků v určitém okamžiku (viz šíře intervalu spolehlivosti v grafu 1).

Problémem je rovněž přesné určení termínu počátku vyhodnocování sumy - (B)SET podle fenofáze jabloní (kdy 50 % pupenů dosáhlo fáze zelené špičky, BBCH 07) Určení tzv. Biofix - biologického referenčního data je důležité ke stanovení počátku období nebezpečí primárních infekcí, tedy počátku uvolňování askospor (američtí autoři používají oblíbenou a rozšířenou odrůdu McIntosh, evropští zase jiné odrůdy – Summerred a Grávštýnské). Termín dosažení výše uvedené „startovní“ fenofáze je závislý mimo ranosti odrůdy také na místních klimatických podmínkách, ale průběh dozrávání askospor (křivka) je dále již univerzálně platný a tak lze poměrně spolehlivě určit tři rozdílné fáze vývoje askospor a termín konce období primárních infekcí.

Další existující metoda je opět založená na vyhodnocování SET, jako počáteční den byl stanoven 1. duben a teplota spodního teplotního prahu vývoje 5°C. Kritické období maximálního uvolňování askospor leží v rozmezí SET 50 – 400 d°C (CARISSE, 2006).

Avšak ani další metody nejsou dle autorů zcela přesné. Morfologickou zralost askospor, která se však může lišit od zralosti fyziologické (vzhledově zralé askospory, ale ještě fyziologicky neschopné primární infekce) lze zjistit pravidelným mikroskopickým sledováním průběhu zrání askospor ve vřeckách ve vypreparovaných plodnicích. Doporučuje se prohlížet v pravidelných intervalech, nejdéle však pětidenních (lépe v kratších, optimálně 2x týdně), minimálně 10 náhodně vybraných, přezimujících napadených listů a na nich celkem 20 – 25 (optimálně 50 – 100) plodnic, pseudoperithecií.

Doporučený pracovní postup:

Na podzim se odeberou listy se zřetelnými příznaky strupovitosti a uloží se v malé vrstvě do zahradnických truhlíků (případně plastových přepravek), kde je zajištěn odtok přebytečné vody. Proti roznesení listů větrem se truhlík překryje pletivem. Takto zajištěné truhlíky s napadenými listy se umístí do výsadby (pod stromy na zem). Uložení má odpovídat typickým podmínkám v sadu.

Počínaje třetí dekadou března (nejteplejší oblasti), ale nejpozději od počátku dubna se sleduje vývoj askospor v plodnicích. Z truhlíku se odebere vždy aspoň 10 listů, které se v sáčku přenesou do laboratoře. Suché listy se uloží na krátkou dobu na ovlhčený filtrační papír do Petriho misky (plastového sáčku). Vlhké listy se jen opláchnou a pod stereoskopickým mikroskopem se na horní straně listů hledají plodnice (pseudoperithecia).

Plodnice se jeví jako vystouplé polokulovité vyvýšeniny pod pokožkou listu. Vypreparované černé lesklé plodnice se přenesou do kapky vody na podložní sklo a přikryjí krycím sklem. Dále se prohlíží mikroskopicky.

Nezralé askospory jsou bezbarvé, zralé askospory jsou žlutavě zelené až žlutohnědé a snadno se uvolňují z asků. Pozorování se opakuje až do zjištění prvních morfologicky zcela vyvinutých a zralých askospor (JAMES et SUTTON, 1982). (viz tab. 5 a obr. 7 a 8).

Pokud není možno zabezpečit technicky a časově náročné mikroskopické sledování zralosti askospor, lze také termín zralosti stanovit přibližně podle fenologické fáze hostitele. Askospory jsou zralé v období fenologické fáze jabloní BBCH 53 – 54 (zelená špička až myší ouško) (ANONYM, 1999a).

Tabulka 5

Vývojové fáze pseudoperithecia

Fáze	Charakteristika vývojové fáze askospor
5	otvor vyplněn pseudoparafýzami
6	objevení asků
7	aska dosahují asi poloviny velikosti zralých
8	aska vytvořena, obsah dosud nediferencován
9	aska s askosporami se vyvíjejí
10	aska s askosporami vytvořena, askospory obvykle i s přepážkami
11	aska s askosporami vytvořena, askospory dosud nepigmentované
12	askospory pigmentované a zralé
13	aska vyprázdňena

Signalizace termínu prvního ošetření dle průběhu uvolňování askospor

Lapač spor

Přístroj sloužící k nasávání vzduchu a záznamu časového průběhu výskytu a množství částic aeroplanktonu obsažených ve vzduchu. Spory hub (pylová zrna) jsou zachycovány na speciální leповou vrstvu (průhledná plastová páska, podložní sklo s lepem), časový průběh lze stanovit pomocí polohy objektu na leповé vrstvě, posuv leповé pásky nebo skla zajišťuje speciální hodinový mechanismus (denní, týdenní průběh).

Sledováním průběhu uvolňování askospor *Venturia inaequalis* pomocí lapačů spor se v současnosti zabývají dvě pracoviště v ČR, oddělení VŠÚO v Holovousích (LÁNSKÝ et al., 1999) a SRS OBO Brno (VÍCHA, 1994, 1998, 2006, 2010). Ke snížení časové náročnosti zjišťování termínu zralosti a současně ke zvýšení přesnosti stanovení byly i v podmínkách ČR ověřovány metody, založené na sledování sum efektivních teplot (SET). Počátečním dnem vyhodnocování efektivních teplot byl určen 1. leden a jako spodní teplotní práh vývoje (SPV) byla opět stanovena teplota 0,0°C (VÍCHA et JUROCH, 1998). Současně byl mikroskopicky sledován termín zralosti askospor, počátku a konce uvolňování askospor (pomocí lapače spor). Při dosažení SET 300 d°C doporučují autoři zahájit mikroskopické sledování zralosti askospor v plodnicích, zahájit činnost lapačů spor a vyhodnocování infekcí pomocí automatických meteorologických stanic. Současně by měly být zahájeny přípravy aplikační techniky k prvnímu preventivnímu ošetření, nebo ošetření v závislosti na průběhu počasí uskutečněno. Období do dosažení SET 300 d°C lze vymezit jako období bez nebezpečí infekce, tedy jako období s tzv. negativní prognózou výskytu choroby.

Metoda používaná od počátku 90. let 20. století se prakticky velmi osvědčila pro svou jednoduchost a spolehlivost, proto se stala součástí on-line provozovaného poradenského portálu SRS (www.srs.cz/meteo/app). LÁNSKÝ et al. (1999) rovněž sledoval průběh dozrávání askospor mikroskopickým sledováním plodnic, termín zralosti byl stanoven pomocí hodnoty SET v tzv. hodinových stupních (h°C). Jako termín počátku mikroskopického vyhodnocování zralosti plodnic bylo stanoveno dosažení SET 20.500 h°C počínaje od 1.9. předchozího roku, zralost 5 % askospor a počátek období nebezpečí primárních infekcí nastává při SET 21.200 h°C. Jedná se rovněž o metodu negativní prognózy výskytu, ověřenou v podmínkách ČR a využitelnou v praxi, distanční stanovení zralosti askospor pomocí teplotních modelů umožňuje úsporu času i lidské práce, tedy nákladů.

Lapače spor sice přesně stanoví termín letu askospor, použití této metody má rovněž i některé nevýhody. Hlavní z nich je především časová náročnost a nesmírná fyzická namáhavost vyhodnocování (mnohahodinové mikroskopické sledování). Další nevýhodou je

obvyklá časová prodleva mezi zachycením a intervalem vyhodnocování přítomnosti askospor na leповé pásce (zpravidla týdenní výměna pásky), při které dochází ke ztrátě aktuálnosti údajů. Jinou nevýhodou je to, že lapače většinou nezjišťují reálnou koncentraci askospor v monitorované výsadbě, protože z důvodu zvýšení přesnosti metody odchyty spor se uměle zvyšuje koncentrace askospor. Provádí se to shromážděním velkého množství infikovaných listů v různých bednách, přepravních obalech a jejich umístěním na jaře do blízkosti lapače. Infikované listy většinou pocházejí ze silně napadených cizích zdrojů, tedy z méně intenzivně ošetřovaných nebo dokonce neošetřovaných výsadeb. Naopak při sledování průběhu uvolňování askospor ve výsadbách s nízkým množstvím infikovaných listů (omezenými zdroji infekce), tedy s kvalitně prováděnou ochranou a se slabým výskytem strupovitosti v předchozí sezóně, by nemusel lapač takové nízké koncentrace askospor ve vzduchu vůbec zachytit a včas signalizovat nebezpečí skutečné infekce.

Rovněž zde existuje sice zanedbatelné, ale potenciální nebezpečí introdukce jiné, rezistentní populace nebo dokonce agresivnější rasy původce onemocnění introdukované v listech z „neznámých zdrojů“.

Jako perspektivní se jeví využití metod obrazové analýzy obrazu (JANDA, 2009; LUKÁŠ et al., 2008; ČERMÁK et al., 2006), která umožňuje pomocí speciálních programů (LUCIA apod.) automaticky vyhodnocovat počty zachycených neznámých spor srovnáním jejich rozměrů a tvarů s definovanými charakteristikami referenčních druhů. Vybavení podobné laboratoře je však finančně náročné, zahrnuje kromě špičkového mikroskopického vybavení, SW pro analýzu obrazu a počítače rovněž speciální zařízení pro automatizovaný posuv preparátu. Praktické využití metody se tedy jeví možné pouze ve specializovaných laboratořích, vybavených uvedenou laboratorní technikou, které by zpracovávaly velké množství vzorků, pásek z lapačů a prováděly poradenskou činnost v ochraně rostlin.

Období primárních infekcí

Primární infekce mohou nastat, pokud jsou splněny následující podmínky:

Hostitel může být infikován, jestliže:

- existují citlivá pletiva k infekci (vyvinuté mladé listy a plody), tedy byla dosažena vhodná růstová fáze,
- patogen je schopen infekce, jestliže první askospory v plodnicích jsou zralé, a
- jsou vhodné podmínky pro infekci, tzn. dostatečně dlouhá doba ovlhčení za vhodné teploty.

Období primárních infekcí trvá dle klimatických podmínek jednotlivých let přibližně 6 – 8(10) týdnů. Přestože je teoreticky možné toto poměrně „krátké“ časové období úspěšně pokrýt pouze několika (6 – 10) ošetřeními proti strupovitosti prováděnými v cca týdenních intervalech, případně ještě objektivně zdůvodněnými skutečným ohrožením, tedy průběhem infekcí na základě signalizace (MILLS et La PLANTE, 1951), v praxi se to z různých důvodů často nedaří. Stanovení období uvolňování askospor, respektive termínu začátku a konce, je z hlediska ochrany jabloní nejdůležitějším úkolem. V případě předčasného zahájení ošetřování dochází ke zvýšení nákladů na ochranu i k zbytečnému zatěžování prostředí pesticidy, v případě pozdního zahájení dochází k časným infekcím, silnému poškození listů a především mladých citlivých plodů. Napadené plody jsou obtížně realizovatelné na trhu a slouží většinou jako průmyslová surovina se značnými ztrátami pro producenta. Kurativní ochrana již napadených jabloní je rovněž nákladnější i mnohem pracovně náročnější. Podobné důsledky má předčasné nebo pozdní ukončení chemické ochrany. Během období primárních infekcí je třeba co nejpřesněji vymezit periody vysokého nebezpečí infekcí a v tomto období se zaměřit na největší kvalitu i intenzitu ochrany.

Podmínky primárních infekcí

Téměř 40 let byla beze změn používána metoda, kterou publikoval MILLS (MILLS, 1944; viz tab. 1) a která se stala jednou z prvních prakticky využívaných metod signalizace ochrany. Původní metoda byla v průběhu minulých desetiletí často modifikována nebo doplňována. Metoda (tabulka) byla navržena na základě výsledků polních pokusů a autor v ní definoval dvě pravidla, první o závislosti intenzity primární, askosporové, infekce na průběhu meteorologických podmínek (tři úrovně nebezpečí, tři intenzity infekce – slabá, střední a silná) a později druhé pravidlo (MILLS et La PLANTE, 1951), že sekundární, konidiové, infekce vyžadují pouze 2/3 doby trvání podmínek primárních (askosporových) infekcí. Metoda dle MILLS^e spojovala různé, často protichůdné poznatky. Byla navržena pro interval 6 – 25°C a zejména v oblasti nízkých teplot byla méně přesná. S rozvojem měřicí elektroniky a následně na základě výsledků laboratorních pokusů prováděných v přesně definovaných podmínkách, bylo zapotřebí i úprav tabulky. Další významné úpravy tabulky v intervalu nízkých teplot provedl JONES (1980) a JONES et ALDWINCKLE (1990). Nejvýznamnější kvalitativní změnu od doby, kdy originální tabulku publikoval MILLS (1944) provedli MacHARDY et GADOURY (1989).

Upravená tabulka je převratná tím, že definuje pouze dva stavy – ANO/NE:

- nebyly splněny podmínky a k infekci nedošlo (= stav 0/NE) nebo
- byly splněny minimální podmínky a k infekci došlo (= stav 1/ANO).

Neuvažuje o intenzitě infekce (slabá, střední, silná), která je dle nich ovlivněna jinými faktory než meteorologickými, případně meteorologické podmínky mají dle nich menší váhu.

Základní faktory ovlivňující intenzitu infekce jsou:

- aktuální množství dostupných askospor (počet askospor na plochu 1m^2 povrchu půdy pokrytou zbytky infikovaných listů = tj. PAD, potenciální zásoba askospor, neboli množství inokula, tedy infekční tlak původce onemocnění)
- velikost exponované plochy pletiv hostitele (fenofáze, zvl. pokročilejší fáze)
- citlivost exponovaných pletiv k infekci (sensitivita, tolerance či rezistence hostitelské odrůdy jabloně)
- současná přítomnost či absence sekundárního inokula (konidií společně s askosporami)
- trvání vhodných meteorologických podmínek pro infekci i po splnění minimálních podmínek (přidatná doba ovlhčení)

Autoři např. tvrdí, že prodloužení vhodných podmínek má o jeden řád nižší efekt než kombinace vlivu dalších tří faktorů. Z těchto důvodů je uveden pouze jeden stupeň infekce (= infekce nastala). Intenzitu infekce, závisující na výše uvedených vlivech, nelze tedy stanovit předem v okamžiku skončení minimální potřebné doby ovlhčení.

Hodnoty meteorologických podmínek potřebných pro vznik infekce se v nové tabulce dosti výrazně liší, velké rozdíly jsou zejména při nízkých teplotách, což nabízí vysvětlení problematických případů, kdy došlo v minulosti k selhání, kdy původní MILLSova tabulka spolehlivě nestanovila např. ani slabou infekci.

Tabulka 6

Vyhodnocení podmínek pro vznik primární infekce strupovitosti jabloně *

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení povrchu potřebná pro vznik primární (askosporové) a)			Inkubační doba b)
	Slabé infekce	Střední infekce	Silné infekce	
°C	hod	hod	hod	dny
0,6 – 2,2	48	72	96	-
2,8	41	55	68	-
3,3	37	50	64	-
3,9	33	45	60	-
4,4	29	41	56	-
5,0	26	37	53	-
5,6	23	33	50	-
6,1	21	30	47	-
6,7	19	28	43	-
7,2	17	26	40	-
7,8	16	24	37	-
8,3	15	23	35	-
8,9	15	20	30	17
9,4	14,5	20	30	17
10,0	14	19	29	16
10,6	13	18	27	16
11,1	12	18	26	15
11,7	12	17	25	15
12,2	11,5	16	24	14
12,8	11	16	24	14
13,3	11	15	22	13
13,9	10	14	22	13
14,4	10	14	21	12
15,0	10	13	21	12
15,6	9,5	13	20	10
16,1	9	13	20	10
16,7	9	12	19	10
17,2 – 23,9	9	12	18	9
24,4	9,5	12	19	-
25,0	11	14	21	-
25,6	13	17	26	-

Vysvětlivky:

a) začátek infekce = začátek ovlhčení (deště)

b) inkubační doba od vzniku infekce - vyklíčení spor do objevení příznaků

* dle W. D. Mills (1944) - původní tabulka, upravil A. L. Jones (1980)

Tabulka 7

Srovnání minimálních podmínek pro vznik primárních infekcí různými metodami (rozdílné doby ovlhčení při shodných teplotách) *, **

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení potřebná pro vznik primární infekce a)				rozdíl v době ovlhčení potřebné pro vznik primární infekce při stejné teplotě - (=kratší) + (=delší) dle nové metody (tabulky)
	METODA				
	Mills & Jones *			MacHardy & Gadoury, Stensvand **	
	Slabá infekce	Střední infekce	Silná infekce	Infekce (nerozlišuje intenzitu)	
°C	hod	hod	hod	hod	hod
0,6	48	72	96		
1	48	72	96	>48	>+7
2	48	72	96	>48	>+7
2,2	48	72	96		
2,8	41	55	68		
3	41	55	68	>48	>+7
3,3	37	50	64		
3,9	33	45	60		
4	33	45	60	36	+3
4,4	29	41	56		
5	26	37	53	28	+2
5,6	23	33	50		
6	23	33	50	23	0
6,1	21	30	47		
6,7	19	28	43		
7	19	28	43	18	-1
7,2	17	26	40		
7,8	16	24	37		
8	16	24	37	15	-1
8,3	15	23	35		
8,9	15	20	30		
9	15	20	30	12	-3
9,4	14,5	20	30		
10	14	19	29	11	-3
10,6	13	18	27		
11	13	18	27	9	-4
11,1	12	18	26		
11,7	12	17	25		
12	12	17	25	8,5	-3,5
12,2	11	16	24		
12,8	11	16	24		

13	11	16	24	8	-3
13,3	11	15	22		
13,9	10	14	22		
14	10	14	22	7,5	-2,5
14,4	10	14	21		
15	10	13	21	7	-3
15,6	9,5	13	20		
16	9,5	13	20	6,5	-3
16,1	9	13	20		
16,7	9	12	19		
17	9	12	19	6	-3
17,2	9	12	18	6	
18	9	12	18	6	-3
19	9	12	18	6	-3
20	9	12	18	5,5	-3,5
21	9	12	18	5,5	-3,5
22	9	12	18	5,5	-3,5
23	9	12	18	6	-3
23,9	9	12	18		
24	9	12	18	7	-2
24,4	9,5	12	19		
25	11	14	21	8	-3
25,6	13	17	26		
26				10	
27				13	
28				18	

a) začátek infekce = začátek ovlhčení (deště)

* dle W.D. Mills (1944), upravil A. L. Jones (1980).

** dle MacHardy et Gadoury (1989), upravil Stensvand et.al. (1997)

Z tabulky je zřejmé, že nově navržená tabulka meteorologických podmínek pro vznik infekce se podstatně liší od původní tabulky, má při nízkých teplotách zpřísněná kritéria a náročnější podmínky, tedy vyžaduje delší dobu ovlhčení. Naopak při vyšších teplotách (>6 °C) dochází ke změně podmínek a postačuje kratší doba ovlhčení.

STENSVAND et. al (1997) se zabývali rozdílnými ekologickými nároky askospor a konidií a tedy rozdíl mezi primárními a sekundárními infekcemi a rovněž upřesnili novou tabulku o podmínky infekcí za nízkých teplot. Výsledkem jejich výzkumů bylo stanovení nových podmínek pro vznik sekundárních (konidiových) infekcí. Původní teorie o kratším (cca o 1/3) trvání sekundárních - konidiových infekcí byla postupně upravena na stejné podmínky pro oba druhy spor a postupně na základě výsledků přesných experimentů došlo v rozmezí určitých teplot dokonce k prodloužení potřebné doby ovlhčení u konidiových infekcí oproti askosporovým (viz Tab. 8).

Tabulka 8

Vyhodnocení podmínek vzniku primárních a sekundárních infekcí strupovitosti jabloně a srovnání minimálních podmínek (rozdílné doby ovlhčení při shodných teplotách) *

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení povrchu potřebná pro vznik		rozdíl v době ovlhčení potřebné pro vznik sekundární infekce při stejné teplotě - (=kratší) + (=delší)
	primární (askosporové) infekce	sekundární (konidiové) infekce	
°C	hod	hod	hod
1	40,5	37,4	-3,1
2	34,7	33,6	-1,1
3	29,6	30,0	+0,4
4	27,8	26,6	-1,2
5	21,2	23,4	+2,2
6	18,0	20,5	+2,5
7	15,4	17,8	+2,4
8	13,4	15,2	+1,8
9	12,2	12,6	+0,4
10	11,0	10,0	-1
11	9,0	9,5	+0,5
12	8,3	9,3	+1
13	8,0	9,2	+1,2
14	7,0	9,2	+2,2
15	7,0	9,2	+2,2
16	6,1	9,0	+2,9
17	6,0	8,8	+2,8
18	6,0	8,5	+2,5
19	6,0	8,2	+2,2
20	6,0	7,9	+1,9
21	6,0	7,8	+1,8
22	6,0	7,8	+1,8
23	6,0	8,3	+2,3
24	6,1	9,3	+3,2
25	8,0	11,1	+3,1
26	11,3	14,0	+2,7
27	13,0	16,0	+3
28	18,0	21,0	+3

* dle Stensvand, Gadoury, Amundsen, Semb et Seem (1997) - nově navržená tabulka

V období primárních infekcí je třeba provádět intenzivní ochranu jabloní. Ochranu je možné, jak bylo výše uvedeno, provádět preventivně nebo kurativně na základě sledování průběhu infekcí, příp. jako kombinaci obou systémů. Preventivní ošetření se provádí v intervalu 7 – 10 dnů, kurativně se ošetřuje vždy po infekci, která vznikla šestý a další dny po předchozím ošetření.

Kurativní ochrana systemickými nebo lokálně systemickými přípravky je mnohem finančně náročnější než preventivní ochrana kontaktně působícími přípravky. Vyžaduje mj. spolehlivou signalizační techniku, nejlépe automatickou meteostanici a příslušné SW vybavení. Rovněž vyžaduje dostatečnou kapacitu aplikačních zařízení, protože během dlouhodobých a intenzivních srážek hrozí nebezpečí pozdní aplikace, především v případě plošně velkých výsadeb a obtížných terénních podmínek (svažitost, neprůjezdnost meziřadí). V případě preventivního způsobu ochrany kontaktními přípravky se uvádí, že v případě srážkových úhrnů větších než 25(20) mm je třeba provést nové ošetření, protože došlo ke smyvu přípravku (účinné látky) z povrchu listů, takže již nejsou chráněny před případnou další infekcí. Preventivní způsob ochrany, založený na sledování aktuálních meteorologických podmínek i předpovědi počasí na několik dní dopředu, umožňuje s předstihem zvolit vhodný typu přípravku dle hrozícího nebezpečí infekcí, intenzity růstu (zředování účinné látky v narůstajících pletivech), nebo způsobu účinku (preventivní nebo kurativní).

Současně s obdobím maximálního zrání askospor v plodnicích patogenu probíhá období maximálního růstu hostitelského druhu, jabloně. Vývoj listů na letorostech (plodonosných, terminálních) probíhá velmi rychle, nově vytvořené listy jsou velmi citlivé k infekci a v případě ochrany přípravkem pouze s kontaktním působením nejsou chráněny před potenciální infekcí.

Rychlost vývoj listů závisí na mnoha faktorech, ale ke zjednodušení byl vyvinut teplotní model vývoje listů, který uvažuje jako rozhodující faktor teplotu vzduchu. K předpovědi rychlosti vývoje konkrétního listu se používá standardní metoda výpočtu SET, jako počáteční den byl stanoven 1.duben a teplota spodního teplotního prahu vývoje 5°C (tato teplota bývá obecně uváděna jako teplota spodního prahu vývoje jabloní, rovněž je často využívána v teplotních modelech živočišných škůdců jabloní).

Tabulka 9

Vyhodnocení rychlosti vývoje nových listů na plodonosných a terminálních letorostech pomocí SET ((B)SET) v denních stupních (d°C)

Plodonosné letorosty (listové růžice)		Terminální letorosty	
Pořadí listu na letorostu	SET	Pořadí listu na letorostu	SET
list č.	d°C	list č.	d°C
1	96	1	120
2	110	2	133
3	120	3	148
4	130	4	166
5	140	5	184
6	154	6	206
7	178	7	230
		8	254
		9	282
		10	314
		11	348
		12	386
		13	430
		14	478
		15	534
		16	598
		17	674
		18	766
		19	882
		20	1033

Tato orientační metoda umožňuje stanovení přibližného termínu následujícího ošetření dle rychlosti vývoje listů ((B)SET), tedy počtu nově vytvořených listů od termínu posledního ošetření.

Inkubační doba

Inkubační doba představuje období, od vytvoření infekčního vztahu mezi patogenem a hostitelem (počátku deště způsobujícího ovlhčení) do objevení příznaků napadení. Po skončení inkubační doby lze tedy zjistit skutečné napadení dle typických příznaků, chlorotických skvrn na listech, mírné deformace povrchu apod.. Sledování inkubační doby je důležité, protože v případě, že se příznaky po určité době neobjeví (viz tab. 10), byl ochranný

zásah úspěšný. V případě objevení příznaků je třeba však použít eradikativně působící přípravky, které eliminují nebezpečí sekundárního šíření choroby konidiami po zbytek vegetačního období. Ochrana systemickými nebo lokálně systemickými přípravky je mnohem finančně náročnější než preventivní ochrana kontaktními přípravky.

Inkubační doba, tedy rychlost vývoje patogenu, je přímo úměrně závislá hlavně na vnější teplotě, vlastně však na teplotě hostitelských pletiv, přítomnost vody na povrchu není podmínkou.

Tabulka 10

Vyhodnocení délky inkubační doby v závislosti na průměrné denní teplotě vzduchu

Průměrná denní teplota vzduchu od vzniku infekce	Inkubační doba	Denní koeficient inkubační doby
°C	dny	1/dny
0,5 - 8,3	>17	-
8,9	17	1/17=0,0588
9,4	17	1/17=0,0588
10,0	16	1/16=0,0625
10,6	16	1/16=0,0625
11,1	15	1/15=0,0666
11,7	15	1/15=0,0666
12,2	14	1/14=0,0714
12,8	14	1/14=0,0714
13,3	13	1/13=0,0769
13,9	13	1/13=0,0769
14,4	12	1/12=0,0833
15,0	12	1/12=0,0833
15,6	11	1/11=0,0909
16,1	10	1/10=0,1000
16,7	10	1/10=0,1000
17,2 - 23,0	9	1/9=0,1111
24,4	-	-

Inkubační dobu – termín objevení příznaků lze stanovit sečtením denních koeficientů v jednotlivých dnech. V případě dosažení hodnoty 1,0 došlo k ukončení vývoje a proběhla inkubační doba choroby.

Konec období primárních infekcí a ukončení ochrany

Ke stanovení období konce primárních infekcí a ohrožení doporučují autoři využít opět modelů zralosti. Po dosažení SET 418 d°C charakterizující zralost rozhodující většiny askospor a současném splnění srážkové podmínky - posledního významného deště, schopného uvolnit zbylé zralé askospory z asků (viz tab. 3) je nutno sledovat v porostu po dobu cca 2 týdnů (odhadnutá pravděpodobná délka inkubační doby onemocnění) výskyt skvrn strupovitosti na plodech a listech. Termín objevení skvrn, tedy konec inkubační doby závisí z vnitřních faktorů především na ontogenetické odolnosti rostliny (odrůdy) a z vnějších na teplotě (průměrné denní teplotě vzduchu, viz tab. 10). Inkubační dobu je mj. možné z těchto průměrných denních teplot „přibližně“ vypočítat (doba potřebná pro infekci totiž není konstantní pro celý strom a stejná pro všechny odrůdy, ale přímo úměrně závisí na stáří listu, tj. pozici na letorostu) nebo plodu (viz tab. 11 a 12) a na odolnosti odrůdy.

V případě, že se po uplynutí maximální možné poslední inkubační doby neobjeví příznaky na listech, lze považovat období primárních infekcí za skončené a ochranu ukončit nebo její intenzitu postupně snížit v případě opatrnosti a obav z možného rizika.

Ochrana v období sekundárních infekcí

Závažné rozhodnutí, tj. zda pokračovat v ochraně v období sekundárních infekcí, je možné provést opět pouze na základě objektivních podkladů o intenzitě napadení. Ke stanovení nebezpečí sekundárních infekcí je třeba zjistit intenzitu napadení na konci období primárních infekcí a srovnat s prahovou hodnotou škodlivosti. Existuje několik metod.

Ve sledovaném bloku se hodnotí na 5 náhodně vybraných stromech všechny listy na 10 plodných letorostech (celkem 5 x 10 = 50 letorostů/růžic), v případě překročení prahu škodlivosti, tedy nalezení 2 a více napadených letorostů/růžic z 50 (bez ohledu na počet napadených listů) je třeba pokračovat v ochraně do doby ukončení růstu terminálních listů, nebo dosažení vysokých teplot (při $T_{\max} \geq 29^{\circ}\text{C}$ dochází k potlačení tvorby konidií) po dobu 3 - 4 dnů. Jiná metoda doporučuje prohlédnout celkem 25 plodů na stromě. Prahovou hodnotu ekonomicky významného napadení představuje 1 a více napadených plodů na 1 strom (plodů s „živými“ skvrnami – lézemi strupovitosti).

Nebo lze opět využít metodu sekvenční analýzy (viz podzimní hodnocení PAD), která je velmi přesná a poměrně časově nenáročná. Hodnotí se kumulativní počet napadených listů pouze na 80 náhodně vybraných letorostech na stromech v sadu (CARISSE, 2006; viz obr. 26 a 27).

Pokud je počet pod prahem škodlivosti (zelená zóna), lze omezit nebo ukončit ochranu v období po skončení primárních infekcí. Pokud je celkový počet napadených listů nad prahem škodlivosti (červená zóna), je nutné pokračovat v intenzivním ošetřování. Pokud se kumulativní počet napadených listů nachází ve střední oblasti přibližně kolem prahové hodnoty (oranžová zóna), je třeba pokračovat v hodnocení (hodnotit další vzorek 10 letorostů atd.) do konečného rozhodnutí.

S pokračující zralostí se plody stávají odolnější ke strupovitosti a ke vzniku infekce je zapotřebí delšího trvání vhodných podmínek (viz tab. 11 a 12).

Tab. 11

Vyhodnocení podmínek pro vznik infekce na plodech (2% napadených plodů) v závislosti na stáří plodů (počtu týdnů po odkvětu) odr. Golden Delicious, Starkrimson Delicious, Parména zimní *

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení potřebná pro vznik infekce na plodech			
	v závislosti na stáří plodů (počet týdnů po odkvětu)			
	1 týden	5 týdnů	10 týdnů	15 týdnů
°C	hod	hod	hod	hod
10	12	26	37	45,5
12	10	21,5	31	38
14	8,5	18,5	26,5	32,5
16	7,5	16	23	28,5
18	6,5	14,5	20,5	25,5
20	6	13	18,5	23

* dle Schwabe et. al., 1984

Tabulka 12

Vyhodnocení podmínek pro vznik sekundární infekce strupovitosti jabloně na plodech odrůdy Granny Smith

Průměrná teplota vzduchu během ovlhčení	Doba ovlhčení potřebná pro vznik infekce na plodech		
	Slabé infekce (<4%)	Střední infekce (4-16%)	Silné infekce (>16%)
°C	hod	hod	hod
6	80	120	210
9	55	90	144
12	45	65	120
16	35	55	105
20	30	50	95

Po sklizni plodů a před opadem listů je třeba opět provést hodnocení množství inokula v sadu (hodnoty PAD), na kterém závisí stanovení strategie ochrany pro následující vegetační sezónu. Tím se cyklus pozorování ve vegetační sezóně uzavírá, dle zjištěné potenciální zásoby askospor PAD se provádí ochranná opatření, některá již počínaje podzimním obdobím.

4 MATERIÁL A METODA

4.1 Pokusná lokalita

4.1.1 Obecná charakteristika

Ovocnářské družstvo BRNO, Brno - Starý Lískovec, Martina Ševčíka 46

Celková rozloha sadů: 110 ha

Nadmořská výška 270 m n. m., GPS: 49°9'42.262"N, 16°33'56.745"E

Struktura výsadeb: jabloně (79 ha)

odrůdy: Golden Delicious, Idared, Gloster, James Grieve Red, Šampion, Starkrimson, Spartan; Melodie, Royal Gala, Jonagold, Rubinola

Ostatní ovocné druhy - meruňky (12 ha), broskvoně (7 ha), hrušně (6,5 ha), jahodník (2,2 ha), švestky (2 ha)

Ovocnářské družstvo Brno se nachází na jihozápadním okraji města Brna, družstvo sídlí v městské části Starý Lískovec. Výsadby ovoce i správní budova družstva se nacházejí v blízkosti dálnice D1, v k.ú. Starý Lískovec a Bohunice.

OD BRNO vzniklo v roce 1993 rozdělením a transformací jedné části původního JZD 1. Máj, sadů Starý Lískovec, v roce 2007 se Ovocnářské družstvo BRNO opět spojilo s původním netransformovaným Zemědělským a obchodním družstvem Starý Lískovec.

OD Brno je specializováno na produkci ovoce, provádí rovněž dlouhodobé skladování ovoce.

4.1.2 Klimatické podmínky

Tabulka 13

Klimatická charakteristika lokality Brno - Starý Lískovec (normály 1961-1990)

	Průměrná měsíční teplota vzduchu (°C)	Průměrný měsíční úhrn srážek (mm)
Leden	-2,3	31
Únor	-0,7	28
Březen	3,3	31
Duben	8,5	38
Květen	13,2	60
Červen	16,8	84
Červenec	18,2	80
Srpen	17,3	68
Září	13,7	41
Ríjen	8,5	38
Listopad	3,9	42
Prosinec	-0,1	35
Průměrná roční hodnota	8,3	574

zdroj: Amet

Klimatická charakteristika stanice ČHMÚ Brno – Tuřany ve sledovaném období 2009 - 2010 a srovnání s hodnotami dlouhodobých normálů teplot a srážek pro JM kraj (1961-1990).

Tabulka 14

Průběh počasí na lokalitě Brno Tuřany v letech 2009

	Teplota vzduchu		Srážky	
	Průměrná teplota vzduchu (°C)	Odchylka od normálu (JM kraj) (°C)	Měsíční úhrny srážek (mm)	Odchylka od normálu (JM kraj) %
Leden	-3	-0,8	20,8	84
Únor	0,3	0,5	56,9	203
Březen	4,8	0,9	72,9	287
Duben	14,2	4,8	3,4	15
Květen	15,4	1,1	37,5	93
Červen	17,3	-0,1	99,5	153
Červenec	20,4	1,7	120,1	186
Srpen	20,9	2,2	25,7	69
Září	17,2	2,3	14,5	54
Říjen	8,9	-0,4	24,6	106
Listopad	5,9	2,4	47,4	136
Prosinec	0,3	0,5	44,0	165
Průměr	10,2	1,3	567,3	125

zdroj: ČHMÚ

Tabulka 15

Průběh počasí na lokalitě Brno Tuřany v letech 2010

	Teplota vzduchu		Srážky	
	Průměrná teplota vzduchu (°C)	Odchylka od normálu (JM kraj) (°C)	Měsíční úhrny srážek (mm)	Odchylka od normálu (JM kraj) %
Leden	-3,7	-1,6	47,7	213
Únor	-0,5	-0,3	21,0	87
Březen	4,9	0,7	10,9	54
Duben	10,2	0,7	46,5	161
Průměr	-	-	-	-

zdroj: ČHMÚ

4.2 Monitoring

4.2.1 Obecný popis

Sledování letu askospor je prováděno kontinuálně již od 90. let minulého století pracovníky SRS OBO Brno (ing. Z. Vícha). Sledování se provádí pomocí lapače spor umístěného ve starší výsadbě jabloní odr. Gloster, v blízkosti budovy technického zázemí pro zaměstnance s nezbytnou přípojkou elektrického proudu. Lapač spor je umístěn ve speciální kovové kleci, stěny klece jsou pokryty drátěným pletivem umožňujícím proudění vzduchu a bránícím ztrátám listů odnesením větrem a současně chránícím i před zcizením lapače. Na dně klece je umístěn na kovové podložce lapač spor typu Burkard.

Kolem lapače bývá navrstveno strupovitostí infikované listí jabloní, shrabané na podzim ve výsadbách citlivých odrůd.

Výměna lepové pásky v lapači probíhá v pravidelných týdenních intervalech (vždy v pondělí), lapač je v provozu po celé období primárních infekcí (cca duben až červen).

V blízkosti lapače se nachází rovněž automatická meteorologická stanice (AMS) typu Amet, výrobce Sdružení Litschmann a Suchý, s.r.o., Velké Bílovice.

Meteorologická data byla vyhodnocována pomocí speciálně vytvořeného programu MeteoDat (Manažer meteorologických dat). Program byl navržen pracovníky oddělení metod ochrany rostlin (nyní oddělení metod integrované ochrany rostlin).

Program slouží SRS ke správě databází a vyhodnocování souborů vlastních i získaných meteorologických dat (AMS ve vlastnictví SRS i jiných subjektů) naměřených různými typy automatických stanic. Program MeteoDat je rovněž součástí SW příslušenství automatických meteorologických stanic dodávaných firmou Amet pro ovocnáře a vinaře (www.amet.cz).

4.3 Monitorovací zařízení

4.3.1 Popis monitorovacích zařízení

4.3.1.1 Automatická meteorologická stanice

Výrobce AMET s.r.o, sdružení Litschmann & Suchý (ANONYM, 2001a)

meteorologické stanice pro ovocnáře určená k měření základních meteorologických veličin, potřebných pro signalizaci chorob a škůdců:

Příslušenství – dodávaná čidla:

- teplota vzduchu
 - relativní vlhkost vzduchu
 - ovlhčení listů
 - úhrn srážek
 - další prvky (vlhkost půdy, směr a rychlost větru, globální záření atd. dle potřeb uživatele
- Stanice je vybavena solárním napájením a umožňuje přenos údajů prostřednictvím sítí mobilních operátorů přímo na internet.

4.3.1.2 Lapač spor

Výrobce Burkard Manufacturing Co. Ltd., GB

Sedmidenní (jednodenní) nasávací lapač spor

Týdenní verze zařízení - otočný buben, denní verze – posuvný adaptér na podložní sklo

Lapačí medium: originální páska Melinex, originální lep Gelvatol 10%; nebo náhradní lep – vazelína lékařská + 10 % parafín, rozpuštěný v toluenu

rychlost posuvu otočného bubnu: 2 mm za hod. = 48 mm za den = 336 mm za týden

Velikost sledované plochy: páska šíře 19 mm, 38 mm² za hod.

Objem nasátého vzduchu: 10 l vzduchu za min = 0,6 m³ vzduchu za hod.

Nasávací otvor: 14 x 2 mm

Obsluha: Ing. Zbyněk Vícha, SRS OBO Brno

4.4 Zpracování dat

4.4.1 Popis programového vybavení

4.4.1.1 Počítačové programy

MeteoDAT - Manažer meteorologických měření, 2001

Autoři programu: Mgr. Michal Perutka

RNDr. Jan Juroch

Ing. Rostislav Hrubý

Programu MeteoDAT umožňuje provádět sumaci efektivních teplot, pomocí SET se provádí modelování vývoje některých ŠO. Sumy efektivních teplot je program schopen počítat z teplot vzduchu v libovolné výšce nad povrchem nebo hloubce pod povrchem (měřených libovolným čidlem) za vybrané období. Program rovněž umožňuje zpracování výkazů o počasí (měsíčních nebo ročních), provádění různých výběrů, srovnání s hodnotami normálů výpočet týdenních normálů srážek nebo teplot z hodnot měsíčních (vstupní data pro některé srážkové modely chorob) apod.

Ventina-askospory

Autoři programu: Mgr. Michal Perutka

RNDr. Jan Juroch

Program Ventina-askospory je vylepšená verze programu MeteoDat, která umožňuje modelovat vývoj askospor *Venturia inaequalis* dle metody ROSSI et. al., 2000

5 VÝSLEDKY

5.1 Modelování zralosti askospor

Teplotní a kombinované modely

Pomocí programů MeteoDat a Ventina-askospor byly provedeny simulace zralosti askospor *Venturia inaequalis*.

K simulaci zralosti byly využity všechny známé a dostupné metody, jednalo se o metody založené výpočtu SET z teplot vzduchu nebo v kombinaci (současné splnění dalších meteorologických podmínek – relativní vlhkost, ovlhčení srážky)

- 1) teplotní model: VÍCHA et JUROCH, 1998
- 2) teplotní model: LÁNSKÝ et al., 1999
- 3) kombinovaný model: ROSSI et. al., 2000

ROK 2009

Teplotní model (VÍCHA et JUROCH, 1998)

Časový rozsah hodnocení: 2009 (I-n)

$SET_{0,0} = 300,0 \text{ d}^{\circ}\text{C}$ (DS)

$SPV = 0,0^{\circ}\text{C}$

$HPV = 29,0^{\circ}\text{C}$

Počátek vyhodnocování od: 1.1..

Teplotní model (LÁNSKÝ et al., 1999)

Rok: 2008 (IX-XII) – 2009 (I-n)

$SET_{0,0} = 20\,500 \text{ h}^{\circ}\text{C}$ (HS)

$SPV = 0,0^{\circ}\text{C}$

$HPV = 29,0^{\circ}\text{C}$

Počátek vyhodnocování od: 1.9.

Tabulka 16

Vyhodnocení SET (d°C=DS, h°C=HS) na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

DATUM	SET_DSO_0	SET (k datu) HS_0	CELKEM SET (1.9-)
1.9.2008	-	0	0
1.1.2009	0,00	0,00	23849,00
1.2.2009	16,30	450,40	24299,40
1.3.2009	60,90	1574,00	25423,00
1.4.2009	219,50	5426,00	29275,00
2.4.2009	231,90	5723,00	29572,00
3.4.2009	243,40	5999,00	29848,00
4.4.2009	256,70	6318,00	30167,00
5.4.2009	271,70	6678,00	30527,00
6.4.2009	287,00	7044,00	30893,00
7.4.2009	301,10	7384,00	31233,00
8.4.2009	315,60	7733,00	31582,00
9.4.2009	331,10	8104,00	31953,00
10.4.2009	347,40	8496,00	32345,00
11.4.2009	363,60	8886,00	32735,00
12.4.2009	378,10	9233,00	33082,00
13.4.2009	391,90	9563,00	33412,00
14.4.2009	405,80	9898,00	33747,00
15.4.2009	420,90	10261,00	34110,00
16.4.2009	435,90	10620,00	34469,00
17.4.2009	448,40	10920,00	34769,00
18.4.2009	460,40	11207,00	35056,00
19.4.2009	473,70	11526,00	35375,00
20.4.2009	488,40	11879,00	35728,00
21.4.2009	503,10	12231,00	36080,00
22.4.2009	517,70	12581,00	36430,00
23.4.2009	527,30	12811,00	36660,00
24.4.2009	540,20	13120,00	36969,00
25.4.2009	553,80	13448,00	37297,00
26.4.2009	567,70	13780,00	37629,00
27.4.2009	581,80	14117,00	37966,00
28.4.2009	597,30	14489,00	38338,00
29.4.2009	611,50	14833,00	38682,00
30.4.2009	626,20	15185,00	39034,00
1.5.2009	643,90	15609,00	39458,00
2.5.2009	658,10	15951,00	39800,00
3.5.2009	672,90	16305,00	40154,00
4.5.2009	683,90	16569,00	40418,00
5.5.2009	694,90	16833,00	40682,00
6.5.2009	707,10	17125,00	40974,00
7.5.2009	720,90	17456,00	41305,00
8.5.2009	736,50	17831,00	41680,00
9.5.2009	754,50	18262,00	42111,00

10.5.2009	773,20	18710,00	42559,00
11.5.2009	791,80	19158,00	43007,00
12.5.2009	804,90	19473,00	43322,00
13.5.2009	817,00	19763,00	43612,00
14.5.2009	826,70	19996,00	43845,00
15.5.2009	839,20	20296,00	44145,00

Dosažení SET 300 d°C: 7.4. 2009

Dosažení SET 20 500 h°C: 14.11. 2008 (20 569)!!

Zachycení 1. askospor v lapači: 15.5.2009 (rozdíl +38)

(Tabulka je editována z výstupu počítačového programu)

ROK 2010

Teplotní model (VÍCHA et JUROCH, 1998)

Časový rozsah hodnocení: 2010 (I-n)

SET_{0,0} = 300 d°C (DS)

SPV = 0,0°C

HPV= 29,0°C

Počátek vyhodnocování od: 1.1..

Teplotní model (LÁNSKÝ et al., 1999)

Rok: 2009 (IX-XII) – 2010 (I-n)

SET_{0,0} = 20 500 h°C (HS)

SPV = 0,0°C

HPV= 29,0°C

Počátek vyhodnocování od: 1.9.

Tabulka 17

Vyhodnocení SET (d°C=DS, h°C=HS) na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

DATUM	SET_DS_0_0	SET (k datu) HS_0	CELKEM SET (1.9-)
1.9.2009	-	0	0
1.1.2010	2,40	57,90	23966,90
31.1.2010	4,30	150,40	24059,40
28.2.2010	33,20	971,10	24880,10
31.3.2010	192,70	4879,00	28788,00
1.4.2010	199,40	5044,00	28953,00
2.4.2010	205,00	5178,00	29087,00
3.4.2010	211,80	5346,00	29255,00
4.4.2010	222,00	5591,00	29500,00
5.4.2010	230,20	5789,00	29698,00
6.4.2010	237,70	5968,00	29877,00
7.4.2010	245,80	6162,00	30071,00
8.4.2010	255,60	6398,00	30307,00
9.4.2010	265,90	6644,00	30553,00
10.4.2010	272,20	6795,00	30704,00
11.4.2010	278,00	6936,00	30845,00
12.4.2010	284,70	7095,00	31004,00
13.4.2010	293,50	7306,00	31215,00
14.4.2010	301,60	7502,00	31411,00

Dosažení SET 300,0 d°C: 14.4. 2010

Dosažení SET 20 500 h°C: 18.11. 2009 (20 573)!!

Zachycení 1. askospor v lapači: 13.4. 2010 (rozdíl -1)

(Tabulka je editována z výstupu počítačového programu)

Na lokalitě Lysice neprobíhá sledování letu askospor a nelze srovnat předpověděnou zralost dle modelu se skutečností, údaj je proto pouze orientační

Lokalita: Lysice

Rok: 2010

SET_{0,0} = 300 d°C (DS)

SPV = 0,0°C

HPV= 29,0°C

Od: 1.1.

Tabulka 18

Vyhodnocení SET (d°C=DS) na lokalitě Lysice v roce 2010

DATUM	SET_DS0_0
1.1.2010	1,80
31.1.2010	1,80
28.2.2010	21,50
31.3.2010	148,90
1.4.2010	154,00
2.4.2010	157,30
3.4.2010	162,50
4.4.2010	171,50
5.4.2010	178,10
6.4.2010	183,80
7.4.2010	189,80
8.4.2010	198,40
9.4.2010	206,10
10.4.2010	210,50
11.4.2010	214,50
12.4.2010	220,00
13.4.2010	227,50
14.4.2010	234,00
15.4.2010	241,40
16.4.2010	250,00
17.4.2010	256,80
18.4.2010	265,40
19.4.2010	276,00
20.4.2010	286,50
21.4.2010	293,20
22.4.2010	298,40
23.4.2010	305,10

Dosažení SET 300 d°C: 23.4.2010

Zachycení 1.askospor v lapači: nesledováno

(Tabulka je editována z výstupu počítačového programu)

Kombinovaný model (ROSSI et al., 2000)

Tabulka 19

Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2008

DATUM	ST	DDC	PAT	PAT1	PAT2	RISK	PAT POM	UVOL-NENO	CELKEM
1.1.2008									
1.1.2008	0,00	0,000				ABSENT			
24.2.2008	4,55	0,000	0,001	0,004	0,000	POTENTIAL			

Termín potenciálního nebezpečí: 24.2.2008

Tabulka 20

Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

DATUM	ST	DDC	PAT	PAT1	PAT2	RISK	PAT POM	UVOL-NENO	CELKEM
1.1.2009									
1.1.2009	0,00	0,000				ABSENT			
9.3.2009	4,48	0,000	0,001	0,004	0,000	POTENTIAL			

Termín potenciálního nebezpečí: 9.3.2009

Tabulka 21

Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

DATUM	ST	DDC	PAT	PAT1	PAT2	RISK	PAT POM	UVOL-NENO	CELKEM
1.1.2010									
1.1.2010	0,12	0,000				ABSENT			
3.4.2010	4,47	0,000	0,001	0,004	0,000	POTENTIAL			

Termín potenciálního nebezpečí: 3.4.2010

(Tabulky jsou editovány z výstupu počítačového programu)

Tabulka 22

Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Lysice v roce 2010

DATUM	ST	DDC	PAT	PAT1	PAT2	RISK	PAT POM	UVOL- NENO	CELKEM
1.1.2010									
1.1.2010	0,10	0,000				ABSENT			
31.3.2010	4,62	0,000	0,001	0,004	0,000	POTENTIAL			
1.4.2010	4,62	0,000	0,001	0,004	0,000	POTENTIAL			
1.5.2010	4,62	38,492	0,004	0,017	0,001	POTENTIAL			
9.5.2010	4,62	84,586	0,019	0,079	0,005	PRESENT		0,0	1,7

Termín potenciálního nebezpečí: 31.3.2010

(Tabulka je editována z výstupu počítačového programu)

Tabulka 23

Srovnání předpověděných termínů zralosti askospor se skutečnými termíny z lapače spor na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

Model	Předpověď (datum)	Předpověď (Juliánský den)	Skutečnost (lapač spor) (datum)	Skutečnost (lapač spor) (Jul.den)	Rozdíl dní (+/- n)	Rozdíl SET (°C)
Model SET 300	7.4	97	15.5	135	+38	+538,1
Model SET 20 500	14.11.	-48	15.5.	135	+183	+23576
Model A-scab	9.3	68	15.5.	135	+67	+734,7

Tabulka 24

Srovnání předpověděných termínů zralosti askospor se skutečnými termíny z lapače spor na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

Model	Předpověď (datum)	Předpověď (Juliánský den)	Skutečnost (lapač spor) (datum)	Skutečnost (lapač spor) (Jul.den)	Rozdíl dní (+/- n)	Rozdíl SET (°C)
Model SET 300	14.4.	104	13.4.	103	-1	-7,1
Model SET 20 500	18.11.	- 44	13.4.	103	+147	+10642
Model A-scab	3.4.	93	13.4.	103	+10	+81,7

5.2 Interpretace výsledků

Modelováním termínu teoretické zralosti askospor *Venturia inaequalis* pomocí tří různých metod byly zjištěny následující výsledky:

Metodou č. 1 (VÍCHA et JUROCH, 1998) byl stanoven teoretický termín zralosti askospor na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009 na den 7.4. a v roce 2010 na den 13.4.

K prvnímu uvolnění zralých askospor a jejich zachycení na lepové pásce lapače spor došlo v roce 2009 dne 15.5. a v roce 2010 dne 13.4.

Metodou č. 2 (LÁNSKÝ et al., 1999) byl stanoven teoretický termín zralosti askospor na lokalitě Starý Lískovec pro vegetační sezónu 2009 ještě v závěru roku předchozího! (na den 14.11.2008) a pro vegetační sezónu 2010 byla zralost askospor opět stanovena na závěr předchozího roku (na den 18.11.2009).

K prvnímu uvolnění zralých askospor a jejich zachycení na lepové pásce lapače spor došlo v roce 2009 dne 15.5. a v roce 2010 dne 13.4.

Metodou č. 3 (ROSSI et al., 2000) byl stanoven termín zralosti askospor (potenciální nebezpečí primární infekce askosporami) v roce 2009 na den 9.3. a v roce 2010 na den 3.4..

K prvnímu uvolnění zralých askospor a jejich zachycení na lepové pásce lapače spor došlo v roce 2009 dne 15.5. a v roce 2010 dne 13.4.

6 DISKUSE

6.1 Návrh systému řízení ochrany proti strupovitosti jabloně – teoretická část

6.2 Ověření teplotního modelu zralosti askospor – experimentální část

Tři matematické modely předpovědi zralosti askospor, z toho dva teplotní modely (VÍCHA et JUROCH, 1998; LÁNSKÝ et al., 1999) a jeden kombinovaný model (ROSSI et al., 2000) zralosti askospor byly testovány pomocí skutečných meteorologických dat, naměřených AMS Amet na lokalitě Brno - Starý Lískovec v letech 2009 a 2010.

Teplotní modely byly založeny na výpočtu teplotní dávky potřebné k dokončení vývoje askospor, první hodnotil vývoj askospor pomocí jednotky zvané denní stupně ($d^{\circ}C$) vždy od 1. ledna příslušného roku, druhý model hodnotil vývoj askospor pomocí jednotky zvané hodinové stupně ($h^{\circ}C$) od 1. září roku předešlého (teoretického termínu počátku opadu listu a tedy počátku vývoj plodnic v opadlých listech jabloní). Třetí, kombinovaný, model hodnotil vývoj askospor pouze v období kladných teplot a současně za přítomnosti vody v podobě dešťových srážek, ovlhčení nebo vodní páry - vysoké relativní vlhkosti vzduchu.

K ověření platnosti teplotních modelů byla naměřená data zpracována pomocí programu MeteoDat, resp. jeho funkce „Sumátor efektivních teplot“. Pro ověření platnosti kombinovaného modelu byl data zpracována speciální verzí programu MeteoDat, nazvanou Ventina –askospor. Oba používané programy byly vytvořeny SRS.

Vypočtené hodnoty byly srovnávány se skutečnými termíny zralosti, tedy prvními zachycenými askosporami v lapači spor. Údaje z lapače spor poskytl Ing. Vícha (osobní sdělení).

Rok 2009 byl charakteristický chladným počasím na počátku roku, další zimní měsíce byly teplejší, ale obecně byl průběh roku normální. Na konci března nastal velmi rychlý nástup vegetace, duben byl teplotně silně nadnormální s vysokými teplotami a srážkově silně podnormální, téměř bez srážek. Rovněž první polovina května, námi sledované období, byla teplotně nadnormální a srážkově podnormální.

Rok 2010 se vyznačoval velmi chladným průběhem počasí v zimních měsících, dlouhodobým trváním sněhové pokrývky i mrazů. Průběh zimy byl mimořádný i extrémně

nízkými teplotami, které byly zaznamenány po dobu několika dnů. Počátek jara byl rovněž velmi chladný a nástup vegetace byl pozvolný a posunutý.

Teplotní model (VÍCHA et JUROCH, 1998)

V roce 2009 model předpověděl zralost askospor na den 7.4., první askospory byly zachyceny v lapači spor dne 15.5. Rozdíl byl 38 dní, model předpověděl zralost s předstihem.

V roce 2010 model předpověděl zralost askospor na den 14.4., první askospory byly zachyceny v lapači spor dne 13.4. Rozdíl byl -1 den, model předpověděl zralost o 1 den později oproti skutečnosti.

Výsledky validace teplotního modelu zralosti askospor *Venturia inaequalis* potvrzují spolehlivost metody autorů Vícha et Juroch, 1998. Teplotní model včas předpověděl termín zralosti v roce 2009 a v roce 2010 o 1 den později, tedy v letech se zcela odlišným průběhem počátku vegetace i průběhem dozrávání askospor v plodnicích.

Metoda bude pravděpodobně vyžadovat stálou pozornost a případné korekce v důsledku klimatické změny, posunu fenofází plodin a časnějšího počátku vegetace oproti době, kdy byla vyvinuta. Metoda se jeví tedy jako dosti spolehlivá a současně časově a materiálně méně náročná.

Výstupy tohoto modelu již byly zpracovány do „uživatelsky příjemnější“ podoby a jsou veřejně dostupné na současném „on-line“ poradenském portálu SRS, oddělení metod integrované ochrany rostlin Brno. Modernější verze modelu-programu jsou uvažovány pro připravovaný „fytoportál“, tedy veřejně dostupný internetový poradenský systém SRS.

Teplotní model (LÁNSKÝ et al., 1999)

Pro sezónu 2009 model předpověděl zralost askospor již na den 14.11.2008, ale první askospory byly zachyceny v lapači spor až dne 15.5. 2009.

Pro sezónu 2010 model předpověděl zralost askospor již na den 18.11.2009, první askospory byly zachyceny v lapači spor až dne 13.4. 2010

Při ověřování teplotního modelu zralosti askospor *Venturia inaequalis*, autorů Lánský et al., 1999; byly zjištěny zcela zásadní rozdíly mezi termínem teoreticky stanovené zralosti a skutečné zralosti (zachycení) askospor. Model stanovil termín zralosti sice s předstihem, ale ve zcela nesprávném termínu. V předpověděném termínu pravděpodobně ještě nemohly být kompletně vytvořené plodnice, případně vnitřní struktury, tj. aska s askosporami. Vývoj plodnic nebyl na podzim monitorován, proto nelze vyloučit jistý předstih. Příčinu diametrálně rozdílných výsledků nelze přesně určit. Jedním z možných vysvětlení může být postupná

změna klimatických podmínek, která nastala od období vytvoření modelu. V posledním desetiletí, které bývá hodnoceno jako nejteplejší perioda od zahájení měření meteorologických prvků, převládalo během podzimu velmi teplé počasí. Proto byly splněny teplotní sumy, tedy dávky tepla potřebné pro vývoj askospor v plodnicích, již v podzimním období a poměrně brzy po skončení vegetace jabloní. Model bude vyžadovat další validaci daty získanými z jiných lokalit a let a případné následné úpravy.

Vyhodnocování sumy efektivních teplot sčítáním „hodinových stupňů“ je mnohem přesnější metoda než sčítání tzv. „denních stupňů“. Vhodnější by pravděpodobně byla tvorba nového modelu, který hodnotí vývoj askospor metodou sčítání „hodinových stupňů“ a jako počáteční den vyhodnocování SET byl stanoven 1. leden příslušného kalendářního roku. Termín 1. září roku předešlého se projevil v experimentu jako nevhodný.

Kombinovaný model (ROSSI et al., 2000)

V roce 2009 model předpověděl zralost askospor na den 9.3., první askospory byly zachyceny v lapači spor dne 15.5. 2009

V roce 2010 model předpověděl zralost askospor na den 3.4., první askospory byly zachyceny v lapači spor dne 13.4. 2010

Výsledky validace kombinovaného modelu zralosti askospor autorů ROSSI et al., 2000 potvrdily využitelnost metody v praxi, její zavedení do praxe však bude ještě vyžadovat rozsáhlou validaci daty získanými z jiných lokalit a let, případně i možné dílčí úpravy. Model stanovil teoretický termín zralosti askospor v obou sledovaných letech vždy s předstihem.

7 ZÁVĚR

7.1 Návrh systému řízení ochrany proti strupovitosti jabloně – teoretická část

K zajištění úspěšné ochrany proti strupovitosti jabloně v období primárních (a případně sekundárních) infekcí byla navržena následující opatření a postupy, které zahrnují metody prognózy, signalizace, monitoringu vývoje patogenu i monitoringu intenzity napadení. Současně by po celé vegetační období (optimálně již od 1. ledna) mělo probíhat měření základních meteorologických a agrometeorologických prvků, které vyžadují teplotní modely vývoje nebo programy na signalizaci infekcí.

Období

Podzim (opatření pro následující vegetační sezónu)

Po sklizni – před opadem listů (BBCH 87-97)

1. Hodnocení intenzity napadení

listy – (pomocí PAD - klasická metoda nebo zjednodušená metoda – sekvenční analýza)

plody – (počet napadených plodů → % napadených plodů <1 (výjimečně 2))

3. Provádění ochranných sanitárních opatření

- likvidace listů (postřik, rozdrčení, zapravení do půdy)

- odstranění listů z výsadby (vysávání, shrabání)

Zima-jaro

Vegetační klid – vývoj pupenů (BBCH 00 – 03/00 – 52)

1. Modelování zralosti askospor (model VÍCHA et JUROCH, 1998; $SET_{0,0} = 300 \text{ d}^\circ\text{C}$ od 1.1)

2. Modelování zralosti askospor (kombinovaný model ROSSI et al., 2000; PAD od 1.1.)

3. Ochranná sanitární opatření

- likvidace listů (postřik, rozdrčení, zapravení)

4. Mikroskopické sledování zralosti askospor (konec března → nalezení zralých askospor)

5. Spuštění lapače spor

6. Příprava aplikační techniky

Vývoj pupenů (rašení) – vývoj listů (BBCH 07 – 10/53 – 54)

1. Modelování vývoje askospor (metoda MacHARDY et GADOURY, 1985; $SET_{0,0} =$

$66 - 460 \text{ d}^\circ\text{C}$ od rašení MacIntosh nebo metoda CARISSE, 2006; $SET_{5,0} = 50 - 400 \text{ d}^\circ\text{C}$ od 1.4.)

2. Zahájení preventivní chemické ochrany – kontaktně působící přípravky OR
(účinnost i za nižších teplot)

3. Sledování uvolňování askospor pomocí lapače spor (průběžně)

Vývoj listů – vývoj květů (BBCH 11 – /55 – 59)

1. Modelování vývoje askospor (metoda MacHARDY et GADOURY, 1985; $SET_{0,0} = 66 - 460 \text{ d}^\circ\text{C}$ od rašení MacIntosh nebo metoda CARISSE, 2006; $SET_{5,0} = 50 - 400 \text{ d}^\circ\text{C}$ od 1.4.)

2. Provádění preventivní chemické ochrany – kontaktně působící přípravky OR

3. Vyhodnocování (intenzity) infekcí (metoda dle JONES 1980; nebo STENSVAND, 1997)
– dle přísnějších kritérií)

4. Sledování uvolňování askospor pomocí lapače spor (průběžně)

Kvetení – druhý opad plodů (fyziologický, červnový) (BBCH 19-39/60-73)

1. Modelování vývoje askospor (metoda MacHARDY et GADOURY, 1985; $SET_{0,0} = 66 - 460 \text{ d}^\circ\text{C}$ od rašení MacIntosh nebo metoda CARISSE, 2006; $SET_{5,0} = 50 - 400 \text{ d}^\circ\text{C}$ od 1.4.)

2. Modelování vývoje listů na letorostech ($BSET_{5,0} = 96 - 178/120 - 1033 \text{ d}^\circ\text{C}$)

3. Provádění preventivní chemické ochrany – kontaktně působící přípravky OR nebo provádění kurativní chemické ochrany – systémově nebo lokálně systémově působící přípravky OR (účinnost pouze za vyšších teplot)
(podmínka: kurativně působící přípravky + signalizace infekcí) nebo provádění kombinovaného systému ochrany

4. Vyhodnocování (intenzity) infekcí (metoda dle JONES, 1980; nebo STENSVAND, 1997)
– dle přísnějších kritérií)

5. Sledování uvolňování askospor pomocí lapače spor (průběžně, poslední nalezené askospory)

6. Vyhodnocování intenzity růstu listů (srovnání s teplotním modelem vývoje listů)

7. Hodnocení intenzity napadení na konci období primárních infekcí (potřeba ochrany v období sekundárních infekcí)

listy - (zjednodušená metoda – sekvenční analýza)

plody – (počet napadených plodů → % napadených plodů <1)

8. Vyhodnocení inkubační doby poslední infekce po skončení letu askospor

Léto

Vývoj plodů (plody velikosti vlašského ořechu, stadium T) – sklizňová zralost plodů (červen – září/říjen dle sklizňové zralosti odrůd) (BBCH 74 – 87)

(Vyhodnocování sekundárních infekcí (metoda dle MacHARDY et GADOURY, 1989)

1. Hodnocení intenzity napadení po skončení primárních infekcí (počátek července)
 - listy - (pomocí PAD - zjednodušená metoda – sekvenční analýza)
 - plody – (počet napadených plodů → % napadených plodů <1)
2. Pokračování v chemické ochraně
3. Vyhodnocování inkubační doby předchozích infekcí

Podzim (opatření pro následující vegetační sezónu)

Po sklizni – před opadem listů (BBCH 87 – 97)

1. Hodnocení intenzity napadení poskočení období sekundárních infekcí
 - listy - pomocí PAD - klasická metoda nebo zjednodušená metoda – sekvenční analýza)
 - plody – (počet napadených plodů → % napadených plodů <1(2))
2. Provádění ochranných sanitárních opatření
 - likvidace listů (postřik, rozdrčení, zapravení do půdy)
 - odstranění listů z výsadby (vysávání, shrabání)

7.2 Ověření teplotního modelu zralosti askospor – experimentální část

1. V předkládané práci byly testovány tři různé nepřímé metody předpovědi zralosti askospor (prognostické modely) v askách plodnic (pseudoperithecií) *Venturia inaequalis*. První testovaný model byl zpracován na základě výsledků dlouhodobých sledování SRS, ostatní modely byly publikovány ve vědeckých publikacích domácími a zahraničními autory.
2. K tomuto účelu (i podobným) byly vytvořeny speciální aplikace, počítačové programy MeteoDat pro zpracování souborů meteorologických dat naměřených automatickými meteorologickými stanicemi různých typů. K vyhodnocení zralosti askospor kombinovanou metodou byl vytvořen speciální programový modul Ventina-askospory.
3. Skutečně naměřená meteorologická data v letech 2009 a 2010 byla zpracována výše uvedenými počítačovými programy.
4. Programy vypočtené teoretické termíny zralosti askospor, resp. termíny dosažení konstantní hodnoty SET charakterizující zralost askospor, byly srovnávány s termíny prvního výskytu askospor, resp. zachycení prvních uvolněných askospor (tedy prokazatelně zralých), na leповé pásce lapače spor na sledované lokalitě.
5. Model požívaný SRS předpověděl v jednom sledovaném roce (2009) zralost se značným předstihem oproti nálezům askospor na pásce lapače, rozdíl byl způsoben dlouhotrvajícím velmi teplým, ale suchým počasím v jarních měsících dubnu a květnu. V období bez srážek nemůže dojít k uvolnění askospor, zralé askospory se pouze ve vřeckách hromadí, připravené k uvolnění při dlouhodobém ovlhčení deštěm (úhrn srážek větší než 0,2 mm). Pro rok 2010 model předpověděl termín zralosti s jednodenním zpožděním oproti skutečnosti, nálezům askospor na pásce lapače spor. Model je již prakticky využíván v on-line verzi na portálu SRS, SOŠO, OMIOR Brno (<http://www.srs.cz/omor/app?service=page/Home>), je však třeba pokračovat v jeho ověřování a na základě výsledků validace provádět případné úpravy.
6. Model vyvinutý ve VŠÚO Holovousy předpověděl zralost v obou sledovaných letech sice včas, ale se značným předstihem několika měsíců. Model v této podobě nelze využívat ke stanovení termínu zralosti askospor, bude vyžadovat další validaci daty naměřenými na jiných lokalitách a v jiných letech, která budou současně srovnávána s termíny zralosti askospor stanovenými přímým mikroskopickým sledováním.
7. Kombinovaný model italských autorů předpověděl zralost askospor a nebezpečí primárních infekcí včas, vždy s předstihem. Rozdíl mezi vypočteným termínem zralosti a termínem skutečného výskytu askospor na pásce lapače byl způsoben pravděpodobně stejnou

příčinou, která byla uvedena v komentáři prvního modelu, tedy dlouhotrvající období suchého počasí v měsících dubnu a květnu, kdy začíná a vrcholí období primárních infekcí v běžných letech, ale askospory nemohly být v období bez srážek uvolněny.

Model dosud není prakticky využíván, před jeho zveřejněním pro poradenské účely je třeba pokračovat v jeho ověřování a na základě výsledků validace provádět případné úpravy.

- 8.** Na základě nedostatků testovaných modelů se ukazuje potřeba tvorby nové metody, která by kombinovala přednosti jednotlivých metod.
- 9.** Dva z testovaných modelů ukázaly, s různou mírou přesnosti, předpovědět včas a s tolerovaným předstihem termín zralosti askospor.
- 10.** Výsledky nebyly statisticky hodnoceny z důvodu omezeného počtu lokalit s paralelním měřením meteorologických dat a sledováním letu askospor pomocí lapačů spor.
- 11.** Modelování vývoje škodlivých organismů lze považovat, i na základě výsledků autorem provedených ověřovacích experimentů, za perspektivní prognostickou metodu. Jedná se o nepřímou, tzv. distanční metodu sledování průběhu vývoje patogenu. Hodnoty získané modelováním musí, nebo by měly být, korigovány současně prováděným přímým mikroskopickým sledováním patogenu. Spojením teoretické a praktické metody lze vytvořit spolehlivý prognostický systém, který umožní včas a na základě skutečného nebezpečí zahájit chemickou ochranu proti strupovitosti jabloně v kritickém období primárních infekcí.
- 12.** Společným cílem všech navržených postupů je snížení zátěže životního prostředí rezidui pesticidů, zvýšení kvality produkce jablek, snížení ekonomických nákladů a zlepšení zdraví lidí.

Tabulka 25
Fenologická stupnice růstových fází jádřovin

Kód BBCH	Charakteristika růstové fáze
0	Vývoj pupenů – základní růstová fáze
00	Dormance, špičaté listové pupeny a zaoblené květní pupeny uzavřené a pokryté tmavě hnědými šupinami
01	Počátek zaoblování pupenů (listových pupenů) pupeny viditelně zaoblené, šupiny pupenů prodloužené, objevují se světle zbarvené části
03	Konec zaoblování listových pupenů, šupiny pupenů světle zbarvené s některými částmi hustě pokrytými chlupy
07	Počátek praskání pupenů, první zelené špičky listů právě viditelné
09	Zelené špičky listů vyrůstají asi 5 mm nad šupiny pupenů
1	Vývoj listů
10	Zelené špičky listů vyrůstají asi 10 mm nad šupiny pupenů, první listy se oddělují (stadium myší ouško)
11	První listy rozvinuté, další se ještě rozvíjejí
15	Více listů rozvinuto, ještě ne plný počet
19	První listy plně vyvinuté, dosažena velikost typická pro odrůdu
2	Nepoužívá se
3	Vývoj letorostů z terminálních pupenů
31	Počátek růstu letorostu, vrcholy vyvíjejících letorostů viditelné
32	Letorosty dosáhly asi 20% konečné délky
39	Letorosty dosáhly asi 90% konečné délky
4	Nepoužívá se u jádřovin
5	Objevení květenství
51	Zaoblování květních pupenů, šupiny pupenů prodloužené, objevují se světle zbarvené části
52	Konec zaoblování pupenů, světle zbarvené šupiny pupenů viditelné s částmi hustě pokrytými chlupy
53	Prasknutí pupenů, zelené špičky listů obklopují viditelné květy
54	Zelené špičky listů vyrůstají asi 10 mm nad šupiny pupenů, oddělení prvních listů (stadium myší ouško)
55	Viditelné květní pupeny, ještě uzavřené
56	Jednotlivé květy se oddělují, ještě uzavřené (stadium zelené poupě)
57	Prodlužování květních (korunních) lístků, kališní lístky slabě otevřené, korunní lístky sotva viditelné (stadium růžové poupě)
59	Korunní lístky většiny květů tvoří úplný balón
6	Kvetení
60	První květy otevřené
61	Počátek kvetení, asi 10% květů otevřeno
65	Plný květ, nejméně 50% květů otevřeno, opad prvních korunních lístků
67	Vadnutí květů, většina korunních listů opadlá
7	Vývoj plodu
71	Plod dosahuje velikost do 10 mm, opad plodů po odkvětu

72	Plod dosahuje velikost do 20 mm
73	Druhý opad plodů (červnový)
74	Plody v průměru do 40 mm, vzpřimování plodů (T stadium: spodní strana plodu a stopka tvoří „T“)
75	Plod dosahuje asi 50% (polovinu) konečné velikosti
77	Plod dosahuje asi 70 % konečné velikosti
8	Zralost plodu a semen
81	Počátek zrání, plod zesvětluje a získává odrůdově specifické zbarvení
85	Pokročilé zrání, nárůst intenzity odrůdově specifického zbarvení
87	Sklizňová zralost
89	Konzumní zralost, plody mají typickou chuť a optimální pevnost
9	Stárnutí, počátek vegetačního klidu
91	Ukončen růst letorostů, terminální pupen vyvinut, listy ještě úplně zelené
92	Listy se počínají zbarvovat
93	Počátek opadu listů
95	50 % listů zbarveno
97	Všechny listy opadlé
99	Plodina sklizena

Popis a kódování růstových fází jaderovin podle decimální stupnice (BBCH-EPPO).
Porost je zařazen do určité růstové fáze, jestliže této fáze dosáhlo minimálně 2/3 stromů.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- Ackerman, P. et al. (2002): *Metodická příručka pro ochranu rostlin. Zelenina, ovocné plodiny, réva, Díl I. Choroby rostlin*, SRS, Brno. 276 s.,
- Agrios, G.N. (1997): *Plant Pathology (Fourth Edition)*. Academic Press Ltd., London, 636 pp. ISBN: 0-12-044564-6
- Anonym, (1999): *Metodiky prognózy, signalizace a evidence*, SRS, Brno, 1999, 219 s.
- Anonym, (2001a): *Amet – Návod k výrobkům – MeteoDAT Manažer meteorologických měření - stručný návod k obsluze programu* [online] [cit. 2009-04-21] dostupné na WWW: <<http://www.amet.cz>>
- Anonym, (2001b): *NZFUNGI - New Zealand Fungi (and Bacteria) - Taxonomic details* [online][cit. 2010-05-05] dostupné na WWW: <<http://nzfungi.landcareresearch.co.nz/html/data.asp?TID=&ID=37-HKN-55&NAMEPKey=12400>>
- Anonym, (2003) *Encyklopedie rostlin - vyhledávání čeledí – Jabloňovité Malaceae Small*. [online] [cit. 2010-04-20] dostupné na WWW: <<http://www.kvetena.cz/systematika/Celed.asp?strana=121>>
- Anonym, (2008): *Mykologie/Mycology – Systém hub a "houbových organismů" (System of fungi and "fungi-like" organisms, in Czech)* [online] [cit. 2009-10-24] dostupné na WWW: <<http://www.sci.muni.cz/botany/mycology/mykosyst.htm>>
- Anonym, (2009a): *Seznam odrůd zapsaných ve Státní odrůdové knize* [online] [cit. 2010-04-10] dostupné na WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Articles/4178-Seznam+odrud+zapsanych+ve+Statni+odrudove+knize+.aspx>>
- Anonym (2009b): *EUR-Lex Přístup k právu Evropské unie* [online] [cit. 2010-04-28] dostupné na WWW: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0071:0086:CS:PDF>>
- Bednář, J. (2003): *Genetická determinace a rezistence vůči strupovitosti *Venturia inaequalis* Cke.* In: Salaš, P. (ed.): *Modernizace výukového procesu u předmětů ovocné, okrasné školkařství a ovocnářství*. Sborník přednášek z odborného semináře, Lednice na Moravě, listopad 2003 s. 3-7, ISBN 80-7157-715-4

- Berkett, L.P. (2002): A quicker way to determine scab risk in your orchard. Proceedings of the 2003 New England Fruit School and Trade Show, Jan. 8-9, 2003, Sturbridge, MA., Vol. 109.
- Biggs A.R. (1990): *Apple scab*. In: Jones A.L., Aldwinckle H.S., [eds.] *Compendium of Apple and Pear Diseases*. St. Paul, Minn, USA. APS; 1990. pp. 6–9. ISBN: 978-0890541098
- Blažek, J., Vávra, R. (2006): Napadení rezistentních odrůd jabloní strupovitostí v ČR *Zahradnictví*, 12, 14 – 15
- Boček, S. (2008): *Ovocné dřeviny v krajině. Sborník přednášek a seminárních prací*. Hostětín: ZO ČSOP Veronica, 2008. ISBN 987-80-904109-2-3.
- Boller, E.F., Avilla, J., Joerg, E., Malavolta, C., Wijnands, F.G., et Esbjerg, P. [eds.](2004): *Integrated Production: Principles and Technical Guidelines (3rd edition)*, IOBC/WPRS Bulletin 27 (2) 50 pp., ISBN: 92-9067-163-5
- Buchtová, I. (2009): *Situační a výhledová zpráva – OVOCE, říjen 2009*. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, prosinec 2009. ISBN 978-80-7084-798-5, ISSN 1211-7692
- Carisse, O. (2006): *Apple Scab: Improving Understanding for Better Management*. Agriculture and Agri-Food Canada. Ottawa, Canada, 2006, 23 pp. ISBN: 0-662-44584-8
- Carisse, O., Phillion, V., Rolland, D., et Bernier, J. (2000): Effect of Fall Application of Fungal Antagonists on Spring Ascospore Production of the Apple Scab Pathogen, *Venturia inaequalis*. *Phytopathology*, 90: 1, 31–37
- Čermák, P., Mazal, P., Palovčíková, D., et Jankovský, L. (2006): Aplikace analýzy obrazu ve fytopatologii a ochraně lesa. *Journal of Forest Science*, 52 (7): 316–323
- Fiss, M., Barckhausen, O., Gherbawy, Y., Kollar, A., Hamamoto, M., et Auling, G., (2003): Characterization of epiphytic yeasts of apple as potential biocontrol agents against apple scab (*Venturia inaequalis*). *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 110 (6): 513–523
- Gadoury, D. M., MacHardy, W. E. (1982): A Model to estimate the maturity of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 72:901–904.
- Gadoury, D.M., Seem, R.C., et Stensvand, A. (1994): Ascospore discharge in *Venturia inaequalis*. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*. Supplement No. 17: 205–219
- Hluchý, M., Ackermann, P., Zacharda, M., Bagar, M., Jetmarová, E., et Vanek, G. (1997): *Obrazový atlas chorob a škůdců ovocných dřevin a révy vinné*. Biocont Laboratory, Brno, 432 s.
- Jamar, L., Lefrancq, B., et Lateur, M. (2007): Control of apple scab (*Venturia inaequalis*)

- with bicarbonate salts under controlled environment. *Journal of Plant Disease and Protection*, 114(5), 221–227.
- James, J.R., Sutton, T.B. (1982): A model for Predicting Maturation of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 8 (72), 1081-1085
- Janda, O. (2009): *Zpracování obrazu mikroskopických vzorků*. Diplomová práce. VUT Brno, Fak. strojíního inženýrství, ústav automatizace a informatiky, Brno, 2009 [online] [cit. 2010-05-10] dostupné na WWW: <http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2009/DP_Janda.pdf>
- Jones A.L., Aldwinckle H.S., [eds.]. *Compendium of Apple and Pear Diseases*. St. Paul, Minnesota, USA. APS Press; 1997, 125 pp. ISBN: 978-089054-109-4
- Juroch, J. (2008): Informace o rozsahu a organizaci sledování biologické účinnosti pesticidů v okolních zemích EU a vzniku rezistence cílových škodlivých organismů, SRS, Brno.
- Kalina, T., Váňa, J. (2005): *Sinice, řasy, houby, mechorosty a podobné organismy v současné biologii*. Karolinum, Praha, 2005, 606 s. ISBN 80-246-1036-1
- Kapler, P., Picková, A., et Pražan, J. (2007): *Analýza adaptačních opatření na změnu klimatu na území ČR v oblasti zemědělství*. Brno 145 s. (Studie pro MZe). Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky, Praha, prosinec 2007.
- Kocourek, F. (2008): Integrovaná ochrana rostlin a nové strategie v ochraně proti škůdcům, in: Sborník přednášek, XI. Rostlinolékařské dny, Pardubice, 5.-6.11 2008
- Kubát K., Hrouda, L., Chrtek, J. jun., Kaplan, Z., Kirschner, J. et Štěpánek, J. [eds.] (2002): *Klíč ke květeně České republiky*. 928 s., Academia, Praha, 2002.
- Kúdela, V., Kocourek, F. [eds.] (2002): *Seznam škodlivých organismů rostlin*. Agrospoj Praha, 342 s.
- Lánský, M. et al. (2005): *Integrovaná ochrana ovoce v systému integrované produkce*. Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., 159 s., ISBN 80-902636-7-4
- Lánský, M., Nečesaný, V. (1991): Omezení tvorby askospor *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. po podzimním postřiku listů. *Zahradnictví*, 18, (XXI), 2: 139–144
- Lánský, M., Kupková, J., et Nečesaný, V. (1999): Začátek zralosti askospor houby *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. v závislosti na sumě efektivních teplot. *Vědecké práce ovocnářské, VŠÚO Holovousy*, 16, 9-19, ISBN: 80-902636-0-7
- Lánský, M.: Seznam hospodářsky významných chorob ovocných dřevin – strupovitost jabloně [online] [cit. 2009-10-15] dostupné na WWW: <<http://vsuo.cz/index.php?page=7301>>

- Le Cam, B., Parisi, L., et Arene, L. (2002): Evidence of Two Formae Speciales in *Venturia inaequalis*, Responsible for Apple and Pyracantha Scab, *Phytopathology* 92: 3, 314–320
- Ludvík, M. (2010): 53. Ovocnářské dny OU ČR, in: *Zpravodaj ovocnářské unie ČR*, 1, 2010
- Lukáš, J. et al.(2008): *Využití obrazové analýzy v rostlinolékařské praxi. Metodika pro útvary státní správy*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2008, 82 s. ISBN: 978-80-87011-69-0
- Mills, W. D. (1944): Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. *Cornell Ext. Bull. No. 630*, 4.
- Mills, W. D., et La Plante, A. A., (1954): Control of diseases and insects in the orchard. Apple scab, N.Y. Agric. Exp. Station.(Ithaca) Extension Bulletin, 711; 18–22
- MacHardy, W. E. (1996): *Apple Scab. Biology, Epidemiology, and Management*. The American Phytopathological Society, APS Press. St. Paul, Minnesota. 545 pp.
- MacHardy, W.E., Berkett, L.P., Neefus, C.D., Gotlieb, A.R., et Sutton, D.K. (1999): An autumn foliar scab sequential sampling technique to predict the level of "scab-risk" next spring. *Phytopathology* 89: 547.
- MacHardy, W. E., Gadoury, D. M. (1985): Forecasting the seasonal maturation of ascospores of *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 75 (4): 381–385.
- MacHardy, W.E., Gadoury, D.M. (1986): Patterns of Ascospore Discharge by *Venturia inaequalis*. *Phytopathology* 76: 985–990
- MacHardy, W. E., Gadoury, D.M. (1989): A revision of Mill's criteria for predicting apple scab infection period. *Phytopathology* 79, 304–310
- MacHardy W. E., Gadoury D. M., et Gessler C. (2001): Parasitic and biological fitness of *Venturia inaequalis*: Relationship to disease management strategies. *Plant Disease*, 85: 1036–1051.
- Nesrsta, D., Jan, T., Dokoupil, L. (2007): *Přehled odrůd ovoce*. ÚKZÚZ, Národní odrůdový úřad, Brno, 192 s.. ISBN:978-80-7401-001-9
- Reardon, J. E., Berkett, L. P., Garcia, M. E., Gotlieb, A., Ashikaga, T., et Badger, G. (2005): Field Evaluation of a New Sequential Sampling Technique for Determining Apple Scab „Risk”. *Plant Disease* 89 (3): 228–236
- Rossi, V., Giosuè, S., et Bugiani, R. (2007): A-scab (apple-scab), a simulation model for estimating risk of *Venturia inaequalis* primary infections. *EPPO Bulletin*, 37:300-308. Proceedings of the Conference on Computer Aids for Plant Protection, Wageningen (NL), 2006-10-17/19

- Sandskär, B. (2003): *Apple Scab (Venturia inaequalis) and Pests in Organic Orchards*.
 Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp 2003, 39 pp.
- Schnabel, G., Schnabel, E. L., et Jones, A. L. (1999): Characterization of ribosomal DNA from *Venturia inaequalis* and its phylogenetic relationship to rDNA from other tree-fruit *Venturia* species. *Phytopathology* 89: 100–108.
- Spotts, R. A., Cervantes, L. A., et Niederholzer, F. J. A. (2000): Pear scab: Components of potential ascospore dose and validation of an ascospore maturity model. *Plant Dis.* 84: 681–683.
- Stensvand, A., Gadoury, D. M., Amundsen, T., Semb, L., et Seem, R. C. (1997): Ascospore Release and Infection of Apple Leaves by Conidia and Ascospores of *Venturia inaequalis* at Low Temperatures. *Phytopathology*. 87 (10): 1046–1053
- Stensvand, A., Eikemo, H., Gadoury, D. M., et Seem, R. C. (2005): Use of a Rainfall Frequency Threshold to adjust a Degree Day Model of Ascospore Maturity of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease* 89 (2): 198–202
- Sutton D.K., MacHardy W.E., et Lord W.G. (2000): Effects of shredding or treating apple leaf litter with urea on ascospore does of *Venturia inaequalis* and disease buildup. *Plant Disease* 84 (12): 1319–1326.
- Tshomo, K., Horner, I.J., Walter, M., Stewart, A., et Jaspers, M.V.. (2003): Treatment of overwintering apple leaves to reduce primary inoculum of Apple Black Spot. *New Zealand Plant Protection* 56: 95–99
- Vícha, Z. (1994): Sledování průběhu letu askospor strupovitosti jabloní *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter lapačem spor. *Zahradnictví*, 19, (12): 2–3
- Vícha, Z. (2006): Využití lapačů spor. *AGROTIP, Informační měsíčník BASF, Praha*, (6): 25–26.
- Vícha, Z. (2010): osobní sdělení
- Vícha, Z., Juroch, J. (1998): Signalizace primárních infekcí strupovitost jabloně. *AGRO ochrana, výživa, odrůdy*, (5): 43–45

9 PŘÍLOHY

9.1 Seznam použitých zkratek

BBCH – makrofenologická stupnice růstových fází plodin (jabloň aj.)

BIOFIX – pevné biologické datum

C-C – Kontrola podmíněnosti (*Cross-Compliance*)

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČR – Česká republika

datalogger – zařízení pro sběr a ukládání naměřených dat

DMIs – inhibitory biosyntézy sterolů (*DeMethylation Inhibitors*)

DSS – systémy na podporu rozhodování (*Decision Support Systems*)

ER – Rada Evropy

EP – Evropský Parlament

EU – Evropská Unie

EPPO – Evropská a středozevní organizace na ochranu rostlin

(*European and Mediterranean Plant Protection Organization*)

ET – efektivní teplota

FRAC – pracovní výbor pro rezistenci fungicidů (*Fungicide Resistance Action Committee*)

GAEC – Dobrý zemědělský a environmentální stav (*Good Agricultural and Environmental Conditions*)

HPV – horní teplotní práh vývoje (*Upper Developmental Threshold*)

IP – Integrovaná produkce (*Integrated Production*)

IOBC – Mezinárodní organizace pro biologickou a integrovanou ochranu rostlin

(*International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants*)

IO – Integrovaná ochrana (*Integrated Control*)

MZe ČR – Ministerstvo zemědělství České republiky

NAZV – Národní agentura pro zemědělský výzkum

on-line – napojený na ústřední počítač, spřažený

PAD – potenciální zásoba askospor (*Potential Ascospore Dose*)

PC – osobní počítač (*Personal Computer*)

rDNA – ribozomální deoxyribonukleová kyselina (*Ribosomal Deoxyribonucleic acid*)

QoI – inhibitory vnějších chinonů (*Quinone outside Inhibitors*)

SEČ – střeoevropský čas

SELČ – středoevropský letní čas
SET – suma efektivních teplot (*Growing Degree Day, Degree Day Cumulation*)
SISPO – Svaz pro integrované systémy pěstování ovoce
spp. – označení všech druhů patřících do vyššího taxonu (*Species*)
SPV – spodní teplotní práh vývoje (*Lower Developmental Treshold*)
SRS – Státní rostlinolékařská správa
SRS OBO – Státní rostlinolékařská správa, Oblastní odbor Brno
SW – programové příslušenství (*Software*)
ŠO – škodlivý organismus
USA – Spojené státy americké
ÚEB AV ČR – Ústav experimentální botaniky Akademie věd České republiky
ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
VŠÚO – Výzkumný šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy
atd. – a tak dále
cca – asi, přibližně (*circa*)
et – a
et al. – a jiní, a kolektiv (*et alii*)
např. – například
tj. – to je
tzn. – to znamená
zvl. – zvláště
d°C – pomocná jednotka používaná při výpočtech sum efektivních teplot – denní stupně
Celsia
h°C – pomocná jednotka používaná při výpočtech sum efektivních teplot – hodinové stupně
Celsia
DDC – suma efektivních teplot (SET) (*Degree Day Cumulation; accumulation*)
LW – ovlhčení povrchu listů (*Leaf Wetness*)

9.2 Seznam v textu uvedených tabulek, grafů a obrázků

9.2.1 Tabulky

Tabulka 1 Vyhodnocení podmínek pro vznik infekce (MILLS, 1944)

Tabulka 2 Přehled genů rezistence k *Venturia inaequalis* Cke a jejich donorů

Tabulka 3 Průběh zralosti askospor strupovitosti jabloně *Venturia inaequalis* v závislosti na SET ((B)SET)

Tabulka 4 Infekční potenciál askospor (% podíl zralých askospor schopných uvolnění)

Tabulka 5 Vývojové fáze pseudoperithecia

Tabulka 6 Vyhodnocení podmínek pro vznik infekce (MILLS, 1944; JONES, 1980)

Tabulka 7 Srovnání minimálních podmínek pro vznik primárních infekcí různými metodami (MILLS; MacHARDY et GADOURY, STENDSVAND et. al.)

Tabulka 8 Vyhodnocení podmínek vzniku primárních a sekundárních infekcí strupovitosti jabloně a srovnání minimálních podmínek (STENDSVAND et al. - nově navržená tabulka)

Tabulka 9 Vyhodnocení rychlosti vývoje nových listů na plodonosných a terminálních letorostech pomocí SET ((B)SET)

Tabulka 10 Vyhodnocení délky inkubační doby v závislosti na průměrné denní teplotě vzduchu

Tabulka 11 Vyhodnocení podmínek pro vznik infekce na plodech v závislosti na stáří plodů (počtu týdnů po odkvětu) (SCHWABE)

Tabulka 12 Vyhodnocení podmínek pro vznik sekundární infekce strupovitosti jabloně na plodech odrůdy Granny Smith

Tabulka 13 Klimatická charakteristika lokality Brno - Starý Lískovec (normály 1961-1990)

Tabulka 14 Průběh počasí na lokalitě Brno Tuřany v letech 2009

Tabulka 15 Průběh počasí na lokalitě Brno Tuřany v letech 2010

Tabulka 16 Vyhodnocení SET na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

Tabulka 17 Vyhodnocení SET na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

Tabulka 18 Vyhodnocení SET na lokalitě Lysice v roce 2010

Tabulka 19 Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2008

Tabulka 20 Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

Tabulka 21 Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

Tabulka 22 Vyhodnocení rizika primárních infekcí na lokalitě Lysice v roce 2010

Tabulka 23 Srovnání předpověděných termínů zralosti askospor se skutečnými termíny z lapače spor na lokalitě Starý Lískovec v roce 2009

Tabulka 24 Srovnání předpověděných termínů zralosti askospor se skutečnými termíny z lapače spor na lokalitě Starý Lískovec v roce 2010

Tabulka 25 Fenologická stupnice růstových fází jaderovin

9.2.2 Grafy

Graf 1 Průběh zralosti askospor *Venturia inaequalis* v závislosti na SET ((B)SET)

9.2.3 Obrázky

Obrázek 1 *Venturia inaequalis* – plodnice (pseudoperithecia)

Obrázek 2 *Venturia inaequalis* – plodnice (pseudoperithecia) – detail

Obrázek 3 *Venturia inaequalis* – plodnice (pseudoperithecium)

Obrázek 4 *Venturia inaequalis* – řez plodnicí

Obrázek 5 *Venturia inaequalis* – řez plodnicí

Obrázek 6 *Venturia inaequalis* – aska se zralými askosporami

Obrázek 7 *Venturia inaequalis* – aska se zralými askosporami

Obrázek 8 *Venturia inaequalis* – zralé askospory

Obrázek 9 *Spilocaea pomi* – konidie a konidiofory (SEM)

Obrázek 10 *Spilocaea pomi* – řez napadeným pletivem

Obrázek 11 Strupovitost jabloně – příznaky na mladých plodech

Obrázek 12 Strupovitost jabloně – příznaky v době sklizňové zralosti

Obrázek 13 Strupovitost jabloně – počáteční příznaky na listech

Obrázek 14 Strupovitost jabloně – příznaky na listech na konci vegetace

Obrázek 15 Strupovitost jabloně na listu – detail

Obrázek 16 Strupovitost jabloně na plodu – detail

Obrázek 17 Strupovitost jabloně – napadení vyvíjejících se plodů

Obrázek 18 Strupovitost jabloně – poškozené plody v době sklizňové zralosti

Obrázek 19 Odumřelé napadené listy na jaře – zdroj primárního inokula

Obrázek 20 Růstová fáze jabloně 56 BBCH – zelené poupě

Obrázek 21 Růstová fáze jabloně 57 BBCH – růžové poupě

Obrázek 22 Lapač spor Burkard

Obrázek 23 Lapač spor – princip zachycování spor

Obrázek 24 a-d Obsluha lapače spor

Obrázek 25 Automatická meteorologická stanice AMET

Obrázek 26 Hodnocení napadení listů během vegetace pomocí sekvenční analýzy

Obrázek 27 Hodnocení napadení listů během vegetace pomocí sekvenční analýzy

Obrázek 28 Hodnocení napadení listů během vegetace pomocí sekvenční analýzy

Obrázek 29 Strupovitost jabloně – vývojový cyklus

Obrázek 30 Fenologická stupnice růstových fází jádřovin

Obrázek 31 Schéma trojúhelníku choroby (AGRIOS, 1997)