

Mšice na obilninách: biologie, prognóza a regulace



Certifikovaná metodika

**A. Honěk, Z. Martinková, J. Lukáš,
M. Řezáč, P. Saska, J. Skuhrovec**

Barevné ilustrace: M. Kocián

**Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Praha – Ruzyně**

2017

Mšice na obilninách: biologie, prognóza a regulace



Certifikovaná metodika

**A. Honěk, Z. Martinková, J. Lukáš,
M. Řezáč, P. Saska, J. Skuhrovec**

Barevné ilustrace: M. Kocián

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Praha – Ruzyně

2017

Dedikace

Certifikovaná metodika vznikla na základě institucionální podpory na rozvoj VÚRV, v.v.i. č. rozhodnutí MZe RO0417 (podíl na vzniku 95%) a je výsledkem řešení projektu QJ1530373 (Integrovaná ochrana obilnin proti patogenům, plevelům a škůdcům pro udržitelné produkce potravin, krmiv a surovin), NAZV, MZe ČR (podíl na vzniku 5%).

Odbor rostlinných komodit MZe ČR vydal OSVĚDČENÍ č.j. 74274/2017-MZE-17221 o uznání uplatněné certifikované metodiky v souladu s podmínkami „Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje“.

Prohlášení o podílu práce autorů certifikované metodiky:

doc. RNDr. Alois Honěk, CSc. (30 %)

doc. Ing. Zdenka Martinková, CSc. (30 %)

Ing. Jan Lukáš, Ph.D. (10 %)

RNDr. Milan Řezáč, Ph.D. (10 %)

doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D. (10 %)

RNDr. Jiří Skuhrovec, Ph.D. (10 %)

Kontakt na autory: honek@vurv.cz, martinkova@vurv.cz, lukas@vurv.cz, rezac@vurv.cz, saska@vurv.cz, jirislavskuhrovec@gmail.com

Oponenti:

Oponent ze státní správy: Ing. Karel Hradil, Ph.D. – ÚKZÚZ, oddělení rostlinolékařské inspekce, pracoviště karantény a integrované ochrany rostlin

Odborný oponent: Mgr. Stanislav Korenko, Ph.D. – Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Vydal: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha, 2017

ISBN 978-80-7427-258-5

Náklad: 300 ks

© A. Honěk, Z. Martinková, J. Lukáš, M. Řezáč, P. Saska, J. Skuhrovec

© foto: J. Lukáš, V. Motýčka, J. Skuhrovec, M. Suvák

© ilustrace: M. Kocián

Grafická úprava a návrh obálky: M. Kopecký

Tisk: Tiskárna Flora, s.r.o.

Vydáno bez jazykové úpravy

OBSAH

I. Úvod	5
II. Cíl metodiky	5
III. Vlastní popis metodiky	6
III. 1 ČÁST OBECNÁ: BIOLOGIE OBILNÍCH MŠIC	6
Druhy mšic žijící na obilninách	6
Biologie mšic	8
Faktory poškození obilnin mšicemi	11
Vývoj populací mšic na obilninách	14
Přirození nepřátelé (antagonisté) mšic	16
III. 2 ČÁST SPECIÁLNÍ: DETERMINACE, MONITORING, PROGNOZA, OCHRANA	19
Jednoduchý klíč k určení hlavních druhů obilních mšic a jejich charakteristika	19
Škodlivost mšic	21
Rozhodovací procesy v ochraně	22
Metody zjišťování abundance mšic	22
Krátkodobá prognóza	26
Dlouhodobá prognóza	29
Chemická ochrana	29
Nechemické prostředky ochrany	32
Biologická ochrana	33
Ochrana proti virovým chorobám	34
IV. Srovnání novosti postupů	35
V. Popis uplatnění certifikované metodiky	35
VI. Ekonomické aspekty spojené s uplatněním metodiky	35
VII. Seznam použité literatury	36
VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice	37
IX. Obrazová příloha	38

I. Úvod

Názory na význam škodlivosti jednotlivých druhů hmyzu v zemědělské výrobě se s postupem času mění. Tyto proměny lidského hodnocení závisejí na objektivních příčinách, jako je skladba pěstovaných plodin, výběr kultivarů, agrotechnika a dlouhodobé změny abundance jednotlivých druhů škůdců. Podílejí se však na nich i příčiny sociální, například politické zájmy na subvencování jednotlivých odvětví zemědělské výroby, a v neposlední řadě i čistě subjektivní, psychologické faktory související s úrovní vzdělanosti a nasměrováním pozornosti veřejnosti.

Při četbě různých příruček ochrany rostlin narazíme zcela jistě na tvrzení, že mšice patří k velmi vážným škůdcům obilnin. V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století skutečně byly mšice v některých ročnících významným faktorem snížení výnosu obilnin, a v některých letech (např. v roce 1976) jejich počty v průměru několikanásobně překračovaly hranici uváděnou jako práh ekonomické škodlivosti. V současné době se však výskyt obilních mšic značně snížil. Vzniká otázka, zda jde o trvalý ústup, nebo je možno očekávat nové období pravidelných škodlivých výskytů. Jak se na tuto možnost připravit? Naším cílem je ukázat, že možnost škodlivého výskytu mšic stále trvá a mšicím je tedy nutno průběžně věnovat úměrnou pozornost. Tato metodika popisuje jak poznat jednotlivé druhy obilních mšic, způsoby zjišťování jejich populační hustoty na poli, stanovení prognózy jejího vývoje a využití rozumných způsobů ochrany, včetně chemické, není-li naděje na přirozenou regulaci nárůstu populace mšic.

II. Cíl metodiky

Metodika má poskytnout návod, jak rozeznat jednotlivé druhy mšic, zjistit jejich aktuální počty v porostech obilnin a v rámci možností současného poznání předpovědět další vývoj jejich abundance v daném porostu a odhadnout snížení výnosu. Dalším cílem je rekapitulace možností ochrany s důrazem na využití přirozených nepřátel. Třetí cíl je osvětový. Metodika umožňuje přístupným způsobem porozumět biologii a procesům populačního vývoje obilních mšic tak, aby čtenář nezůstal jen slepým uživatelem nezdůvodněných praktických návodů, ale sám se mohl kriticky rozhodovat podle okamžité situace.

III. Vlastní popis metodiky

III. 1. ČÁST OBECNÁ: BIOLOGIE OBILNÍCH MŠIC

Druhy mšic žijící na obilninách

Všechny významné druhy mšic napadající obilniny se vyskytují na pšenici. Tyto druhy se, kromě malého počtu výjimek, vyskytují i na ostatních druzích obilnin, avšak druhy typické pouze pro jiné druhy obilnin neexistují. Počet druhů vyskytujících se v porostech pšenice ve světě je překvapivě vysoký. Pšenice je hostitelskou rostlinou pro 33 druhů mšic, jejichž populace se na ní mohou alespoň po krátkou dobu rozmnožovat. Pro některé z těchto druhů je však pšenice jen hostitelem příležitostným, okrajovým a nepreferovaným. Kromě těchto druhů byl dočasný pobyt na obilninách doprovázený sáním bez rozmnožování pozorován u dalších 13 druhů mšic. Mezi ně patří i druhy široce polyfágní, které z nouze po krátkou dobu mohou přežít na různých náhradních hostitelských rostlinách. V našich podmínkách je to především mšice broskvoňová, *Myzus persicae* (Sulzer, 1776).

Tabulka 1. Druhy mšic vyskytující se na obilninách v České republice.

Druh	Čeleď	Český název	Žije na
<i>Anoecia corni</i> (Fabricius, 1775)	Aphididae	mšicovka svíďová	kořen
<i>Diuraphis noxia</i> (Kurdjumov, 1913)	Aphididae	mšice zhoubná	list
<i>Forda formicaria</i> van Heyden, 1837	Pemphigidae		kořen
<i>Geioica utricularia</i> (Passerini, 1856)	Pemphigidae		kořen
<i>Metopolophium dirhodum</i> (Walker, 1849)	Aphididae	kyjatka travní	list
<i>Metopolophium festucae</i> (Theobald, 1917)	Aphididae	kyjatka kostřavová	list
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch, 1856)	Aphididae	mšice kukuřičná	list
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus, 1758)	Aphididae	mšice stěmchová	list, klas
<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani, 1852)	Aphididae	mšice obilná	list
<i>Sipha elegans</i> Del Guercio, 1905	Aphididae	brvnatka pestrá	list
<i>Sipha maydis</i> Passerini, 1860	Aphididae	brvnatka travní	list
<i>Sitobion avenae</i> (Fabricius, 1775)	Aphididae	kyjatka osenní	list, klas
<i>Sitobion fragariae</i> (Walker, 1848)	Aphididae	kyjatka obilná	list, klas
<i>Tetraneura ulmi</i> (Linnaeus, 1758)	Pemphigidae	vlnatka hladká	kořen

Z počtu druhů, pro něž se může pšenice stát krátkodobou nebo trvalou hostitelskou rostlinou, na níž dochází k rozmnožování, se jich v ČR vyskytuje 14. Tyto druhy jsou uvedeny v tabulce 1. Uvádíme jejich vědecký název, systematické zařazení, české pojmenování, pokud existuje, a orgán hostitelské rostliny, na kterém pravidelně sají. Z celkového počtu 14 druhů lze za prakticky významné považovat pouze 6, které jsou uvedeny ve druhé části metodiky. Tam rovněž uvádíme jednoduchý klíč a podrobnější popisy sloužící k jejich určení v polních podmínkách.

Biologie mšic

Cílem této kapitoly je podat čtenáři vybrané informace, které jsou důležité pro poznání životního cyklu jednotlivých druhů a pochopení příčin jejich škodlivosti. Pročtení kapitoly není nezbytné, usnadní však porozumění mechanismu populačního vývoje a škodlivosti obilních mšic.

Životní cyklus. Obilní mšice mají několik generací za rok. Jejich charakteristickým znakem je (a) střídání hostitelské rostliny v průběhu roku a (b) střídání generací, které se rozmnožují pohlavně (jsou přítomny samci a samice) a generací, které se rozmnožují nepohlavně (jsou přítomny jen samobřezí samičky). I mezi jedinci téže generace panuje velká tvarová různorodost (polymorfismus), týkající se hlavně přítomnosti křídel.

Hlavní střídání hostitelské rostliny probíhá mezi tzv. primárními (zimními) a sekundárními (letními) hostitelskými rostlinami. Na zimní hostitelské rostliny se mšice stěhují v průběhu října. Zde se vyvíjí generace pohlavních jedinců, v níž jsou přítomni jak samci, tak samice. Po páření jsou kladena na živnou rostlinu vajíčka nalézající se ve stavu zimního klidu (dormance). Vajíčka se líhnou na jaře a dávají vznik generaci samobřezích, živorodých samiček, takzvaných zakladatelek. Z těch se na zimní hostitelské rostlině rodí ještě další 1–3 samobřezí generace. Ty dávají vznik okřídleným samobřezím samičkám, takzvaným migrantům, které přeletují na letní hostitelské rostliny, v případě obilních mšic obilniny. Zde se rodí více generací bezkřídлых a okřídlených samobřezích samiček. Okřídlené samičky přeletují jak uvnitř porostů obilnin, tak na jiné letní hostitelské rostliny, hlavně trávy. Trávy jsou nezbytnou základnou populací obilních mšic v době od uzrání porostu obilnin do počátku podzimu. S příchodem podzimu dávají samičky poslední generace vznik okřídleným migrantům, přeletujícími zpět na zimní hostitelské rostliny. Celý cyklus se pak opakuje v následujícím roce. Populace mšic, u nichž se projevuje úplný výše popsáný cyklus, se nazývají holocyklické. I v našich podmínkách by se mohly objevit populace, které přečkají zimu v porostech ozimých obilnin. Takové populace s neúplným cyklem změny hostitelské rostliny se nazývají anholocyklické.

Vývoj jedince. Na obilninách se mšice rozmnožují výhradně nepohlavní cestou. Populace se skládají z okřídlených a bezkřídлых živorodých samiček. V rozmnožovacím ústrojí samice je již v pozdním období jejího larválního vývoje (to je před dosažením dospělosti) přítomen plný počet embryí, zárodků mšic další generace. Tato embrya jsou v dalším průběhu života matky buď vykladena, nebo opětovně vstřebána do matčina těla. Vývoj a růst embryí v těle samice je ovlivňován podmínkami, které samice v období "březosti" zažívá. Teplota, ve které samice žije, a množství potravy, které má k dispozici, ovlivňují vývoj embryí přímo. Na nich závisí velikost novorozených larev. Tato velikost spoluurčuje velikost budoucí mšice v době dospělosti a tím předurčuje i její životaschopnost a plodnost. Kromě potravy a teploty je velikost novorozených larev závislá i na velikosti matky, a to tak, že větší matky produkují větší dcery. Jiné faktory, například délka dne, hustota populace mšic a kvalita potravy (zejména poměr jednotlivých aminokyselin), ovlivňují růst embryí zprostředkovaně. Tyto faktory jsou vnímány samicí, nervový systém samice ovlivňuje tvorbu hormonů a tyto pak ovlivňují růst a vývoj embryí. Již v embryonálním období, ještě před vykladením malé larvy matkou, se rozhoduje o tom, zda samice, která se z embrya vyvine, bude v dospělosti okřídlená nebo bezkřídlá.

Vývoj larev po vykladení probíhá ve čtyřech vývojových stupních, instarech, oddělených od sebe svlékáním "pokožky" (kutikuly). Po posledním, čtvrtém svlékání je z larvy dospělec, imago. Charakteristickým znakem dospělosti je přítomnost kaudy- nečláňovaného, „ocás-

kovitého" útvaru přivěšeného na konci těla (Obrázek 1). Podle ní rozeznáme dospělé od larev posledního čtvrtého instaru. Podle jiných znaků toto rozlišení není snadné, protože velké larvy mohou být mnohem větší než malí dospělci. Rozdíl mezi dospělci a velkými larvami je vidět na obrázku 2, kde jsou vyobrazeni dospělci (A, B, D) a larva 4 instaru (C). Již ve čtvrtém larválním instaru lze rozlišit okřídlenou a bezkřídlou formu budoucího dospělého. Budoucí okřídlené samice mají vyvinuty tzv. křídelní pochvy, váčkovité dozadu směřující výběžky v hrudní části. Potrava a teplota působící během larválního vývoje spoluurčují velikost a zdatnost dospělé samice, která je tím větší, čím je potrava larvy hojnější a vyváženější a čím je teplota během vývoje nižší.

Vliv teploty. Porozumění vlivu teploty na vývoj mšic je nutno věnovat mimořádnou pozornost, protože je základem krátkodobých prognóz vývoje populace mšic. Délka larválního vývoje závisí především na teplotě. V rozmezí teplot, se kterými se v přírodě běžně v době vývoje larev setkáváme (asi 10–28 °C) stoupá rychlost vývoje (= převrácená hodnota délky vývoje vyjádřené ve dnech) přímo úměrně k teplotě. Z údajů o rychlosti vývoje v různých teplotách můžeme vypočítat tzv. teplotní konstanty pro larvální vývoj. Teplotní konstanty jsou dvě: (1) spodní prahová teplota pro vývoj (LDT) (Obrázek 3), což je hodnota, při níž se vývoj a růst jedince vlivem nízké teploty zastaví. Při nižších než prahových teplotách vývoj neprobíhá a účinek nízké teploty na rychlost vývoje je pak stejný, ať už je tato jen málo, nebo hodně hluboko pod teplotou prahovou. Druhou teplotní konstantou (2) je suma efektivních teplot (SET) (Obrázek 3), což je množství tepla, které je nutno organizmu dodat, aby proběhl vývoj určitého vývojového stádia. Toto množství se nejčastěji měří v tzv. denních stupních. Tato jednotka se rovná množství tepla dodanému za jeden den při rozdílu teploty prostředí a $LDT = 1^{\circ}\text{C}$. Uvedme jednoduchý příklad výpočtu: Pro určitý druh je $LDT = 10^{\circ}\text{C}$ a při konstantní vnější teplotě 18°C vývoj proběhne za 10 dní. Jedinci tohoto druhu je za uvažovanou dobu dodán tepelný požitek v hodnotě $(18[\text{vnější teplota}] - 10[LDT]) \cdot 10[\text{počet dnů}] = 80$ denních stupňů. Tato hodnota se rovná SET pro daný druh a vývojové stadium. Pro jednotlivé druhy je LDT a SET možno naměřit laboratorně. Hodnota LDT je charakteristická pro jednotlivé druhy. Hodnota SET je rovněž druhově specifická v případě, že potrava vyvíjející se larvy je optimální. Na nevhodné potravě se vývoj (a tím i SET) prodlužuje. Hodnoty LDT a SET zjištěné pro druhy obilních mšic rostoucí na optimální hostitelské rostlině jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2. Spodní práh vývoje (LDT) a suma efektivních teplot (SET) pro hlavní druhy mšic na obilninách.

Druh	LDT	SET
kyjatka travní	4,6 °C	110 denních stupňů
kyjatka osenní	2,2 °C	171 denních stupňů
mšice střemchová	3,2 °C	122 denních stupňů
mšice zhoubná	5,7 °C	141 denních stupňů
mšice obilná	8,1 °C	88 denních stupňů

Známe-li hodnotu LDT a SET pro daný druh, můžeme naopak předpovědět délku trvání jeho vývoje v závislosti na teplotě. Při konstantní vnější teplotě postupujeme tak, že známou

hodnotu SET vydělíme rozdílem vnější teploty a LDT. Ve shora uvedeném případě $80[\text{SET}]/((18[\text{vnější teplota}]-10[\text{LDT}])=10$ dnů (trvání vývoje). V přírodě, kde teplota je kolísavá, bere-me za základ výpočtu jako vnější teplotu průměrnou denní teplotu (Obrázek 3).

Teplota řídí i další projevy životního cyklu mšic v době dospělosti (tj. vývoj v širokém slova smyslu). Na teplotě závisí množství vykladených larev, rychlost kladení a délka života dospělce. Zatímco rychlost kladení larev s teplotou stoupá, délka života se stoupající teplotou klesá. Největší množství larev je tedy vykládáno při "kompromisních" středních teplotách 18–23 °C, které jsou pro vývoj populací obilních mšic optimální. Teploty 30 °C a výše vývoj brzdí a při delším trvání mšice zahubí. Vysoké teploty jsou tolerovány především mšicí střemchovou a brvnatkou pestrá, nejškodlivější jsou pro kyjatku travní.

Výživa. Způsob výživy mšic je určen jejich morfologickým uzpůsobením. Mšice patří mezi savý hmyz. Dlouhý sosák (většinou delší než tělo) je stočen v torbě v přední části hrudi. Sosák je na konci opatřen smyslovými orgány dovolujícími zhodnotit kvalitu hostitelské rostliny. Sání je přizpůsobena rovněž trávicí soustava. Slouží k filtraci přijímané rostlinné šťávy, ze které jsou odebírány především volné aminokyseliny, zatímco cukerné složky, které jsou v potravě v nadbytku, jsou vylučovány jako nažloutlá lepkavá tekutina, zvaná medovice.

Mšice se živí sáním floemové šťávy z rostlin. Sosák je zaváděn do hostitelské rostliny skrze pokožku, pak je postupně veden mezibuněčnými prostory parenchymatických pletiv a konečně zaveden do cévního svazku. Po jeho nabodnutí proudí floemová šťáva vlastním tlakem z rostliny do trávicího ústrojí mšice. Je-li sosák zabodnutý v rostlině odstřižen, floemová šťáva proudí ven sama. Tento jev, na němž jsou založeny současné techniky studia transportu asimilátů v rostlinách, potvrzuje pasivní úlohu mšic v příjmu potravy z hostitelské rostliny. Výživa mšic je tedy přímo závislá na intenzitě transportu floemové šťávy v hostitelské rostlině a kvalitě této šťávy. Dusíkaté složky, hlavně volné aminokyseliny, jsou ve floemové šťávě v nižší koncentraci než cukry. Z hlediska mšic jsou proto v potravě v nedostatku. Výživné sloučeniny jsou ve větších koncentracích transportovány floemovou šťávou ze stárnoucích orgánů do nejbližších zrn. Pro mšice na obilninách je nejdůležitější transport ze stárnoucích praporcových listů do klasů. Využívání těchto transportních pochodů vede k tomu, že populace mšic jsou na hostitelských rostlinách shromážděny hlavně na těchto orgánech. Nahromadění mšic na praporcových listech a v klasech je patrné především v období zrání zrn.

Pohyb a migrace. Migrace obilních mšic ze zimních hostitelských rostlin do porostů obilnin a jejich šíření uvnitř těchto porostů ovlivňuje míru jejich škodlivosti. Mšice se přemisťují jednak pomocí křídel, tak i lezením po hostitelských rostlinách a po zemi. Migrace ze zimních hostitelů do porostů obilnin se děje výhradně letem, který slouží i k šíření uvnitř a mezi jednotlivými porosty. Let mšic je kombinací aktivního úsilí a pasivního unášení vzdušnými proudy. Vzhledem k malé velikosti těla je aktivní let omezen na úzké rozmezí vnějších podmínek. Ke startu dochází za dne, pokud teplota překročí prahovou hodnotu 18 °C a rychlost větru je menší než 2 m s⁻¹. Okřídlená samička vzlétá pouze jednou za život několik hodin poté, kdy dospěje do stádia dospělce. Její aktivní let trvá jen krátce, 1–2 h; k delšímu letu nemá dostatečné energetické zásoby. Protože podmínky vhodné pro započetí letu jsou úzké a jeho trvání krátké, jeví let mšic výraznou dvouvrcholovou denní periodicitu, patrnou ovšem jen ve dnech s příznivými povětrnostními podmínkami. První vrchol letové aktivity nastává v dopoledních hodinách, kdy létají jedinci, kteří dospěli do stádia dospělce během noci, ale kvůli nevhodným světelným a teplotním podmínkám nemohli hned letět. Druhý vrchol nastává v podvečer, kdy

letí jedinci dospívající v poledne a odpoledne. Jejich množství je velké kvůli zvýšené denní teplotě, která urychluje vývoj a zvyšuje počet dospívajících jedinců. Aktivní let je důležitý pro šíření mšic uvnitř porostu. Zatímco aktivní let slouží k pohybu na krátké vzdálenosti, migrace na větší vzdálenosti je důsledkem pasivního unášení větrem. Vzdušné proudy jsou téměř nutnou podmínkou šíření mšic, k němuž dochází během migrace do porostů obilnin. Ačkoliv jsou mšice větrem unášeny pasivně, mají možnost aktivní spolupráce při ukončení letu a mohou tak usměrnit přistání do vhodných porostů.

Kromě letu je významným prostředkem šíření mšic také pozemní migrace přelézáním. Slouží k rozmístění mšic na hostitelské rostlině a k jejich šíření na okolní rostliny. Přitom mšice sestupují z hostitelské rostliny a mohou urazit značnou vzdálenost po povrchu půdy. Pozemní cestou mšice migrují převážně v noci, protože nejsou vystaveny vysokým teplotám panujícím ve dne zvláště na povrchu půdy. Tyto teploty jsou pro ně v době migrace velmi nebezpečné, protože lezoucí mšice nemohou doplnit zásoby vody sáním. K "pěší" migraci dochází jako u letu rovněž bezprostředně poté, co jedinec dospěje, a to asi u 30 % populace. Pozemní cestou migrují nejen bezkřídlé, ale i okřídlené samičky. K "pěší" migraci dochází bez ohledu na stav hostitelské rostliny. Stárnutí a stres hostitelské rostliny (hlavně sucho) však zvyšují podíl migrantů. Zasychající rostliny pak opouštějí nejen mladé dospělé samičky, ale i larvy.

Faktory poškození obilnin mšicemi

Velikost poškození hostitelské rostliny je součinem vlivu **potravního chování** mšic (posátí hostitelské rostliny a vylučování medovice) a **počtu mšic** přítomných na rostlině, který je dán vývojem velikosti jejich populací. Obojí složku popíšeme podrobněji.

Přímé škody. Mšice poškozují hostitelskou rostlinu přímo i nepřímo. Přímé škody vznikají sáním. Mšice rostlinám odčerpávají velký díl asimilátů transportovaných do sinků z blízkých zdrojových orgánů (hlavně z praporcových listů do klasů) i asimilátů produkovaných v samotných napadených orgánech (asimiláty transportované z plev do zrn). Celkové množství spotřebovaných asimilátů je možno odhadnout jen nepřímo, může však být značné. Při maximálním obsazení klasu mšicemi se podíl spotřebovaných asimilátů pohybuje v desítkách procent váhy zrna.

Nepřímé škody. Nepřímé škody vznikají ztrátou asimilační plochy, k čemuž dochází v důsledku porůstání skvrn medovice, vylučované mšicemi, myceliem černí. Snížení asimilační plochy může být za určitých okolností významnější než přímé ztráty. Hlavním faktorem podporujícím růst černí je vysoká vzdušná vlhkost. Proto jsou ztráty významné hlavně v oblastech vlhkého oceánského klimatu západní Evropy a v porostech odrůd s velkou listovou plochou. V našich podmínkách tato příčina snížení výnosu nebyla dosud podrobněji studována. Další výzkum by byl žádoucí.

Ztráty působené mšicemi jsou výsledkem přímého a nepřímého poškození hostitelské rostliny a dalších faktorů. Jejich velikost byla vícekrát hodnocena v polních pokusech, kde byly srovnávány výnosy v porostech napadených mšicemi a ponechaných bez ošetření a v porostech, kde byly mšice hubeny opakovaným chemickým ošetřením. Výsledky udávají maximální ztráty 10–20 % výnosu při vysokém výskytu mšic. Tyto výsledky závisejí nejen na množství mšic, ale na řadě dalších faktorů: odrůdě obilniny, počasí, agrotechnice. Je tudíž nemožné je nějak exaktně vyhodnotit, lze však uzavřít, že za určitých podmínek ztráta výnosu může být významná i v našich podmínkách.

Přenos viróz a jejich vliv. Významnou složkou škodlivosti mšic je přenos viróz vedoucí k poškození hostitelské rostliny a snížení výnosu. Na území České republiky byly dosud popsány čtyři druhy obilních virů, které šíří v polních podmínkách mšice. Intenzita jejich výskytu je závislá na početnosti druhů mšic, které příslušný virus přenášejí, četnosti zdrojů infekce, infekčnosti mšic a podmínkách při migraci mšic na porosty hostitelských obilnin. Nejrozšířenějším a neškodlivějším virem ve světě i u nás je luteovirus žluté zakrslosti ječmene (barley yellow dwarf virus – BYDV), který spolu s virem zakrslosti pšenice (wheat dwarf virus) způsobil kalamitní poškození zejména ozimých obilnin. Ze čtyř doposud známých kmenů tohoto viru byly v ČR zjištěny dva – PAV a RMV. PAV kmen BYDV se vyznačuje silnou patogenitou na většinu obilnin. Velmi efektivně je přenášen mšicí střemchovou, kyjatkou osenní a kyjatkou travní. Některé další druhy obilních mšic přenášejí tento kmen sporadicky nebo málo účinně. Přenos BYDV – PAV mšicemi má perzistentní charakter. Výskyt tohoto kmenu na našem území silně převládá nad výskytem BYDV – RMV. BYDV infikuje všechny pěstované obilniny a přes 150 druhů trav, u nichž v mnoha případech probíhá onemocnění bez příznaků.

BYDV způsobuje na obilninách různě silnou zakrslost. Infekci provází u citlivých obilnin poruchy v metání a někdy i předčasné odumírání rostlin. Klasy nebo laty bývají redukovány, kvítky jsou do značné míry a někdy i úplně sterilní. Listy nakažených rostlin jsou zpravidla kratší a mají vzpřímenější růst než u zdravých rostlin. U ječmene a některých odrůd pšenice žloutnou od špiček a okrajů, přičemž se na čepelích tvoří chlorotické skvrny nebo rozplývavé pruhy, které za určitých podmínek bývají vodnaté. Infikovaný oves a některé odrůdy pšenice mají okraje a špičky listů, případně jejich čepele, oranžové, červené až červenohnědé zabarvení. U ovsa se listy rourkovitě svinují. Nakažená kukuřice má na listech žloutnoucích od špiček a okrajů korálovou mezižilkovou proužkovitost chlorotického zabarvení. Kořeny nemocných rostlin jsou do značné míry kratší a méně rozvětvené. Intenzita výše uváděných příznaků a tedy i škodlivost je závislá na citlivosti druhů a odrůd obilnin na kmenu viru, povětrnostních podmínkách během vegetace, především však na růstové fázi rostlin v době infekce.

Obilniny jsou u nás infikovány BYDV ve dvou fázích. První fáze probíhá na podzim po migraci přenašečů na vzházející nebo vzešlé ozimy. Lokální populace mšic migruje na tyto ozimy z vegetujícího obilního výdrolu, z travnatých porostů i z kukuřice, kde získávají infekceschopnost z BYDV nakažených rostlin. Druhá fáze nákazy ozimých i jarních obilnin probíhá na jaře a v létě při migraci mšic pocházejících z přezimujících holocyklické generace. Svoji infekceschopnost získávají při přeletech na virem nakažených travách a ozimých obilninách. Podzimní i jarní a letní kolonizace porostů obilnin mšicemi nastává jak z lokálních tak vzdálených zdrojů ze kterých se jejich populace šíří pasivně vzdušnými proudy.

Největší škody způsobuje BYDV na ozimé pšenici a ozimém ječmeni, infikovaných ve fázi 1. listu až odnožování. Výsledky pokusů ukázaly, že virus může snížit výnos náchylných odrůd pšenice o cca 50–60 %, mírně odolných (tolerantních) cca o 30–40 %. U silně náchylných odrůd ozimého ječmene jsme zaznamenali 96–100 % redukci výnosu zrna. Při druhé etapě nákazy obilnin BYDV – PAV tj. na jaře a v létě, která probíhá v růstové fázi sloupkování a později se u ozimé pšenice odhadují výnosové ztráty na 5–10 %, u ozimého ječmene na 10–30 %. Redukce sklizně jarního ječmene je odhadována na 10–30 %, jarní pšenice na 10–15 % a ovsa na 40 a někdy i více procent. Infekce obilovin BYDV neredukuje pouze výnosy zrna, ale způsobuje rovněž pokles jeho technologické, nutriční a biologické kvality. Kromě toho virová nákaza snižuje odolnost k nepříznivým povětrnostním podmínkám, zvyšuje náchylnost k mšicím a řadě fytopatogenních hub, jako jsou *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. a *Septoria* spp.

Druhým virem přenosným mšicemi je polerovirus žluté zakrslosti obilnin (cereal yellow dwarf virus – CYDV), který byl donedávna považován za RPV kmen BYDV. Podobně jako BYDV má velmi široký okruh hostitelských rostlin. Jeho symptomatický projev (zakrslost rostlin, zabarvení listů) je velmi mírný, škodlivost malá. CYDV perzistentně a specificky přenáší mšice střemchová, sporadicky některé další druhy mšic.

Virus zakrslé mozaiky kukuřice (maize dwarf mosaic virus – MDMV) patří do skupiny potyvirů. Je neperzistentně přenosný mšicí kukuřičnou, mšicí střemchovou a kyjatkou travní. Snadno se přenáší mechanickou inokulací šťávou a sporadicky i semeny. Na listech, listových pochvách a obalech palic vyvolává chlorotickou mozaiku, kterou tvoří čárky a proužky mezi nervaturou. V pokročilé fázi choroby můžou tyto čárky a proužky splývat ve žlutě zabarvené pruhy. V závislosti na době infekce a citlivosti kultivaru rostliny v různé míře zakrsají. V některých evropských státech patří MDMV mezi nejvýznamnější patogeny na kukuřici, infikující porosty na 100 %. Výnos zrna může být podle literárních pramenů redukován o 30 %, výnos biomasy o 40 %. Virus mozaiky cukrové třtiny (sugarcane mosaic virus – SCMV) také patřící k potyvirům má podobné vlastnosti jako MDMV. Často se vyskytuje ve směsných infekcích s tímto virem. Vektory SCMV jsou mšice kukuřičná, mšice střemchová a kyjotka osenní, u nichž je přenos neperzistentní. Mezi zdroje infekce, ze kterých se virus šíří na kukuřici a prosovitě obilniny, patří některé druhy plevelných a kulturních trav. SCMV je hojně rozšířen v produkčních oblastech kukuřice. Zahradniční prameny referují o 5–65% redukcí výnosu zrna.

Růst populací mšic na obilninách. Délka pobytu a abundance mšic na hostitelské rostlině jsou dalším faktorem jejich škodlivosti. Nezbytným předpokladem porozumění metodám krátkodobé prognózy výskytu mšic je znalost populační dynamiky mšic, to je vývoje jejich početnosti v době jejich pobytu v porostech obilnin.

Idealizovaný případ vývoje početnosti populace mšic na obilninách je znázorněn na obrázku 4, který zobrazuje změnu abundance mšic (nutno vynášet v logaritmech) v závislosti na čase (t.j. v průběhu sezóny). Abundance mšic znamená průměrný počet mšic (vyjádřený jako logaritmus) na odnoži nebo určitém orgánu (na listech, v klasu). Čas je nejlépe vyjádřit součtem (sumou) denních stupňů nahromaděným od určitého momentu, například od začátku roku. Je tomu tak proto, že tělesná teplota mšic je proměnlivá. Protože rychlost všech biologických procesů závisí na teplotě, i "rychlost života" mšic je úměrná teplotě. Za stejně dlouhý kalendářní úsek mohou tedy prožít kratší či delší úsek svého života, v závislosti na tom, zda je teplota okolí nízká nebo vysoká. Vyjádření času součtem denních stupňů tedy vyrovnává tuto teplotní závislost života mšic.

Mšice migrují na odnož (listy, klas) v určitém počátečním množství. Od přiletu jejich populace roste díky rozmnožování. Ve zjednodušeném modelu předpokládáme, že tento růst je (v logaritmickém vynesení) lineární a je charakterizován svou rychlostí, která se rovná sklonu přímky znázorňující růst populace (větší sklon = vyšší rychlost růstu). V pozdějším období se růst zpomaluje a přímka se ohýbá směrem do vodorovné polohy. Po určité délce období růstu je dosaženo maximální abundance. Po jejím dosažení dochází k velmi rychlému poklesu početnosti mšic, které během několika málo dnů z porostů mizí. Výskyt mšic v daném porostu je možno charakterizovat dvěma způsoby.

Nejčastěji uváděnou charakteristikou velikosti populace mšic je

– **maximální abundance** mšic. Ta je rovna maximálnímu průměrnému počtu mšic na odnož nebo orgán hostitelské rostliny (listy, klas) dosaženému v daném roce. Stanovuje se jako maximální hodnota zjištěná při periodickém počítání (v intervalech nejvýše 1 týden, optimálně

3 dny) abundance mšic v porostu. Výpočetně je úplně určena (a) velikostí počáteční populace, (b) rychlostí růstu, (c) délkou růstu a (d) zpomalením růstu populace v konečné fázi jejího růstu. Hodnot blízkých maximální abundance je v některých letech dosaženo jen po velmi krátkou dobu (přibližně 2–3 dny). V těchto letech (kterých je většina) je stanovení maximální abundance obtížné kvůli její krátkodobosti, a periodická pozorování početnosti mšic je nutno konat v krátkých intervalech. V jiných letech je vrchol abundance mšic roztažený, takže hodnoty abundance blízké maximu se vyskytují v delším časovém období (až 10 dní). Vzhledem k tomuto typu výskytu je výhodné charakterizovat průběh změn abundance mšic jako – **zátěž** populace mšic (na odnož nebo orgán). Ta je dána součinem abundance a délky období jejich výskytu. Je rovna ploše pod křivkou populačního vývoje mšic (Obrázek 4). Výpočet zátěže je úplnějším vyjádřením vlivu populace mšic na rostlinu než jeho charakteristika pomocí maximální abundance, protože bere v úvahu i časovou složku pobytu mšic na hostitelské rostlině.

Klíčové faktory maximální abundance. Maximální abundance a zátěž mšic je určena třemi prvky jejich populačního vývoje. Prvním je velikost nalétající populace mšic v jarním období. Ta se v jednotlivých letech liší, v celku ale není významným faktorem určujícím škodlivost daného druhu. Maximální abundance závisí na dvou faktorech, to je délce období růstu populace mšic a rychlosti množení populace mšic. Délka období populačního růstu je rozhodujícím faktorem, ovlivňujícím maximální abundance, zátěž a škodlivost mšic. Změny délky populačního růstu jsou ovlivněny kolísáním termínu náletu i termínu ukončení populačního růstu mšic, jejichž časová vzdálenost určuje délku období růstu populace mšic. Se stoupající délkou tohoto období se zvyšuje maximální abundance a stoupá zátěž hostitelské rostliny. K většině kalamitních výskytů dochází v letech, kdy délka pobytu mšic na rostlinách je prodloužena. I meziodrůdové rozdíly a rozdíly v napadení, vyvolané kvalitou hostitelské rostliny, jsou většinou způsobeny prodloužením období růstu populací mšic na těchto rostlinách. Termín ukončení populačního růstu mšic je důležitým faktorem jejich abundance a jeho odsunutí o několik málo dní může mít za následek kalamitní přemnožení. Z hlediska poškození je významnější prodloužení období růstu v době populačního vrcholu než posunutí náletu do ranějšího termínu proto, že zátěž populací mšic závisí na teplotních sumách, které narůstají rychleji v koncovém (červen) než počátečním (květen) období vývoje populace mšic. Druhým faktorem je rychlost růstu populace mšic. Počáteční rychlost je méně proměnlivá, protože je dána biologickými vlastnostmi mšic, které jsou stálejší než faktory prostředí, které určují délku období jejich množení. Významnou okolností je však snížení rychlosti růstu populací mšic, ke kterému dochází na konci období jejich růstu. Je dáno především vnitrodruhovou konkurencí mšic a vlivem stárnutí hostitelské rostliny, dále však i vlivem přirozených antagonistů, který je největší právě v tomto období.

Vývoj populací mšic na obilninách

Tato problematika byla autory metodiky dlouhodobě sledována a je dále podávána na základě jejich výsledků. Při posuzování významnosti škod působených jednotlivými druhy mšic musíme brát v úvahu jejich abundance i délku pobytu na hostitelské rostlině. Zátěž působená rostlinám je dána součinem obou těchto prvků. Slabá populace přítomná po dlouhou dobu může způsobit škody obdobné, jako silná populace přítomná na rostlině po krátkou dobu. Maximální abundance dosahované jednotlivými druhy se liší na listech a v klasech.

Růst populace mšic v konstantních podmínkách. Pro posouzení potenciálních možností růstu populací mšic je účelné sledovat jejich množení, růst a přežívání v konstantních podmínkách, které vycházejí vstříc potřebám mšic. Podrobná studie kyjatky travní byla provedena autory metodiky. Je to demografická analýza pomocí tzv. životních tabulek. Životní tabulky popisují věkové složení populace, tj. relativní zastoupení jednotlivých vývojových stádií v daném okamžiku. Z těchto údajů lze odvodit, jak se bude populace vyvíjet. Životní tabulky jsou sestaveny na základě pokusu v kontrolovaných podmínkách tak, že se v pravidelných intervalech (zpravidla 24 hodin) sleduje vzorek populace čerstvě nakladených larev, zapisuje se počet jedinců každého vývojového stupně larev, po dosažení dospělosti se zaznamenává počet nakladených larev a přežívání dospělců rodičovské generace. Pozorování probíhá do doby, než uhynie poslední jedinec, který přežil z počáteční populace larev. Z takto stanovených životních tabulek pak lze pomocí demografické analýzy odvodit řadu parametrů popisujících růst populace mšic (Obrázek 5).

Druhové složení populací mšic a jejich rozmístění na rostlinách. Maximální abundance i zátěž jednotlivými druhy mšic se liší podle orgánu hostitelské rostliny (Obrázek 6). Výpočet zátěže umožňuje srovnání napadení mšic na celé rostlině. V průměru asi 15 % zátěže je směřováno do klasů, 75 % na listy a 10 % na kořeny. Tyto hodnoty mírně kolísají (v rozmezí asi 10 %) v závislosti na ročníku a na stavu porostu. Obecně lze říci, že v dobře vyvinutých a vyrovnaných porostech stoupá podíl zátěže na listech, v proředených nebo špatně vyvinutých porostech na neúrodných půdách stoupá podíl zátěže v klasech. Velikost zátěže kořenových mšic velmi kolísá v závislosti na místních podmínkách.

Druhové složení populace mšic na listech a v klasech se liší. Na listech asi 80 % zátěže představuje kyjatka travní, zbytek kyjatka osenní a mšice střemchová. Intenzita napadení mšicí střemchovou stoupá hlavně v proředených a/nebo dobře hnojených porostech. Nevyvážené hnojení minerálním dusíkem zvyšuje riziko napadení tímto druhem. V klasech přibližně 95 % zátěže představuje kyjatka osenní, zbytek připadá na mšici střemchovou. V porostech stresovaných suchem a špatnou výživou se může v teplých letech výrazně projevit napadení brvnatkou pestrá, jejíž populace může tvořit až 30 % zátěže na listech. Její maximální abundance může být velmi vysoká, ale doba trvání výskytu na rostlinách je vždy krátká.

Celkově nejhojnější mšicí je kyjatka travní. Její význam jako škůdce je podceňován, protože se vyskytuje pouze na listech. Druhým co do hojnosti je kyjatka osenní, jejíž populace v klasech jsou významnější než populace na listech. Další co do významu jsou mšice střemchová a brvnatka pestrá. Mšice střemchová má větší význam v kvalitních porostech, brvnatka pestrá v extenzivních produkčních porostech na půdách horší kvality, zejména v suchých letech.

Meziroční kolísání velikosti populací mšic. Meziroční kolísání abundance mšic a jejich zátěže na rostlinu je nejvýznamnějším faktorem určujícím jejich škodlivost. Maximální abundance obou hlavních škodlivých druhů mšic, kyjatky travní na listech a kyjatky osenní v klasech kolísají v průběhu let v rozmezí tří řádů (Obrázek 7). Typické maximální abundance se u obou druhů pohybují mezi 0,5–80 mšicemi na odnož. Úměrně s tímto kolísáním abundance kolísá v jednotlivých letech i zátěž hostitelské rostliny mšicemi.

Kolísání těchto charakteristik určujících škodlivost mšic je dáno kolísáním jednotlivých parametrů jejich populačního vývoje. Největší význam má délka vývoje populace mšic, dále rychlost růstu populací.

Vliv hostitelské rostliny. Kvalita hostitelské rostliny má zásadní vliv na rychlost a délku množení mšic. Z významných rozdílů, které jsou v korelaci s vývojem populace mšic lze uvést celkovou velikost rostliny (hmotnost, počet odnoží, listová plocha), podíl hmoty a energie přidělovaný do jednotlivých částí (poměr kořenů k nadzemním částem, relativní velikost klasů a zrn, sklizňový index tj. podíl z celkové hmotnosti rostliny přidělovaný do tvorby zrna), kvalita listů (velikost praporcového listu a obsah chlorofylu) a délka vegetačního období (rychlost zrání a stárnutí hostitelské rostliny). Nebezpečí škodlivého přemnožení mšic stoupá s hodnotou jednotlivých výše jmenovaných charakteristik. Populace většiny druhů mšic (kyjatka travní, kyjatka osenní, mšice střemchová) se lépe vyvíjejí v porostech dobře vyvinutých rostlin přidělujících zvýšené množství energie a hmoty do cílových orgánů obsazených mšicemi (listy, klasy, zrna). Pozitivně jsou ovlivňovány velikostí listů, vytrvalostí spodních listových pater a zejména obsahem chlorofylu v listech. Pozitivní vliv má prodloužení vegetačního období, a to jak v důsledku genetických dispozic rostlin (odrůda), tak zejména v důsledku pěstebních podmínek (hustota porostu, hnojení). Výjimkou co do preference je brvnatka pestrá, která preferuje rostliny stresované špatnou výživou a/nebo suchem.

Vliv mikroklimatu. Mikroklima, zejména teplota a vlhkost, rovněž ovlivňují rychlost množení mšic. Obojí se liší v hustých a zapojených optimálně vyvinutých porostech a v porostech proředěných. V teplých červnových dnech bývá rozdíl teplot uvnitř hustých a řídkých porostů ozimé pšenice a ječmene v denních hodinách asi 2,5–3,5 °C, relativní vlhkost je asi o 20 % vyšší v hustém porostu. Tyto rozdíly mizí v důsledku stárnutí rostlin a odumírání spodních pater listů v hustých porostech, ke kterému dochází na konci června. Chladnější a vlhčí mikroklima hustých porostů je příznivější vývoji kyjatyky travní, jejíž optimum vývoje je při nižších teplotách okolo 18–23 °C. Naproti tomu kyjatka osenní a mšice střemchová tolerují vyšší teplotu a proto dobře prosperují v proředěných porostech. Nejvyšší teplotu toleruje brvnatka pestrá, čemuž odpovídá i její výskyt v pozdějším období a ve stresovaných řídkých porostech.

Přirození nepřátelé (antagonisté) mšic

Skupiny antagonistů. Mšice mají řadu přirozených nepřátel. Je to proto, že se často vyskytují masově a jsou poměrně bezbrannou kořistí. Význam mají především nemoci způsobené houbovými parazity z čeledi Entomophthoraceae. Mšice se nakazí spory hub, které ulpívají na jejich povrchu. Nákaza probíhá několik dní latentně. Během této doby je mšice schopna migrovat vzdušnou i pozemní cestou a tak nemoc šířit. Posléze mšice hynou a dochází k tvorbě spor, kterými se nakazí další mšice. Na vývoj populací mšic působí nepříznivě i houboví patogeni hostitelské rostliny, například výskyt padlí travního (*Blumeria graminis*). Ošetření fungicidy může podporovat výskyt mšic.

Dalšími významnými přirozenými nepřáteli mšic jsou členovci. Ačkoliv přirozených nepřátel mšic z kmene členovců je velké množství, v porostech obilnin jsou jejich společenstva poměrně chudá a skládají se z několika desítek druhů, z nichž jen malá část je zastoupena větším počtem jedinců. Významnou skupinou přirozených nepřátel jsou predátoři (dravci), kteří během života napadají a zabíjejí více jedinců kořisti. Několik skupin, takzvaní speciřtci či specializovaní predátoři, se řiví převážně nebo výlučně mšicemi. Jsou to zejména brouci z ředy sluněčkovitých (Coccinellidae), kteří řerou mšice ve stádiu larvy i jako dospělci (Obrázek 8). Dospělci zimují mimo ornou půdu (okraje lesů, odlesněná vyvýšená místa, budovy), dobře létají a na jaře po náletu mšic kolonizují porosty obilnin. Kladou vajíčka, ze kterých se vyvíjí jedná generace potomstva. Larvy se řiví mšicemi, kuklení probíhá na listech obilnin. Po vykuklení

dospělci odlétají z porostů obilnin na mezihostitelské porosty rostlin, kde i během července a srpna nalézají dostatek mšic, a posléze během léta do zimovišť. V porostech obilnin mají největší význam slunéčko sedmitečné a slunéčko čtrnáctitečné (Tabulka 3). Společenstva slunéčkovitých v porostech obilnin se z dlouhodobého pohledu mění. V porovnání se stavem v poslední čtvrtině minulého století početnost nejhojnějších druhů, slunéčka sedmitečného a čtrnáctitečného, v současnosti poklesla a dříve poměrně hojné slunéčko pětitečné téměř vymizelo. Invazní slunéčko východní, které téměř nahradilo domácí druhy ve společenstvech slunéčkovitých na stromech a na divoce rostoucích bylinách, se v porostech obilnin vyskytuje pouze v omezené míře, a to pouze v porostech, kde se mšice výrazně přemnožily.

Tabulka 3. Změny početnosti slunéčkovitých v porostech obilnin v České republice. Průměrný počet dospělců jednotlivých druhů slunéčkovitých na 100 smyků v letech 1976–1986 a 2010–2016.

Vědecký název	Český název	1976–1986	2010–2016
<i>Coccinella quinquepunctata</i>	slunéčko pětitečné	1,4	0,1
<i>Coccinella septempunctata</i>	slunéčko sedmitečné	13,5	5,9
<i>Coccinella undecimpunctata</i>	slunéčko jedenáctitečné	0,1	
<i>Hippodamia variegata</i>	slunéčko pestré		0,3
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	slunéčko čtrnáctitečné	5,1	2,9
<i>Harmonia axyridis</i>	slunéčko východní		0,5

Druhou významnou skupinou predátorů jsou mouchy z čeledi pestřenkovitých (Syrphidae), jelikož se larvy řady druhů živí výhradně mšicemi. Z asi 4 hojných druhů má největší význam pestřenka pruhovaná (*Episyrphus balteatus* (DeGeer, 1776)), jejíž larvy představují okolo 80 % všech jedinců v populacích pestřenkovitých v porostech obilnin. Larva dorůstá délky 10 mm a vyznačuje se bezbarvou průhlednou pokožkou, pod níž je nepravidelný, sádrově bílý vzor. Jiným hojným druhem je pestřenka velká (*Scaeva pyrastris* (Linnaeus, 1758)), jejíž larva dorůstající 18 mm je sytě zelená se žlutými podélnými pruhy na hřbetní straně.

Další významnou skupinou predátorů jsou síťokřídlí z čeledi zlatoočkovitých (Chrysopidae). Jejich larvy požírají především mšice, ale dokáží vyjít i s jinou potravou. Mají velmi dobré vyhledávací schopnosti, a proto přežívají i v případech, kdy populační hustota mšic je velmi nízká. Mají tak význam zejména v období po náletu mšic, kdy početnost mšic je dosud nízká. Význam má především "zlatoočka obecná" (*Chrysopa carnea*). Bylo prokázáno, že pod tímto názvem se skrývá komplex velmi nesnadno rozpoznatelných druhů, z nichž nejméně tři se vyskytují na našem území. Který z nich má význam v ochraně obilnin, není známo. Všichni specializovaní predátoři aktivně vyhledávají kolonie mšic na rostlinách, přičemž se řídí hlavně čichovými podněty.

Kromě specializovaných predátorů mají význam i ty druhy, které se živí směsí různých druhů kořisti, a pouze příležitostně také mšicemi. Z hmyzu největší význam v porostech obilnin mají střevlíkovití (Carabidae). Některé jejich druhy pravidelně loví mšice lezoucí v noci po povrchu země, na rostliny však šplhají jen zřídka. Mšice požírají i brouci z čeledi páteříčkovitých (Cantharidae), kteří však nepohrdnou ani rostlinnou potravou, například prašníky kvetoucího žita a pšenice.

Většina predace mšic ze strany nespecializovaných predátorů je zajištěna pavouky (Obrázek 9). Jejich dopad je největší na jaře, na počátku růstu populací mšic. Mšičožravost byla zaznamenána u prakticky všech skupin přítomných v obilných polích. Ze síťových pavouků se jedná především o plachetnatky (čeleď Linyphiidae). U podčeledi plachetnatek zvané pavučenky (Erigoninae) bylo prokázáno, že jsou denně schopny sežrat část populace mšic v řádu procent. Z pavouků nestavějících si lapací sítě a aktivně vyhledávajících kořist se na predaci mšic v porostech obilnin nejvíce podílejí slíďáci rodu *Pardosa*, běžníci rodu *Xysticus* a volně žijící čelistnatky rodu *Pachygnatha*. U posledně jmenované skupiny byla navíc zjištěna jistá míra specializace na mšice. Na slíďácích rodu *Pardosa* byla zkoumána schopnost živit se pouze vybranými druhy obilných mšic. Mšice střemchová se ukázala být méně vhodná než kyjatka osenní a ta zase méně vhodná než kyjatka travní, přičemž dospělé mšice byly méně vhodné než jejich larvy. Tyto rozdíly byly vysvětleny rozdílnou mírou chemické obrany druhů mšic a jejich vývojových stadií.

Vedle predátorů jsou významnou skupinou přirozených nepřátel mšic také parazitoidi (Obrázek 10). Ti se vyvíjejí uvnitř jediné mšice, kterou nakonec usmrtí. Z parazitoidů mají význam některé druhy rodu *Aphidius* z čeledi mšicomarovitých (Aphidiidae). Tito drobní blanokřídlí kladou vajíčka nejčastěji do vyvíjejících se larev mšic. Z vajíčka se uvnitř mšice líhne larva, která se živí vnitřními tkáněmi mšice, aniž ji hned zahubí. Po několika dnech se larva parazitoida zakuklí. Mšice přitom hyne, nafoukne se a její povrch ztuhne do tvaru takzvané "mumie". Z ní se po několika málo dnech líhne dospělý parazitoid a cyklus se opakuje, pokud jsou ještě v okolí mšice. Vzhledem k rychlému sledu generací a poměrně velké plodnosti samic (několik desítek vajíček) jsou parazitoidi význačnými antagonisty mšic. Protože však jsou velmi malí a jejich schopnosti šíření jsou omezené, je účinek parazitoidů omezen na období vysoké populační hustoty mšic.

Účinnost antagonistů. Účinnost vlivu antagonistů závisí na tom, zda napadají populace mšic v raném nebo pozdním období jejich vývoje. Z hlediska ochrany proti mšicím je žádoucí raný vliv, který by udržel populace mšic na nízké úrovni. Typ výskytu, který by tento způsob kontroly populací mšic umožňoval, mají dospělci slunečkovitých, kteří nalétají do porostů obilnin ihned po náletu mšic, podobně pak i pavouci, páteříčkovití a střevlíkovití. Potlačení vývoje populace mšic v rané fázi však zpětně omezuje další vývoj populací predátorů. Existují proto ekologické mechanismy, které raný vliv antagonistů na populace mšic omezují. Většina antagonistů ovlivňuje populační vývoj mšic teprve v jeho pozdní fázi, před dosažením maximální abundance. Mezi ně patří jak houbové choroby, tak populace larev hmyzích predátorů (slunečkovití i pestřenkovití) a parazitoidi. Pozdní vliv populací predátorů nezamezí vzestupu abundance mšic ke kritickým hodnotám, zkrátí však trvání jejich populačního vrcholu na minimum a tím sníží riziko poškození.

Jedním z faktorů, který limituje účinnost specifických predátorů mšic, jsou rozdíly v teplotních požadavcích a v délce vývoje. Zatímco například průměrný spodní práh pro vývoj slunečkovitých je 12 °C a suma efektivních teplot okolo 220 denních stupňů, spodní práh pro vývoj mšic je 4 °C a suma efektivních teplot v průměru 130 denních stupňů. Z těchto průměrných dat vyplývá, že slunečka by mohla být efektivními predátory pouze v podmínkách vysoké teploty. Mšicím podobnější průměrné teplotní konstanty vývoje mají pestřenkovití. Jejich průměrná prahová teplota pro vývoj je 4 °C, suma efektivních teplot je 340 denních stupňů (na vývoj larvy z toho však připadá pouze asi 100 denních stupňů). Z toho vyplývá, že jejich predační schopnosti jsou méně narušeny nepříznivým počasím a chladnějším mikroklimatem hustých porostů.

III. 2. ČÁST SPECIÁLNÍ: DETERMINACE, MONITORING, PROGNOZA, OCHRANA

Jednoduchý klíč k určení hlavních druhů obilních mšic a jejich charakteristika

Morfologické znaky důležité pro rozlišování druhů (tzv. klíčové znaky). Většinu druhů obilních mšic lze na první pohled i pouhým okem určit podle charakteristického celkového vzhledu, tvaru těla, zbarvení a ochlupení povrchu, poměru délky těla a tykadla (viz Obrázek 2). K bezpečnému určení je nutná několikadenní praxe. V začátcích je třeba postupovat podle klíče a obrázků. Při určování podle klíče a popisů (charakteristik) druhů je třeba brát v úvahu některé znaky vyobrazené na obrázku 1:

(a) tvar posledního článku tykadla. Na něm lze odlišit tlustou základní část (základ, báze) a tenší koncovou část (koncový výběžek, terminal filament). Pro určování je důležitý poměr báze ku koncovému výběžku.

(b) Sifunkuly – jsou trubicovité výběžky na konci zadečku sloužící k vylučování poplašných feromonů. Z hlediska určování je důležitá jejich délka a tvar.

(c) Kauda – je “ocáskovitý” výběžek na konci těla dospělých jedinců. Rozlišovacím znakem je jeho tvar a velikost (srovnání s délkou sifunkulů).

Klíč k určování mšic na obilninách. Tento klíč využívá kombinace ekologických a morfologických znaků, které jsou snadno pozorovatelné. Znaky, které charakterizují dané skupiny z hlediska zařazení do vědecké soustavy hmyzu, jsou jiné, většinou obtížněji rozlišitelné. Klíč je tudíž vhodný právě jen k určení šesti druhů v něm uvedených. Nemůže být použit pro orientační určení jiných druhů. Tři nejhojnější druhy obilních mšic a nově pronikající mšice zhoubná jsou vyobrazeny na obrázku 2 (barevná příloha).

1. Mšice sají na nadzemních částech rostlin. _____ **2**

– Mšice sají na kořenech. _____ mšicovka svíдовá (*Anoecia corni*)

2. Svrchní strana těla lysá. _____ **3**

– Svrchní strana těla obrvená. _____ brvnatka pestrá (*Sipha elegans*)

3. Sifunkuly dlouhé, trubicovité, delší než dvojnásobek vlastní šířky. _____ **4**

– Sifunkuly zkrácené, kratší než dvojnásobek vlastní šířky. _____

_____ mšice zhoubná (*Diuraphis noxia*)

4. Sifunkuly tmavě zbarvené. _____ **5**

– Sifunkuly světle zeleně zbarvené, stejně jako tělo. _____

_____ kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*)

5. Sifunkuly kratší než polovina vzdálenosti mezi nimi, zbarvené stejně jako tělo, tedy tmavo zelené, olivové až hnědé. _____ mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi*)

– Sifunkuly delší než polovina vzdálenosti mezi nimi, černé. Zbarvení těla sytě zelené, nohy a tykadla černé. _____ kyjatka osenní (*Sitobion avenae*)

Charakteristika druhů uvedených v klíči

Mšicovka svídotvá (Anoecia corni (Fabricius, 1775))

Bezkrídle živorodé samičky žijící na kořenech obilnin jsou bledě šedozelené až šedé, na zadku svrchu tmavě šedá sklerotizovaná skvrna. Okřídlené samičky jsou šedé, hřbetní část těla zbarvena černě, křídla s výraznou černou skvrnou u předního okraje (pterostigma). Délka těla 2–2,5 mm. Primárním hostitelem je svída krvavá (*Cornus sanguinea*), kde druh přezimuje ve stádiu vajíčka. Na jaře zde vytváří 1–3 generace. Sekundárním hostitelem jsou obilniny a různé druhy trav, kde živorodé samičky žijí na kořenech, často navštěvovány mravenci. Její výskyt na kořenech může být velmi hojný, řádově několik desítek jedinců na rostlinu. Škodlivost tohoto druhu nebyla podrobněji zkoumána. Je zřejmě podceňována kvůli skrytému způsobu života.

Mšice zhoubná (Diuraphis noxia (Kurdjumov, 1913)) (Obrázek 2B)

Bezkrídle živorodé samičky vřetenovitého tvaru, světle žlutozelené až šedozelené, s jemným voskovým popraškem na povrchu těla. Od podobné kyjatky travní rozeznatelné podle krátkých sífunkulů, které jsou prostým okem těžko viditelné. Délka těla 1,4–2,3 mm. Okřídlené živorodé samičky podobného tvaru, světle zelené, délka 1,5–2,0 mm. Vyskytují se celoročně na obilninách, hlavně ječmenu a pšenici, vzácněji na ostatních druzích obilnin, nebo travách. V porostech obilnin přezimují a vytvářejí pohlavní generaci, která klade přezimující vajíčka. Proto se první napadení může projevit již brzy z jara, na rozdíl od ostatních druhů, které v našich podmínkách migrují do porostů obilnin většinou v průběhu května. Při větším napadení poškozené listy zasychají a svinují se do trubiček. Mšice zhoubná se v posledních letech šíří z Maďarska, jižního Slovenska a Rakouska na Moravu, byla zachycena i v Čechách. Jde o potenciálně nebezpečný druh, který by mohl v případě masového výskytu způsobit větší škody.

Kyjatka travní (Metopolophium dirhodum (Walker, 1849)) (Obrázek 2C)

Bezkrídle živorodé samičky na obilninách protáhle vřetenovitého, dozadu se rozšiřujícího těla. Zbarvení zelené až žlutozelené, nohy, tykadla a sífunkuly stejně zbarveny jako tělo. U většiny jedinců je zřetelný světle zelený pásek táhnoucí se podélně na hřbetní straně těla. Délka těla 1,6–2,9 mm. Okřídlené samičky podobného vzhledu, bez světlejšího podélného pásu, délka 1,6–3,3 mm. Vyskytuje se téměř výhradně na listech, kde může vytvářet velké kolonie skládající se z potomstva několika samic. Osidluje hlavně od slunce odvrácenou stranu listu, většinou spodní, v případě, že list je zkrouten, i svrchní. Do klasů zabloudí ojedinělé kusy, zřejmě v důsledku pěší migrace. Primárními hostiteli na nichž pohlavní generace klade přezimující vajíčka jsou růže (*Rosa*), vzácně řepík (*Agrimonia*) nebo jahodník (*Fragaria*), může však pravděpodobně přezimovat i na travách. Letní generace se kromě obilnin mohou vyskytovat na mnoha druzích trav (*Agrostis*, *Bromus*, *Dactylis*, *Lolium*, *Poa*). Hojně se vyskytuje na kukuřici.

Mšice střemchová (Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)) (Obrázek 2A)

Bezkrídle živorodé samičky mají široce hruškovité tělo a různé zbarvení, které ovšem uvnitř jedné kolonie bývá konstantní: olivově zelené, tmavě olivové až černé, nebo hnědozelené. Časté rezavě hnědé skvrny u základů sífunkulů. Okřídlené samičky migrující na jaře do porostů obilnin jsou černé, samičky narozené v porostech obilnin mají světle až tmavě zelený zadek. Délka těla je 1,2–2,4 mm. Primárním hostitelem, na němž samice přezimují, je střemcha

(*Prunus padus*), sekundárními letními hostiteli jsou, kromě obilnin a kukuřice, různé druhy trav, dále kosatce (*Iris*), sitiny (*Juncus*) a orobinec (*Typha*). Vajíčka přezimují u základů pupenů střemchy, z jara se ještě na střešce vyvíjejí 2–3 generace Okřídlené potomstvo posledních generací migruje do porostů obilnin, většinou jako první mezi ostatními druhy. Ve svém výskytu nedává přednost žádné části rostliny: na obilninách se vyskytuje na listech (často v listových pochvách), v klasech i na podzemních částech. V porostech obilnin se může vyskytnout i příbuzný druh, mšice kukuřicová (*Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856)). Od mšice střemchové se rozezná podle kratšího terminálního výběžku posledního článku tykadel (mšice kukuřicová: méně než 2,5 x delší, mšice střemchová: více než 3 x delší než báze článku) a kratších sífunkulů (mšice kukuřicová: kratší než 1,5 délky kaudy, mšice střemchová: delší než 1,5 délky kaudy). Mšice kukuřicová rovněž nemá nikdy vyvinuty hnědé skvrny okolo základů sífunkulů.

Brvnatka pestrá (*Sipha elegans* Del Guercio, 1905; často také uváděná jako *Sipha agropyrella* Hille Ris Lambers, 1939).

Bezkrídle živorodé samičky široce oválné, svrchu zploštělé, na zádech porostlé dlouhými chlupy. Sífunkuly jsou velmi krátké. Zbarvení těla tmavě žluté až žlutohnědé s výrazným světlejším páskem táhnoucím se podélně uprostřed těla. Okřídlené samičky žlutohnědé se dvěma podélnými řadami tmavých teček, které v zadní části těla splývají na každém článku v příčný proužek. Délka těla 1,4–2,1 mm. Kromě obilnin žije na travách, např. pýru plazivém (*Agropyron repens*), ovsíku vyvýšeném pravém (*Arrhenaterum elatius*), kostřavě luční (*Festuca pratensis*) a ječmeni myším (*Hordeum murinum*). Přezimuje na travách, do porostů obilnin migruje v průběhu června. Tvóří husté, nahloučené, často velmi početné kolonie na svrchní straně listů, nebo pod klasem. Masový výskyt převážně v období pokročilé voskové zralosti, později než u ostatních druhů mšic. Brvnatka pestrá je hojná hlavně v suchých a teplých letech, především na rostlinách stresovaných suchem a špatnou výživou.

Kyjatka osenní (*Sitobion avenae* (Fabricius, 1775)) (Obrázek 2D)

Bezkrídle samičky široce vřetenovitého tvaru těla. Zbarvení buď žlutozelené až šedo zelené, nebo hnědočervené až tmavě hnědé, často lesklé. Nohy a sífunkuly často černé. Délka těla 1,3–3,3 mm. Okřídlené samičky zbarveny podobně, délka těla 1,6–2,9 mm. Kromě obilnin se vyskytuje na mnoha druzích trav, kde přezimují ve stádiu vajíčka. Do porostů obilnin migrují v průběhu května. Zde žijí nejprve na listech, asi týden po vymetání migruje většina populace do klasů, kde se stává většinou dominantním druhem. Od příbuzné kyjatky obilné (*Sitobion fragariae* (Walker, 1848)), která napadá obilniny vzácněji, se odlišuje délkou sífunkulů, které jsou u kyjatky obilné více než 2 x delší než kauda, u kyjatky osenní méně než 1,5 x delší než kauda.

Škodlivost mšic

Ztráty výnosu způsobené mšicemi se liší v závislosti na odrůdě, pěstebních podmínkách a počasí. Udávané hodnoty snížení výnosu se proto významně liší. Někteří autoři uvádějí, že přítomnost 10 mšic kyjatky travní na praporečový list působí ztrátu váhy klasu o 6 %, 20 mšic o 12 % a 40 mšic 17 %. Pro kyjatku osenní uvádějí při početnosti 5 mšic na klas ztrátu váhy klasu o 1 %, 10 mšic na klas působí ztrátu 8 % a 20 mšic ztrátu 17 % váhy klasu. Jiní autoři zjistili, že pro kyjatku osenní při početnosti 10 mšic na klas snížení výnosu o 7 %, přítomnost 20 mšic sníží výnos o 11 %, a 30 mšic o 18 %. Tyto údaje uvádíme pouze jako pravděpodobné a experimentálně podložené v polních pokusech. Údaje jiných autorů, rovněž pokusně podložené, se značně liší v obou směrech.

Rozhodovací procesy v ochraně

Pro rozhodnutí o použití chemické ochrany je možno se řídit pokyny obsaženými v publikaci "Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům. Polní plodiny" z r. 2013. Tato metodická příručka doporučuje pro ochranu proti mšicím v klasech ošetření v době od konce květu do začátku tvorby obilky (10.5.3.–10.5.4. růstové fáze podle Feekese, 69–70 BBCH), a to v porostech s výskytem v průměru více než 3 mšice na jeden klas. Pro ochranu proti mšicím na listech v ozimé pšenici se doporučuje chemické ošetření v době kvetení, a to v porostech, kde je více než 25 mšic v průměru na jednu odnož. Ochrana proti listovým mšicím v porostech jarního ječmene se doporučuje, jestliže se zjistí na začátku sloupkování 25 a více mšic alespoň na 30 % odnoží. Informace k ochraně proti hlavním obilným mšicím včetně aktuálních insekticidních přípravků jsou také na rostlinolékařském portálu: http://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/#mon|metodiky|.

Metody zjišťování abundance mšic

Prvním krokem, který je nutno učinit pro zdárný výsledek prognózy pravděpodobnosti dosažení hospodářsky významného výskytu mšic, je co nejpřesnější odhad jejich momentální abundance. K tomu se osvědčilo několik metod, z nichž každá nám podává informaci o početnosti mšic jiným způsobem. Metoda odchyty sacími pastmi podává nepřímé indikace budoucí abundance v porostech. Pomocné metody poskytují globální informaci o velikosti populace mšic. Jejich spolehlivost je závislá na mnoha faktorech, zejména stavu vývoje porostu obilnin a počasí v době odpočtu mšic. Přímé metody jsou nejpracnější, ale poskytují spolehlivou informaci o abundanci mšic.

Sací pasti jsou metodou využívanou v České republice k výzkumným účelům od sedmdesátých let minulého století. Od roku 1992 byla pro účely pravidelného monitorování vytvořena síť pěti sacích pastí, které jsou na území státu rozmístěny tak, aby reprezentovaly základní typy výrobních oblastí: Čáslav – řepařská oblast, Chrlice – kukuřičná oblast, Lípa u Havlíčkova Brodu – bramborářská oblast, Věrovany – řepařská oblast, Žatec – chmelařská oblast. Používány jsou sací pasti typu Johnson-Taylor využívané v ostatních státech Evropy. Pasti mají tvar komínů vysokých 12,2 m. Do horního otvoru komínu je nasáván okolo poletující hmyz, takzvaný „vzdušný plankton“, jehož součástí jsou i okřídlené mšice. Jedna sací past tak připadá na oblast o poloměru asi 80 km a předpokládá se, že stávající síť sacích pastí může poskytovat informaci o množství létajících mšic na území celé České republiky. Pasti jsou uváděny do provozu 1. dubna, posledním dnem provozu pak bývá 30. listopad. V tomto období jsou vzorky odebírány denně. Sleduje se letová aktivita u 2 rodů a 14 hospodářsky významných druhů mšic, mezi které patří i mšice zhoubná, kyjatka travní, mšice stěmchová a kyjatka osenní. Na stránkách webového portálu ÚKZÚZ, <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/skodlive-organisms/aphid-bulletin/> jsou v týdenních přehledech uváděny údaje o náletu mšic pod názvem Aphid Bulletin. Informace o letové aktivitě mšic jsou výrazným signálem pro zahájení sledování mšic v porostech, současně je lze využít pro zpřesnění prognózy výskytu virových infekcí přenášených mšicemi k zajištění výnosů obilnin a pro včasné nasazení insekticidní ochrany rostlin.

Pomocné metody zjišťování abundance mšic. Pomocné metody zjišťují přítomnost a abundanci mšic v porostu povšechným způsobem, ale neumožňují stanovit přesné počty mšic na odnož, jejichž zjištění je nezbytné pro prognózu výskytu.

a) Orientační zjištění přítomnosti mšic v porostech v době náletu. Vhodným signálem náletu mšic do porostu je přítomnost jejich predátorů, zejména slunéčka sedmítečného. Tento

druh nalétá do porostů obilnin 1–2 dny po započetí náletu mšic, a to i při dosud velmi nízké populační hustotě mšic, přibližně 2–3 jedinci na m². Tak nízkou populační hustotu mšic nelze zjistit žádnou jinou metodou vhodnou k rychlému praktickému využití. Protože slunečka mají velmi dobrou schopnost lokalizovat místa výskytu mšic, je metoda vhodná i k vytipování vzniku ohnisek výskytu mšic ve velkých porostech. Sledování provádíme vždy za slunečného počasí v ranních hodinách, dokud teplota vzduchu nepřesáhne 17–18 °C. Za těchto podmínek se slunečka snaží zvýšit svou tělesnou teplotu sluněním. Vylézají na osluněná místa (povrch půdy nebo svrchní listy porostu) a vystavují co největší plochu povrchu těla slunečným paprskům. Pozorovatel se postaví tak, aby měl slunce za zády, prochází porost a sleduje před sebou výskyt sluneček v pásu asi 2 m širokém. Slunečka sedmítečná jsou velmi dobře viditelná kvůli červenému zbarvení a velikosti. Zjistíme-li přítomnost alespoň 1–2 sluneček na 100 kroků signalizuje to přítomnost mšic v porostu. Při vyšší abundanci mšic dochází ke zvýšení počtu vyhrívajících se sluneček.

b) Rychlá metoda zjišťování přítomnosti mšic pomocí smýkání porostu entomologickou sítí (smýkačkou). Na jednom pozorovacím místě provádíme 3 série po 25 smycích, přičemž jako jeden smyk se považuje protažení smýkačky porostem v délce rozpažení. Po každé sérii prohlédneme vnitřek smýkačky a zjistíme přítomnost mšic, které se zachytily ve smýkačce. Větší počet smyků v sérii nelze doporučit, protože hmyz obsažený v síti je příliš poškozen. Smýkáním zachytíme mšice i při velmi nízké abundanci, zejména mšice žijící v klasech. Spolehlivý přepočet množství mšic zachycených smýkáním na počty mšic na odnož (abundanci) není možný. Podobně jako smýkací síť je možno přítomnost mšic sledovat sacím lapačem.

c) Perspektivní metodou je odhad přítomnosti a početnosti mšic ze spektrálních charakteristik světla odraženého z porostů obilnin napadených mšicemi. Posátí listů, jehož intenzita je úměrná množství přítomných mšic, ovlivňuje obsah chlorofylu v listech a snižuje odrazivost světla v oblasti vlnových délek 625–635 nm a 680–695 nm. Tyto rozdíly lze zjistit speciálními kamerami nesenými drony a využít pro odhad množství mšic v porostech. Metoda byla v USA využita pro zjišťování ohnisek výskytu mšic ve velmi rozlehlých porostech a k cílení využití ochranných opatření proti nim.

Přímá metoda zjišťování abundance mšic. Cílem přímé metody je zjištění průměrného počtu mšic na odnož. Z hlediska praktického sledování je nutno cíleně vybrat pozorovací místa v porostu a zvolit počet sledovaných odnoží. Populační hustota mšic v porostech obilnin je ohniskovitá a rozložení ohnisek s vyšší a nižší populační hustotou mšic na ploše je nerovnoměrné, a to i ve vyrovnaných porostech obilnin. Domněnka, že prostorové rozložení populací mšic je zpravidla ovlivněno vzdáleností od okraje porostu, se nepotvrdila. Velká část porostů obilnin, zejména při pěstování na velkých honech, není co do kvality a vyrovnanosti rovnoměrně vyvinuta. K této různorodosti je nutno přihlížet při výběru pozorovacích míst. Pro odečty populační hustoty mšic volíme místa, kde je porost vyvinut v kvalitě typické pro větší část honu, tj. u dobře vyvinutých porostů v hustém a zapojeném porostu, u řídkých a/ nebo stresovaných porostů rovněž na typickém místě. Na každém honu doporučujeme zvolit tři pozorovací místa ve vzdálenosti 30–50 m od okraje pole a 50 m od sebe navzájem. Na velkých honech (více než 30 ha) se doporučuje rozdělit pozemek na čtvrtiny a v každé z nich provést jeden odběr, tj. dohromady čtyři odběry. Odebírání mšic na větším množství pozorovacích míst, případně rozmístění pozorovacích míst v diagonále je z časového hlediska náročné a tyto nároky nejsou úměrné zisku ze zvýšení přesnosti odhadu početnosti mšic. Máme-li podezření na výrazně ohniskové rozmístění mšic v porostu, můžeme orientačně zjistit jejich polohu některou z rychlých pomocných metod. Po zjištění polohy ohnisek je nutno rozhod-

nout o tom, zda bude sledována abundance v ohniscích, nebo v méně napadeném porostu (jsou-li ohniska malá).

Stanovení abundance mšic s dostatečnou přesností použitelnou pro krátkodobou prognózu je pracné a časově náročné zvláště v případech, kdy je početnost mšic malá. K minimalizaci tohoto úsilí byly stanoveny tzv. „vzorkovací postupy“ (sampling plans), které určují minimální pracovní úsilí nezbytné k dosažení stanovené přesnosti odhadu početnosti populací mšic. Níže uvádíme tabulkové hodnoty pro dva vzorkovací postupy navržené na základě pozorování abundance mšic (souhrnné hodnoty pro všechny druhy dohromady) v porostech jarní pšenice (použitelnost postupu na druhu obilniny nezáleží).

Tabulka 4. Minimální požadovaný počet sledovaných odnoží pro dosažení 10%, 15% a 25% úrovně spolehlivosti odhadu počtu mšic.

Průměrný počet mšic na odnož	Zvolená přesnost měření		
	10%	15%	25%
1	775	344	123
2	458	203	73
3	336	149	54
4	270	120	43
5	228	101	36
6	199	88	32
7	177	79	28
8	160	71	26
9	146	65	23
10	135	60	22
11	125	56	20
12	117	52	19
13	110	49	18
14	104	46	17
15	99	44	16
20	80	35	13
25	67	30	11
30	58	26	9
35	52	23	8
40	47	21	8

Tabulka 4 stanoví počet odnoží, na nichž je nutno mšice spočítat, aby bylo dosaženo spolehlivého odhadu při dané populační hustotě mšic a zvolené úrovni přesnosti. Při použití tabulky provedeme následující tři kroky:

1. Nejdříve zvolíme úroveň přesnosti výsledku stanovení. V tabulce 4 jsou uvedeny tři úrovně přesnosti, 10%, 15% a 25%, nicméně pro praktické využití dostačuje 25% úroveň přesnosti. Zvolená úroveň přesnosti znamená, že například při skutečném průměrném počtu 10 mšic na odnož se bude náš odhad při 10% úrovni přesnosti pohybovat mezi 9 a 11 mšicemi na odnož, při 15% úrovni přesnosti mezi 8,5 a 11,5 mšicemi na odnož, a při 25% úrovni přesnosti mezi 7,5 a 12,5 mšicemi na odnož.

2. Na zvoleném pozorovacím místě provedeme nejprve orientační odhad početnosti mšic stanovením jejich počtu na 20 odnožích.

3. Výsledek tohoto odhadu vyhledáme v prvním sloupci tabulky 4, v dalších třech sloupcích pak nalezneme počty odnoží, na nichž bude nutno mšice spočítat, aby bylo dosaženo stanovené úrovně přesnosti při odhadnuté početnosti mšic na prvních 20 odnožích.

Jak je patrné z tabulky, k dosažení spolehlivějšího odhadu je zapotřebí počítat mšice na větším počtu odnoží. Tak při průměrné skutečné početnosti 1 mšice na odnož (první řádek tabulky) je nutno k dosažení 10% přesnosti odhadu počítat mšice na 775 odnožích, k dosažení 15% přesnosti odhadu počítat mšice na 344 odnožích, a k dosažení 25% přesnosti odhadu počítat mšice na 123 odnožích. Při vysoké početnosti 40 mšic na odnož (poslední řádek), je nutno pro dosažení výše uvedených úrovní přesnosti odhadu spočítat mšice na menším počtu odnoží, 47 pro dosažení 10% přesnosti, 21 pro dosažení 15% přesnosti a pouze 8 pro dosažení 25% přesnosti.

Tabulka 5 uvádí takzvaný sekvenční vzorkovací plán sloužící ke stanovení tří předem zvolených kritických hodnot (KH) početnosti mšic. Jako KH se uvažuje počet mšic na odnož, který může být použit například jako kritérium pro provedení chemického ošetření. Postupujeme následovně:

1. Stanovíme kritickou hodnotu početnosti mšic, například $KH = 9$.

2. Vyhledáme počet odnoží, na kterém budeme pozorování provádět (první sloupec vlevo), přičemž začínáme od nejnižšího v tabulce uvedeného počtu 20 odnoží (první řádek).

3. Spočítáme mšice na dvaceti odnožích. Je-li jejich souhrnný počet nižší než „dolní mez“ 114 (druhý sloupec), další počítání mšic už neprovádíme, protože je jich významně méně než zvolená $KH = 9$ mšic na odnož. Je-li souhrnný počet mšic vyšší než „horní mez“ 246 mšic (třetí sloupec), znamená to, že průměrný počet mšic na odnož je vyšší než zvolená kritická hodnota $KH = 9$ mšic na odnož. Pokud se počet mšic pohybuje mezi dolní a horní mezí pro velikost vzorku 20 odnoží, pokračujeme v počítání. Postoupíme ke druhému řádku tabulky 5, který uvádí hodnoty pro velikost vzorku 25 odnoží.

4. K již spočítanému množství mšic z dvaceti odnoží přičteme počet mšic, které napočítáme na dalších pěti odnožích. Tento počet srovnáme s údaji pro dolní (druhý sloupec, 152 mšic) a horní mez počtu mšic (třetí sloupec, 298 mšic) při velikosti vzorku 25 odnoží. Při rozhodování, jestli ukončit počítání nebo v něm pokračovat na dalších pěti odnožích, postupujeme obdobně, jako je popsáno v bodě 3.

Tabulka 5. Sekvenční vzorkovací plán pro kritické hodnoty KH 9, 13 a 17 mšic na odnož.

Počet odnoží ve vzorku	KH = 9		KH = 13		KH = 17	
	dolní mez	horní mez	dolní mez	horní mez	dolní mez	horní mez
20	114	246	181	339	250	430
25	152	298	237	413	324	526
30	190	350	294	486	400	620
35	228	402	351	559	476	714
40	267	453	409	631	553	807
45	307	503	467	703	630	900
50	347	553	526	774	708	992
55	386	604	585	845	786	1084
60	427	653	644	916	864	1176
65	467	703	703	987	943	1267
70	508	752	763	1057	1022	1358
75	548	802	823	1127	1101	1449
80	589	851	883	1197	1180	1540
85	630	900	943	1267	1260	1630
90	671	959	1003	1317	1340	1720
95	713	997	1064	1406	1419	1811
100	754	1046	1124	1476	1499	1901

Krátkodobá prognóza

Cílem krátkodobé prognózy (signalizace) je stanovit maximální abundanci, kterou populace mšic dosáhne v dané vegetační sezóně, tj. jedná se o předpověď v časovém horizontu 2–3 týdnů. Při tomto typu prognózy musíme vzít v úvahu plošné rozmístění mšic v prostoru (ohniskovost výskytu) a rychlost dalšího růstu jejich populace. Příčinou ohniskovosti je především nerovnoměrná kvalita porostu a nerovnoměrné obsazení porostu při náletu mšic. Zvýšené nebezpečí výskytu klasových mšic lze předpokládat v místech, kde porost není optimálně zapojen a kde je hustota porostu nízká. Ani v optimálně a rovnoměrně vyvinutém porostu není abundance mšic stejnoměrná. Ohniska výskytu v některých případech vzniknou na okrajích porostu v místě prvního náletu mšic. Nelze však jednoznačně určit, který okraj je vystaven zvýšenému riziku náletu. Doporučuje se věnovat pozornost okrajům v sousedství lesa nebo mezi porostlých stromy, otevřené okraje sousedící s jinými polními kulturami jsou ohroženy méně.

Pro Českou republiku byly vypracovány dvě metody prognózy maximální početnosti (abundance) mšic. Obě metody byly navrženy na pracovišti Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i., na základě dlouhodobého (1988–2017) sledování populační dynamiky mšic v porostech ozimé pšenice.

METODA 1

První metoda využívá regresního vztahu mezi početností mšic v období metání a maximální početností, kterou populace mšic dosáhne (Obrázek 11). Tento vztah byl stanoven pro populace kyjatky osenní v klasech a populace kyjatky travní na listech. Regresní vztah využíváme pro stanovení prahové početnosti mšic v době metání $N_{krit'}$, která odpovídá předpovězené hodnotě abundance mšic v době měření vzhledem ke zvolené prahové hodnotě maximální početnosti mšic, při jejímž překročení dojde k poškození plodiny spojenému se snížením výnosu (Obrázek 11). Jestliže početnost mšic v době metání překročí prahovou hodnotu $N_{krit'}$, signalizuje to nebezpečí, že maximální početnost mšic překročí práh škodlivého výskytu.

V případě modelové studie jsme při výpočtu N_{krit} postupovali takto: (1) Stanovili jsme regresi maximální početnosti mšic na jejich početnosti v době metání. (2) Zvolili jsme prahovou hodnotu maximální početnosti 5 mšic na klas pro kyjatku osenní a 10 mšic na praporcový list pro kyjatku travní, což jsou hodnoty nízké. (3) Z regresní přímky zjistíme odpovídající hodnotu početnosti mšic v době metání $N_{krit'}$. Praktické využití regresní předpovědi zobrazuje obrázek 11. Pokud je početnost mšic v období metání vyšší než $N_{krit'}$, regrese předpovídá škodlivý výskyt v období maxima mšic (pozitivní předpověď), při nižší početnosti lze očekávat neškodlivý výskyt (negativní předpověď). Pro jednotlivé případy pak můžeme následně určit podíl falešně negativních předpovědí (regrese předpovídá maximální početnost pod hodnotou škodlivého výskytu, ale skutečná početnost tuto hodnotu přesahuje) a podíl falešně pozitivních předpovědí (regrese předpovídá maximální početnost nad hodnotou škodlivého výskytu, ale skutečná početnost tuto hodnotu nedosahuje). Z hlediska úspěšnosti předpovědi je významný podíl falešně negativních předpovědí a falešně pozitivních předpovědí.

Tabulka 6. Hodnoty N_{krit} a podíl falešně negativních (A) a falešně pozitivních (B) předpovědí v případech nenulového výskytu kyjatky osenní na listech v termínech prvního, druhého a třetího týdne po metání, a (C) podíl škodlivých výskytů při nulové početnosti KO na listech.

Týden po metání	N_{krit}	A	B	C
1	0,29	35 %	7 %	5 %
2	0,29	28 %	6 %	3 %
3	0,59	24 %	4 %	3 %

Kyjatka osenní se po náletu do porostů obilnin usazuje na listech, do klasů přelézá a tam se množí počínaje kvetením. Délka pobytu populace kyjatky v klasech a termín dosažení maximální početnosti se liší mezi ročníky a nelze jej spolehlivě předpovědět. Byl proto stanoven vztah mezi maximální početností kyjatky osenní v klasech a početností na listech ve fázi metání a po něm. Pro prognózu byly využity údaje o souhrnné početnosti na listech všech listových pater v prvním týdnu po metání (asi 3 dny po vymetání 50 % klasů), ve druhém týdnu po metání (asi 10 dnů po vymetání 50 % klasů) a ve třetím týdnu po metání (asi 15 dnů po vymetání 50 % klasů). Ve všech těchto termínech existuje průkazná závislost mezi početností kyjatky osenní na listech (uvažovány pouze nenulové hodnoty) a její početností v období populačního maxima (Obrázek 12). Podíl falešně pozitivních předpovědí není velký, tj. prahová maximální početnost

nebyla dosažena, ač byla předpovězena (Tabulka 6). Podíl falešně negativních předpovědí, tj. prahová maximální početnost byla dosažena, ač nebyla předpovězena, je větší, okolo třetiny případů (Tabulka 6). Rozhodovací proces pro ochranu je tudíž pracný a jistota jeho výsledku poměrně nízká. Pokud se kyjatka osenní v období po metání na listech nevyskytuje (nulové hodnoty), prakticky nehrozí škodlivý výskyt v klasech (Tabulka 6).

Jiný výpočet musí být použit pro kyjatku travní (KT). Ta se usazuje na listech od počátku května a sezónní dynamika jejího výskytu je v jednotlivých letech velmi proměnlivá. Byla prokázána závislost mezi maximální početností mšic a jejich výskytem v prvním týdnu metání (Obrázek 13). Při hodnotě škodlivé maximální abundance = 10 mšic na odnož hodnota $N_{krit} = 1,84$ mšic na odnož. Podíl falešně negativních předpovědí byl 19,6 %, a podíl falešně pozitivních předpovědí byl 8,8 %. Při nulovém výskytu kyjatky travní v době metání (26 % zkoumaných případů v sérii 143 pozorování z 1992–2016) byl později práh škodlivé maximální abundance překročen ve 14 % případů.

METODA 2

Druhá metoda využívá pokusně zjištěných parametrů rychlosti růstu populace mšic. Maximální abundanci mšic lze odhadnout s použitím průměrných údajů o rychlosti růstu jejich populací, která je velmi podobná mezi jednotlivými lety a porosty. Základem pro vypracování modelu jsou data získaná v letech 1996–2000 v optimálních produkčních porostech ozimé pšenice v Praze – Ruzyni. Model vychází z předpokladu lineárního vztahu mezi logaritmem abundance mšic (počet jedinců na odnož) a biologickým časem (sumou denních stupňů nad vývojovým prahem 5 °C počítanou od počátku daného roku) (Obrázek 4). Předcházející pozorování ukázala, že při takto přepočítaných datech termín dosažení maximální abundance a rychlost růstu populace jsou ve většině let a u většiny porostů podobné. Jednotlivé případy se liší termínem počátku rozvoje populace mšic a délkou trvání růstu populace mšic. Model je založen na předpokladu této podobnosti: počítá se s jediným stanovením abundance mšic v přesně definovaném časovém momentu a s tím, že do dosažení maxima abundance od tohoto okamžiku uplyne konstantní čas (T_p – v denních stupních) během něhož populace (dekadický logaritmus počtu jedinců na odnož) poroste konstantní rychlostí (R_p). Výpočet maximální abundance tedy zahrnuje (a) zjištění abundance mšic v doporučeném okamžiku a výpočet dekadického logaritmu této hodnoty, (b) k hodnotě abundance v logaritmech přičteme konstantu $C_p (= T_p * R_p)$, (c) vzniklý součet po odlogaritmování dává predikci maximální abundance mšic v daném porostu. V letech pozorování bylo dosaženo následujících průměrných parametrů vývoje populace mšic.

Na základě průměrných dat se doporučuje následující postup výpočtu maximální abundance. Kyjatka travní: Abundanci mšic stanovíme při dosažení 500 denních stupňů (ve většině let v prvé dekádě června, nutno co nejpřesněji dodržet). K log této hodnoty přičteme $C_p = 3$. Vyjde-li po odlogaritmování předpovídaná maximální abundance větší než 0,5 mšic na odnož, doporučujeme empirickou korekci, kde (korigovaná abundance) = (předpověděná abundance) * (-0,709) + 5,2. Chyba odhadu oproti skutečné maximální hodnotě, která bude později dosažena, stoupá s abundancí mšic. Významné odchylky mezi předpovědí a skutečnou hodnotou však lze očekávat až při abundancích >25 mšic/odnož, které jsou v produkčních porostech řídke. Kyjatka osenní: Abundanci mšic stanovíme 10 dnů po 50 % vymetání klasů. K log této hodnoty přičteme $C_p = 1,5$. Výsledná hodnota po odlogaritmování udává odhad maximální abundance mšic v klasu. Takto předpověděné hodnoty se lišily od pozorovaných maximálních hodnot abundance v rozmezí 0,6 jedinců na odnož.

Originální poznatky uvedené v obou metodách můžeme shrnout v **jednoduchou rozhodovací metodu pro praktické využití**. Zahrnuje 3 kroky. (1) Ve sledovaném porostu vyčkáme do období ukončení metání a pak během 2–3 dnů provedeme odpočet početnosti mšic. (2) Mšice počítáme na třech místech vzdálených 20 m, 40 m a 60 m od okraje porostu. Na každém místě spočítáme mšice na 75 odnožích (vzhledem k tomu, že mšice přelézají do klasů později, je možno je počítat pouze na listech). (3) V případě, že zjistíme v průměru 2 a více mšic na odnož, lze očekávat, že maximální početnost s 90% pravděpodobností přesáhne 20 mšic na odnož. K přemnožení mšic v době maximální početnosti může s 20% pravděpodobností dojít i v případě, že zjistíme v průměru méně než 2 mšice na odnož.

Očekávaná ztráta výnosu při početnosti 20 mšic na odnož je 10%. Z těchto údajů je možno vypočítat při daných nákladech na ošetření a cenách komodity rentabilitu ošetření.

K největšímu přemnožení mšic dochází většinou 3–4 týdny po metání. V případě, že se rozhodneme pro zásah, doporučujeme jej provést asi po 1–2 týdnech po metání. Vzhledem k nejistotě předpovědí lze doporučit před ošetřením ještě kontrolní odpočet. Provede se podle bodu 2, mšice počítáme na každém místě na 20 odnožích (na listech i v klasech) a k ošetření přistoupíme, zjistíme-li početnost více než 10 mšic na odnož.

Dlouhodobá prognóza

Jejím cílem je předpověď výskytu mšic v následující sezóně. Metody dlouhodobé prognózy nejsou zatím vypracovány. Meziroční výkyvy populační hustoty mšic na obilninách nejsou pravidelné (obrázky 7 a 14). Pro populace obilních mšic v ČR bylo prokázáno, že po ročníku s vysokou početností mšic následuje ročník, kdy početnost mšic je nízká a naopak. Nicméně vliv dalších faktorů je významný natolik, že tento poznatek nemůže být pro dlouhodobou prognózu zatím využit. Z těchto faktorů má největší vliv teplota předcházejícího zimního a jarního období. Teplota významně působí tím, že má vliv na načasování konce jarovizace hostitelské rostliny a na líhnutí vajíček mšic na počátku jara. Pro vypracování dlouhodobé prognózy je možno použít i počítání výskytu vajíček v zimním období. Tuto metodu by bylo možno použít pro kyjátku travní (vajíčka jsou kladena na růžích) a mšici střemchovou (vajíčka jsou kladena na střemchách). Metodika vhodná pro Českou republiku však dosud nebyla vypracována.

Chemická ochrana

Chemická ochrana proti mšicím spočívá v použití insekticidů. Insekticidy členíme podle jejich působení na ošetřovaný organismus na kontaktní a systémové. Kontaktně působící insekticidy nepronikají do rostlinných pletiv a zůstávají na povrchu ošetřených rostlin a hubí hmyz pouze na místech zasažených postřikem. Jejich nevýhodou je, že účinek závisí na povětrnostních podmínkách a nechrání nové přírůstky rostlin. Systémové insekticidy naopak rychle pronikají kutikulou rostlinných buněk a jsou rozváděny cévními svazky rostlin. Tím se celá rostlina stává pro hmyz, který ji požírá nebo saje, jedovatou. Chráněny jsou i nové přírůstky rostlin.

Původně byla ochrana proti mšicím orientována na insekticidy, kde zdrojem byly přírodní látky. V 17. století byl poprvé využit v ochraně proti mšicím nikotin, látka získaná extrakcí tabákových listů. Tento neperzistentní kontaktní insekticid byl sice účinný na mšice, ale jeho nevýhodou byla vysoká toxicita pro savce a nízká spolehlivost při chladném počasí. Kolem roku 1850 se začal vyrábět extrakt ze sušených květů kopretiny starčkolisté důležitý přírodní kontaktní insekticid pyrethrum, který obsahoval čtyři hlavní insekticidní složky, souhrnně

označované jako pyrethriny. Tento neperzistentní insekticid se vyznačoval mimořádně rychlým omračujícím účinkem, který se projevil během několika sekund a velmi malou toxicitou pro savce. Nevýhodou byla nestabilita na vzduchu a světle. Chemická syntéza pyrethrinů otevřela cestu k výrobě dnešních moderních pyrethroidů.

Významný nástup chemické ochrany proti mšicím nastal v zemědělské výrobě v padesátých letech s rozvojem výroby syntetických systémových, zejména organofosfátových přípravků, které našly široké uplatnění díky lepším aplikačním vlastnostem. Jejich počáteční rozvoj souvisel s vojenským výzkumem nervových plynů v Německu za druhé světové války. K prvním účinným insekticidům této řady patřil vysoce toxický přípravek schradan, používaný proti mšicím a sviluškám. Dalším obdobným insekticidem byl parathion. Později se začaly vyrábět další organofosfátové insekticidy, ale již s nižší toxicitou pro savce.

Vedle organofosfátových insekticidů přišly do výroby účinné přípravky proti mšicím na bázi karbamátových sloučenin. V roce 1951 byl zaveden přípravek Isolan, jeden z neúčinnějších systémových aficidů. V r. 1968 se začal vyrábět přípravek pirimicarb (Pirimor) – rychle působící selektivní systémový aficid, který je registrován proti mšicím i v současnosti.

Zavedení syntetických přípravků proti mšicím v 50. letech vedlo k rychlému vývoji rezistence mšic proti těmto přípravkům. Její příčinou byla s největší pravděpodobností extrémně vysoká počáteční toxicita těchto látek, která způsobila vyhynutí citlivých jedinců v populaci škůdce. Menšina snášenlivých jedinců se bezkonkurenčně množila a toleranci k insekticidům přenášela na další potomky. Rychlý růst rezistence populací mšic umožňoval navíc získat rezistenci k několika insekticidům současně. Mšice rezistentní k organofosfátovým insekticidům často získaly toleranci i k insekticidům karbamátovým. Z důvodů vyšší toxicity a popsané rezistence populací mšic se řada přípravků přestala v praxi používat.

V současné době jsou k ošetření porostu obilnin proti mšicím v "Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin 2017" uvedeny převážně pyrethroidy. Ty při své všeobecně malé toxicitě pro savce působí velmi rychle jak na periferní, tak na centrální nervový systém hmyzu. Účinnost pyrethroidů je vyšší při nižších teplotách. Vzhledem k tomu, že přípravky nejsou systémové, je třeba pro zajištění dobrého krycího účinku dodržet dostatečné množství vody.

Náléhavost chemického zásahu lze zvážit rovněž dle následující metody. Vyjdeme z odhadu maximální abundance (viz kapitola Krátkodobá prognóza) a pravděpodobné ztráty výnosu (viz kapitola Škodlivost mšic). Při výpočtu ztrát vliv poškození listovými (kyjatka travní) a klasovými mšicemi (kyjatka osenní) sčítáme. Po uvážení pravděpodobného snížení výnosu, hodnoty ztráty a ceny ošetření se můžeme rozhodnout pro zásah. Přítomnost většího počtu predátorů je důvodem pro upuštění od chemického ošetření. Přitom je nutno mít na paměti, že slunéčka jsou pouze jednou ze složek komplexu přirozených nepřátel mšic. Jejich nedostatek (který se projevuje zejména v posledních letech) je vyvážen přítomností larev pestřenkovitých, a to zejména v optimálně vyvinutých produkčních porostech. Z obrázků 7 a 14 je patrné, že v posledních 25 letech docházelo ke škodlivému přemnožení mšic poměrně zřídka. Je však pravděpodobné, že období pravidelných kalamitních výskytů obilních mšic, podobná onomu mezi lety 1970–1985, se opět vyskytnou.

Pokud se pro chemickou ochranu proti obilním mšicím rozhodneme, aplikujeme vždy jen chemické prostředky zapsané v „Seznamu registrovaných přípravků na ochranu rostlin“ pro daný rok s dodržением metodických pokynů MZe ČR a dalších bezpečnostních, hygienických a ekologických hledisek.

Tabulka 7. Přípravky v současné době povolené v ČR k ošetření porostů obilnin napadených mšicemi. Vysvětlivky: (K) – kontaktní, (S) – systémový insekticid.

Přípravek	Účinná látka	Dávka
Alfametrin ME	Alfa-cypermethrin (K)	0,2 l/ha
BESTSELLER 100 EC	Alfa-cypermethrin (K)	0,125 l/ha
Bulldock 25 EC	Beta-cyfluthrin (K)	0,3 l/ha
Cyperkill 25 EC	Cypermethrin (K)	0,1 l/ha
CYPERKILL MAX	Cypermethrin (K)	0,05 l/ha
Danadim Progress	Dimethoát (S)	0,5 l/ha
Daskor	Chlorpyrifos-methyl (K), Cypermethrin (K)	0,625–0,75 l/ha
Decis Forte	Deltamethrin (K)	62,5 ml/ha
Decis Mega	Deltamethrin (K)	0,125 l/ha
Decis Protech	Deltamethrin (K)	0,375 l/ha
Dursban Delta	Chlorpyrifos (K)	1,75 l/ha
Fury 10 EW	Zeta-cypermethrin (K)	0,1 l/ha
Hunter SPU	Lambda-cyhalothrin (K)	0,1–0,15 kg/ha
Kaiso Sorbie	Lambda-cyhalothrin (K)	0,1–0,15kg/ha
Karate se Zeon technol. 5 CS	Lambda-cyhalothrin (K)	0,15 l/ha
Karis 10 CS	Lambda-cyhalothrin (K)	0,05 l/ha
Lambo 50 EC	Lambda-cyhalothrin (K)	0,1 l/ha
MARKATE 50	Lambda-cyhalothrin (K)	0,1 l/ha
Nexide	Gamma- cyhalothrin	0,06–0,08 l/ha
Nurelle D	Chlorpyrifos (K), Cypermethrin (K)	0,6 l/ha
Pirimor 50 WG	Pirimikarb (K)	0,3 kg/ha
Poleci	Deltamethrin (K)	0,3 l/ha
Proteus 110 OD	Deltamethrin (K), Thiaklopid (K)	0,5 l/ha
Rafan	Cypermethrin (K)	0,1 l/ha
Rapid	Gamma- cyhalothrin	0,06–0,08 l/ha
Scatto	Deltamethrin (K)	0,2 l/ha
Sumi – Alpha 5EW	Esfenvalerát (K)	0,1 l/ha
Vaztak Active	Alfa-cypermethrin (K)	0,2 l/ha

V současných pokusech provedených ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby, v.v.i. bylo zjištěno, že populační vývoj mšic může být významně negativně ovlivněn v důsledku použití herbicidů. Herbicidní ošetření porostu na bázi glyfosátu mělo dramatický vliv na růst populace kyjatky travní. Výsledný účinek závisí na použité koncentraci herbicidu – při použití nejvyšší

povolené koncentrace byl zjištěn nárůst populace o dva řády nižší (desetitisíce) než v neošetřené kontrole (miliony mšic za dva měsíce) (Obrázek 15). Používat herbicidy za účelem regulace mšic však nedoporučujeme.

Nechemické prostředky ochrany

Nechemické prostředky ochrany zahrnují využití biologických předpokladů plodiny ke zvýšení rezistence a tolerance škodlivého vlivu mšic a využití vlivu přirozených nepřátel.

Šlechtění na rezistenci a toleranci vůči mšicím. Šlechtění na rezistenci a toleranci vůči škodlivým činitelům je jedním z cílů šlechtitelského procesu. Při šlechtění obilnin se nejvíce uplatňovalo šlechtění vůči houbovým chorobám. Šlechtění na toleranci a rezistenci vůči mšicím a jinému hmyzu byla věnována poměrně malá pozornost. Důvodů malého zájmu o šlechtění u obilnin je několik. Prvním je protikladnost cílů zvýšení výnosu a kvality zrna a zvýšení rezistence a tolerance vůči mšicím, dalším pak změny stupně rezistence v průběhu vývoje plodiny. S ohledem na tato omezení je nutno posuzovat dosavadní stav a výhledy na příští úspěchy šlechtitelských metod.

Je nutno odlišovat rezistenci proti mšicím zdržujícím se v klasech a proti listovým mšicím. Pokud se týká mšic v klasech, důvody slabé rezistence jsou prvního druhu. Ke zvyšování výnosu v procesu šlechtění nedochází zvětšením objemu biomasy plodiny na jednotku plochy, nýbrž zvyšováním sklizňového indexu, to jest podílu biomasy rostliny přidělované do tvorby zrna. Zvyšování tohoto podílu závisí na objemu látek transportovaných ze zdrojových do cílových orgánů, sinků, kterými jsou v tomto případě obilky. Objemy transportovaných asimilátů se zvyšují s výkonností odrůdy. Proto se moderní odrůdy vhodné pro intenzivní zemědělství vyznačují v průměru nízkou úrovní rezistence proti mšicím.

Poněkud jiná je situace ve šlechtění na odolnost proti listovým mšicím. Zde se pozornost soustředila na šlechtění odrůd s povrchem listů nevhodným pro usazení a přežívání mšic a na zvyšování obsahu látek s negativním účinkem na růst a vývoj mšic, a látek mšice odpuzujících. Mšice jsou odpuzovány povrchy se zvýšenou sekrecí některých vosků a povrchy porostlými rostlinnými chlupy (trichomy). Z látek zvyšujících odolnost proti mšicím je to obsah látky zvané DIMBOA. Tato látka je obsažena v pletivech rostliny a působí odpudivě na mšice při pronikání sosačkou do vodivých pletivů rostliny. Zvýšení obsahu DIMBOA v pletivech obilnin vede ke snížení plodnosti a prodloužení vývoje mšic. Zde však nastupuje druhá výše uvedená potíž, totiž změny stupně rezistence v průběhu vývoje rostliny. Rezistence se nejvíce projevuje v raných vývojových fázích rostliny, ve stádiu pozdního odnožování a sloupkování. Později geneticky podmíněné rozdíly v obsahu látek negativně působících na vývoj mšic mizí. Proto všechny programy selekce na rezistenci vůči mšicím jsou zaměřeny na situace, kde mšice škodí brzy v jarním období. To je dáno jednak druhem mšice – jedná se především o rezistenci proti mšici obilné, která u nás nemá hospodářský význam. Druhým faktorem je klima, které umožňuje přezimování anholocyklických populací mšic přímo v porostech obilnin a jejich rychlé namnožení v jarním období. Tyto okolnosti jsou příčinou toho, že šlechtění na rezistenci proti mšicím má v našich podmínkách malý význam.

Jednou z možností zvyšování geneticky podmíněné odolnosti obilnin proti mšicím je šlechtění zaměřené na zkrácení období od vernalizace do zralosti. Zkrácení vegetace zkracuje období, během kterého je obilnina vhodnou hostitelskou rostlinou pro mšice, což v důsledku snižuje maximální početnost mšic. Genetická podstata variability tohoto znaku je prostudována, zatím však málo využívána. U jarní pšenice existují významné rozdíly mezi odrůdami v délce vegetačního období. Tyto rozdíly ovlivňují maximální abundance, nicméně jsou tak

malé, že větší hospodářský dopad jejich pěstování na snížení potřeby ochrany nelze očekávat. Vyséváním rezistentních odrůd lze docílit jistého snížení abundance mšic v letech s nízkou a střední úrovní jejich výskytu. V letech s vysokou úrovní výskytu mšic však nelze očekávat významné snížení napadení mšicemi v důsledku použití relativně rezistentních odrůd.

Pěstební opatření. Kvalita hostitelské rostliny podstatně ovlivňuje růst populací mšic a jejich maximální počty. Pěstební opatření proto mohou významně ovlivnit vývoj populací mšic a omezit jejich škodlivost. Z výše uvedeného přehledu o vlivu kvality hostitelské rostliny vyplývá, že pomocí těchto opatření nelze pozitivně ovlivnit, to znamená snížit, populační vývoj všech druhů mšic současně. V zásadě stojí proti sobě mšice na listech a mšice v klasech. I když nelze podceňovat vliv listových mšic, z praktického hlediska lze zřejmě doporučit, aby pěstební opatření byla směřována tak, aby byl minimalizován vliv mšic v klasech. Z tohoto hlediska je riziko minimalizováno v hustých, vyrovnaných a zapojených porostech. Proředěné porosty i lokální mezery v zapojených porostech zvyšují riziko napadení. Pro snížení rizika výskytu mšic v klasech lze doporučit optimální hustotu porostu obilnin, která se u ozimé pšenice dá vyjádřit indexem listové plochy praporcových listů 2, t.j. 2 m² plochy praporcových listů na 1 m² plochy pole. Veškerá agrotechnická opatření směřují k dosažení optimální hustoty a vyrovnanosti porostu, tudíž redukuje riziko výskytu mšic v klasech.

Napadení je rovněž menší v porostech s nižší úrovní minerálního hnojení. Z hlediska ochrany proti mšicím lze doporučit maximální úroveň 60–80 kg dusíku na 1 ha. Rovněž vyváženost hnojení jednotlivými prvky snižuje rychlost vývoje populací mšic. Nevyváženost příjmu živin rostlinou, hlavně zvýšený příjem dusíku a síry, zvyšují riziko výskytu mšic. Závěrem je nutno zdůraznit, že ani výsev současných relativně rezistentních odrůd ani optimální pěstební opatření nevedou k vyloučení škodlivého napadení v letech s velmi hojným výskytem mšic. Významně však snižují riziko poškození mšicemi v letech, kdy jejich abundance je střední a nízká.

Biologická ochrana

Prostředky biologické ochrany. Biologická ochrana proti škodlivým druhům hmyzu je složitou samostatnou problematikou, o níž zde podáváme pouze zkrácenou informaci. Biologické prostředky ochrany proti hmyzu využívají tři postupy. Jsou to introdukce biologických antagonistů škodlivých druhů z jiných zeměpisných oblastí, které zahrnují jejich dovoz a vysazení v přírodních podmínkách. Zadruhé je to umělé rozmnožování biologických nepřátel v masových chovech a jejich vypouštění do napadených porostů, přičemž tyto antagonisté se chovají jako “živý insekticid” – rychle zlikvidují populace škůdce a pak sami vymírají. Zatřetí je to podpora přirozeného “biologického odporu” prostředí. Každý druh škůdce má většinou řadu přirozených nepřátel, kteří omezují jeho přemnožení. Cílem je napomoci činnosti tohoto souboru přirozených nepřátel.

V případě mšic na obilninách se v současné době neuvažuje o introdukcích cizích druhů. V Severní Americe se rozšířilo několik druhů slunéčkovitých původem z Eurasijského kontinentu. Tyto druhy se staly významnou a účinnou složkou komplexu přirozených nepřátel mšic. Nelze však očekávat, že by bylo možno uskutečnit obdobný účinný krok introdukcí amerických druhů do Evropy, a to z toho důvodu, že mezi americkými druhy není žádný vhodný kandidát. Úspěšně byly uskutečněny introdukce několika druhů parazitoidů, jejich význam v ochraně proti mšicím na obilninách je však malý. Rovněž užití biologických antagonistů jako “živého insekticidu” v polních podmínkách není realistické, především z důvodů cenové dostupnosti (dravci, cizopasnici) nebo malé účinnosti (houbové preparáty). Vzhledem k nízkým

nákladům požadovaným u prostředků pro ochranu obilnin se takové prostředky v současnosti ani výzkumně nevývíjejí. Zbývá způsob třetí, podpora účinnosti přirozeného komplexu antagonistů mšic.

Podpora antagonistů mšic. Účinně lze podporovat komplex slunečkovitých. Populace slunečkovitých podporuje použití šetrných metod první sklizně vojtěšky a jetele. Slunečka jsou masově hubena při použití žacíh řezaček. Tento faktor, který v minulosti působil až padesátiprocentní ztráty populace slunečkovitých v zemědělské krajině, ztratil značně na významu snížením osevních ploch bobovitých píceň a používáním jiných metod sklizně. Dalším podpůrným opatřením je použití selektivních insekticidů v ochraně proti mšici makové na cukrovce a bobu. Po náletu mšic dochází na těchto plodinách k masové koncentraci predátorů i parazitoidů, jejichž populace jsou chemickým zásahem ničeny. Rovněž význam tohoto opatření se snížil se vzrůstem rezistence mšic vůči Pirimoru (pirimicarb) a se snížením osevních ploch obou plodin. Stejně problémy jako ochrana proti mšici makové přináší i ochrana proti mšici chmelové (*Phorodon humuli* (Schrank, 1801)) na chmelu.

Aktuální a možná je především ochrana a podpora slunečkovitých. Překážkou množení populací slunečkovitých je nevhodné složení porostů divoce rostoucích bylin a nedostatek zimovišť. Pozitivní vliv na jejich populace má zvýšení druhového bohatství (diverzity) rostlinného pokryvu okrajových nezemědělských ploch (meze, cesty, remízky). Lze je podporovat sekáním a snížením vlivu průmyslových hnojiv. Příznivý vývoj v tomto smyslu se projevuje i na vzrůstu abundance pestřenkovitých, zlatoočkovitých a parazitoidů. K podpoře populací slunečkovitých pak zejména přispívá ochrana zimovišť, která leží především na jižních okrajích lesů a na místech stepního charakteru. Doporučuje se zamezit vypalování a udržovat nízkou vegetaci, protože na zastíněných a hustě porostlých místech slunečka při přezimování hynou na houbové choroby.

Podobně podpora pavouků spočívá v začlenění nenarušených ploch do agroekosystémů, sloužících pavoukům jako zdrojová refugia. Bylo například prokázáno, že na polích s větší abundancí a diverzitou pavouků zajištěnou refugii v podobě pásů s plevelnou vegetací bylo napadení mšicemi výrazně menší než na polích bez nich.

Ochrana proti virovým chorobám

Základem ochrany obilnin před infekcí BYDV v podzimním období a nepřímo i před druhou fází infekce na jaře jsou preventivní agrotechnické zákroky, při jejichž komplexní, správné a včasné realizaci je možno docílit významného snížení škodlivosti viru. Je to hubení nakaženého obilního výdrolu a na něm se vyvíjejících přenašečů, které jsou zdroji infekce porostů v podzimním období. Doporučuje se časná podmítka a následně provedená hluboká orba strnišť. V oblastech silného rozšíření BYDV je nutno omezit nebo vyloučit bezorebnou technologii přípravy půdy, která umožňuje koncentraci přenašečů i zdrojů infekce na obilním výdrolu. Podíl nakažených rostlin rovněž snižuje (až o 80 %) pozdní výsev ozimů, dle možnosti po ukončení letové aktivity mšic, to znamená v našich podmínkách od poloviny října. Prospěšná je vyvážená výživa porostů a pěstování alespoň mírně odolných odrůd obilnin, pokud jsou známy. Významným opatřením je hubení přenašečů BYDV pomocí insekticidů. U ozimých obilnin lze doporučit moření osiva zejména přípravky na bázi imunoclopidu. Tyto přípravky jsou proti mšicím účinné 2–6 týdnů po vzejtí. Po ztrátě účinnosti mořidla je možno chránit porosty ozimů foliární aplikací insekticidů s dlouhou reziduální účinností na mšice. U jarních obilnin může přispět ke snížení škodlivosti BYDV časný výsev a rovněž využití mírně odolných odrůd. Chemická ochrana ozimů i jařin v jarním období spočívá v aplikaci insekticidů při začátku intenzivní migrace mšic do porostů (většinou druhá dekáda května).

IV. Srovnání novosti postupů

Metodika je odbornou publikací, navazující na metodiku A. Honěk a kol. 2002: Mšice na obilninách: biologie, prognóza a ochrana, VÚRV Praha, ISBN 80-86555-19-4. Poskytuje odborné veřejnosti nejnovější poznatky výzkumu o biologii, populační dynamice mšic na obilninách, prognóze výskytu a rozhodovacích procesech jejich regulace.

Přehled nových informací je podložen experimentálním výzkumem kolektivu autorů, a přináší výsledky dlouhodobých pozorování. Získané výsledky byly publikovány v řadě prestižních vědeckých časopisů u nás i v zahraničí.

V. Popis uplatnění certifikované metodiky

Metodika umožní přístupným způsobem porozumět biologii a procesům populačního vývoje obilních mšic a jejich přirozených nepřátel tak, aby čtenář nezůstal jen slepým uživatelem nezdůvodněných praktických návodů, ale sám se mohl kriticky rozhodovat podle okamžité situace. Doufáme, že metodika najde široké uplatnění u odborné veřejnosti, při pěstování obilnin v konvenčním i ekologickém zemědělství. Vhodná je rovněž jako pomůcka pro orientaci v rámci středoškolského studia odborného zemědělského směru.

VI. Ekonomické aspekty spojené s uplatněním metodiky

Meziroční výkyvy ve výskytu mšic a chybějící, nebo málo spolehlivé metody prognózy přispívají k rozšiřování paušální ochrany. Výsledkem je nejen akcelerace nových problémů, ale také snižování efektivity ochrany a do značné míry také zvyšování zátěže životního prostředí. Používání nových metodických postupů zpracovaných v této certifikované metodice (prognózy, rozhodovacích pravidel i metod regulace) zvýší efektivnost ochrany obilnin proti mšicím.

Odhad ekonomického přínosu (v tis. Kč) pro uživatele vychází z osevních ploch hlavních obilnin (pšenice a ječmene), jejich průměrného výnosu v posledních pěti letech v České republice, a námi stanovené výkupní ceny 3 500,- Kč za 1 tunu. Předpokládáme, že při dodržování nových metodických pokynů dojde k zvýšení výnosu těchto dvou hlavních plodin o 2,5 %. Pokud by tato metodika byla aplikována na 10 % osevních ploch, tak v tom případě by navýšený zisk byl celkem 58 miliónů Kč za 1 rok.

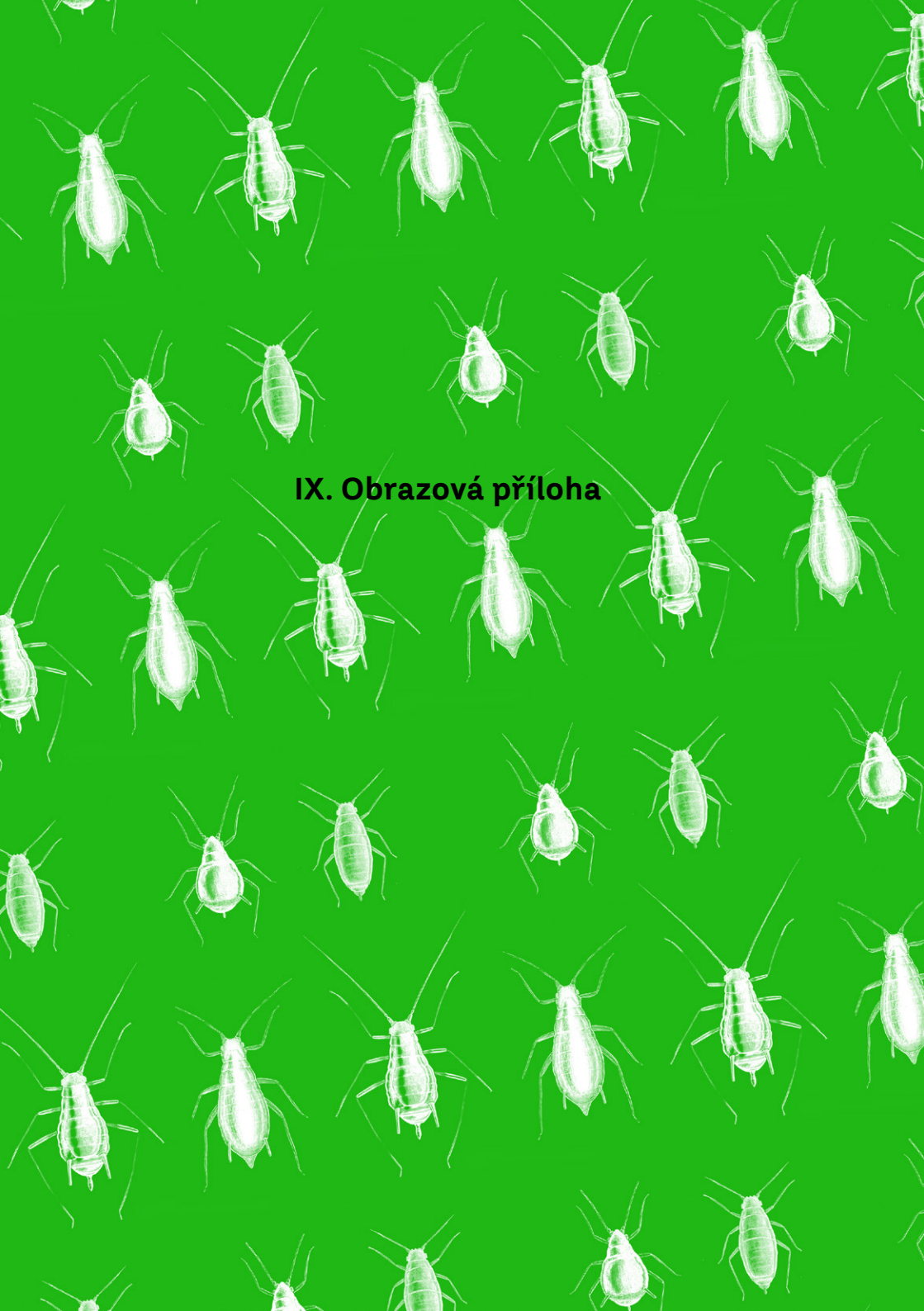
VII. Seznam použité literatury

- Birkhofer K, Gavish-Regev E, Endlweber K, Lubin Y, von Berq K, Wise DH, Scheu S. 2008. Cur-sorial spiders retard initial aphid population growth at low densities in winter wheat. *Bulletin of Entomological Research* 98: 249–255.
- Blackman RL, Eastop VF. 1984. Aphids on the world's crops. John Wiley & Sons, Chichester.
- Boeve PJ, Weiss M. 1998. Spatial distribution and sampling plans with fixed levels of precision for cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat. *Canadian Entomologist* 130: 67–77.
- Dinter A. 2002. Microcosm studies on intraguild predation between female erigonid spiders and lacewing larvae and influence of single versus multiple predators on cereal aphids. *Journal of Applied Entomology – Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 126: 249–257.
- Gavish-Regev E, Rotkopf R, Lubin Y, Coll M. 2009. Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: evidence from microcosm experiments. *Biocontrol* 54: 341–350.
- Harwood JD, Sunderland KD, Symondson WOC. 2005. Monoclonal antibodies reveal the po-tential of the tetragnathid spider *Pachygnatha degeeri* (Araneae : Tetragnathidae) as an aphid predator. *Bulletin of Entomological Research* 95: 161–167.
- Honek A, Jarosik V, Dixon AFG. 2006. Comparing growth patterns among field populations of cereal aphids reveals factors limiting their maximum abundance. *Bulletin of Entomologi-cal Research* 96: 269–277.
- Honek A, Martinkova Z. 2004. Host plant age and population development of a cereal aphid, *Metopolophium dirhodum* (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research* 94: 19–26.
- Honek A, Martinkova Z. 2004. The effect of environmentally induced variation of host-plant vigour on abundance of cereal aphids. In: Simon JC, Dedryver CA, Rispe C, Hulle M (eds) Aphids in a new millenium. Institute National de la Recherche Agronomique, Paris, 549 p. Pp: 319–324.
- Honek A, Martinkova Z, Dixon AFG, Saska P. 2017. Annual predictions of the peak numbers of *Sitobion avenae* infesting winter wheat. *Journal of Applied Entomology* 141:352–362.
- Jarošík V, Honěk A, Tichopád A. 2003. Comparison of field population growths in three cereal aphid species on winter wheat. *Plant Protection Science* 39: 61–64.
- Kuusk AK, Cassel-Lundhagen A, Kvarnheden A, Ekbohm B. 2008. Tracking aphid predation by lycosid spiders in spring-sown cereals using PCR-based gut-content analysis. *Basic and Applied Ecology* 9: 718–725.
- Lemke A, Poehling HM. 1997. Effects of sown weed strips in winter wheat on the abundance of cereal aphids and spiders. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 11: 237–240.
- Maudsley MJ, Mackenzie A, Thacker JJ, Dixon AFG. 1996. Density dependence in cereal aphid populations. *Annals of Applied Biology* 128: 453–463.
- Niehoff B, Stäblein J. 1998. Vergleichende Untersuchungen zum Schadpotential der Getre-ideblattlausarten *Metopolophium dirhodum* (Wlk.) und *Sitobion avenae* (F.) in Winterwei-zen. *Journal of Applied Entomology* 122: 223–229.
- Nyffeler M, Benz G. 1988. Prey and predatory importance of micryphantid spiders in winter wheat fields and hay meadows. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 104: 190–197.
- Portál ÚKZUZ – www.agri.cz/public/web/ukzuz/portal/
- Saska P, Skuhrovec J, Lukáš J, Chi H, Tuan SJ, Honěk A. 2016. Treatment by glyphosate-based herbicide alters life history parameters of the rose-grain aphid *Metopolophium dirhod-*

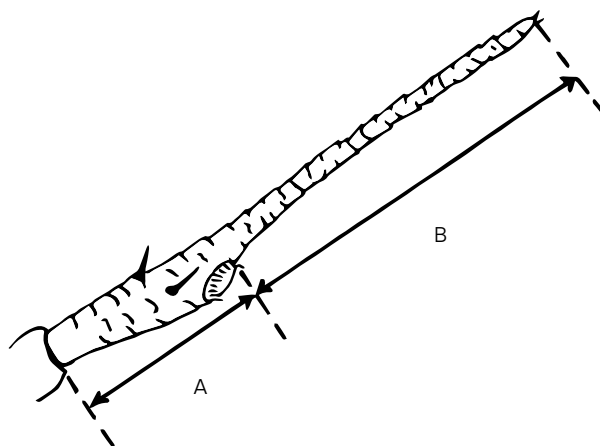
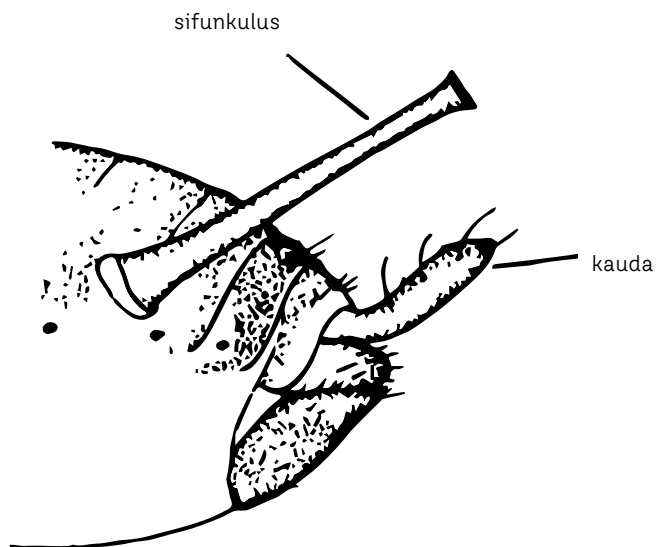
- um. *Scientific Reports* 6: 27801: 1–10 DOI:10.1038/srep27801
- Statistická ročenka České republiky – 2016: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-ceske-republiky-2016>
- Sunderland KD, Crook NE, Stacey DL, Fuller BJ. 1987. A study of feeding by polyphagous predators on cereal aphids using ELISA and gut dissection. *Journal of Applied Ecology* 24: 907–933.
- Talich P, Řehák V, Kocourek F, Matušinský P, Spáčilová V, Spitzer T, Tvarůžek L. 2013. Metodická příručka integrované ochrany rostlin proti chorobám, škůdcům a plevelům: Polní plodiny. Praha, Česká společnost rostlinolékařská 2013. 359 s., ISBN: 978-80-02-02480-4
- Toft S. 2000. Species and age effects in the value of cereal aphids as food for a spider (Araneae). *Ekologia – Bratislava* 19: 273–278.
- Trávníčková M, Pánková K, Martinková Z, Honěk A. 2016. Length of prematurity period in wheat cultivars determines maximum cereal aphid abundance. *Plant Protection Science* 52: 254–261.
- Wetzel T. 2004. Integrierter Pflanzenschutz und Agroökosysteme. Steinbeis-Transferzentrum (STZ), Pausa/Vogtland.

VIII. Seznam publikací, které předcházely metodice

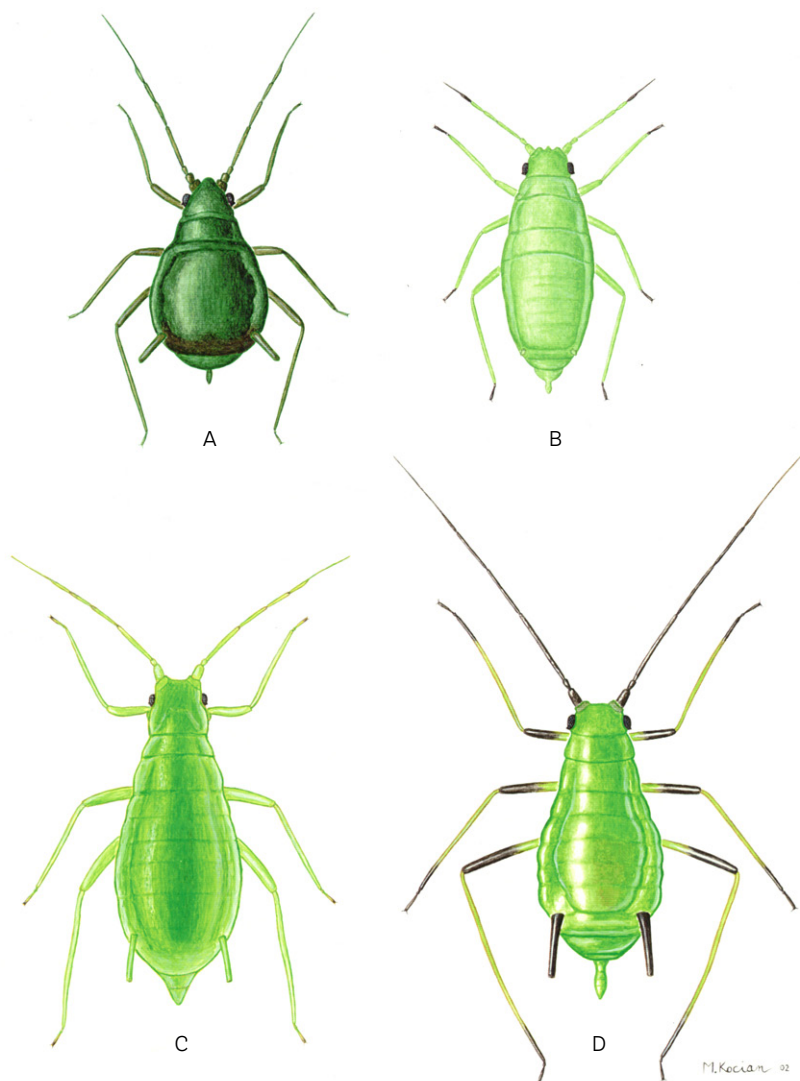
- Brabec M, Honěk A, Pekár S, Martinková Z. 2014. Population dynamics of aphids on cereals: digging in the time-series data to reveal population regulation caused by temperature. *PLoS ONE* 9(9): 1–8, e106228. doi: 10.1371/journal.pone.0106228. Dedikace: MZe RO 0414
- Dixon AFG, Honek A, Keil P, Kotela MAA, Sizling AL, Jarosik V. 2009. Relationship between the minimum and maximum temperature thresholds for development in insects. *Functional Ecology* 23: 257–264. Dedikace: MZe 0002700603 a NAZV QC50081
- Honěk A, Martinková Z, Vacke J, Lukášová H. 2002. Mšice na obilninách: biologie, prognóza a ochrana, VÚRV Praha, 44 pp. ISBN 80-86555-19-4. Dedikace: NAZV QD1350
- Honěk A, Martinková Z. 2002. Factors of between- and within-plant distribution of *Metopolophium dirhodum* (Hom., Aphididae) on small grain cereals. *Journal of Applied Entomology* 126: 378–383. Dedikace: GAČR 521/01/0626
- Jarošík V, Honěk A, Magarey RD, Skuhrovec J. 2011. Developmental database for phenology models: related insect and mite species have similar thermal requirements. *Journal of Economic Entomology* 104: 1870–1876. Dedikace: MZe0002700604
- Leslie TW, van der Werf W, Bianchi FJJA, Honek A. 2009. Population dynamics of cereal aphids: influence of a shared predator and weather. *Agricultural and Forest Entomology* 11: 73–82. Dedikace: MZe 0002700604
- Trudgill DL, Honek A, Li D, Van Straalen NM. 2005. Thermal time - concepts and utility. *Annals of Applied Biology* 146: 1–14. Dedikace: MZe 0002700603 a NAZV QD1350

The background of the entire page is a repeating pattern of small, stylized aphids in various shades of green and yellow, scattered across a dark green background.

IX. Obrazová příloha



Obrázek 1. Morfologické podrobnosti důležité pro určování obilních mšic. Nahoře: konec zadečku mšice ze strany – kauda a sifunkulus. Dole: poslední článek tykadel. A – báze, B – koncový výběžek.



Obrázek 2.

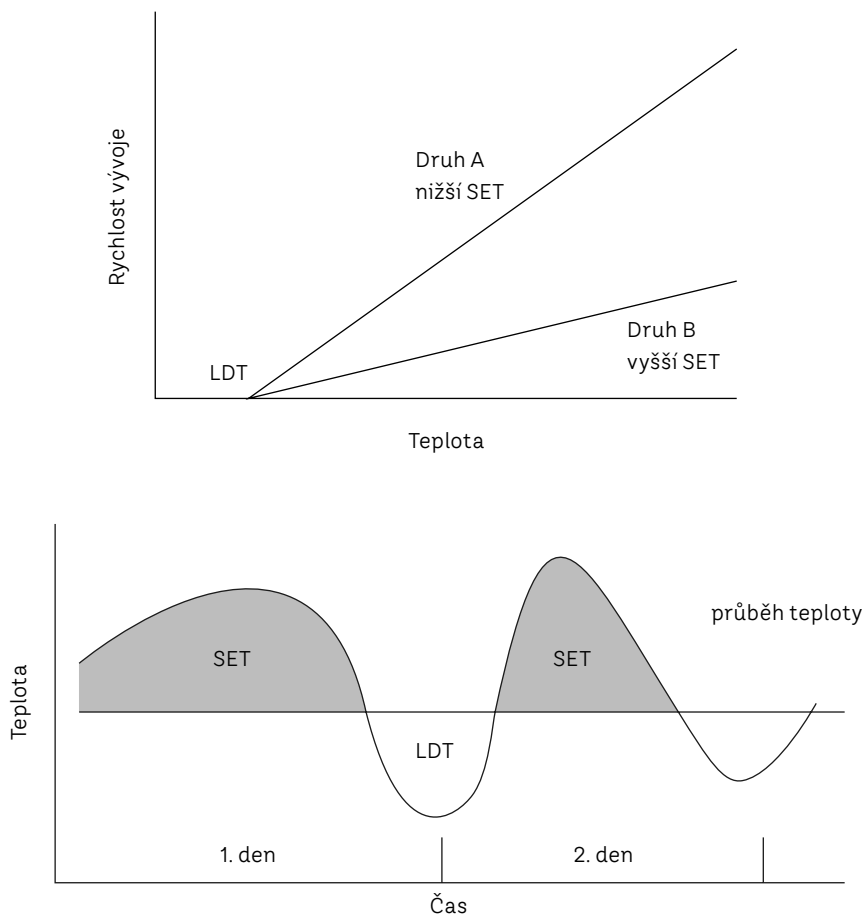
A – mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi*)

B – mšice zhoubná (*Diuraphis noxia*)

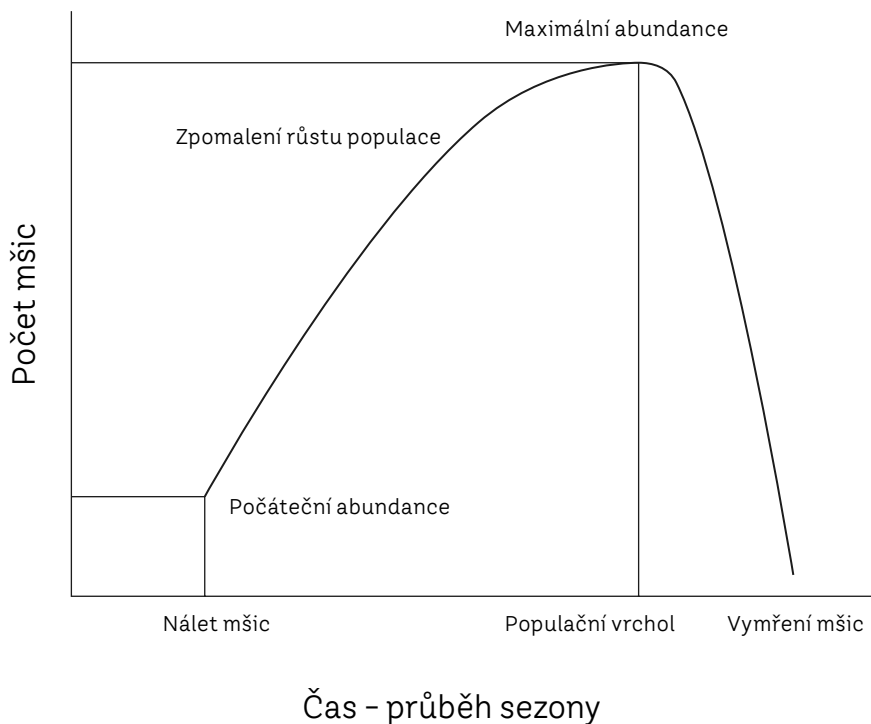
C – kyjatka travní (*Metopolophium dirhodum*) – larva

D – kyjatka osenní (*Sitobion avenae*)

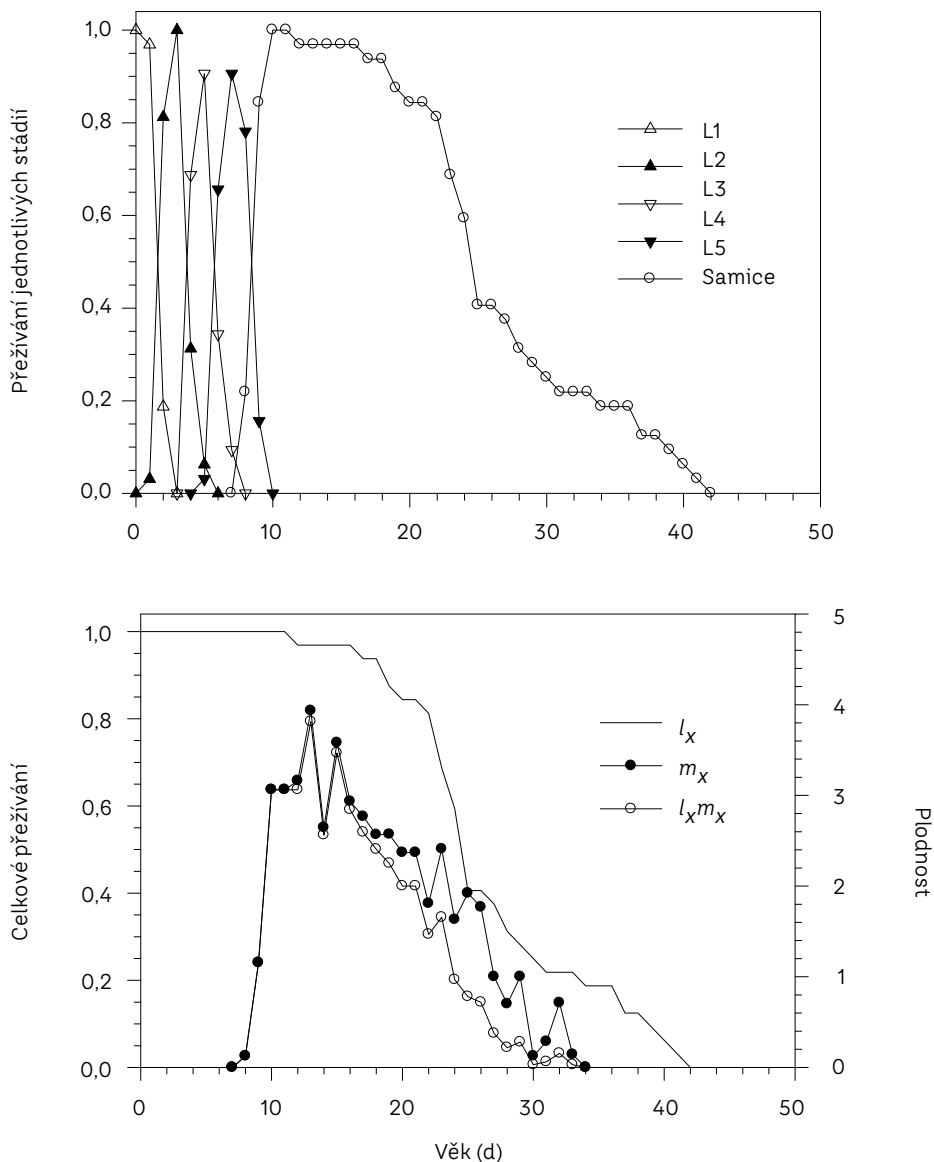
(pinx. Matúš Kocián)



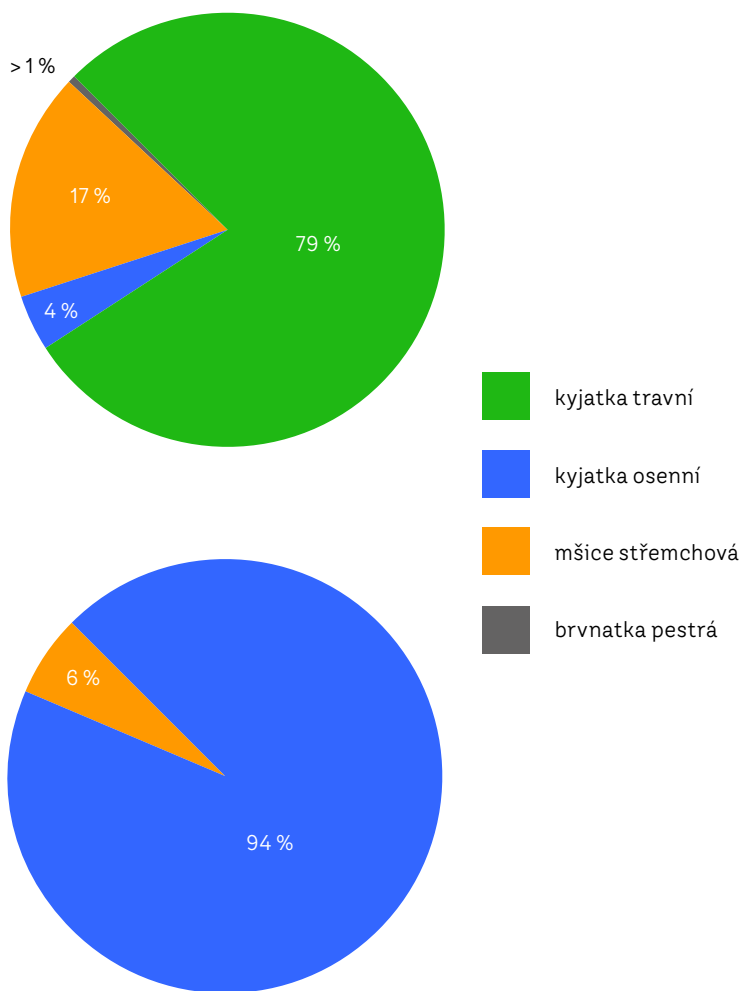
Obrázek 3. Nahoře: Vliv teploty na rychlost vývoje u dvou druhů hmyzu. Oba druhy mají stejný práh vývoje LDT (průsečík přímek s osou x). Druh A má nižší sumu efektivních teplot SET než druh B. Následkem toho rychlost vývoje druhu A stoupá s teplotou rychleji než u druhu B. Dole: Načítání sumy efektivních teplot SET při kolísavé teplotě okolí (křivka). Sčítají se jen účinky teplot nad spodním prahem vývoje LDT, který je označen vodorovnou čarou (začerněná oblast), vliv podprahových teplot se nepočítá. Velikost plochy SET se počítá v násobcích plochy rovné jednomu dennímu stupni. Tato plocha je rovna obdélníku vymezenému délkou jednoho dne na ose x a velikostí 1 °C na ose y (stupně nejsou naznačeny).



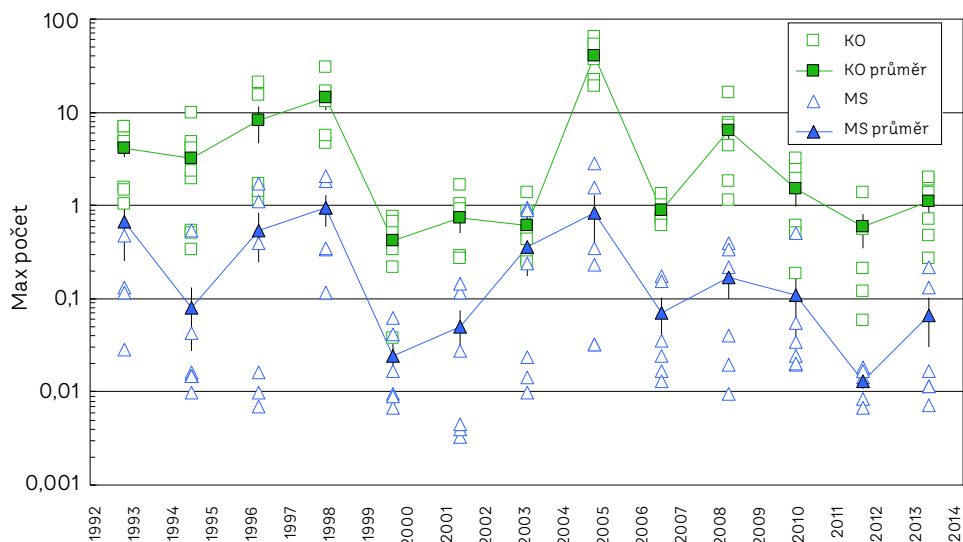
Obrázek 4. Růst a vymírání typické populace mšic během jedné vegetační sezóny. Na ose x je znázorněn termín náletu mšic do porostu a termín dosažení maximální abundance (populačního vrcholu), časové období mezi nimi je interval znázorňující délku růstu populace mšic. Na ose y je znázorněna počáteční abundance (po náletu mšic) a maximální abundance (v době populačního vrcholu). Sklon stoupající křivky početnosti mšic naznačuje rychlost růstu populace. Podstatné je zpomalení rychlosti růstu populace před dosažením maximální abundance, které bývá tím větší, čím je maximální abundance vyšší.



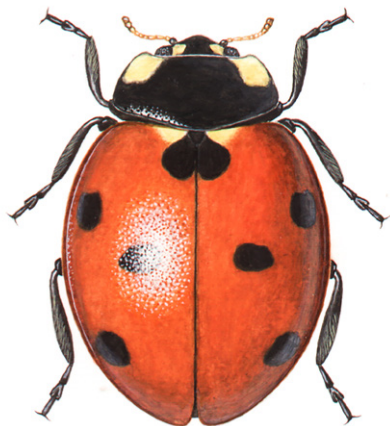
Obrázek 5. Přežívání a plodnost modelové populace mšice kyjatky travní na rostlinách pšenice při průměrné teplotě 20 °C. (A) Pozorovaná data: Početnost jednotlivých larválních stádií (L1–L4) a dospělých samic. (B) Vypočítané charakteristiky populace mšic. Celkové přežívání – podíl živých jedinců z celkového počtu narozených (l_x); plodnost – průměrný počet larev porozených jednou samicí v daný den (m_x); plodnost vztahovaná k přežívání ($l_x m_x$).



Obrázek 6. Procentické složení populací mšic na listech (nahore) a v klasech (dole). Průměrné hodnoty v Praze – Ruzyni. Brvnatka pestrá ve víceletém průměru tvoří méně než jedno procento populace na listech, v jednotlivých letech a v některých porostech byla však její abundance významná.



Obrázek 7. Ročníkové kolísání maximální početnosti na odnož kyjatky osenní (KO) a mšice střemchové (MS) v klasech ozimé pšenice v Praze–Ruzyni v letech 2002–2014. Údaje pro jednotlivé pokusné parcely (prázdné symboly) a roční průměry (plné symboly) ± střední chyba průměru.



A



B



C



D

Obrázek 8.

A – slunéčko sedmítečné (*Coccinella septempunctata*)

B – slunéčko čtrnáctitečné (*Propylea quatuordecimpunctata*)

C – larva slunéčka sedmítečného

D – kukla slunéčka sedmítečného

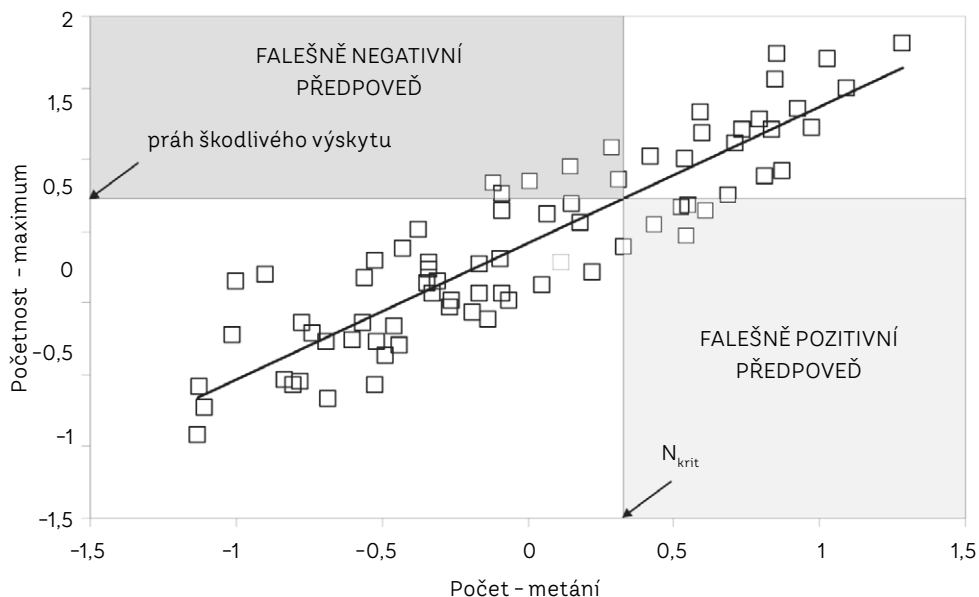
(pinx. Matúš Kocián)



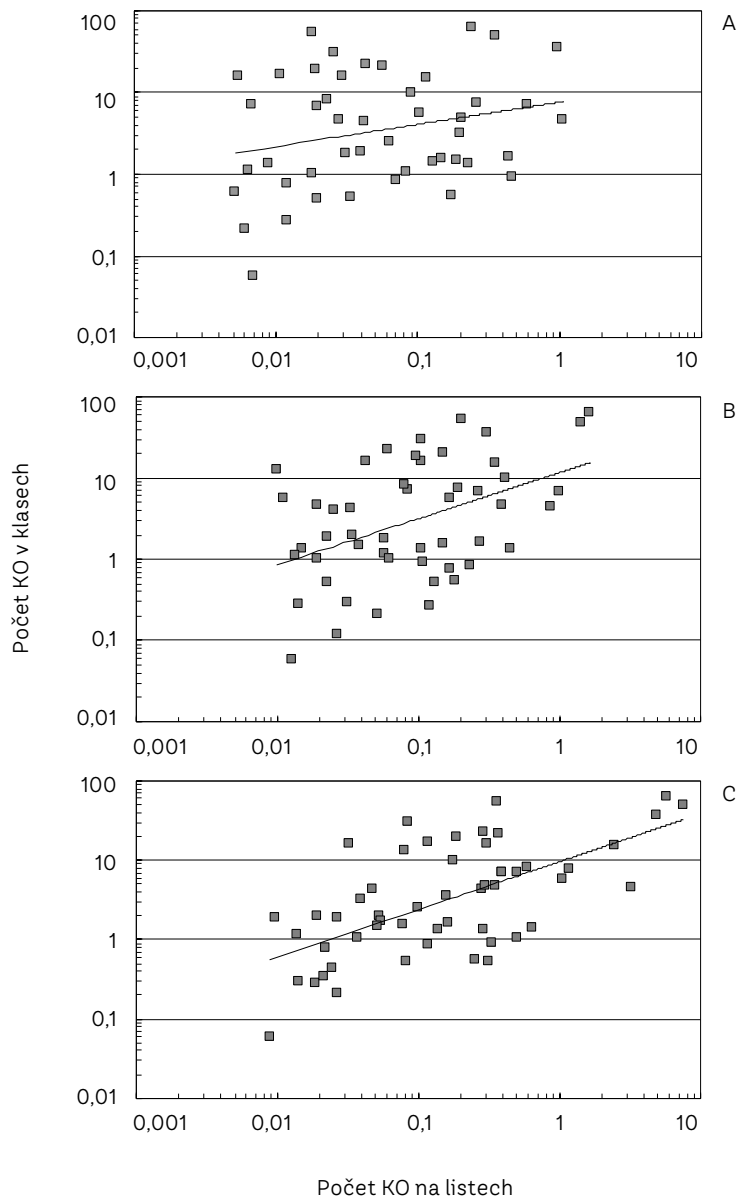
Obrázek 9. Pavouci významní v biologickém boji proti mšicím. A – Mládě snovačky pečující (*Phylloneta impressa*) stavějící si trojrozměrné sítě na vrcholcích bylin. B – Samice plachetnatky rodu *Tenuiphantes* stavějící si plachetkovité sítě při povrchu půdy. C – Samice cedivečky rodu *Dictyna* stavějící si trojrozměrné sítě na vrcholcích bylin. D – Samice cedivečky *Nigma walckenaeri*. E – Mládě křižáka rodu *Araniella* stavějícího si kolové sítě na vegetaci. F – Mládě křižáka rodu *Zygiella* stavějícího si kolové sítě. Foto Martin Suvák (A, B, C, E, F); a Vladimír Motyčka (D).



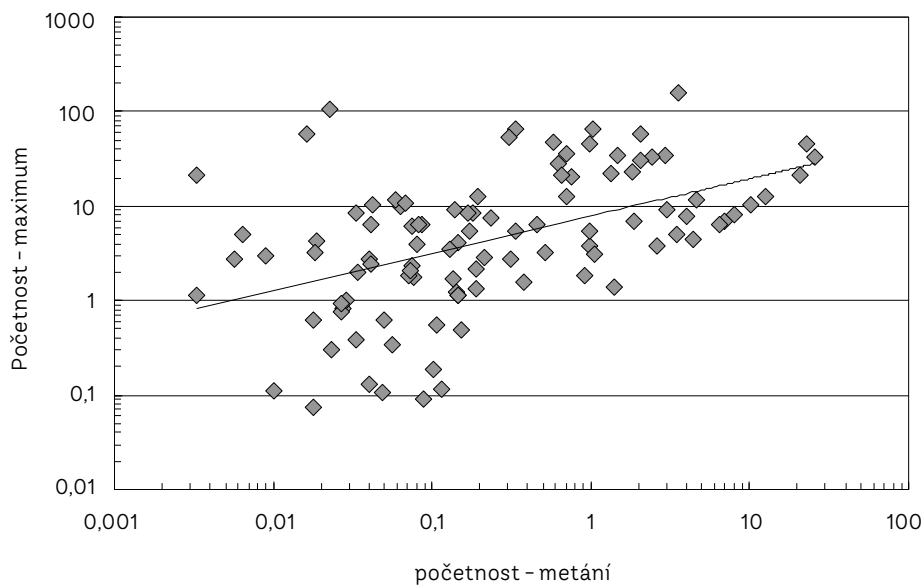
Obrázek 10. Parazitoidi významní v biologickém boji proti mšicím. A – dospělec durhu *Aphidius colemani*. B – Parazitované (mumifikované) a neparazitované mšice (uprostřed). C – Mumifikované mšice (vpravo krátce před líhnutím parazitoida). D – Komerční formulace *Aphidius colemani*.



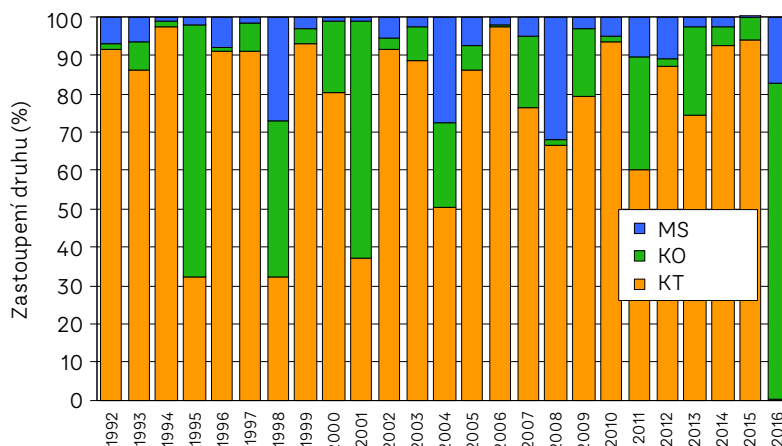
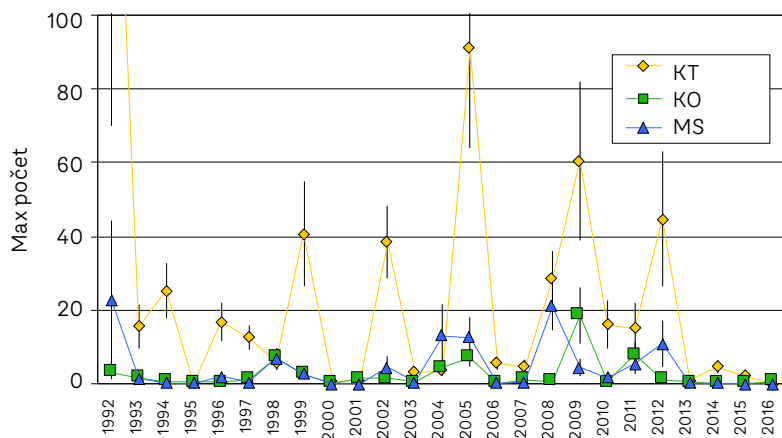
Obrázek 11. Ilustrace termínů popisujících regresní vztah mezi maximální početností mšic (osa y, počet jedinců vyjádřen v logaritmech) a početností mšic v období metání (osa x, počet jedinců vyjádřen v logaritmech). Znáznorněna je regresní přímka (vypočítaná) a pokusně zjištěné hodnoty početnosti mšic (čtverečky). Práh škodlivého výskytu je pokusně stanovená nejnižší početnost mšic, při které dochází ke snížení výnosu. N_{krit} je souřadnice x bodu regresní přímky jehož souřadnice y je práh škodlivého výskytu. Šedě vyznačené plochy vymezují oblast falešně pozitivní předpovědi (předpovídané hodnoty maximální početnosti mšic jsou nad prahem škodlivého výskytu zatímco skutečná početnost mšic je podprahová) a falešně negativní předpovědi (předpovídané hodnoty maximální početnosti mšic jsou pod prahem škodlivého výskytu zatímco skutečná početnost mšic je nadprahová).



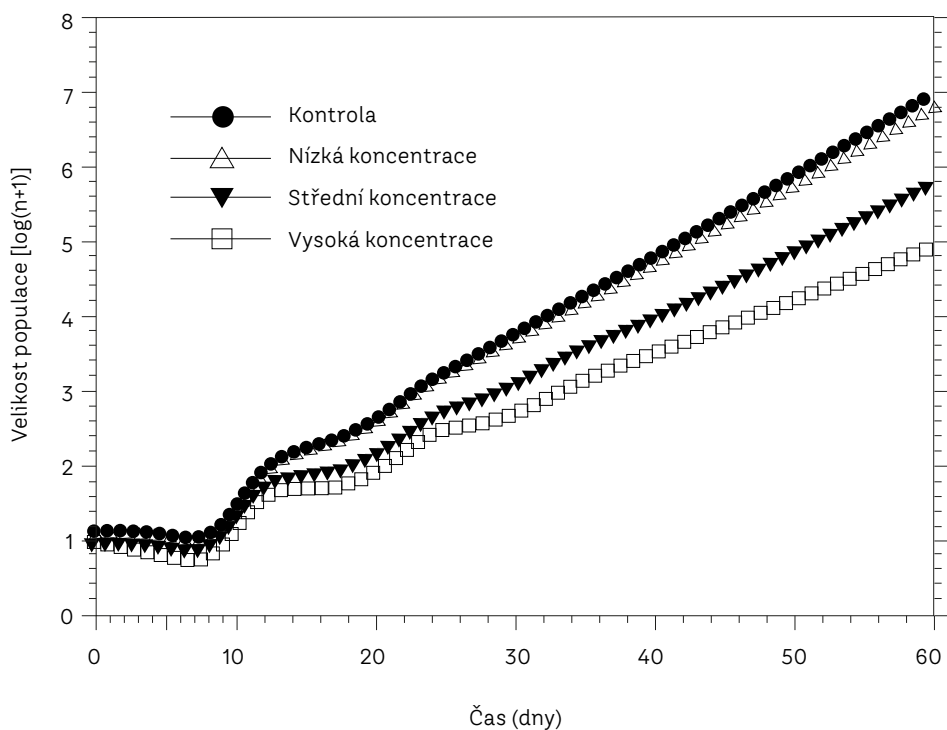
Obrázek 12. Vztah mezi maximálním počtem kyjatky osenní (KO) v klasech a počtem na listech. (A) v době metání ($\log [\text{KOklas}] = 0,879 + 0,335 \log [\text{KO listy}]$). (B) jeden týden po metání ($\log [\text{KO klas}] = 0,965 + 0,498 \log [\text{KO listy}]$). (C) dva týdny po metání ($\log [\text{KO klas}] = 0,799 + 0,429 \log [\text{KOlisty}]$).



Obrázek 13. Vztah mezi maximální početností kyjatky travní (KT) a početností tohoto druhu na listech ve fázi metání ($\log [KT_{\text{maximum}}] = 0,896 + 0,394 \log [KT_{\text{metání}}]$).



Obrázek 14. Ročníkové kolísání počtu kyjatky travní (KT), kyjatky osenní (KO) a mšice střemchové (MS) na listech v letech 1992–2016. Nahoře: počet jedinců na odnož v době maxima výskytu. Dole: procentuální zastoupení jednotlivých druhů v době maxima výskytu.



Obrázek 15. Srovnání vývoje populací kyjatky travní různě postižených ošetřením herbicidem na bázi glyfosátu. Růst populace kyjatky travní byl vypočítán na základě dat zobrazených na obrázku 6. Osa x – počet dnů od ošetření glyfosátem, osa y – očekávaná početnost populace.

Upozornění: Pro použití pesticidů jsou závazné údaje na etiketách přípravků a aktualizované informace v Seznamu povolených přípravků a dalších prostředků na ochranu rostlin, které jsou zveřejňovány např. na <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/>. Při realizaci doporučení uváděných v metodice musí být podmínky z těchto úředních dokumentů dodrženy.

Metodika vznikla z finančních prostředků MZe ČR a bude poskytnuta odborné veřejnosti zdarma.



Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
Praha – Ruzyně

2017