

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

**Studium bionomie a šíření hálčivce kmínového *Aceria carvi* Nal.**

Ing. František Reindl

**2007**

**Školitel:** Ing. Rostislav Zemek Csc., Entomologický Ústav  
AV ČR v Č. Budějovicích.

Rád bych poděkoval vedoucímu disertační práce **Ing. Rostislavu ZEMKOVI, Csc.**, za pomoc a rady, které mi poskytoval v průběhu doktorandského studia.

Dále bych rád poděkoval **Ing. Ludmile KAMENÍKOVÉ** a jejímu manželovi **Ing. Josefu KAMENÍKOVI, Csc.**, za pomoc při odběrech vzorků a spolupráci, dále pracovníkům Entomologického ústavu a kolegům z katedry Rostlinné výroby za pomoc, cenné rady a psychickou podporu.

Nemohu opomenout **mé rodiče** a **moji rodinu**, kterým vděčím za možnost studovat a další pomoc během studia.



Disertační práce byla vypracována za finanční podpory grantu GA ČR č.  
522/02/1490/A.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních  
zjištění a za pomoci uvedené literatury.

.....*F. Růžek*.....

V Českých Budějovicích dne: 16. 8. 2007

# OBSAH

str.:

<b>I. ÚVOD</b>	1
<b>II. LITERÁRNÍ PŘEHLED</b>	2
<b>1. Kmín kořenný v českých zemích</b>	2
1.1. Agrotechnika pěstování	2
1.2. Choroby a škůdci kmínu	2
<b>2. Eriophyidae</b>	3
<b>3. Hálčivec kmínový <i>Aceria carvi</i> Nal.</b>	4
3. 1. Symptomy poškození	4
3. 2. Systematické zařazení	5
3. 3. Hostitelské rostliny	5
3. 4. Geografické rozšíření	6
3. 5. Bionomie	6
3. 6. Životní cyklus	6
3. 7. Šíření hálčivce kmínového.	7
3. 8. Ochrana kmínu před škůdцем	7
<b>4. Disperze</b>	7
4. 1. Anemohoria	8
4. 2. Zoohoria	9
4. 3. Foresie (phoresy)	9
<b>5. Větrný tunel</b>	11
<b>III. CÍL PRÁCE</b>	13
<b>IV. MATERIÁL A METODIKA</b>	14
<b>1. Mapování výskytu hálčivce kmínového v Čechách</b>	14
<b>2. Foresie</b>	14
<b>3. Studium disperzního chování</b>	14
3. 1. Konstrukce větrného tunelu	14
3. 2. Segmentace tunelu a vložené regulační prvky	15
3. 3. Měřicí technika	15
3. 4. Testování účinnosti vložených regulačních prvků	16
3. 5. Pilotní experimenty s roztoči	16
3. 6. Vlastní testování roztočů ve vzdušném tunelu	16
3. 6. 1. Odběr a uchování rostlin s roztoči	16
3. 6. 2. Výběr a vkládání roztočů do tunelu	16
3. 6. 3. Příprava tunelu pro vlastní experiment	17

3. 6. 4. Vlastní experiment	17
<b>V. VÝSLEDKY A DISKUSE</b>	18
1. Rozšíření hálčivce kmínového v Čechách	18
2. Foresie	19
3. Větrný tunel	19
3.1. Testování tunelu	19
3.1.1. Prázdný tunel	19
3.1.2. Testování účinnosti vložených regulačních prvků	20
3.2. Vlastní experiment	21
3.2.1. Přirozené chování roztočů v proudícím vzduchu	21
3.2.2. Experimentální týdny	23
3.2.3. Celkové vyhodnocení experimentálních týdnů.	29
<b>VI. DISKUSE A ZÁVĚRY</b>	31
1. Rozšíření hálčivce kmínového v Čechách	31
2. Foresie	31
3. Větrný tunel	32
4. Závěry	32
<b>VII. POUŽITÁ LITERATURA</b>	33
<b>VIII. SOUHRN</b>	39
<b>IX. SUMMARY</b>	40
<b>X. PŘÍLOHY</b>	41
1. Obrazová příloha	41
2. Publikované práce	45
2.1. Publikace	45
2.1.1. Distribution of <i>Aceria carvi</i> Nal. in caraway ( <i>Carum carvi</i> ) growing areas of Bohemia.	45
2.1.2. Hálčivec kmínový stále aktuální škůdce kmínu kořenného.	48
2.1.3. Studies on phenology and harmfulness of <i>Aceria carvi</i> Nal. (Acari: Eriophyidae) on caraway, <i>Carum carvi</i> L., in the Czech Republic.	51
2.2. Sborníky z konferencí	54
2.2.1. Rozšíření hálčivce kmínového ( <i>Aceria carvi</i> Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořenného ( <i>Carum carvi</i> L.) v Čechách.	54
2.2.2. <i>Aceria carvi</i> Nal (Acari: Eriophyidae) – a serious pest of caraway in the Czech Republic.	57
2.2.3. Dispersal Behavior of <i>Aceria carvi</i> Nal.	59
2.3. Postery	65

<b>2.3.1. Rozšíření hálčivce kmínového (<i>Aceria carvi</i> Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořeného (<i>Carum carvi</i> L.) v Čechách.</b>	65
<b>2.3.2. <i>Aceria carvi</i> nal (Acari: Eriophyudae) – a serious pest of caraway in the Czech Republic.</b>	67
<b>2.3.3. Disperzní chování hálčivce kmínového (<i>Aceria carvi</i> Nal.)</b>	69

# I. ÚVOD

Hálčivec kmínový *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) patří mezi závažné škůdce kmínu kořeného (*Carum carvi* L.) v České republice. Společně s makadlovkou kmínovou a klopuškou kmínovou jsou jedinými škůdci kmínu, proti kterým se v praxi provádí významnější ochranná opatření.

Zvýšené pozornosti se tento škůdce kmínu dočkal po rekordním nárůstu pěstitelských ploch v letech 1995 – 1997 (9,5 tis. ha v roce 1996). Díky vysokému obsahu silic v nažkách neměl náš kmín na evropském trhu žádného většího konkurenta a tak došlo k rekordnímu objemu vývozu (6,8 tis. tun v marketingovém ročníku 1997/1998). S nárůstem pěstitelských ploch došlo zcela logicky i k jinému pohledu na škůdce a choroby této jinak „okrajové“ plodiny.

Hálčivec kmínový se tak dostal do popředí zájmu nejen pěstitelů kmínu. Bohužel bylo o tomto škůdci publikováno jen několik prací a tím chyběly podrobnější informace jak o jeho bionomii, tak o možnostech jeho regulace. Jednou z nejvýznamnějších a dá se říci jedinou podrobnou prací o tomto roztoči byla do té doby práce napsaná E. Königsmannem v roce 1957. Z jeho práce pak v České republice vycházel Ing. J. Klumpar ze Státní rostlinolékařské zprávy v Brně. Na podnět šlechtitelů manželů Ing. L. Kameníkové a Ing. J. Kameníka, který je zároveň předsedou sdružení Český kmín, byl vytvořen tým pracovníků VÚOL Opava a ENTÚ AV ČR, kteří v rámci společného grantového projektu GA ČR (grant č. 522/02/1490/A), řešili problematiku hálčivce kmínového.

Okolo tohoto škůdce kmínu bylo a stále zůstává, mnoho nevyřešených a často diskutovaných otázek. Na mnohé z nich odpovídají výsledky této disertační práce, společně s ostatními pracemi napsanými kolektivem lidí, podílejících se na řešení výše uvedeného grantu.

## II. LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 1. Kmín kořený v českých zemích (Ondřej a kol., 2001)

Pěstování kmínu v českých zemích má bohatou tradici již koncem 19. století. Z krajových odrůd byly v průběhu 40. – 60. let registrovány odrůdy opadavého kmínu Moravský (1941), Český (1952) a Ekonom (1964). V roce 1978 byla povolena první odrůda neopadavého kmínu Rekord. Po ní brzy následovali další odrůdy Prochan (1990) a Kepron (1994). Po stránce hospodářské nejsou mezi nimi patrné významnější rozdíly. Vyznačují se vedle neopadavosti vysokým obsahem silic v nažkách (monoterpeny – karvon, limonen, aj.). Výnosové parametry, kvalita sklizené produkce a zdravotní stav jsou závislé na podmínkách pěstování, agrotechnice, výživě a na průběhu počasí v jednotlivých ročnících.

Díky vysokému obsahu silic v nažkách je náš kmín na evropském trhu žádaný a konkurence schopný. Možnost vývozu kmínu vedla k rekordnímu nárůstu pěstitelských ploch v letech 1995 – 1997 (9,5 tis. ha v roce 1996) a k rekordnímu objemu vývozu (6,8 tis. tun v marketingovém ročníku 1997/1998). Nadprodukce výroby vedla ke snížení poptávky, poklesu ceny a tím i zpětně k poklesu pěstitelských ploch na úroveň počátku 90. let, tj. 2,0 – 2,5 tis. ha sklizňové plochy. S nárůstem ploch se zvýšil výskyt chorob a škůdců.

Dostal se tím i do popředí škůdce kmínu hálčivec kmínový *Aceria carvi* Nal. (Acari, Eriophyidae).

#### 1.1. Agrotechnika pěstování (Peterka a kol., 2002)

Nejlepší výsledky pěstování kmínu se docilují na pozemcích s dobrou půdní silou, s dostatečným množstvím humusu vápna, po vhodných předplodinách jako jsou okopaniny, obiloviny a ozimé směsky. Nevhodné předplodiny jsou jetelotrávy, nezorané louky a olejníny, zejména řepka (Procházka, 1984). V osevním postupu zařazujeme kmín jednou za šest let. K dobrým výsledkům pěstování přispívá včasný výsev v čisté kultuře nebo výsev kmínu jako podsev do krycí plodiny (bob, hrách, senážní oves) v příznivých podmínkách do jarního ječmene (Kocourková, 1996).

Výsev čisté kultury by měl být ukončen do 15. června ve vyšších polohách a nejdéle do 20. června v nižších polohách. Sklizeň krycí plodiny musí být ukončena do 20. července. Pozdější sklizeň krycí plodiny zeslabuje podsevy kmínu a další vývoj je nejistý. Při opožděném výsevu nebo opožděné sklizni krycí plodiny je nebezpečí, že porosty v příštím roce nebudou vykvétat. Výsev kmínu se provádí do hloubky 1 - 3 cm, do řádků šíře 8 - 12 cm a výsevek se pohybuje od 8 – 12 kg v závislosti na klíčivosti osiva. Vysetý kmín uválíme lehkým válcem pokud už nejsou použity na secím stroji přiválcování válečky.

#### 1.2. Choroby a škůdci kmínu (Anonym, 1998)

Mezi nejzávažnější škůdce kmínu patří vlnovník kmínový (*Aceria cervi*), klopušky (*Miridae*), makadlovka kmínová (*Depressaria daucella*), obaleč polní (*Cnephasia virgaureana*), pěnodějka obecná (*Philaenus spumarius*) a hraboš polní (*Microtus arvalis*).

Z chorob se na porostech vyskytuje především hnědá skvrnitost kmínu (*Mycocentrospora acerina*). Podle Peterky (2002) mají ostatní původci chorob kmínu: *Sclerotinia sp.*, *Fusaria sp.*, *Botrytis sp.* a další jen menší význam.

## 2. Eriophyidae

Eriophyoidní roztoči patří do nadčeledi Eriophyoidea, podtřídy roztočů (Acari), třídy pavoukoců (Arachnida) a kmene členovců (Arthropoda).

Zatím je známo kolem 3600 druhů z eriophyoidních roztočů celosvětově (Lindquist a kol., 1996; Amrine a Stasny, 1994; Kuang, 1998), ale jsou odhady, že celkový počet druhů se může rovnat víc než 50 000 (Amrine a Stastny, 1994). Kromě polárních oblastí, můžeme eriophyoidní roztoče nalézt kdekoli jsou přítomné rostliny.

Eriophyoidní roztoči jsou extrémně malí, dosahující na délku 0.1 - 0.3mm, takže nejsou často vidět prostým zrakem. Jejich tvar je vřetenovitý (červovitý). Na rozdíl od většiny roztočů, kteří mají v dospělosti čtyři páry noh, s výjimkou některých zástupců Podapolipodidae (Prostigmata), kteří mají tři páry nohou u dospělců (Evans a kol., 1961), eriophyoidní roztoči mají jen dva páry nohou ve všech vývojových stádiích. I zde však nalézáme několik výjimek jako jsou Tenuipalpidae, u kterých nalézáme ještě tři páry nohou u nedospělých instarů, případně roztoči s úplnou redukcí nohou u některých zástupců Harpyrhynchidae (Evans, 1992). Pohlavní orgány většiny roztočů jsou lokalizované na konci abdomenu zatímco u eriophyoidních roztočů jsou za kyčlí na přední části těla. Eriophyoidní roztoči mají na povrchu celé hysterosoma prstence a mají redukovaný počet chet. Tito roztoči mají jen dva aktivní nedospělé instary, označované jako nymfy.

V 18. století byly za původce hálek způsobených eriophyoidními roztoči považovány houby a byly podle toho také pojmenované. Lidé v 19. století věřili, že háčky indukované těmito roztoči byli utvořeny larvami hmyzu. Až na počátku 20. století s pomocí pokročilých mikroskopických technik byli přiznány eriophyoidním roztočům. Podobně tomu bylo i s jejich pojmenováním, na počátku byli eriophyoidní roztoči nazýváni jako: „háčkoví“ roztoči, „pupenovití“ roztoči, „puchýřovití“ roztoči, „erineum“ roztoči a „rezaví“ roztoči založené na poškození, které způsobili hostitelským rostlinám.

Mezi různými typy poškození způsobeného eriophyoidními roztoči, háčky často přitahují nejvíce pozornosti. To je způsobeno tím, že jejich zvláštní tvary často vzbudí zvědavost pozorovatele. Háčky jsou útvary abnormálního růstu rostlin indukované dalšími organismy, zahrnující zvětšení a množení rostlinných buněk.

Kolem 1 000 z víc než 3 000 druhů eriophyoidních roztočů způsobuje tvorbu různých hálek (Lindquist a kol. 1996).

Co se týče životního cyklu nalézáme u těchto roztočů dva hlavní typy. První je nazvaný „prostým životním cyklem“: vajíčko, protonymfa, přezimování, deutonymfa, a pak dospělec. Druhý je nazvaný „komplexním životním cyklem“, který zahrnuje dva typy samic, protogyne neboli „primární - letní“ forma, a deutogyne neboli „zimující“ forma. Eriophyoidní roztoči praktikují nepřímou reprodukci kdy samec odkládá spermatické vaky. Samičky, které nenaleznou spermatické vaky se rozmnožují arrhenotokií, kdy se z neplodných vajec líhnou samečci. Diskuze ohledně rozmnožování je velmi sporná. André (1935) zastává stanovisko, že k partenogenezi nedochází a takovéto závěry pramení z chybných pokusů a pozorování. Naproti tomu Baker a Wharton (1952) jsou názoru, že neexistují žádné druhy, které se rozmnožují pouze parthenogeneticky.

Eriophyoidní roztoči jsou rozděleni do tří čeledí: Phytoptidae, Eriophyidae a Diptilomiopidae, reprezentujících asi 20, 200 a 50 samostatných rodů (Lindquist a kol., 1996). Jejich systematické rozdělení mělo svůj historický vývoj. V rámci třídění nadčeledi Eriophyoidea, Keifer (1975) dělil eriophyoidní roztoče do tří čeledí, Nalepellidae, Eriophyidae a Rhyncaphyoptidae, závisle na počtu chet na štítu a umístění a typu ústní části. Mohanasundaram (1984) jednou oznámil objev nových druhů, *Ashieldophyes pennadamensis*, u kterého nelze rozeznat štít. Mohanasundaram umístil nové druhy do nové čeledi, Ashieldophyidae. Shevchenko a kol. (1991) vymezili novou čeleď, Pentasetacidae, pro *Pentasetacus araucaria* Schliesske, který má pět štětín na štítu. V roce 1989, Boczek a Natcheff, dále dělili Nalepellidae do Nalepellidae a Phytoptidae, založený na počtu a umístění štětiny na štítu. Zástupci z Nalepellidae mají buď jednu nebo tři štětiny, zatímco ti Phytoptidae mají buď dvě nebo čtyři štětiny.

Také pohlíželi na Rhyncaphyoptidae jako synonymum pro Diptilomiopidae, a dělili Phyllocoptiane dále do 10 sekcí. Od té doby je tam 6 čeledí v nadčeledi Eriophyoidea. Kromě Eriophyidae a Diptilomiopidae, další čtyři čeledi zahrnují jen málo druhů, někdy dokonce jediný druh, takový jako čeleď Ashieldophyidae a Pentasetacidae. Amrine a Stasny (1994) ustanovili další klasifikační systém pro nadčeleď Eriophyoidea. Nadčeleď Eriophyoidea rozdělili do tří čeledí založených na Keiferově systému (1975) a spojili Phytoptidae a Nalepellidae do jedné čeledi. Pentasetacidae přidali do Phytoptidae jako nezávislou čeleď a pohlíželi na Nalepellidae jak synonymum pro Phytoptidae. Ashieldophyidae byl sloučen s Eriophyidae, zatímco členové Phyllocoptinae byli dále rozděleni do několika sekcí. Později, Amrine a Stasny (1994) dali každé části jméno a dělili je do pěti kmenů.

Eriophyoidní roztoči jsou malé, velmi jednoduše uspořádané organismy, a tak mají jen málo rysů na kterých může být třídění postaveno. Nyní je nalézáno téměř 100 nových druhů každým rokem. Mnoho druhů je tak každou minutou definováno, takže jejich rysy se často překrývají s jinými druhy, což vede k identifikačním potížím. Vezměme druhy *Aceria* a *Eriophyes* jako příklad. Dva rody zahrnující kolem 900 a 200 pojmenovaných druhů. S takovým vysokým množstvím druhů, je extrémně obtížné pro klasifikátory klasifikovat a identifikovat Eriophyoidní roztoče. Klasifikování eriophyoidních roztočů je nyní založeno na asi 250 znacích. Odhady udělané na rychlost s jakou jsou nové druhy objevovány v posledních letech ukazují, že zde máme 35 000, možná až 50 000 druhů eriophyoidních roztočů celkově. Navíc, klasifikátoři se také potýkají s problémy, kdy jeden druh má více než jedno jméno, situace je způsobená repetiční publikací stejných druhů.

### **3. Hálčivec kmínový *Aceria carvi* Nal.**

#### **3. 1. Symptomy poškození**

Typickým příznakem napadení kmínu kořenného Hálčivcem kmínovým *Aceria carvi* Nal. je nalezení virescentních okolíků a deformovaných listů. Tento hátkotvorný (cecidogení) parazit vyvolává organoidní háčky (akarocecidie) metamorfózou listů a květů, případně květenství (Klumpar, 1999). Napadené okolíky vykazují větší nebo menší deformaci semeníků, tyčinek a okvětních lístků. Z napadených okolíků nevyrostou nažky, čímž se snižuje výnos kmínu (Zemek a kol., 2005). Důkladné popisy symptomů poškození existují od (Löw, 1887; Schlechtendala, 1911 až 1924; Mühle a



Könogsmann, 1954; Könogsmann, 1957). První větší prací o hálčivci kmínovém v české republice byla práce Klumpara (1999), po které následovalo období vyššího zájmu o tohoto škůdce způsobené zvýšenou výměrou kmínu.

Charakteristickým příznakem na květenství je tzv. zlístkovatění (phyllodie) korunních plátek, tyčinek a pestíků. Pestíky se rozkládají v lístky, prodlužují se a mění v nitkovité útvary vyčnívající z květů. Naopak prašníky po svém rozvinutí v plátky připomínají tvar halaparty. Jedná se o abnormality mající sestupný fylogenetický charakter vracející se k fylogenetickému listovému základu květu. Spolu s přeměnou květních orgánů dochází i k zkrácení květních stopek a to jak okolíčků tak i okolíků. Vznikají tak útvary (organoidní hálky) připomínající podobu květákové růžice. Vzniklé novotvary jsou pro svůj obsah chlorofylu světle zelené a v době dozrávání porostu snadno patrné pro své odlišné zbarvení. Tento příznak napadení kmínu hálčivcem kmínovým se nazývá „virescence okolíků“ nebo okolíčků či květů.

K deformacím listů dochází zkrácením listových úkrojků, které ztrácí svůj nitkovitý vzhled, rozšiřují se a lžičkovitě prohlubují. Řapíky a podobně i listové vřetenno a jařmové lístky s listovými úkrojky se zkracují, takže se vytvářejí metamorfované shluky listových úkrojků, nezřídka přisedlé k hlavní ose nebo k bočním větvím rostliny (Klumpar, 1999). Všechny listové části utvářející tyto listové hálky jsou masivnější ve svém vzhledu.

### 3. 2. Systematické zařazení (Evans, 1992)

- Kmen: ATROPODA – členovci
- Podkmen: CHELICERATA - klepítkatci
- Třída: ARACHNIDA – pavoukovci
- Podtřída: ACARI – roztoči
- Nadřád: ACARIFORMES
- Řád: PROSTIGMATA (Trombodiformes) – sametkovci
- Podřád: RAPHAIGNATHINA
- Čeleď: ERIOPHYIDAE
- Rod: ACERIA Keifer 1944,
- Druh: ACERIA CARVI Nal. - hálčivec kmínový

### 3. 3. Hostitelské rostliny

Jednotlivé hostitelské rostliny jsou uváděny podle autorů, tak jak je uvádí Könogsmann (1957):

Nalepa: *Peucedanum venetum*, *Torilis infesta*, *Trinia vulgaris*, *Carum carvi*. Houard, J. Keifer, Ross a Hedicke: *Orlaya grandiflora*, *Torilis infesta*, *Trinia vulgaris*, *Peucedanum ventum*, *P. oreoselinum*, *Pimpinella saxifraga*, *P. magna*, *Seseli hippomarathrum*, *S. glaucum*, *S. leucospermum*, *Torilis anthriscum* a *Trinia glauca*. Könogsmann (1957) experimentálně prokázal přenos *Aceria carvi* na *Orlaya grandiflora*, avšak přenos na *Petroselinum crispum* se nepodařil. Klumpar (1999) při svém studiu našel výskyt typických příznaků pouze na *Carum carvi*, přenos na *Daucus carota* sup. *silvestris* nebyl úspěšný.

### 3. 4. Geografické rozšíření

Geografické rozšíření hálčivce kmínového je téměř shodné s oblastmi pěstování kmínu. Könogsmann (1957) uvádí, že v rozsáhlých oblastech jižní, východní a severní Evropy kde se kmín také pěstuje, tento roztoč chybí. Boczek (1961) potvrzuje výskyt v: SRN, Rakousku, Švédsku, Polsku, České a Slovenské republice. Je však možné, že je již tento roztoč rozšířen ve všech, nebo alespoň ve většině oblastech, kde se kmín dnes pěstuje. Tato spekulace však není podložena žádnou novější studií. Výskyty v České republice se koncentrují zejména v oblastech intenzivního pěstování kmínu (Klumpar, 1997; Reindl a kol., 2004).

### 3. 5. Bionomie

Vývoj hálčivce kmínového se rámcově shoduje s vývojem ostatních druhů skupiny Tetrápodili. Všechna vývojová stádia mají pouze dva páry nohou a rozlišujeme u nich 4 stádia, a to vajíčko, larva, nymfa a imago. Könogsmann (1957) uvádí tyto bionomické poznámky:

- samičky hálčivce kmínového jsou veliké 0,183 x 0,047 mm a samečkové 0,181 x 0,043mm,
- hálčivec kmínový je převážně arhenotokní (forma partenogeneze, při které se potomstvo skládá jen z jedinců samičího pohlaví),
- na 93 samiček připadá 7 samečků,
- jedna samička klade 25 – 30 dní, přičemž vyklade 13 – 21 vajíček,
- u samiček navazuje na 4 až 5 denní inkubační dobu životní úsek dlouhý 13 až 14 dní, který zahrnuje období larvy, nymfy a dobu preoviální pozice. Celková doba života je (od larvy do smrti) 45 dní včetně doby postoviální pozice, trvající přibližně 10 dní,
- samečkové žijí 35 – 40 dní,
- jeden roztoč může způsobit deformaci listů i více květů,
- odolnost hálčivce k nepříznivým povětrnostním podmínkám je velká, mezi zaschlými zbytky listů vydrží 3 až 4 dny, kdy se jeho tělo zkrátí asi na polovinu, naproti tomu lze najít roztoče žijící až 13 dnů ve vodě.
- kratší období mrazů do  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  přežívají dobře, avšak dlouhé období hlubšího chladu v měsících leden a únor silně redukuje počet roztočů,
- populace je velmi slabá v brzkém jaru, v květnu – červnu silně naroste a v červenci – srpnu dosahuje svého maxima, v září nastává slabý pokles a až do ledna zůstává populace přibližně v této síle,
- přezimuje imago, vzácně jako nymfa mezi srdéčkovými listy v růžicích kmínu, zde dojde k přeměně na „postimago“,

### 3. 6. Životní cyklus

Životní cyklus začíná na podzim infestací přízemní růžice kmínu z okolních dozrávajících porostů. Roztoči přezimují mezi listovými úkrojky obklopující vegetační vrchol, včetně úžlabních pupenů. Zde také dochází k hálkotvornému narušení diferenciaci vegetačního vrcholu. Maximální aktivita a koncentrace roztočů je na povrchu virescentních okolíků a metamorfovaných listů. Nalézáme zde tisíce pohyblivých jedinců i vajíček. V době dozrávání se hálčivci, převážně pomocí větru, šíří na porosty kmínu v zásevovém roce. Část populace slézá na spodní zelené listy a z nezaoraného strniště se tak může šířit až do prvních mrazů. Tomu odpovídá i zjištění,

že výskyt roztočů na okolících byl v období sklizně výrazně nižší než v období dozrávání kmínu (Zemek a kol., 2002).

### **3. 7. Šíření hálčivce kmínového**

Otázka šíření hálčivce kmínového je jednou z klíčových otázek. Obecně jsou uváděny tři základní způsoby a to: pomocí větru, phoresií a nebo osivem. Šíření pomocí větru tzv. anemochorie je jediným již prokázaným způsobem u hálčivce kmínového. Otázkou možné phoresie se zabývá jedna část této práce avšak s negativním výsledkem. Tolik diskutovaný přenos pomocí osiva nebyl zatím zcela vyloučen, ale jeho pravděpodobnost, v nějaké větší míře, se již vyloučit dá.

### **3. 8. Ochrana kmínu před škůdцем (Zemková-Rovenská a Reindl, 2004)**

Ochrana porostu před hálčivcem musí vycházet z bionomie hálčivce, který se do okolí šíří zejména pomocí větru. Z toho vyplývá, že nejdůležitější je věnovat pozornost izolační vzdálenosti mezi porosty kmínu ve sklizňovém roce a porosty kmínu v roce zásevním a to zejména ve vztahu k převládajícímu směru větru ve zmíněném kritickém období.

Další opatření je setí kmínu do krycí plodiny. Porosty kmínu založené na jaře bez krycí plodiny mají v kritickém období výskytu hálčivce již velkou zachytnou listovou plochu a jsou tedy mnohem více ohroženy hálčivcem než porosty v krycí plodině. Také pozdní výsev lze doporučit jako dobré preventivní opatření proti nadměrnému výskytu tohoto škůdce. Posledním opatřením je včasné zaorání posklizňových zbytků, které by případně mohly být zdrojem hálčivce.

Kromě výše uvedených opatření mají pěstitelé možnost použít přípravek SANMITE 20 WP, který je nyní povolen i pro kmín (Anonym, 2004). Ošetřují se nově založené porosty po sklizni okolních kmínů v dávce 0,375 kg/ha.

## **4. Disperze**

Rozptylování je důležitý aspekt v životě mnoha roztočů, zvláště těch, kteří žijí v dočasných lokalitách, takových jako jsou „obydlí“ hmyzu+, ptactva a savců, a místa s akumulací organického odpadu, oddělené agromerace atd. (Evans, 1992). Z pohledu lidí, znalost rozptylování daného škůdce, není důležitá jen pro pochopení životní strategie a tím možnosti ochrany, ale je také rozhodující pro porozumění dynamik rezistence k pesticidům (Alves a kol., 2005). U phytofágních druhů disperzní mechanismy umožní roztočům šíření nad velkými oblastmi kultivovaných plodin, mohou tak kolonizovat široce oddělené rostliny právě tak jako uniknout před přirozenými nepřáteli. Strukturální, vývojové, fyziologické přizpůsobování pro rozptylování včetně specifického chování jsou různorodé (Binns, 1982). Hlavní metody rozptylování u roztočů jsou vzdušnými proudy (anemohoria) nebo využití dalších zvířat pro dopravu (zoohoria) ačkoli lezení je také způsob k rozptylování na relativně krátké vzdálenosti, jak uvnitř hostitelské rostliny nebo mezi soustředěnými hostitelskými rostlinami. Za příklad může být uveden Eriophyoidní roztoč *Calepitrimerus vitis* Nalepa, u kterého Duffner a kol. (2001) potvrzuje šíření pomocí větru, deště, lidí (na oblečení) a přiznává i nejasnou roli phoresie u tohoto roztoče.

#### 4. 1. Anemohoria

Roztoči byli zachyceni ve výškách až 3000 m. nad terénem (Fleschner a kol., 1956). Eriophyidní roztoči zaujímají největší podíl za všech roztočů praktikujících anemochorii a to z 64 % (Mumcuoglu a Stix, 1974). Podle Schliesske (1979) je to však jen 43%, což je i tak poměrně velké množství. Šíření pomocí vzdušné disperse je běžným fenoménem i u Tetranychidae (Fleschner a kol., 1956) a dalších skupin roztočů. Převládající směr větrů tak může odpovídat směru šíření roztočů, tak jak je tomu např. u *Aceria tosichella* (Eriophyidae) Keifer (Liu a kol., 2005). Pro disperzi pomocí větru roztoči volí dvě základní strategie.

První z nich je specifická pro roztoče souhrnně označované spidermite, kteří pro svůj „let“ produkují „hedvábné nitě“. Mnoho těchto roztočů, například: *Panonychus citral*, *Oligonychus ununguis* a *Eotetranychus sexmaculatus*, sestoupilo z listů na hedvábných nitích vyprodukovaných z bílkovinné sekrece snovací žlázy na pedipalpách (Alberti a Storch, 1974). Vlákna jsou napojena na substrát a jsou-li zachycena vzdušným proudem jsou i s roztoči odtrhnuta a odnesena pryč. Tento typ chování je často označován jako „let balonem“, termín který je užíván pro specifický typ anemohorie u pavouků. Avšak u pavouků jde o jiný princip, při kterém je vlákno ze snovacích bradavek, zvednuté opisthosoma, tažené ven proudem vzduchu a odnáší pavouka s sebou. Tyto dva mechanismy nejsou stejné a je nutno vyhnout se nesrovnalostem. Kennedy a Smitley (1985) říkají, že termín „let balonem“ by neměl být užíván pro popis chování roztočů. Eriophyidní roztoči však nemají schopnost produkovat výše zmiňovaná vlákna.

Druhým způsobem šíření je komplexní typ odlišného chování, které nalzáme převážně u samic, méně často u nedospělých instarů, a zřídka u dospělých samečků Tetranychidae (Kennedy a Smitley, 1985). Obdobného závěru, že se pomocí vzdušné disperse šíří samičky (*Phyllocoptruta oleivora*) ve větší míře než samečci potvrdili poměry odchycených roztočů do lepových pastí (Bergh, 2001). Pro úspěšnou disperzi se roztoči postaví čelně k proudu vzduchu, vzpřímí první pár nohou, kdy druhým párem se vzeprou do vztyčené pozice. Populační hustota a stav hostitelské rostliny jsou pravděpodobně nejvýznamnějšími faktory pro iniciaci disperse. Před vztyčením do disperzního postavení se obvykle roztoči koncentrují v horních částech rostliny a na listových vrcholech kvůli zvýšené síle proudění. Zde dochází i k zesílení dispersní aktivity jako odpověď na světlo, vyplývající z nízké okolní relativní vlhkosti způsobené senescencí potravinového zdroje (Suski a Naegele, 1963; McEnroe a Dronka, 1971).

Rozptylování pomocí vzdušných proudů je častější i u samic eriophyidních roztočů. Roztoči zaujmou disperzní pozici: postaví se na terminálovém laloku a zapřou se rektální brvou, zvednou přední část těla a mávají nohama (Jeppson a kol., 1975). Existují i další strategie pro vzdušnou disperzi například formování řetězu, kdy se roztoči spojují navzájem (Evans, 1992). Pasivní šíření u eriophyidních roztočů lze snadno dokázat jejich odchycením na lepové destičky (Pady, 1955; Davis 1964; Van de Vrie, 1967; Nault a Staer 1969; Mumcuoglu a Stix, 1974; Easterbrook, 1978; Schliesske, 1979; Kadono a kol. 1982; Bergh a McCoy, 1995; atd.),

Nault a Styer (1969) považují vítr, teplotu a světlo jako hlavní prvky ovlivňující disperzi u *Eriophyes tulipae* napadající lipnicovité. Například, zvýšení teploty z 12 na 24°C mělo za následek osminásobné zvýšení počtů odchycených roztočů. Na druhé straně Bergh (2001) z abiotických činitelů, kteří nejvíce napomáhali rozptylování vyzdvihuje sluneční záření, denní dobu a rosu na listech; zatímco rychlost větru,

vzdušnou vlhkost, teplotu, a srážky mají podle jeho studií minimální vliv na disperzi *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead).

Disperzní postoj byl pozorován i u *Amblyseiulus fallacis* (Phytoseiidae) v laboratorních podmínkách (Johnson a Croft, 1976). Když rychlost větru překonala asi 1 míli za hodinu (0.45 m/s), roztoči pozměnili své chování. Tento rozdíl byl patrný při změně z náhodného pátravého pohybu k cílenému pohybu směrem k okraji experimentální arény, následovaného omezením všech pohybů vpřed a orientace směrem k proudu vzduchu. V tomto stupni, převzali disperzní postoj s vzpřímeným prvním párem nohou (kterým nemávají), druhým párem noh vzpřímí přední části těla ze země a s třetím a čtvrtým párem noh dávajícím podporu tělu. Mezi biotickými činiteli spojenými se zahájením vzdušné disperze u těchto dravých roztočů je velmi důležitá hustota kořisti. Hoy a kol. (1985), pracovali s *Metaseiulus occidentalis*, v kalifornských mandlových sadech, kde pozorovali maximum vzdušné disperze mezi 16.00 a 22.00 hodinou kdy byla vyšší rychlost větru a relativní vzdušná vlhkost a nízká teplota. Bergh (2001) za maximum vzdušného rozptylování u *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead), v centrální Floridě označil dobu mezi pozdním ránem a ranným odpolednem. Podle Sabelis a Dicke (1985), nebyl disperzní postoj pozorován u dravého roztoče *Phytoseiulus persimilis*.

#### 4. 2. Zoohoria

Použití dalších zvířat pro rozšiřování využívají zvláště roztoči, kteří žijí v lokalitách, které jsou prostorově oddělené nebo dočasné. Jeden typ asociace mezi roztočem a jeho přepravcem je označován jako foresie (phoresy) a byl definován Farish a Axtell (1971) jako:

„Fenomén, v kterém jedno zvíře aktivně hledá cestu pryč připojením k vnějšímu povrchu dalšího zvířete pro omezenou dobu, během které u připojeného zvířete se zastaví příjem potravy a ontogeneze, takovéto připojení pravděpodobně má za následek rozptylování z oblastí nevhodných pro další vývoj a to ať jednotlivce nebo jeho potomstva“.

Phoresie v přísném smyslu těchto autorů se běžně vyskytuje u Mesostigmat, Astigmat a Tarsonemid. Další typ asociace vedoucí k dispersi je „důvěrnější“ a roztoč je zároveň parazitem hostitele během tranzitu. To je nejrozšířenější u Parasitengona u kterých je disperzní fázi larva, deuteronympha a dospělci jsou volně žijící a obvykle predátoři. Binns (1975) považuje připojení vodních roztočů k vázkám v první řadě za disperzní chování, spíše než parazitické.

#### 4. 3. Foresie (phoresy)

Foresie je jednou z dalších metod kterou se roztoči rozšiřují, a umožní jim úspěšně využít zdroje které jsou vysoce proměnné v čase a prostoru, např. květy (Tschapka a Cunningham 2004). Monoculturní společenstva rostlin nejsou často charakterizovaná phoretic asociacemi (Binns, 1982).

Tito kolonizátoři z dočasných lokalit se přemístí jako pasažéři na různých druzích členovců nebo dalších zvířatech. Přenos pomocí členovců je popisován poměrně běžně: Khaustov a Husband (2004) popisující tři nové druhy z čeledi Scutacaridae a to *Archidispus americanus n. sp.*, *A. missouriensis n. sp.* and *A. ocellatus n. sp.*, nalezených na broucích z rodu *Stenolophus* (Carabidae). Hall a Ebermann (2005) uvádí



tabulku druhů z rodů *Imparipes*, využívající k foresii různých blanokřídlých. Bajerlein a Bloszyk (2004) prováděli úspěšné pokusy z forezií na 31 druzích z koprofágních brouků z čeledi: Aphodiidae, Geotrupidae, Scarabaeidae, kteří na svém povrchu přenášejí deutonymphu roztoče *Uropoda orbicularis*. Přenos roztoče *Pseudacarapis trispicula* pomocí včely medonosné *Apis mellifera* L. popisuje Ochoa a kol. (2003), roztoč se nechá zanést včelou až do úlu, kde se živí medem. Členovci však nejsou jedinými tranzitními organizmy, Colwell (2000) uvádí 70 druhů roztočů z 3 rodů, které jsou přenášeny kolibříkem opylující rostliny. Tschapka a Cunningham (2004) popisují přenos zatím nepopsatelných rodů z čeledi Ascidae pomocí netopýrů, živící se pylem a nektarem palmy *Calypstrogyne ghiesbreghtiana* v Kostarice.

Ačkoli vyhledání vhodných lokalit je určené chováním transportního organismu, koncová selekce lokality je pravděpodobně udělána phoretickým organismem v přítomnosti podnětů které vedou k oddělení. Nejvíce druhů praktikující foresii jsou r-stratégové o čemž svědčí jejich rychlý vývoj a rychlé zvýšení populační hustoty za účelem rychle kolonizovat a využít dočasný potravní zdroj.

Podobně jak už bylo citováno výše v kapitole o dispesi, tak i u foresie se přednostně rozšiřují samičky. Fan a Petitt (1998) pracovali s roztočem *Polyphagotarsonemus latus* Banks (Tarsonemidae), jehož tranzitním organismem je *Bemisia argentifolii* (Homoptera, Aleyrodidae). Ve svých laboratorních pokusech z celkového množství odchycených *B. argentifolii*, které přenášeli *P. latus* na holenních a tarsálních částech nohou (z 97,5%), zaznamenali 99.5% samic tohoto roztoče.

Rozsah strukturálního uzpůsobení, zvláštnosti životního cyklu a specifické chování týkající se foresie roztočů se značně mění. Roztoči ze skupiny *Dermanyssina* až na malé výjimky vykazují malé nebo žádné strukturální přizpůsobování a podobají se ekvivalentním instarům druhů, které foresii nepraktikují. Na druhé straně, phoreticky aktivní instary u Astigmata jsou vysoce specializované v struktuře, chování a fyziologie a jsou velmi rozdílného způsobu života než jak je tomu u životního cyklu instarů nepraktikujících foresii (Evans, 1992). Hlavní strukturální přizpůsobení pro foresii jsou viděna ve vývoji orgánů pro připojení k hostiteli, takových jako jsou zvětšená klepeta prvního páru noh, u některých Tarsonemina. Dále např.: modifikace jisté štětiny opisthogastric regionu vytvářející „násosky“ nebo háčky u některých Astigmata a nebo sekrece řitní kotvící stopky u phoreticky aktivních deuteronymph některých Uropodina. Adaptace životního cyklu jsou nejokázalejší u těch druhů, které mají phoresní alternativu k nephoretickým vývojovým stádiům např. u Uropodidae. U Astigmat mohou deuteronymphy vytvářet hypopus v závislosti na potravním zdroji. U mnoha druhů je životní cyklus roztočů synchronizovaný k transportnímu druhu a mohou zahrnovat zrychlený nebo pozastavený vývoj phoretického instaru. Feromony nebo hormony produkované transportním organismem se zdají být spojeny s jejich vývojovou synchronizací. Fakultativní partenogeneze je běžným fenomén u phoretických samic, zvláště u Mesostigmata a umožní rychlou kolonizaci nových lokalit jednotlivcem nebo malou skupinkou jedinců. Změny v chování jsou zřejmé ve zvýšené aktivitě jak oni vyhledávají tranzit, kontrastující s jejich nečinností když jej najdou - „obsadí“. Zastavení příjmu potravy během tranzitu na přepravci, a často i v období před tranzitem, je charakteristické pro většinu phoretických forem.

Asociace mezi phoretickým roztoči a jejich transportními organizmy jsou v rozsahu od nespecifikovaného nazývaného „euryxenous“, v kterém roztoči obsazují různé tranzitní druhy. Nebo specifického neboli „stenoxenous“, kde roztoči užívají konkrétní druhy hostitele pro rozptylování. V druhém pořadí jmenovaný typ vztahu obvykle nastává když roztoč obývá hnízdo nebo „hnízdni komoru“ svého „nosiče“. Příklady ze

stenoxenic asociací mezi roztoči a obratlovci jsou nalezení mezi endofollicular hypopodes (Ctenoglyphidae a Labidophoridae) hlodavců a podkožní hypopodes (Hypoderidae) ptactva. Stenoxenic asociace „roztoč – hmyz“ se vyskytují, např. mezi druhy z *Dinogamasus* a xylocopid včely z rodů *Mesotrichia* a mezi *Poecilochirus* a silphid brouky z rodu *Nickrophorus* (Evans, 1992).

Rozšiřování pomocí foresie u eriophyoidních roztočů je často diskutovaná otázka. Duffner a kol. (2001) mluví o možnosti foresie pomocí členovců u *Calepitrimerus vitis* ve vinicích. Warburton a Embleton (1902) uvádí, že *Eriophyes ribis* (Westw.) Nal. je rozšiřován pavouky, housenkami, mšicemi, pomocí Coccinelloidea a také mravenci. Masee (1928) se k tomu názoru připojuje. Rozšíření *Phyllocoptruta oleivora* (Ashm.) pomocí larev Coccinellode a Chrysopide pozorovali Yothers a Mason (1930). Za rychlé rozšíření *Eriophyes vaccinii* K. je pravděpodobně zodpovědný *Apis mellifica* (Fulton, 1940). Rozšiřování eriophyoidního roztoče *Eriophyes litchii* Keifer pomocí včely medonosné prokázal ve své práci Waite a Mcalpine (1992).

## 5. Větrný tunel

Při studiu přirozeného chování testovaných organismů je v mnoha případech potřeba vystavit sledovaný objekt horizontálně proudícímu toku vzduchu zbaveného turbulencí. Jednou z možností je zakoupení jednoho z komerčně dostupných vzdušných tunelů. Jejichž cena a některé další parametry však nemusí uspokojit konkrétní potřebu experimentu. Většina experimentů má totiž svá výrazná specifika a tak je mnoho laboratoří donuceno zkonstruovat si tunel vlastní.

V mnoha pracích nalézáme tunely u kterých jejich velikost neumožňuje přímé pozorování drobných bezobratlých organismů velikosti roztočů. Je to mu tak např. u tunelů pro studium hmyzu, jejichž vnitřní rozměry se blížících ve výšce a šířce jednomu metru a na délku jsou počítány na metry (Isard a kol., 1996, Valeur a Löffstendt 1996, Barata a Araújo 2001, atd.). I některé tunely používané při testování roztočů, jejichž velikost je již o něco menší stále naráží na podobný problém (Jung a Drift, 2001; Van Tilborg a kol., 2004; atd.). Jakýmsi velikostním opozitem k těmto tunelům je tunel podle Kuenen a Calderone (1998) jehož „příliš“ malá velikost je zas limitem v jiném ohledu.

Pro mnoho experimentů postačí jedna více méně stabilní rychlost (Eviden a kol., 2004; Svensson a kol., 2003; McIntyre a Vaughn, 1997; atd.) u jiných je potřeba mít nějaké pracovní rozpětí získané např. změnou napětí ventilátoru pomocí reostatu podobně jako (Isard a kol., 1996).

Vytvoření laminárního proudu vzduchu zbaveného turbulencí v měřicí komoře bývá nejdůležitější předpoklad objektivnosti všech pokusů. Pro usměrnění a regulaci vzduchu bývají použity různé regulační prvky. Pro první rozdělení a usměrnění vzduchu bývají použity: arch šestihranných trubiček připomínající včelí plást z hliníku (Isaacs a kol., 1999) nebo s kartonu (Bhasin a kol., 2000), případně pole vytvořené s plastových brček na pití (Meats a Hartland 1999) nebo mřížky s čtvercovým průřezem o různé velikosti a délce. Posledním regulačním prvkem před měřicí komorou bývá vrstva jemného síta, která je používána u mnoha autorů (Full a Koehl, 1993; McIntyre a Vaughn, 1997; atd.) z různého materiálu. Mezi další účinné složky vzdušných tunelů, patří rohože s aktivním uhlím odstraňující kontaminující látky (Isaacs a kol., 1999, Heath a Manukian, 1992), a které zároveň ve velkém měřítku redukují vzdušné turbulence (Kuenen a Rowe, 2006).

Teplota, vzdušná vlhkost a světelná intenzita jsou další důležité faktory většiny experimentů. Teplotu a vlhkost řeší většina autorů úpravou těchto faktorů v okolním prostředí tunelu. Výjimkou je např. tunel zkonstruovaný Isard a kol. (1996), ve kterém lze teplotu regulovat oběma směry. Světelný režim tunelu většinou vychází z potřeb daného pokusu. McIntyre a Vaughn (1997) pro zdroj světla použili 6 x Sylvania denních fluorescenčních žárovek (40 W) pověšených nad tunelem, které vytvořily světlo v rozhraní viditelného a UV spektra. Jednotné matné denní světlo vytvořili Evenden a kol. (2004) pomocí šesti 25 W žárovek, rozptýlených skrz bílý papír.

Další otázkou je volba tvaru tunelu na jeho průřezu a použitý materiál. Za nejběžnější lze považovat tunely s čtvercovým a obdélníkovým tvarem v průřezu, ale můžeme najít i kruhový (Yamanaka, 2001), šestihraný (Toshoval a kol., 2002), ale i polo-válcovitý (Pélozuelo a Freérot, 2006). Za nejvíce používaný materiál na konstrukci vzdušného tunelu bývá použito pexisklo, méně časté, ale také používané je tvrzené sklo (Messing a kol., 1997) a v polních pokusech lze využít i polyetylenovou fólii (Card'e a kol., 1998).

Stejně jako předchozí uvedené faktory i výběr optického zařízení pro pozorování studovaného objektu vychází z možností každé laboratoře a potřeb daného experimentu.



### III. CÍL PRÁCE

Cílem této disertační práce je získání nových informací o bionomii a šíření hálčivce kmínového *Aceria carvi* Nal.

Prvním předmětem studia je zmapování rozšíření tohoto škůdce v rámci České republiky. Tato práce by měla přinést informace o výskytu a abundanci roztočů v jarním období druhého roku pěstování dvouletého kmínu. Za tímto účelem bylo nutné odebrat vzorky z co největšího počtu porostů, zejména v typických kmínařských oblastech. Další podmínkou bylo, že vzorky musí být pro možnost srovnání abundance odebírány v co nejkratším časovém intervalu.

Druhým předmětem studia je potvrzení či vyvrácení foresie, šíření hálčivce kmínového pomocí jiných bezobratlých – převážně pomocí hmyzu. Cílem je odchytit reprezentativní množství jedinců z řad hmyzu v nejvhodnější době pro šíření hálčivce a laboratorně je vyšetřit.

Posledním předmětem studia je studium šíření hálčivce kmínového pomocí vzdušné disperse. Tato svým rozsahem největší část předpokládá splnění několika dílčích úkolů. Tím prvním bude návrh a konečná realizace větrného tunelu pro vlastní experiment. Následovat by mělo testování a doladění vnitřních regulačních prvků tunelu. Konečným cílem těchto dvou dílčích úkolů bude ukázat jak získat levný větrný tunel pro studium „mikro-bezobratlých“ s použitím běžně dostupných optických přístrojů za současného zachování parametrů velkých či cenově nedostupných tunelů. Důležitými faktory by zde měla být možnost regulace rychlosti vzduchu, snadné sledování studovaného organismu pomocí binokulárního mikroskopu a měřicí komora bez turbulencí. Po splnění těchto dílčích úkolů bude možno začít vlastní studium dispersního chování. Do sestrojeného a upraveného tunelu budou vkládána jednotlivá individua škůdce a budou vystavena různě rychlému proudu vzduchu. Jejich chování bude sledováno a průběžně zaznamenáváno.

Všechny nově získané informace o bionomii a šíření hálčivce kmínového pak budou podkladem pro tuto disertační práci.

## IV. MATERIÁL A METODIKA

### 1. Mapování výskytu hálčivce kmínového v Čechách

Mapování výskytu *A. carvi* bylo provedeno v rozmezí 3.-12. dubna 2002 na vybraných porostech dvouletého kmínu. Vzorky byly shromážděny z 27 lokalit na území Čech. Z každého porostu byl odebrán vzorek 50 rostlin, složený z pěti dílčích odběrů po deseti rostlinách (střed a čtyři protilehlé okraje, minimálně však 50 metrů od okraje pozemku). Roztoči byly extrahovány z rostlinného materiálu pomocí vytřepávání v 75% etanolu metodou podle Zachardy a kol. (1988). Každá rostlina byla nejprve podélně rozříznuta aby došlo k obnažení srdéčkových listů. V závislosti na velikosti rostlin bylo současně vytřepáváno v jedné skleněné nádobě o objemu 1 litr maximálně pět rostlin. Získaný vzorek byl po zbavení hrubých nečistot ponechán min. 24 hodin v klidu. Po odsátí přebytečného etanolu byly vzorky postupně rozlévány do Petriho misek, které byly opatřeny počítací mřížkou a mikroskopicky vyhodnoceny. Zjištěné počty hálčivců s lokalizací pozemků byly zadány do programu ArcView GIS verze 3.1, kterým byla vytvořena síťová mapa ukazující rozšíření hálčivce kmínového.

### 2. Fhoresie

Pokusy o prokázání forézie, tj. šíření *A. carvi* pomocí hmyzu, byly prováděny v době nejvyšší populační hustoty hálčivce kmínového na okolících v porostech kmínu o výměře 2,8 a 3,6 ha. v okolí obcí Zvíkov, Vlkovice a Skalice (cca 13-15 km. od Č. Budějovic). V této době kmín plně kvetl a tak lákal široké spektrum drobných bezobratlých převážně létajícího hmyzu. Jednotlivá hmyzí individua byla odchytávána nad porostem kmínu pomocí sítky na motýli. Pro odchyt bylo zvoleno několik stanovišť pro zvýšení spektra odchycených jedinců (střed pozemku, okraj: les, pole a u silnice). Každé odchycené individuum bylo umístěno do vlastní zkumavky naplněné 75% etanolem. V laboratoři byl hmyz i veškerý etanol mikroskopicky vyšetřen.

### 3. Studium disperzního chování

#### 3. 1. Konstrukce větrného tunelu

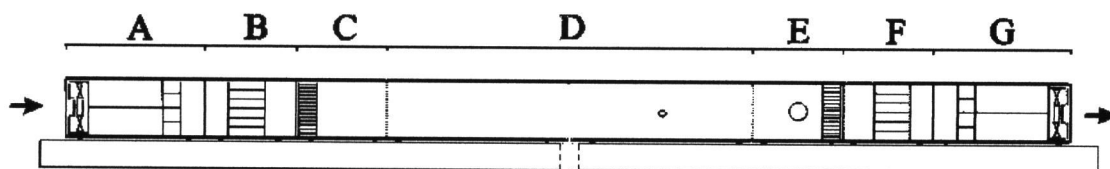
Větrný tunel byl konstruován pro studium disperzního chování Eriophyoidních roztočů. Skládá se z 18 skleněných desek, které byly slepeny v 7 samostatných segmentů, vytvářejících dohromady tunel dlouhý 1100 mm s vnitřními rozměry 60x60 mm. Jednotlivé segmenty tunelu byly slepeny UV vytvrzovaným lepidlem složeným z uretan-methakrylové pryskyřice mající malou viskozitu a vysokou smykovou pevnost.

Zdrojem proudění vzduchu byli dva ventilátory (velikost 60x60x25 mm, 12V), každý umístěný na jednom konci tunelu. Zapojení ke zdroji bylo paralelní. Zdrojem bylo síťové trafo pomocí kterého byly regulovány otáčky ventilátorů a tím rychlost proudění vzduchu v tunelu. Nezbytnou součástí napojení ventilátorů na trafo byl kondenzátor (1000  $\mu$ f, 25V) zabráňující výkyvům napětí. Tunel byl umístěn na hliníkový nosník zabráňující zakřivení tunelu a sloužící pro lepší manipulaci s tunelem. Vibrace vzniklé činností ventilátorů byli eliminovány pryžovými podložkami umístěnými mezi nosníkem a tunelem.

### 3. 2. Segmentace tunelu a vložené regulační prvky

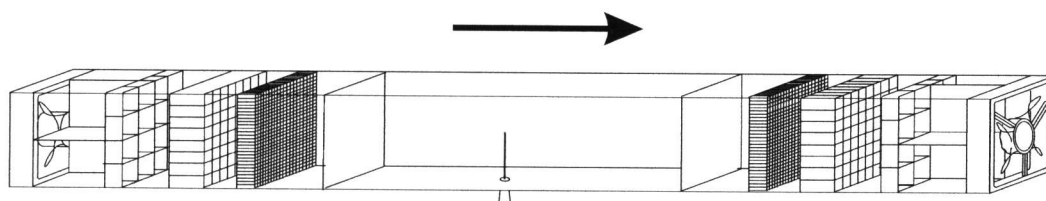
Tunel je složen ze sedmi segmentů, které jsou k sobě dodatečně přilepeny. V prvním segmentu tunelu (A) byl umístěn ventilátor a dělicí voština rozdělující proud vzduchu na čtvrtinu (dlouhá 80 mm) a poté na šestnáctiny (dlouhá 20 mm) (Obr. č. 1). Takto rozdělený proud vzduchu přichází do druhého segmentu (B), kde je rozdělen a usměrňován hrubou voštinou (délka 40 mm, oka 10x10 mm). Poslední regulační voština umístěná v třetím segmentu (C) je jemná voština (dlouhá 20 mm, oka 4x4 mm). Horizontálně proudící vzduch zbařený turbulencí vstupuje do dalšího segmentu – testovací komory (D) přes regulační síto (oka 1x1,5 mm). Jednotlivé segmenty a regulační prvky jsou vloženy zrcadlově k testovací komoře i z její druhé strany. Toto rozložení srozumitelně ukazuje Obr. č. 2.

Obr. č. 1.: Větrný tunel zkonstruovaný pro studium disperzního chování hálčivce kmínového.



Uprostřed testovací komory na jejím dně je umístěn vstupní otvor ( $\varnothing$  8 mm), sloužící pro vkládání testovaných roztočů. Na boční stěně testovací komory je umístěn i druhý otvor ( $\varnothing$  5 mm) vzdálený 100 mm po směru proudění za otvorem pro vkládání roztočů. Tento otvor je určený pro sondu anemometru, sloužící k průběžné kontrole rychlosti proudění vzduchu. Posledním měřicím prvkem tunelu byla termohygrometrická sonda umístěná v bočním otvoru pátého segmentu (E) mezi regulačním sítem a jemnou voštinou.

Obr. č. 2.: Třírozměrný pohled na umístění hlavních regulačních prvků větrného tunelu.



### 3. 3. Měřicí technika.

Pro měření rychlosti proudění vzduchu byl zvolen anemometr Testo s rozsahem 0-3,0 m/s, s přesností  $\pm 0,06$  m/s, s adekvátně citlivou termickou sondou. Doplňkové měření teploty a relativní vzdušné vlhkosti bylo prováděno termohygrometrem s přesností  $\pm 0,3^\circ\text{C}$  a  $\pm 2\%$  RH, s vhodnou sondou. Poslední měřenou hodnotou bylo měření barometrického tlaku barometrem mimo tunel.

### **3. 4. Testování účinnosti vložených regulačních prvků.**

Prvním krokem bylo proměření distribuce rychlosti proudění vzduchu v prázdném tunelu, tedy bez vložení regulačních prvků. Pro tento test byly zvoleny čtyři polohy na síťovém trafu ( $\pm 0,5$ ;  $\pm 1,0$ ;  $\pm 2,0$ ;  $\pm 2,5$  m/s). Pro každou polohu bylo provedeno deset měření po jedné minutě v každém měřicím bodě. Měřicích bodů bylo šest a to v řadě po jednom centimetru kolmo od otvoru pro vkládání testovaných roztočů (tzn.: bod 3. – střed tunelu, bod 6. – strop tunelu). Pro každou nastavenou polohu byl tunel deset minut temperován a anemometrická sonda byla zapnuta min. 2 min. před začátkem měření.

V druhém testu proměření distribuce rychlosti proudění vzduchu byly postupně vkládány jednotlivé regulační prvky a hodnocena jejich účinnost. Pro všechny tyto pokusné varianty byla zvolena stejná rychlost 2 m/s v měřicím bodě č. 3. (střed tunelu). Měřicí body i doba temperace tunelu byla stejná jako při předcházejícím testování prázdného tunelu. Měření bylo prováděno s vloženou sondou termohygrometru. Prvotní plán počítal s čtyřmi variantami: 1.- prázdný tunel, 2. – s hrubou voštinou, 3. – hrubá voština s jemnou voštinou, 4. – obě voštiny s regulačním sítím. Pátá varianta byla dělána až dodatečně s cílem vyššího vyrovnání v rámci jednotlivých měřicích bodů. Do prvního a posledního segmentu tunelu byla vložena dělicí voština a provedeno poslední měření.

### **3. 5. Pilotní experimenty s roztoči**

V týdnu předcházejícímu začátku vlastního experimentu bylo v tunelu provedeno několik testovacích sledování pro doladění techniky a metodiky vkládání roztočů, jejich sledování a propojení s programem The Observer (Noldus, 1991).

### **3. 6. Vlastní testování roztočů ve větrném tunelu**

#### **3. 6. 1. Odběr a uchování rostlin s roztoči**

Celý experiment trval čtyři týdny a pro každý týden byly odebrány nové rostliny ze stejného pozemku (u obce Skalice – Zvíkov u Českých Budějovic). Napadené rostliny kmínu byly vyrýpnuty i s kořenovým valem a uchovávány v nádobě s vodou ve venkovním prostředí po dobu jednoho týdne. Každý den bylo vybráno několik rostlin a ty byly přeneseny do laboratoře. V průběhu jednotlivých pokusů byli roztoči vyklepáváni z okolíku do Petriho misky.

#### **3. 6. 2. Výběr a vkládání roztočů do tunelu.**

Pro experimenty byli vybíráni nepoškození a aktivní dospělci. Roztoči byli vkládáni do tunelu na zaslepené skleněné kapiláře ( $\varnothing$  1 mm). Před každým testovaným jedincem byla kapilára nadvakrát střídavě ponořena do 75% etanolu a destilované vody a následně utřena do čistého papírového ubrousku. Kapilára byla na druhém konci pevně upevněna v korkové zátkce odpovídající velikosti vkládacího otvoru v tunelu. Zátka byla zasunuta vždy tak aby její horní plocha splynula se dnem testovací komory.

### 3. 6. 3. Příprava tunelu pro vlastní experiment.

Tunel by před každou sérií pokusů uveden do provozu stejným způsobem jako při testování účinnosti jednotlivých regulačních segmentů. To znamená, že pro každou nastavenou rychlost byl tunel deset minut temperován a anemometrická sonda pro průběžnou kontrolu rychlosti proudění byla zapnuta min. 2 minuty před začátkem každé započaté série měření.

### 3. 6. 4. Vlastní experiment

V měřicí komoře byl pomocí binokulárního mikroskopu pozorován vždy jeden vložený roztoč. Jeho chování bylo průběžně zaznamenáváno pomocí programu The Observer. V programu byla nastavena maximální délka jednoho pozorování na 300 sekund a přiděleny jednotlivé klávesy pro předem vybrané druhy chování. Celkem bylo zaznamenáváno šest druhů chování každého roztoče (bez pohybu, pohyb: nahoru, dolů, horizontálně, dále dispersní postoj a odlet).

V každém týdnu bylo vytvořeno šest sérií odlišujících se nastavenou rychlostí vzduchu (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 a 3,0 m/s), vždy po dvaceti roztočích. Za neplatný pokus byl považován experiment kdy roztoč vykazoval pouze nulový pohyb, nebo opustil sledovanou zónu (vymezený úsek na skleněné kapiláře) před časovým limitem jiným způsobem než aktivním odletem (lezení dolů a odlet bez předchozího dispersního postoj).

## V. VÝSLEDKY

### 1. Rozšíření hálčivce kmínového v Čechách

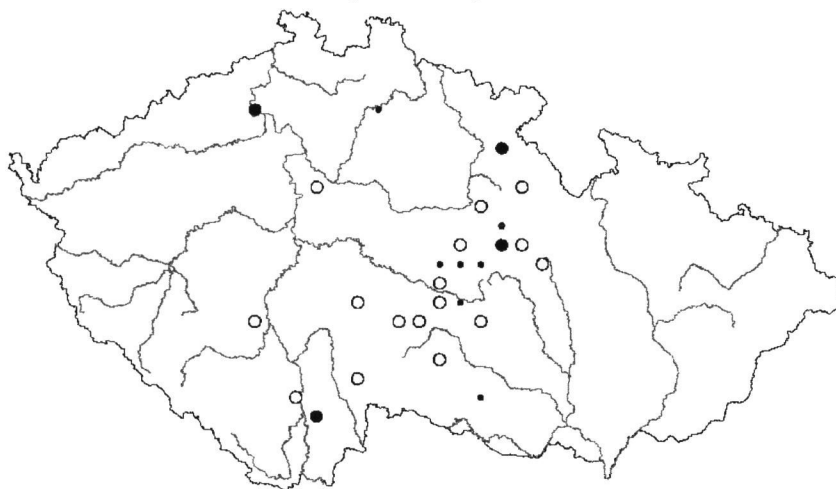
Zjištěné hodnoty počtů roztočů jsou relativně nízké a svědčí o malé hustotě škůdce v porostech po jejich přezimování (Tab. č. 1). I přesto bylo nalezeno 15% značně napadených pozemků kde se počty roztočů pohybovaly mezi 11-61 jedinců ve vzorku (tj. na 50 rostlin). Na dalších 26% pozemků bylo nalezeno 1-5 hálčivců, které lze chápat jako nízké napadení porostu. Na zbylých 59% pozemků nebyl škůdce po přezimování nalezen.

Tab. č. 1: Sledované lokality rozdělené podle výskytu hálčivce kmínového.

Stupeň napadení	Lokalita
Vysoké: 11- 61 ks.	Bohuslavice (okr. Náchod), Zvíkov (okr. Č. Budějovice), Luže (okr. Chrudim) a Lovosice (okr. Litoměřice).
Nízké: 1 – 4 ks.	Turnov (okr. Semily), Dřevíkov (okr. Chrudim), Jaroměřice nad Rokytnou, Maleč (okr. H. Brod), Řepníky (okr. Chrudim), Křížová-Dědová a Keřkov (okr. H. Brod).
Hálčivec nenalezen	<u>Šestnáct lokalit v okresech:</u> H. Brod, Svitavy, Rychnov nad Kněžnou, Pardubice, Praha východ, Ústí nad Orlicí, Pelhřimov, J. Hradec, Radošín nad Oslavou, Jihlava, Č. Budějovice a Písek.

Dalším výstupem této práce je síťová mapa ukazující rozšíření hálčivce kmínového po přezimování. Mapa byla získána zadáním lokalizací pozemků do programu ArcView GIS verze 3.1. (Obr. č. 1).

Obr. č. 1: Rozšíření hálčivce kmínového v pěstitelských oblastech kmínu kořeného v Čechách. Úroveň napadení: ● vysoká, • nízká, ○ nulová.



Posledním ze sledovaných prvků bylo zařazení krycí plodiny v rámci osevních postupů u každého z výše jmenovaného pozemku. Bylo tak možno posoudit vliv krycí plodiny na výskyt hálčivce. Průměrný počet roztočů ve vzorcích z porostů setých do krycí plodiny byl statisticky významně nižší ve srovnání se vzorky odebranými v porostech vysetých jako čistá kultura ( $t$ -test,  $T=2,17$ ,  $P=0,0397$ ).



## 2. Foresie

Mikroskopicky bylo vyšetřeno 148 náhodně odchycených hmyzích individuí a etanol, ve kterém byl hmyz dočasně uskladněn. Odchycený hmyz náležel do řádů: Heteroptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera a Hymenoptera. I přesto, že šlo o náhodně odchycená individua, byla snaha o vzorkování co největšího spektra hmyzu. Ve vzorcích nebyl nalezen žádný hálčivec a proto šíření *A. carvi* pomocí hmyzu (forézie), nebylo prokázáno.

## 3. Větrný tunel

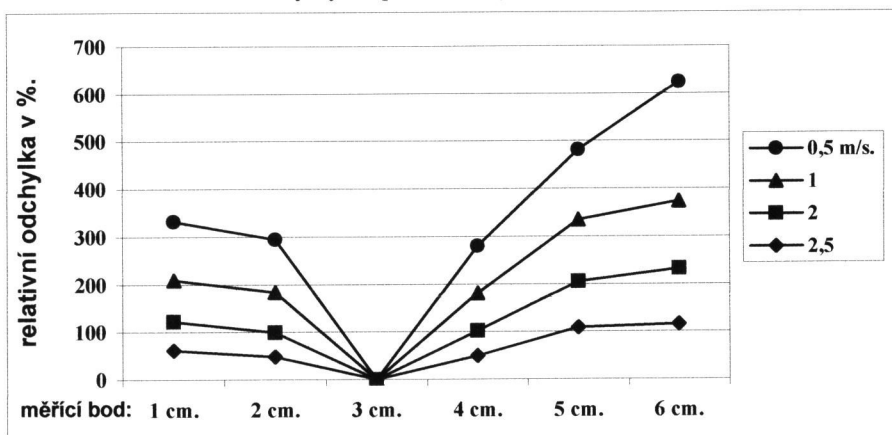
### 3.1. Testování tunelu

Jedním z nejdůležitějších předpokladů objektivnosti všech experimentů prováděných uvnitř tunelu byla konstrukce tunelu, kde jsou eliminovány turbulence způsobené ventilátory. Výsledky měření v prázdném tunelu potvrdily teoretické hypotézy o nelaminárním pohybu vzduchu v uzavřeném prostoru za ventilátorem. Druhé měření s průběžným vkládáním regulačních prvků nás mělo přivést ke vhodné kombinaci těchto prvků s co nejvyšší eliminací turbulencí.

#### 3.1.1. Prázdný tunel

Výsledné hodnoty zcela potvrdily předpokládanou hypotézu o rotaci vzduchu uvnitř tunelu. Hodnoty v grafu č. 1 ukazují celkové relativní odchylky v % od průměrné rychlosti proudění vzduchu ve středovém bodě tunelu (měřicí bod č. 3 – „3 cm.“). Z grafu je patrné, že rotující vzduch je výrazně rychlejší po obvodu tunelu než v jeho středu.

Graf č. 1: Celkové relativní odchylky od průměrné rychlosti ve středovém bodě - prázdný tunel.



U rotujícího vzduchu v tunelu s čtvercovým průřezem docházelo k častému narážení na stěny, turbulencím a tím i k velkým rozdílům jednotlivých dílčích měření. Tyto výkyvy ukazuje tabulka č. 2. I přes jisté občasné, až extrémní hodnoty lze se vzrůstající rychlostí v tunelu vypořádat s tendencí k vyrovnávání jednotlivých dílčích

měření. Stejně jako u celkové relativní tak i u celkové směrodatné odchylky dochází u rychlosti 2 a 2,5 m/s. k výrazné podobnosti výsledných hodnot.

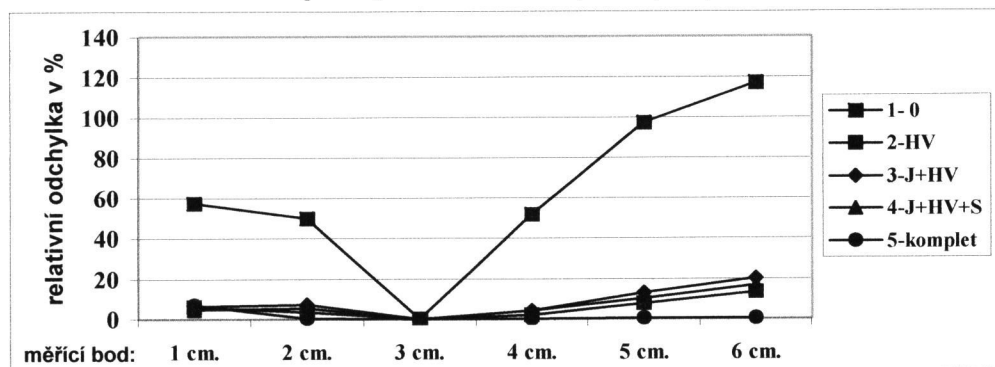
Tab. č. 2.: Směrodatná odchylka relativních odchylek od středového bodu.

měření	1 cm.	2 cm.	3 cm.	4 cm.	5 cm.	„6“ cm.	celková
1 - 0,5	4,7371	1,9105	4,5988	2,8	1,8	6,1229	73,8557
2 - 1,0	12,4744	2,1354	3,9446	3,743	2,4	2,8792	45,7424
2 - 2,0	0,7746	2,0494	1,8442	0,8944	0,7746	0,6403	37,3793
3 - 2,5	0,922	0,6403	1,9728	1,6401	1,1662	1,4967	38,8559

### 3.1.2. Testování účinnosti vložených regulačních prvků

Pohled na graf č. 2. jasně ukazuje významný rozdíl prázdného tunelu od všech ostatních variant. Již tento první výsledek jasně dokazuje potřebnost jednotlivých regulačních prvků. Je zde i patrný rozdíl varianty se všemi regulačními prvky (komplet), u které až na jediný bod všechny ostatní téměř splývají s osou x.

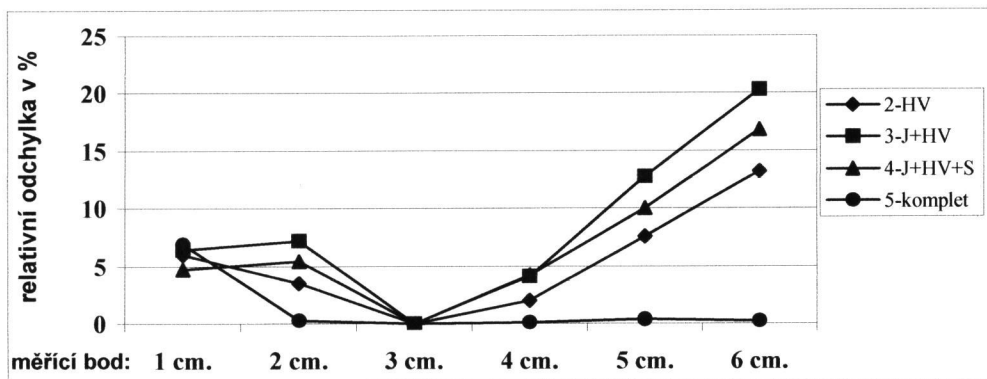
Graf č. 2: Celková relativní odchylka od středového bodu - porovnání před o po vložení regulačních prvků (HV: hrubá voština, J+HV, atd.)



Při zobrazení pouze měření s regulačními prvky dostáváme jasnější pohled o účinnosti jednotlivých variant. Z grafu č 3. jasně vidíme, že varianta obsahující pouze „hrubou voštinu“ (HV) je významně lepší než dvě následné (J+HV, J+HV+S). Tuto skutečnost si vysvětlují poměrně dlouhou vzdáleností k měřicí komoře, kdy tato větší vzdálenost umožnila vyrovnání proudu vzduchu. Společným znakem všech výše jmenovaných tří variant je stále poměrně značný rozdíl rychlosti proudění vzduchu po obvodu tunelu vůči jeho středu. Tento problém byl vyřešen vložení nového regulačního prvku „dělicí voštiny“. V grafu se tato varianta (komplet) již na první pohled výrazně odlišuje od tří zbývajících. Účinnost této kombinace regulačních prvků je téměř stoprocentní s výjimkou prvního měření (1 cm), kdy patrně došlo k špatnému vložení sondy anemometru a tím vzniku turbulence od hrany vkládacího otvoru. Z grafu vidíme, že došlo k ovlivnění i ostatních variant v tomto měřicím bodě. Je také možné, že izolační materiál těsnící mezeru mezi prostorem vkládacího otvoru a sondou, ovlivnil fungování měřicí sondy. Zda šlo o vznik stejnoměrné turbulence, nebo došlo vlivem této izolace k tepelnému ovlivnění správné funkce termické sondy je věcí diskuse.



Graf č. 3: Celková relativní odchylka od středového bodu - po vložení reg. prvků.



I přes výše uvedený problém lze považovat poslední variantu za nejlepší. V její prospěch mluví i její nejnižší hodnota celkové směrodatné odchylky počítané z relativních odchylek všech měření od průměrné hodnoty středového bodu (včetně všech hodnot středového bodu), viz. tabulka č. 3.

Tab. č. 3: Celková směrodatná odchylka relativních odchylek od středového bodu.

varianta:	1-0	2-HV	3-J+HV	4-J+HV+S	5-komplet
celková směr. odchylka	37,4779	4,1962	6,5959	5,33	2,5942

### 3.2. Vlastní experimenty

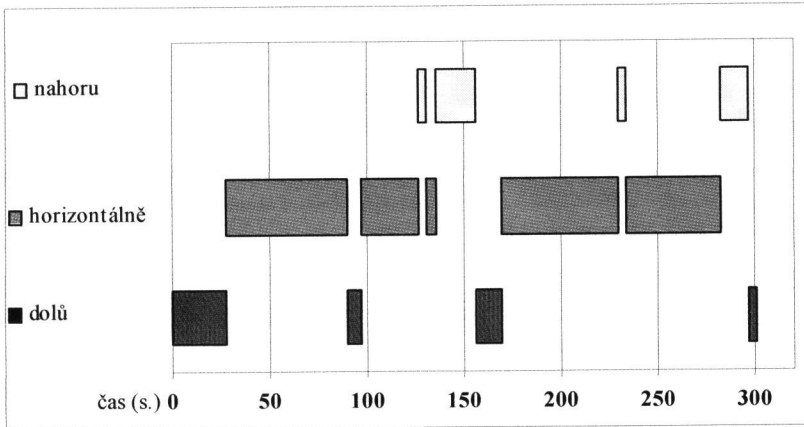
Po splnění výše zmiňovaných podmínek na měřicí komoru, následovalo testování metodiky pro vlastní experiment, konečná optimalizace nastavení optického zařízení, osvětlení, vkládání roztočů a funkčnost spojení s programem The Observer.

#### 3.2.1. Přirozené chování roztočů v proudícím vzduchu

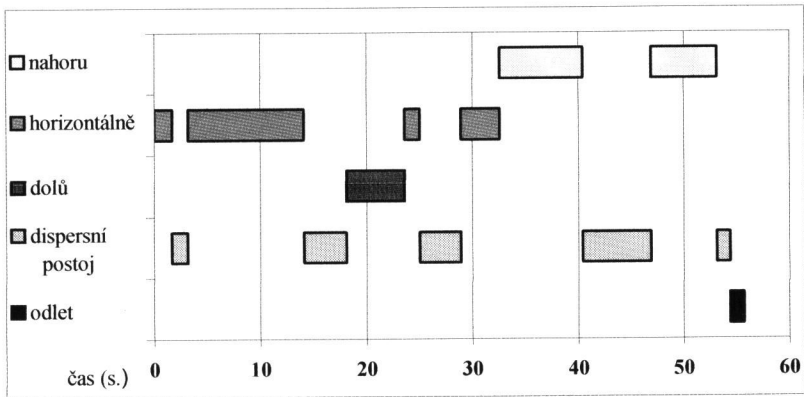
Data získaná pomocí programu The Observer byla zpracována do podoby etiogramu (Obr. 4 – 6). Pro ukázkou odlišného chování v různých rychlostech byli cíleně vybráni roztoči s typickým chováním pro danou variantu. Roztoči nasbíraní v době čtyř týdnů před sklizní se pohybovali po kapiláře ve všech směrech. Při rychlosti 0,5 m/s vykazovali roztoči aktivní pohyb, ale nebyl pozorován disperzní postoj. Jinak tomu bylo u rychlosti 2,0 m/s, která k aktivnímu odletu již byla dostatečná, ale bylo zapotřebí najít optimální místo pro odlet. U nejvyšší testované rychlosti (3 m/s), došlo k prvnímu disperznímu postoji a následnému odletu již krátce po vložení roztoče do větrného tunelu.

Je nutné zdůraznit, že se jedná o aktivní nikoli o pasivní odlet. Roztoči aktivně vyhledají optimální místo, v určitém úhlu ke směru proudění vzduchu zaujmou disperzní postoj a v případě vhodné rychlosti vzduchu se aktivně nechají strhnout proudem vzduchu.

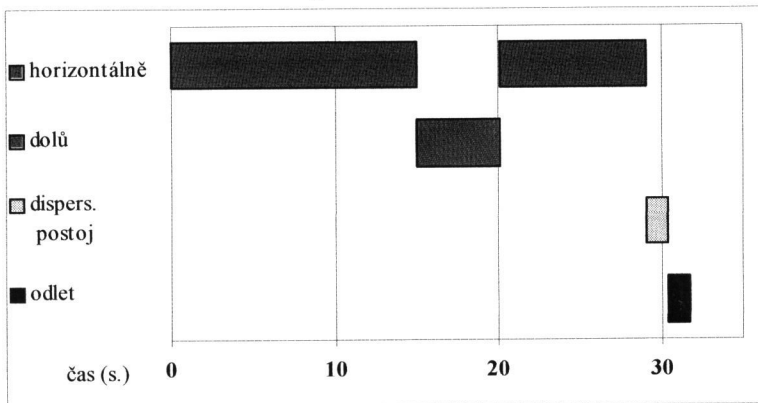
Graf č. 4: Etiogram *Aceria carvi* Nal. (0,5 m/s).



Graf č. 5: Etiogram *Aceria carvi* (2,0 ms-1).



Graf č. 6: Etiogram *Aceria carvi* (3,0 m/s).



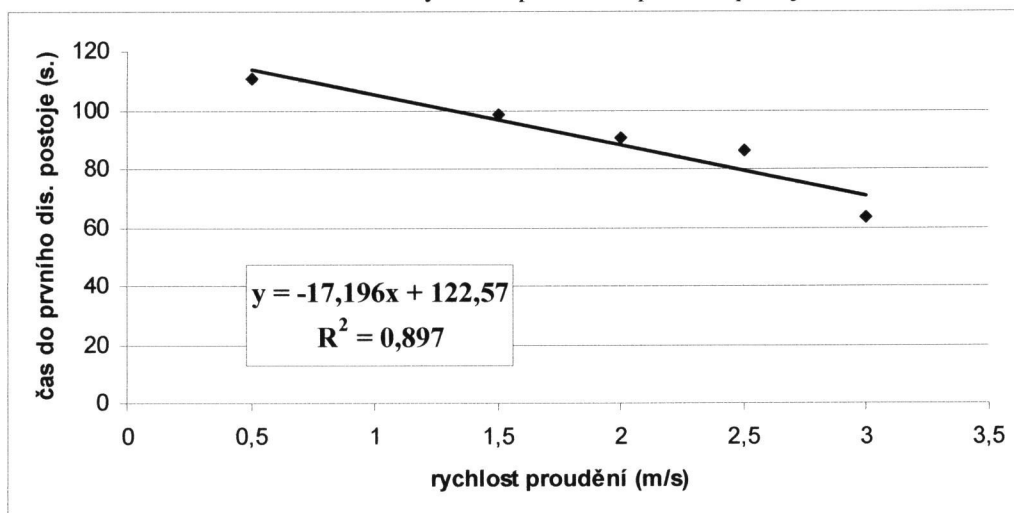
### 3.2.2. Experimentální týdny

Opuštění rostliny pomocí aktivního odletu pomocí větru je jedna ze dvou strategií přežití celé populace. Tou druhou, která však neobsahuje prvek rozšíření na další lokalitu, je přežití na rostlinách, které v daném roce nepřešli do generativního stádia. Experimenty měly ukázat pravděpodobnost iniciace disperzního chování v populaci hálčivce kmínového a její změny v průběhu

čtyř experimentálních týdnů, které odpovídaly době pět až jeden týden před sklizní.

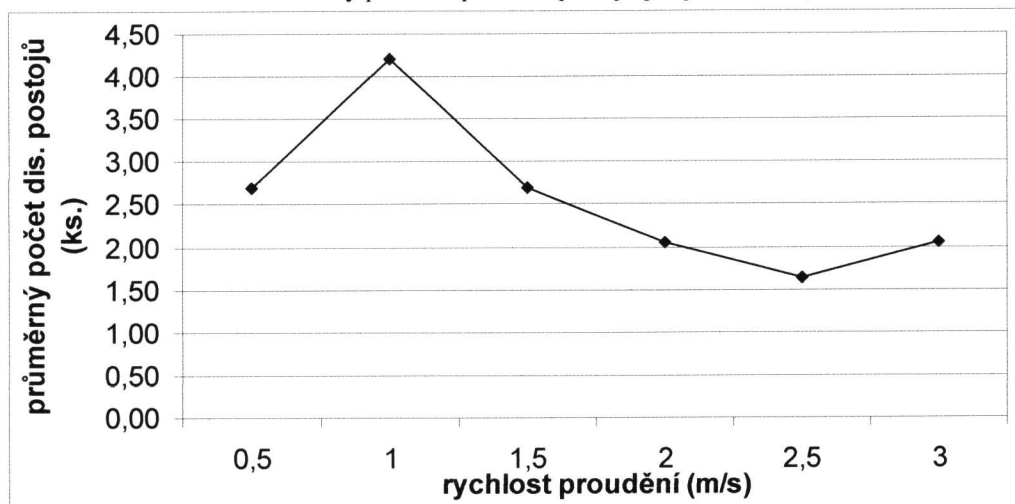
V prvním experimentálním týdnu, stejně jako v následujících byl jedním ze sledovaných prvků čas do prvního disperzního postoje. V grafu č. 7 vidíme závislost času potřebného k prvnímu disperznímu postoji v závislosti na použité rychlosti. Výsledek experimentu potvrdil předpokládanou hypotézu, že při zvyšující se rychlosti proudění se bude tento čas zkracovat. Hodnota pro rychlost 1 m/s byla pro svou naprostou odlišnost od ostatních vypuštěna. Toto dílčí měření ovlivnily tři velmi senzitivní jedinci, kteří v průběhu pozorování přešli do disperzního postoje velmi záhy a zopakovali jej víc než sedmkrát během stanoveného časového úseku. Jejich chování bylo abnormální vůči všem ostatním jedincům měřených v celém tomto týdnu, vytvořili i maximum – devět disperzních postojů na jedince které se v průběhu celého čtyřtýdenního pozorování zopakovalo již jen jednou.

Graf. č. 7: Průměrný čas do prvního disperzního postoje.



Graf č. 8 ukazuje průměrný počet disperzních postojů v rámci jednotlivých rychlostí. Zřetelně nejvyšší počet jsme získali u hodnoty 1 m/s, ovlivněnou výše zmiňovaným fakty, kde rychlost proudění již byla dostatečná pro odlet, na rozdíl od rychlosti 0,5 m/s (viz tab. č. 4). Zvyšující se rychlost proudění pak úměrně snižovala počet disperzních postojů před odletem roztoče. Z této závislosti vybočuje rychlost měření 3 m/s, u kterého však bylo pět procent jedinců potřebujících 4 disperzní postoje pro odlet (normální počet u ostatních jedinců byl 1 max. 2 disperzní postoje). K tomuto zvýšení přispívá nízké?? relativní množství „odlétnutých“ jedinců u této rychlosti v rámci stanoveného měřeného limitu (viz tab. č. 4.).

Graf. č. 8: Průměrný počet disperzních postojů pro jednotlivé rychlosti.

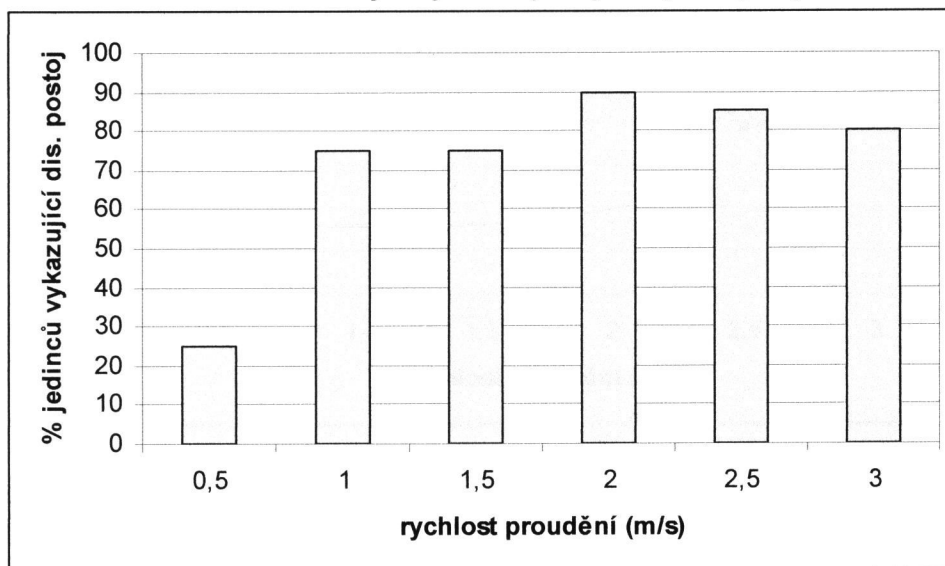


Tab. č. 4: Relativní počet jedinců, kteří v časovém limitu „odletěli“.

rychlost m/s	0,5	1	1,5	2	2,5	3
% aktivního "odletu"	0	25	60	75	75	75

Druhý experimentální týden, i přesto že se vlastní pokus prováděl v laboratorních podmínkách, byl ovlivněn počasím které přineslo několik deštivých srážek. Jejich vliv na šíření roztočů je dvojnásobný, zatímco zvýšení relativní vzdušné vlhkosti zvyšuje přežívání migrujících jedinců, tak vlastní déšť a jeho příchod dispersi pozastavuje. A tak došlo např. i k poklesu relativního počtu disperzních postojů u dvou nejvyšších měřených rychlostí (viz graf č. 9). Takovéto snížení se vyskytlo jen v tomto týdnu.

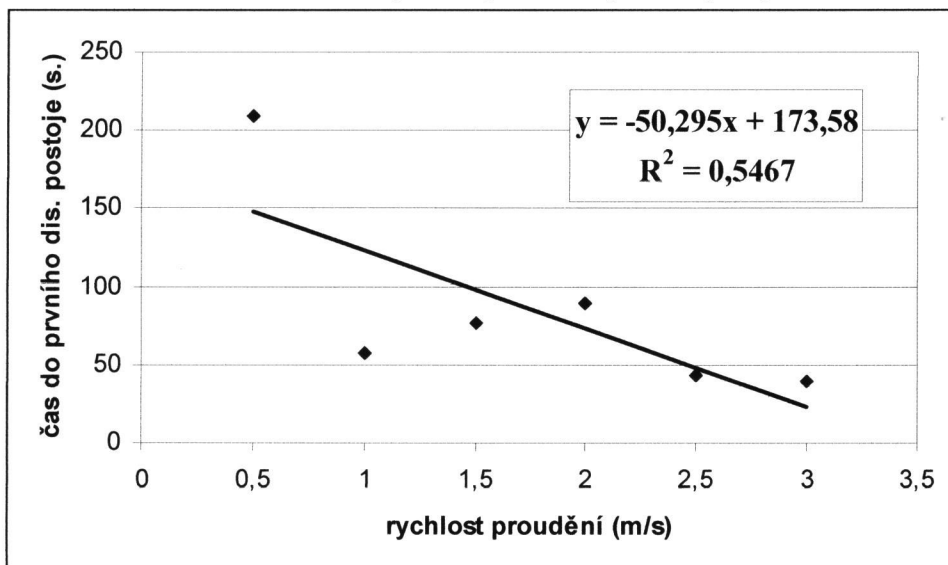
Graf č. 9: Relativní počet jedinců vykazující disperzní postoj.



Dalším příkladem počasím ovlivněného chování roztočů v tomto týdnu je průměrný čas do prvního dispersního postoje (Graf č. 10). Zatímco lze ve všech ostatních týdnech

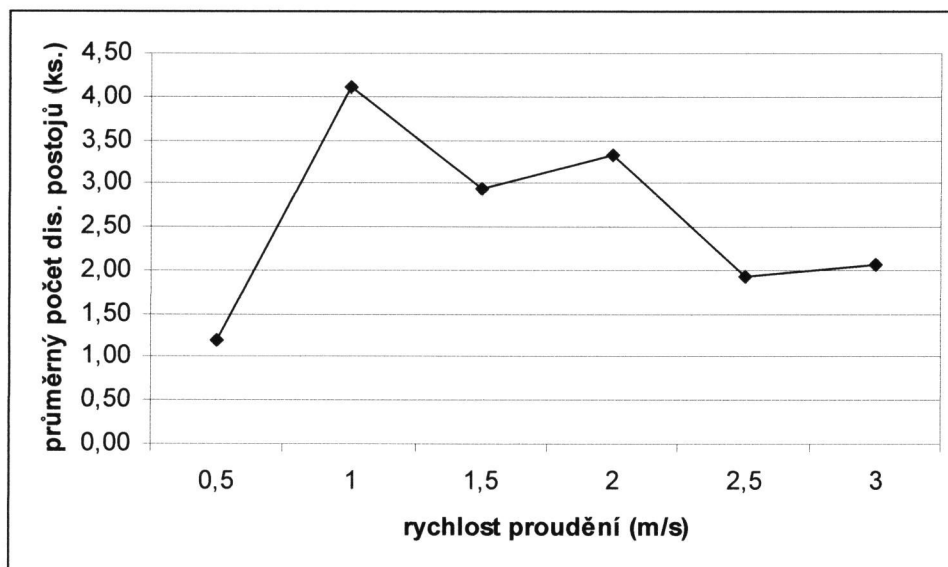
vysledovat již výše zmiňovanou závislost mezi tímto časem a rychlostí proudění, tak v tomto týdnu je  $R^2 =$  pouze 0,5467.

Graf č. 10: Průměrný čas do prvního disperzního postoje.



Maximální průměrný počet jedinců vykazující disperzní postoj byl opět při rychlosti 1 m/s (Graf č. 11). V tomto týdnu byl zaznamenán nejvyšší rozdíl mezi touto a nejnižší rychlostí v rámci všech týdnů. Celkově se však hodnoty přibližují klesajícímu trendu podobně jako tomu bylo u předcházejícího týdne.

Graf č. 11: Průměrný počet disperzních postojů pro jednotlivé rychlosti.



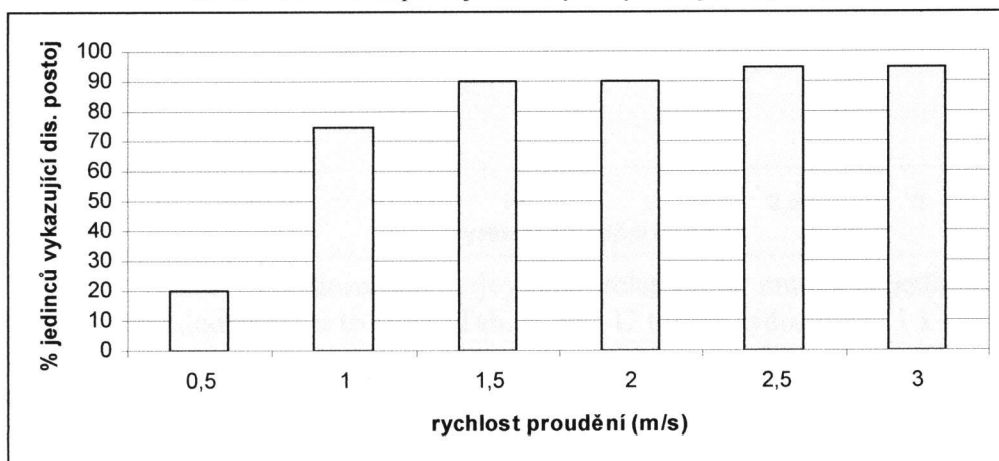
Vliv výše zmiňovaných srážek byl nezřetelný u relativního počtu jedinců, kteří v časovém limitu „odletěli“ (Tab. č. 5). I když z pohledu všech čtyř sledovaných týdnů byl zachován zvyšující se trend, jedná se o týden s nejpomalejším nárůstem této hodnoty.

Tab. č. 5: Relativní počet jedinců, kteří v časovém limitu „odletěli“.

rychlost m/s	0,5	1	1,5	2	2,5	3
% aktivního "odletu"	0	25	40	50	75	75

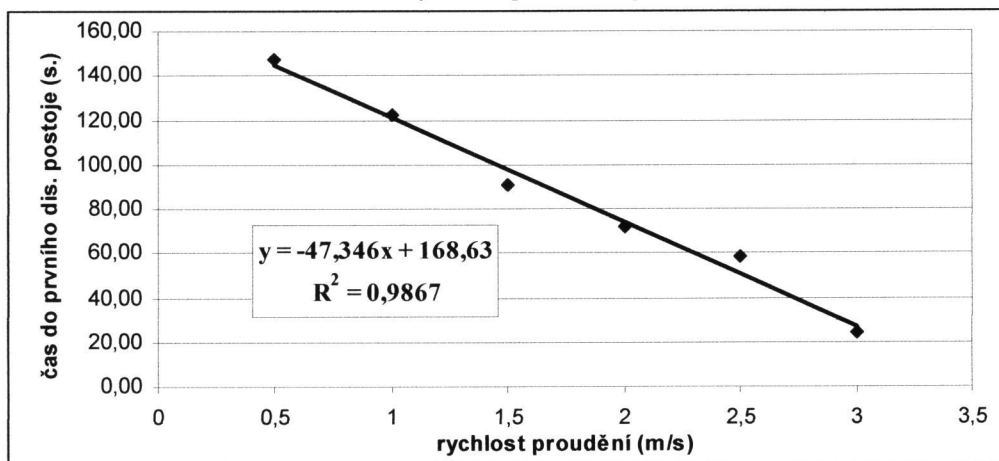
Třetí experimentální týden přinesl další snížení relativního počtu jedinců vykazující disperzní postoj u nejnižší používané rychlosti (graf č. 12.). Celkový trend vůči ostatním týdnům však zůstal zachován.

Graf č. 12: Relativní počet jedinců vykazující disperzní postoj.



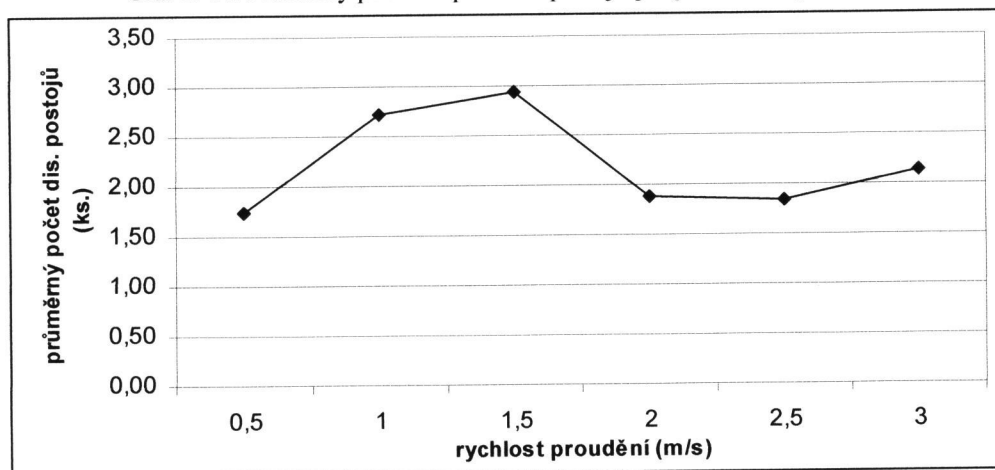
Zatím co v předcházejícím týdnu bylo chování roztočů potažmo v tomto případě čas do prvního disperzního postoje výrazně ovlivněno počasím, chování v týdnu třetím se vrátilo do „normálu“. V grafu č. 13 vidíme podobný trend závislosti tohoto času na rychlosti proudění vzduchu jako v týdnu prvním. Ve třetím týdnu je však tato závislost statisticky velmi průkazná ( $R^2 = 0,9867$ ).

Graf č. 13: Průměrný čas do prvního disperzního postoje.



Maximální průměrný počet jedinců vykazujících disperzní postoj, které bylo v předcházejících týdnech vždy u rychlosti 1 m/s, se ve třetím týdnu posunulo na rychlost 1,5 m/s (graf č. 14.). I přes tento posun, lze v grafu najít několik prvků společných s týdny předcházejícími. Prvním je nejnižší průměrný počet jedinců vykazující disperzní postoj u první používané rychlosti a druhým je zvýšení tohoto počtu u nejvyšší rychlosti proudění vůči oběma předcházejícím.

Graf č. 14: Průměrný počet disperzních postojů pro jednotlivé rychlosti.



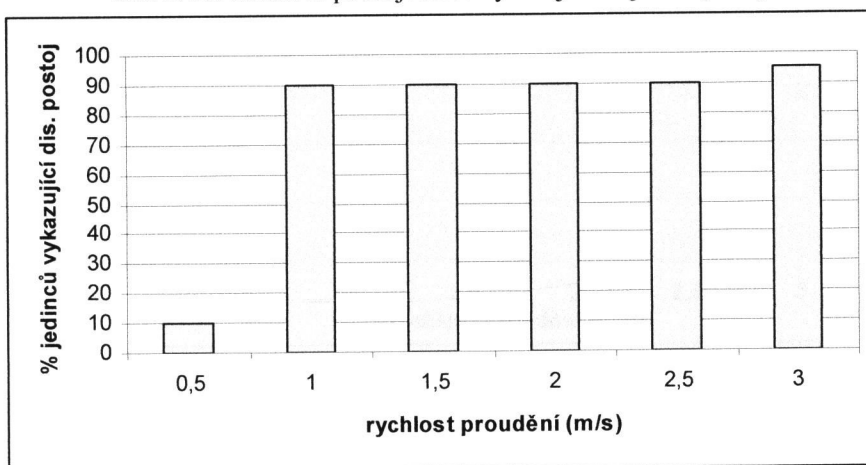
Ve třetím týdnu bylo dosaženo nejvyššího relativního množství jedinců, kteří v časovém limitu „odletěli“ a to 90% (Tab. č. 6). U tohoto týdne došlo i k statisticky prokazatelné přímé závislosti relativního počtu roztočů, kteří „odlétli“ na rychlosti proudění vzduchu ( $y = 36,857x - 12$ ;  $R^2 = 0,9683$ ).

Tab. č. 6.: Relativní počet jedinců, kteří v časovém limitu „odletěli“.

rychlost m/s	0,5	1	1,5	2	2,5	3
% aktivního "odletu"	0	25	50	65	85	90

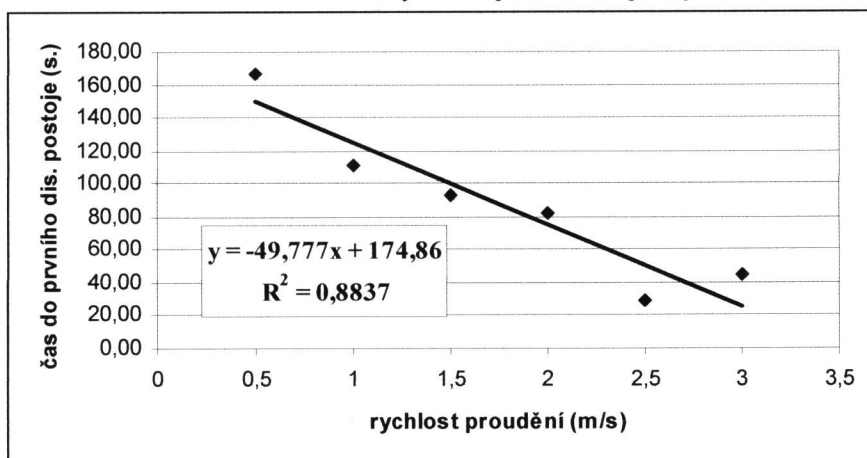
V posledním týdnu sledování došlo k dalšímu poklesu relativního počtu jedinců vykazujících disperzní postoj u rychlosti 0,5 m/s (Graf č. 15). U všech ostatních, až na poslední (nárůst o 5%), došlo ke shodnému počtu roztočů vykazujících disperzní postoj.

Graf č. 15: Relativní počet jedinců vykazující disperzní postoj.



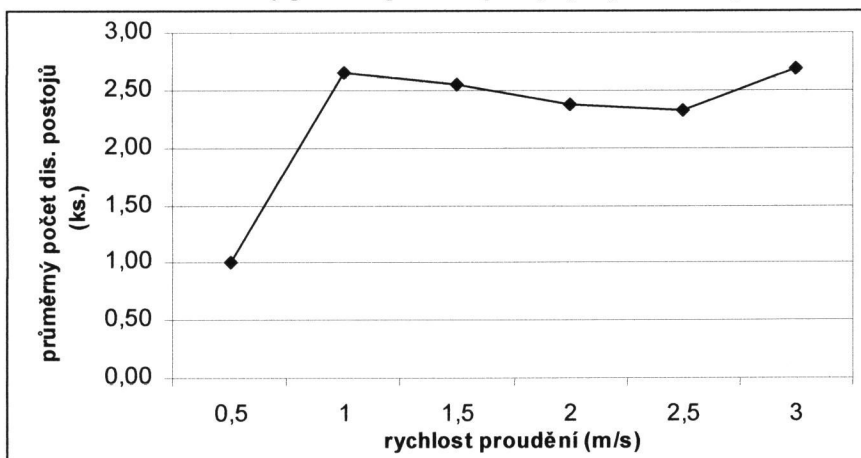
Poslední týden nepřinesl u časové délky do prvního disperzního postoje žádná překvapující fakta a celý graf (č. 16) byl podle již výše popsaného trendu. I přes mírný pokles hodnoty korelačního koeficientu ( $R^2 = 0,8837$ ), je tento graf dalším příspěvkem pro potvrzení této nepřímé závislosti.

Graf č. 16: Průměrný čas do prvního dis. postoje.



U průměrného počtu disperzních postojů pro jednotlivé rychlosti došlo poprvé za čtyři týdny k situaci, kdy maximální hodnota byla u rychlosti 3 m/s (Graf č. 17). Pohled na graf ukazuje celkové vyrovnání průměrného počtu roztočů s disperzním postojem v rámci všech rychlostí při kterých roztoči byli schopni „odletu“. Rozdíl těchto hodnot činil pouhých 13%. V tomto týdnu bylo také dosaženo největšího rozdílu mezi nejnižší a nejvyšší používanou rychlostí.

Graf č. 17: Průměrný počet disperzních postojů pro jednotlivé rychlosti.



Poměrné rozložení relativního množství roztočů, kteří své dispersní chování ukončili „odletem“ bylo i ve čtvrtém týdnu shodné s předcházejícím trendem (Tab. č. 7). Korelační koeficient ( $R^2$ ) závislosti relativního počtu roztočů, kteří „odlétili“ na rychlosti proudění sice nedosáhl hodnoty předešlého týdne, nicméně byl poměrně vysoký ( $R^2 = 0,9184$ ;  $y = 17,143x - 10$ ).

Tab. č. 7: Relativní počet jedinců, kteří v časovém limitu „odlétili“.

rychlost m/s	0,5	1	1,5	2	2,5	3
% aktivního "odletu"	0	20	50	70	80	80

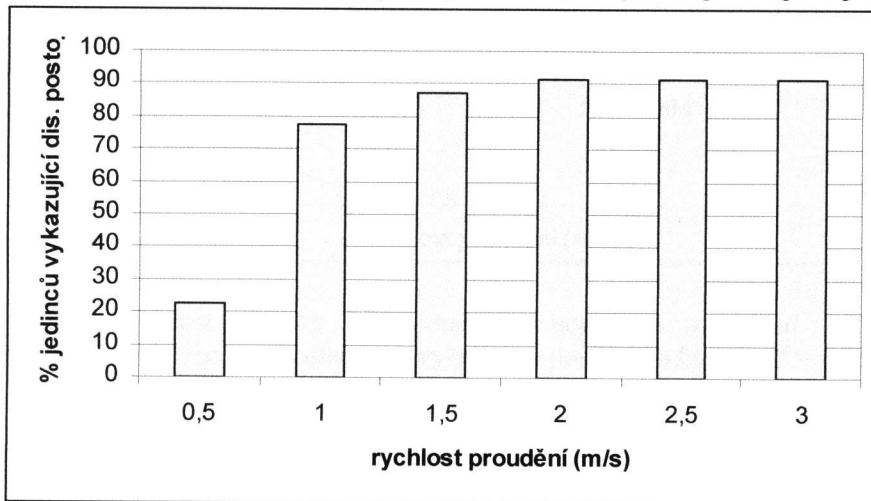


### 3.2.3. Celkové vyhodnocení experimentálních týdnů

I přesto, že srovnání všech experimentálních týdnů neprokázalo původně očekávaný vliv senescence rostlin na změnu chování roztočů, přináší i jiné neméně cenné informace.

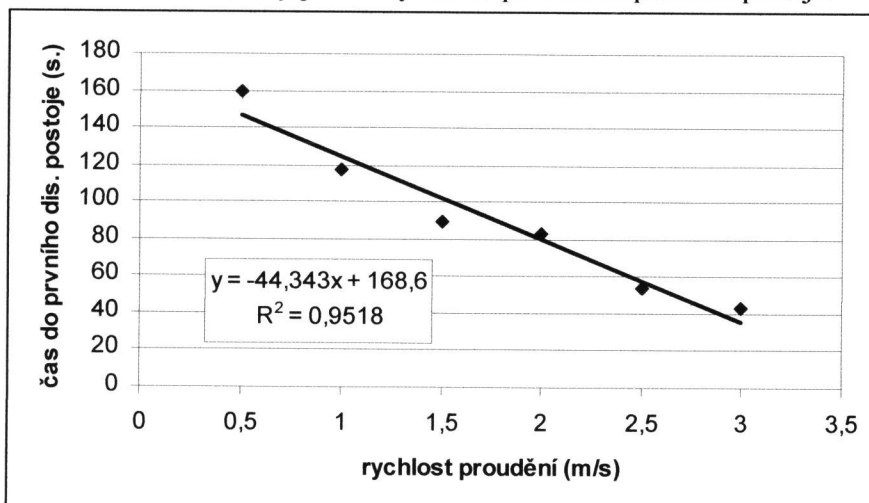
V grafu č. 18 vidíme celkový relativní počet jedinců vykazující disperzní postoj pro jednotlivé použité rychlosti. Výsledné hodnoty jen dokreslují model fungující ve všech předcházejících týdnech. U nejnižší rychlosti ve srovnání s ostatními došlo k největším rozdílům hodnot v rámci týdnů a směrodatná odchylka dosáhla hodnoty 9,01. Naopak k nejmenšímu rozdílu došlo u rychlosti 2 m/s kde je směrodatná odchylka jen 2,17.

Graf č. 18: Celkový relativní počet jedinců vykazující disperzní postoj.



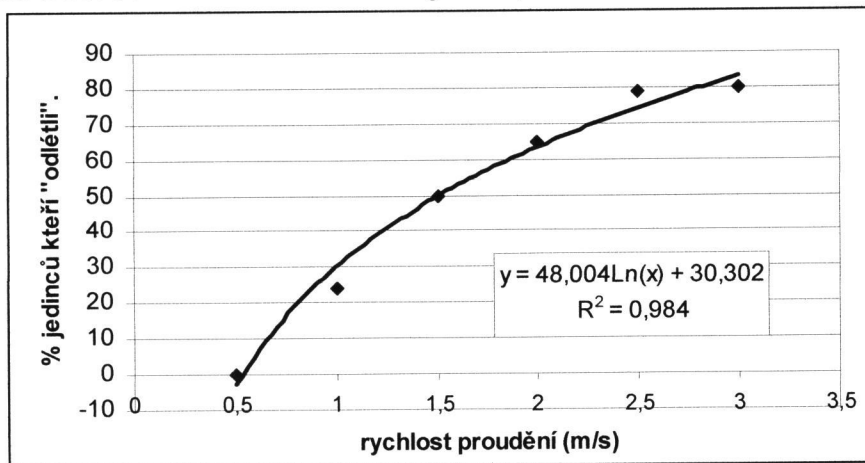
Celková nepřímá závislost průměrného času do prvního disperzního postoje vůči jednotlivým použitým rychlostem, počítaná ze všech hodnot všech čtyř týdnů nevykazuje statisticky významnou míru spolehlivosti ( $R^2 = 0,8171$ ). Celkový trend této závislosti ovlivňuje již u prvního týdne sledování zmiňovaný fakt u rychlosti 1 m/s a v druhém týdnu významně odlišná hodnota u stejné rychlosti vzniklá deštivým počasím. Při vypuštění těchto dvou dílčích měření dostáváme těsnější závislost ( $R^2 = 0,9518$ ), viz graf č. 19.

Graf č. 19: Celkový průměrný čas do prvního disperzního postoje.



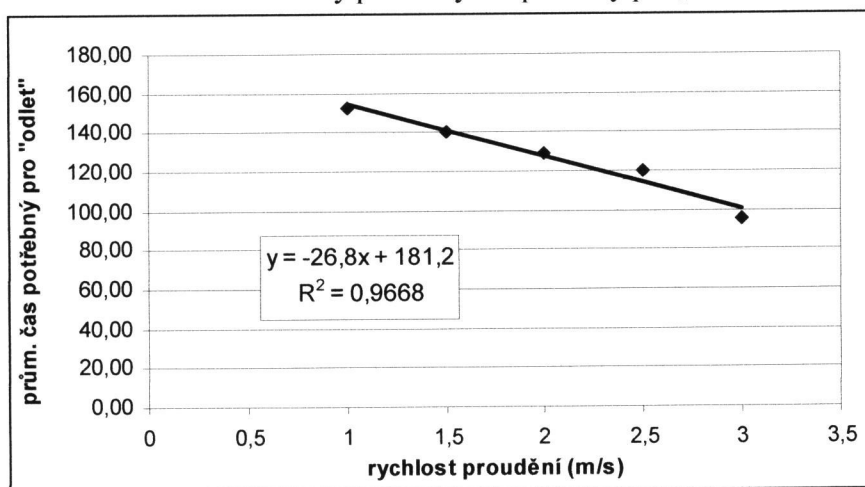
Jednou z dalších sledovaných hodnot je relativní počet jedinců, kteří v časovém limitu „odletějí“. Všechny týdny vykazovali společný trend zvyšujícího se počtu těchto jedinců při současně se zvyšující rychlosti proudění vzduchu. Celkové relativní množství roztočů vykazující toto chování za celé čtyři týdny ukazuje statisticky průkaznou logaritmickou závislost tohoto chování ( $R^2 = 0,984$ ; viz graf č. 20).

Graf č. 20: Celkové relativní množství jedinců, kteří v časovém limitu „odletějí“.



Předcházející závislost rovněž koresponduje s nepřímou závislostí snižujícího se průměrného času potřebného pro „odlet“ na zvyšující se použité rychlosti ( $R^2 = 0,9668$ ; viz graf č. 21).

Graf č. 21: Celkový průměrný čas potřebný pro „odlet“.



U rychlosti 0,5 m/s není žádný bod, protože se za celou dobu trvání experimentu neobjevil jediný jedinec, který by při této rychlosti v časovém limitu „odletl“. Tuto rychlost lze tedy považovat za nedostatečnou k běžnému uskutečnění vzdušné disperse u hálčivce kmínového.

## VI. DISKUSE A ZÁVĚRY

### 1. Rozšíření hálčivce kmínového v Čechách.

Bylo zjištěno, že hálčivec se vyskytoval v 41% vzorků. Tyto výsledky potvrzují, že hálčivcem je zamořeno značné procento porostů v republice a odpovídá to předpokladům Klumpara (1997), podle kterého se hálčivec objeví v nové oblasti do několika let po zahájení pěstování kmínu.

Relativně nízké počty jedinců po přezimování naznačují vysokou mortalitu během zimy, která je významným faktorem snižujícím populační hustotu škůdce (Konigsmann, 1957). Z pohledu agronomů vypadají nízké počty příznivě, avšak hálčivec kmínový má vysokou rychlost populačního růstu a i přes takto nízký stav na jaře může populace v době kvetení kmínu dosáhnout úrovně tisíců jedinců na jeden virescentní okolík (Zemek a kol., 2002). Monitoring rozšíření hálčivce kmínového v Čechách je první prací toho typu a tak ji nelze srovnat s žádnou jinou.

Mimo zjištění konkrétních počtů hálčivce kmínového bylo možno posoudit vliv krycí plodiny na výskyt hálčivce. Průměrný počet roztočů ve vzorcích z porostů setých do krycí plodiny byl statisticky významně nižší ve srovnání se vzorky odebranými v porostech vysetých jako čistá kultura. Setí kmínu do krycí plodiny lze proto jako prvek ochrany porostu před napadením hálčivcem kmínovým doporučit (Reindl a kol., 2004). Současně je vhodné použít další agrotechnické metody ochrany rostlin: pozdní dobu výsevu, izolační vzdálenost nově setých porostů kmínu od porostů ve sklizňovém roce a včasné zaorání posklizňových zbytků.

### 2. Foresie.

Foresie byla prokázána u několika eriophyoidních roztočů (Gipson a Painter, 1957; Behrens, 1964; Shvanderov, 1975). Výsledky našeho šetření indikují, že se hálčivec kmínový nešíří pomocí foresie. Neprokázaní forézie u *A. carvi* v našich experimentech však nemusí být konečným výsledkem. Rozsah našeho pokusu (počet odchycených a vyšetřených jedinců, doba odběru vzorků a počet pozemků) neumožňuje definitivní vyvrácení této možnosti šíření. Časová náročnost mikroskopického vyšetření, teoretické předpoklady a další faktory vedli k ukončení pokusů s výše citovaným výsledkem. Neprokázaní forézie je posíláno tvrzením některých autorů, kteří považují tento způsob za málo pravděpodobný s odkazem na skutečnost, že by se muselo jednat o takové zástupce hmyzu, kteří jsou v určité užší valenci k hostitelské rostlině, aby roztoče vysadili na správnou rostlinu (Zemek a kol., 2005).

Vzhledem k nepřítomnosti takovéhoho organismu byla studie prováděna na širokém spektru hmyzu. Bylo odchyceno i mnoho opylovačů společně s *Apis mellifica*, která je zodpovědná za šíření jiných eriophyidních roztočů např. *Eriophyes vaccinii* (Fulton, 1940) nebo *Eriophyes litchii* Keifer (Waite a Mcalpine, 1992).

### 3. Větrný tunel.

Jednou z otázek, proč jsme se snažili zkonstruovat vlastní tunel, když pro podobný typ experimentu již byl tunel popsán. Jung a Croft (2001) studovali dispersní aktivitu phytoseiidních roztočů a stačilo na jejich práci navázat. Rozdílnost jejich a naší práce je však v tom, že v našem tunelu lze při použití výše jmenovaných rychlostí oddělit u roztočů aktivní od pasivní disperse. V práci Junga a Crofta (2001) byli roztoči šířící se pomocí vzdušné disperze odchyceni na leповé desky umístěné na dně tunelu a tak nelze oddělit aktivní od pasivní disperse. Ve všech pracích nalezených před prováděním našeho experimentu nebylo možno přímo pozorovat tak malé organizmy jako jsou roztoči.

Dalším rozdílem našeho tunelu od ostatních je použití skla na jeho konstrukci. Za nejvíce používaný materiál na konstrukci vzdušných tunelů bývá totiž použito plexisklo, méně časté, ale také používané je tvrzené sklo (Messing a kol., 1997) a v polních pokusech lze využít i polyetylenovou fólii (Card'e a kol., 1998). Jedná se o velmi důležitou změnu, která minimalizovala možný statický náboj tunelu. V tunelech o větších vnitřních rozměrech bývá tato skutečnost zanedbávána.

Jedním z velkých přínosů této práce je důkaz o aktivní dispersi u *A. carvi*. Zatímco existuje mnoho důkazů o pasivním rozšiřování u eriophyidních roztočů pomocí odchyty na leповé destičky (Pady, 1955; Davis 1964; van de Vrie, 1967; Nault a Staer 1969; Mumcuoglu a Stix, 1974; Easterbrook, 1978; Schliesske, 1979; Kadono a kol. 1982; Berg a McCoy, 1995; atd.), je daleko méně prací prokazujících aktivní dispersi. Pro potvrzení hypotézy o rozšiřování hálčivce kmínového pomocí větru provedl Zemek a kol. (2002) úspěšné odchycení roztočů na leповé destičky. Byla zde prokázána i úzká korelace mezi počtem migrujících roztočů a populační hustotou těchto škůdců na okolicích kmínu kořenného (Reindl a kol. 2006). Ve větrném tunelu pak hálčivec kmínový vykazoval stejné chování jako eriophyoidní roztoči popisovaní v práci (Jeppson a kol., 1975).

Jedním z původních záměrů celého experimentu bylo najít možnou závislost mezi zvyšující se senescencí rostlin a změnou chování roztočů. Tohoto cíle však nebylo dosaženo. Nebyl nalezen žádný statisticky prokazatelný a významný posun v citlivosti populace hálčivce kmínového ve sledovaných týdnech. Důvodem je patrně skutečnost, že roztoči v době experimentů již souběžně používali i druhou strategii přežití populace a to přesun na nevykvetlé rostliny v podrostu. Roztoči tak neměli důvod zvyšovat svou aktivitu v oblasti šíření pomocí vzdušné disperse.

### 4. Závěry

V rámci disertační práce byly poznatky o hálčivci kmínovém rozšířeny o tyto údaje:

- Škůdcem je zamořena téměř polovina porostů hlavních pěstitelských oblastí kmínu.
- Počty přezimujících hálčivců jsou relativně nízké.
- Výsev kmínu do krycí plodiny snižuje napadení porostu hálčivcem.
- Šíření hálčivce pomocí forézie je nepravděpodobné.
- Dospělci hálčivce vykazují aktivní disperzní chování v proudu vzduchu a opouští substrát již při rychlostech od 1 m/s.

## VII. POUŽITÁ LITERATURA

- Alberti, G., Storch, V., (1974): Über Bau und Funktion der Prosoma-Drüsen von Spinnmilben (Tetranychidae, Trombidiformes). Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere 79, 133-153.
- Alves E. B., Casarin, N. F. B., Omoto, C., (2005): Dispersal mechanisms of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari : Tenuipalpidae) in citrus groves. Neotropical Entomology 34 (1): 89-96 Jen-Feb.
- Amrine, J. W., Stasny, T. A., (1994): Catalogue of the Eriophyoidea (Acarina: Prostigmata) of the World.
- André, M., (1935): Parthenogénogénese chez les Acarines. Annales des Science Naturelles., Zoll. 18, 103-118.
- Anonym, (2004): Seznam registrovaných přípravků na ochranu rostlin. <http://www.srs.cz>.
- Anonym. (1998): Ochrana kmínu proti škodlivým činitelům. Agro 8: 24-29.
- Bajerlein, D., Boszyk, J., (2004): Phoresy of *Uropoda orbicularis* (Acari: Mesostigmata) by beetles (Coleoptera) associated with cattle dung in Poland. European Journal of Entomology. Vol. 101, No. 1: 185-188
- Baker, E. W., Wharton, G. W., (1952): An Introduction to Acarology. Macmillan, New York. 465pp.
- Barata, E. N., Araújo, J., (2001): Olfactory orientation responses of the eucalyptus woodborer, *Phoracantha semipunctata*, to host plant in a wind tunnel. Physiological Entomology Volume 26 Page 26
- Behrens, E. (1964): Zur Biologie und Ökologie des Johannisbeergallmilbe *Eriophyes ribis* Nal., sowie ihrer Bekämpfung im Johannisbeerenanbaugebiet Perleberg. Der Bezirke Schwerin Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, Math.-Nat., 13: 279-288.
- Bergh, J. C., (2001): Ecology and aerobiology of dispersing citrus rust mites (Acari : Eriophyidae) in central Florida. Environmental Entomology 30 (2): 318-326 Apr.
- Bergh, J. C., McCoy, C. W., (1995): Aerial dispersal of citrus rust mite from Florida citrus groves. Poster D472, at the Annual Meeting of the Entomology Society of America, Las Vegas, Nevada, USA.
- Bhasin, A., Mordue, A. J., Mordue, W., (2000): Responses of the biting midge *Culicoides impunctatus* to acetone, CO<sub>2</sub> and 1-octen-3-ol in a wind tunnel. Medical & Veterinary Entomology Volume 14 Page 300.
- Binns, E. R., (1975): Negative binomial distribution of phoretic mites. Entomologist's Monthly Magazine 110, 223-226.
- Binns, E. S., (1982): Phoresy as migration – some functional aspect of phoresy in mites. Biological Review 57, 571-620.
- Boczek, J., (1961): Badanie nad roztocami z rodziny Eriophyidae (Szczepalowete) v Polsce. I Práce naukowe Insytutu ochrany rošlin, Tam III., 2, 5-86.
- Boczek, J., Natcheff, P. D., (1989): 3 New species of Eriophyid mites (Acari, Eriophyoidea) from oil palms in Ivory-coast. Acarologia 30 (3): 249-253 Sep.

- Cardé R. T., Staten, R. T., Mafra-Neto, A., (1998): Behaviour of pink bollworm males near high-dose, point sources of pheromone in field wind tunnels: insights into mechanisms of mating disruption. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89: 35–46.
- Colwell, R. K., (2000): Rensch's rule crosses the line: convergent allometry of sexual size dimorphism in hummingbirds and flower mites. *American Naturalist* 156:495-510.
- Davis, R., (1964): Autecological studies of *Rhynacus breitlowi* Davis (Acarina: Eriophyidae). *Fla. Entomology.*, 47: 113-121.
- Duffner. K., Schruft, G., Guggenheim, R., (2001): Passive dispersal of the grape rust mite *Calepitrimerus vitis* Nalepa 1905 (Acari, Eriophyoidea) in vineyards. *Anzeiger fur Schadlingskunde-Journal of Pest Science* 74 (1): 1-6 Feb.
- Easterbrook, M. A., (1978): The life-history and bionomics of *Epitrimerus pyri* (Acarina: Eriophyidae) on pear. *Annual of Application Biology.*, 88: 13-22.
- Evans, G. O., Sheals, J. G., Macfarlane, D., (1961): The terestial Acari of the British Isles. Vol. 1. *British Museum (Nat. Hist.) London*, 219pp.
- Evans, G.O., (1992): *Principles of Acarology*. CAB International, Cambridge.
- Evenden, M. L., McLaughlin, J. R., Czokajlo, D., (2004): Effects of Exposure to Pheromone and Insecticide Constituents of an Attracticide Formulation on Reproductive Behavior of Oriental Fruit Moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*: Vol. 98, No. 2, pp. 334–341.
- Fan, Y. Q., Petitt, F. L., (1998): Dispersal of the broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari : Tarsonemidae) on *Bemisia argentifolii* (Homoptera : Aleyrodidae). *Experimental & Applied Acarology* 22 (7): 411-415 Jul.
- Farish, D. J., Axtell, R. C., (1971): Phoresy redefined and examined in *Macrocheles muscaedomesticae* (Acarina: Macrochelidae). *Acarologia* 13, 16-26.
- Fleschner, C. A., Bandgey, M. E., Richer, D. W., Hall, J. C., (1956): Air drift of spider mite. *Journal of Economic Entomology* 49: 624-627.
- Full, R., Koehl, M., (1993): Drag and lift on running insects. *Journal of Experimental Biology*. 176: 89-101.
- Fulton, B. B., (1940): The Blueberry Bud Mite, a new pest. *Journal of Economic Entomology.*, 33, 699.
- Gipson, W. W., Painter, R. H. (1957): Transportation by aphids of the wheat curl mite, *Aceria tulipae* (K.), a vector of the wheat streak mosaic virus. *Journal of the Kansas Entomological Society.*, 30: 147-153.
- Hall, M., Ebermann, E., (2004): Zoogeographical aspects of some scutacarid mites and their phoresy hosts (Acari, Heterostigmata; Hymenoptera, Aculeata). *Revue Suisse de Zoologie*. 112 (1): 215-224 Mar.
- Heath, R. R., Manukian, A., (1992): Development and evaluation of systems to collect volatile semiochemicals from insects and plants using a charcoal-infused medium for air purification. *Journal of Chemical Ecology*, 18, 1209–1226.
- Hoy, M. A., Groot, J. J. R., Vandebaan H. E., (1985): Influence of serial dispersal on persistence and spread of pesticide-resistant *Metaseiulus occidentalis* in Kalifornia almond orchards. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 37 (1): 17-31.



- Isaacs, R., Willis, M. A., Byrne, D. N., (1999): Modulation of whitefly take-off and flight orientation by wind speed and visual cues. *Physiological Entomology* Volume 24 Page 311.
- Isard S. A., Belding, M., Irvin M. E., Kampmeier G. E., (1996): A Greenhouse Wind Tunnel to Study the Ascent Phase of Aphid Migration and Dispersal.  
<http://www.inhs.uiuc.edu/cee/movement/migrant.html#anchor1406423>
- Jeppson, L. R., Keifer, H. H., Baker, E. W., (1975): *Mites Injurious to Economic Plant*. University of California Press, Berkeley.
- Johnson, D. T., Croft, B. A., (1976): Laboratory study of the dispersal behaviour of *Amblyseus fallacis* (Acarina: Phytoseiidae). *Annals of the Entomological Society of America* 69, 1019-1023.
- Johnston, D.E., (1982): Acari. In: Parker, S.P.(ed.) *Synopsis and classification of living organisms*. McGraw-Hill, New York, p. 111.
- Jung, C. L., Croft, B. A., (2001): Aerial dispersal of phytoseiid mites (Acari : Phytoseiidae): estimating falling speed and dispersal distance of adult females. *Oikos* 94 (1): 182-190.
- Kadono, F., Fujishiro, H., Shina, M., Fujiie, A., (1982): Seasonal population trends of the Japanese pear rust mite, *Eriophyes chibaensis* Kadono (Acarina: Eriophyidae) on pear trees in Chiba. *Japanese Journal of Application Entomology and Zoology*., 26: 213-217.
- Keifer, H. H., (1975): *Eriophyid studies C-11*. Ars-USda, 24pp.
- Kennedy, G. G., Smitley, D. R., (1985): Dispersal. In: Helle, W., Sabelis M. W., *Spider Mite, their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol. 1A, Elsevier, Amstrdam, pp. 233-242.
- Kethley, J.B., Norton, R.A., Bonamo, P.M., and Shear, W.A., (1979): A terrestrial alicorhagiid mite (Acari: Acariformes) from the Devonian of New York. *Micropaleontology* 35: 367-373.
- Khaustov, A. A., Husband, R. W., (2004): Three new species of Archidispus karafiat (Acari : Scutacaridae) phoretic on beetles of the genus stenolophus (Coleoptera : Carabidae) from the USA. *International Journal of Acarology* 30 (3): 239-249 Sep.
- Klumpar, J., (1997): Dosavadní poznatky o hálčivci kmínovém jako východisko ochrany kmínu kořenného proti tomuto škůdci. *Agro* 6: 35 - 40.
- Kocourková, B., (1996): Biologie a agrotechnika kmínu kořenného. In: *Prspektivy uplatnění kmínu v zemědělství ČR. Sborník referátů*. Brno.
- Königsmann, E., (1957): Untersuchungen an der Kummelgallmilbe *Aceria carvi* (NAL.). *Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl Marx Universität Leipzig, Mathematisch – Naturwissenschaftliche Reihe* H. 2 – 3: 329 - 349.
- Krantz, G.W., (1978): *A Manual of Acarology*. 2nd Edition. Oregon State University Bookstores, Corvallis.
- Kuang, H. Y., (1998): A new genus and four new species of the subfamily Phyllocoptinae (Acari : Eriophyoidea) from the People's Republic of China. *Acarologia* 39 (1): 57-62 May.
- Kuenen, L. P. S., Rowe H. C., (2006): Cowpea weevil flights to a point source of female sex pheromone: analyses of flight tracks at three wind speeds. *Physiological Entomology* 31, 103–109.
- Lindquist, M. W. Sabelis, M. W., Bruin, J., (1996): *Eriophyoid Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control*, Vol. 6.



- Liu, J., Lee, E. A., Schaafsma, A. W., (2005): Wheat curl mite (Acari : Eriophyidae) dispersal and its relationship with kernel red streaking in maize. *Journal of Economic Entomology* 98 (5): 1580-1586 Oct.
- Löw, F., (1887): Neue Beiträge zur Kenntnis der Phytoptocecidien. *Verhandlungen der Zoologisch-Botanisch Gesellschaft. Wien* 37, 23-38.
- Massee, A. M., (1828): The life-history of the black currant gall mite, *Eriophyes (Phytoptus) ribis*, (Westw.) *Nal. Bulletin of Entomological Research* 18, 297-309.
- McEnroe, W., Dronka, K., (1971): Photobehavioural clases of the spider mite *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Entomology Experimental and Applied* 14, 420-424.
- McIntyre, N. E., Vaughn T. T., (1997): Effects of Food Deprivation and Olfactory and Visual Cues on Movement Patterns of Two Eleodes Species ( Coleoptera: Tenebrionidae) in a Wind Tunnel. *Annals of the Entomological Society of America.* 90(2). 260-265
- Meats, A., Hartland, C. L., (1999): Upwind anemotaxis in response to cue-lure by the Queensland fruit fly, *Bactrocera tryoni*. *Physiological Entomology Volume 24 Page* 90.
- Messing, R. H., Klungness, L. M., Jang, E. B., (1997): Effects of wind on movement of *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies, in a laboratory flight tunnel. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 82: 147–152.
- Mohanasundaram, M., (1984): New Eriophyid mites from India (Acarina, Eriophyoidea). *Oriental insects* 18 (Jan-): 251-283.
- Mühle, E., Königsman, E., (1954): Zur Fragen der Kümmel „vergrünung“. *Zeitschrift Pflanze Krankhaft und Pflanze Schutz.* 61, 396-402.
- Mumcuoglu, Y., Stix, E., (1974): Milben in der Luft. *Revue Suisse de Zoologie*, 81: 673-677.
- Nault, L. R., Styer, W. E., (1969): The dispersal of *Aceria tulipae* and three other grass-infesting eriophyid mite in Ohio. *Annals of the Entomological Society of America* 62, 1446-1455.
- Noldus L.P.J.J. (1991). The Observer: A software system for collection and analysis of observational data. *Behaviour Research Methods, Instruments & Computers*, 23(3), 415-429.
- Norton, R.A., Bonamo, P.M., Grierson, J.D., and Shear, W.A., (1988): Oribatid mite fossils from a terrestrial Devonian deposit near Gilboa, New York. *Journal of Paleontology* 62: 259-269.
- Ochoa, R., Pettis, J. S., Mireles, O. M., (2003): A new bee mite of the genus *Pseudacarapis* (Acari : Tarsonemidae) from Mexico. *International Journal of Acarology* 29 (4): 299-305 DEC.
- Ondřej, M., Odstrčilová, L., Vaculík, A., (2001): Škodliví činitelé kmínu kořenného a možnosti ochrany proti nim. *Farmář.* 1: 38-41.
- Pady, S. M., (1955): The occurrence of the vector of wheat streak mosaic, *Aceria tulipae*, on slides exposed in the air. *Plant Dis. Rep.* 39: 296-297.
- Pélozuelo, L., Freérot, B., (2006): Behaviour of male European corn borer, *Ostrinia nubilalis* Hu"bner (Lep.; Crambidae) towards pheromone-baited delta traps, bucket traps and wire mesh cone traps. *Journal of Application Entomology.* 130(4), 230–237.
- Peterka, J., Kameníková, L., Zemek, R., (2002): Pěstujeme kmín kořenný (*Carum rarvi* L.). *Agro* 7: 54-57.

- Procházka, F., (1984): Pěstování kmínu v podmínkách velkovýroby. In.: Pěstování léčivých a aromatických rostlin v podmínkách zemědělské velkovýroby. ČSVTS České Budějovice.
- Reindl, F., Kameníková, L., Kurowská, M., Zemková Rovenská, G., Zemek, R., (2004): Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi*) growing areas of Bohemia, Acta Fytotechnica et Zootechnica. Vol. 7: 255-256.
- Sabelis, M. W., Dicke, M., (1985): Long range dispersal and searching behaviour. Enemies and Control, Vol. 1B. Elsevier, Amstrdam, pp. 141-160.
- Shevtchenko, V. G., Bagnyuk, I. G., Sukhareva, S. I., (1991): A new Family of Pentasetacidae (Acariformes, Tetrápodili) and its role in treatment of the origin and evolution of the group. Zoologicheskyy Zhurnal 70 (5): 47-53 May.
- Shvanderov, F. A. (1975): The role of phoresy in the migration of eriophyid mites (Eriophyoidea). Zoologicheskii Zhurnal, 54:458-461.
- Schlechtendala, D. H. R., (1911-1924): Eriophyidocecidien, die durch Gallmilben verursachten Pflanzengallen. Zoologica 24, 295-498.
- Schliesske, J., (1979): Vorkommen und Arten der Verbreitung freilebender Gallmilben (Acari: Eriophyoidea) an *Pinus* spp. In Niedersachsen. Zoologische Beiträge., 25: 1-12.
- Suski, Z. W., Naegele, J. A., (1963): Light response in the two-spotted spider mite. 2. Behaviour of the „sedentary and dispersal“ phases. In: Neagele, J. A. (ed.), Advances in Acarology Vol. 1. Cornell Press, Ithaca, New York, pp. 445-453.
- Svensson, G. P., Skals, N., Löfstedt, Ch. (2003): Disruption of the odour-mediated mating behaviour of *Plodia interpunctella* using high-frequency sound. Entomologia Experimentalis et Applicata Volume 106 Page 187
- Toshoval, T., Subchev, M., Plass, E., Francke, W., (2003): Scoliopteryx libatrix (L.) (Lep., Noctuidae) male reaction to the synthetic main sex pheromone component and its isomers –wind tunnel and field investigations. Journal of Application Entomology. 127, 195–199.
- Tschapka, M., Cunningham, S.A., (2004): Flower mites of *Calyptrogyne ghiesbreghtiana* (Arecaceae): evidence of dispersal using pollinating bats. Biotropica 36:377-381.
- Valeur, P. G., Löfstedt, C., (1996): Behaviour of male oriental fruit moth, *Grapholita molesta*, in overlapping sex pheromone plumes in a wind tunnel. Entomologia Experimentalis et Applicata 79: 51–59.
- Van de Vrien, M., (1967): De levenswijze en de bestrijding van de rondknopmijt van zwarte des, Cecidophyopsis ribis. Neth. Journal of Plant Pathology., 73: 170-180.
- Van Tilborg, M., Sabelis, M. W., Roessingh, P., (2004): State-dependent and odour-mediated anemotactic responses of the predatory mite Phytoseiulus persimilis in a wind tunnel. Experimental and Applied Acarology 32 (4): 263-270.
- Waite, G. K., McAlpine, J. D., (1992): Honey-bees as carriers of lychee inose mite Eriophyes lichtii (Acari, Eriophyidae). Experimental & Applied Acarology 15 (4): 299-302 Oct.
- Warburton, C., Embleton, A. L., (1902): The life-history of the black currant gall mite, *Eriophyes (Phytoptus) ribis*, Westwood. Journal of the Linnean Society, London 23, 366-378.
- Yamanaka, T., Tatsuki, S., Shimada, M., (2001): Flight Characteristics and Dispersal Patterns of Fall Webworm (Lepidoptera: Arctiidae) Males. Environmental Entomology: Vol. 30, No. 6, pp.1150–1157.

- Yothers, W. W., Mason, c., (1930): The citrus rust mite and its control., USDA Technical Bulletin. 176.
- Zacharda, M., Pultar, O., Muška, J., (1988): Washing technique for monitoring mites in apple orchards. *Experimental and Applied Acarology*. 5: 181-183.
- Zemek, R., Kameníková, L., Zemková Rovenská, G. and Kurowská, M., (2002): Population dynamics and dispersal of *Aceria carvi* (Acari: Eriophidae), *Biologické dni. Proceedings from International scientific Conference. 5-6 September 2002, Nitra, Fakulta prírodných vied UKF, Slovakia, 219-220.*
- Zemek, R., Kurowská, M., Kameníková, L., Zemková Rovenská G., Havel, J., Reindl, F., (2005): Studies on phenology and harmfulness of *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) on caraway, *Carum carvi* L., in the Czech Republic. *Journal of Pest Science.*, 78: 115-116.
- Zemková-Rovenská, G., Reindl, F., (2004): Hálčivec kmínový stále aktuální škůdce kmínu kořenného. *Agro* 40-41.

## VIII. SOUHRN

Hálčivec kmínový (*Aceria carvi* Nal., Acari: Eriophyidae) je jedním z nejzávažnějších škůdců kmínu kořeného (*Carum carvi* L.) v České republice (Klumpar, 1999). Typickým symptomem napadení jsou virescentní okolíky, odlišující se od zdravých okolíků svým háčkovitým tvarem a odlišnou světle zelenou barvou. Dalším příznakem napadení jsou drobné listové háčky (Königsmann, 1957). Z napadených okolíků nevyrostou nažky, čímž se snižuje výnos kmínu (Zemek a kol., 2005). *A. carvi* přezimuje uvnitř srdéčka přízemní růžice mladých rostlin a vyskytuje se na téměř 50% komerčně využívaných polích kmínu v Čechách (Reindl a kol., 2004).

Ochrana proti hálčivci je velmi obtížná díky skrytému způsobu života. V současnosti se uplatňují především agrotechnické metody jako např.: pozdější výsev, výsev do krycí plodiny, izolační vzdálenost a včasné zaorání sklizených porostů. V našich experimentech byl statisticky prokázán nižší počet roztočů v porostech setých do krycí plodiny. (Rendl a kol., 2004)

Ačkoli základní data o biologii tohoto druhu byla publikovaná Königsmann (1957), není nic známého o jeho šíření. Foresie byla prokázána u několika eriophyoidních roztočů (Gipson a Painte, 1957; Behrens, 1964; Shvanderov, 1975). Pokusy o prokázání forézie u *A. carvi* pomocí hmyzu byly prováděny v době nejvyšší populační hustoty hálčivce kmínového na okolících. Pomocí sítky na hmyz byla odchytávána hmyzí individua nad porostem kmínu. Každý jedinec byl umístěn individuálně do zkumavky naplněné 75 % etanolem. V laboratoři byl hmyz i veškerý etanol mikroskopicky vyšetřen. Bylo odchyceno i mnoho opylovačů společně s *Apis mellifera*, která je zodpovědná za šíření jiných eriophyidních roztočů např. *Eriophyes vaccinii* (Fulton, 1940), nebo *Eriophyes litchii* Keifer (Waite a Mcalpine, 1992). Šíření pomocí foresie nebylo u *A. carvi* prokázáno.

Pokusy s lepoými sklíčky potvrdily u *A. carvi* anemochorii a ukázaly, že počet migrujících roztočů narůstá s dozráváním porostu kmínu. Maxima odchycených roztočů spadají na 4. týden před sklizní, kdy kmín ztrácí zelenou barvu a začíná zasychat (Zemek a kol., 2004). Při tomto sledování byla prokázána pozitivní korelace mezi počtem migrujících roztočů a populační hustotou těchto škůdců na okolících kmínu kořeného (Reindl a kol., 2006).

Vliv rychlosti proudění vzduchu na iniciaci disperzního chování dospělých hálčivců byl studován v laboratorních podmínkách pomocí větrného tunelu. Vzdušný tunel s vnitřními rozměry 60 x 60 mm a délce 1100 mm obsahoval měřicí komoru o délce 400 mm. V měřicí komoře byl lineárně proudící vzduch zbavený turbulencí s pracovními rychlostmi v rozmezí 0,5 – 3,0 metry za sekundu. Pro celý experiment bylo zvoleno 5 rychlostí (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 m/s) a bylo pozorováno vždy 20 individuí, vytřepaných z okolíků přinesených z pole v průběhu 4 týdnů do sklizně porostu. Roztoči byli vkládáni na pozorovací plošince do tunelu a sledování pomocí binokulárního mikroskopu po dobu 300 vteřin. Jejich chování bylo zaznamenáváno pomocí programu The Observer (Noldus, 1991) a následně statisticky vyhodnocováno. Nulovou odezvu na proudící vzduch nalézáme u roztočů testovaných při 0,5 ms<sup>-1</sup>, kde tato rychlost pravděpodobně nebyla dostatečným stimulem pro odlet. Aktivní odlet již při rychlosti 1 m/s byl překvapivý, protože mnoho eriophyidních roztočů byla v přirozených podmínkách zachycena na lepoové desky až od vyšších rychlostí (Alves a kol., 2005; Duffner a kol., 2001; Davis, 1964).

## IX. SUMMARY

*Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) is one of the most serious pests of biennial caraway (*Carum carvi* L.) in the Czech Republic (Klumpar, 1999). This eriophyoid mite attacks plant tissues and causes development of galls on leaves and flowers. Flower galls do not develop into seeds and yield of infested caraway plants substantially decreases (Zemek *et al.*, 2005). *A. carvi* overwinters hidden within leaves of young caraway plants in nearly 50% of commercial fields (Reindl *et al.*, 2004). This pest spreads very fast to new growing areas and its control is difficult due to the fact that it lives hidden in galls most of its life.

. At present, agrotechnique methods are applied preferably, like delayed sowing, sowing to cover crop, enhancing distance between harvested and new sown caraway fields and ploughing of the field after harvest as soon as possible. High infestation of plants by *A. carvi* was found mostly in fields, which were grown as monoculture, i.e. without cover crop in the first year (Reindl *et al.*, 2004).

Although basic data on biology of this species were published by Königsmann (1957), nothing is known about its dispersal. Phoresy was reported in several eriophyoid mites (Gipson and Painter 1957, Behrens 1964, Shvanderov 1975). Samples of flying insects were collected in the caraway field in time of the highest population density of *A. carvi* on caraway umbels to test if the mite spreads also by phoresy. Each caught specimen was put into a plastic vial with 75% ethanol and later carefully inspected for presence of *A. carvi* using a dissection microscope. Pollinators like honeybees were found as mean of phoretic dispersal in *Eriophyes litchii* (Waite and McAlpine 1992). We, however were not able to confirm dispersal by phoresy in *A. carvi*.

Sticky traps confirmed anemochory in *A. carvi*. Number of caught mites increased in time with riping of caraway. Maximum of mites found on sticky traps occurred about four weeks before the caraway harvest. We also found a positive correlation between *A. carvi* density on caraway umbels and number of air-borne mites (Reindl *et al.*, 2006).

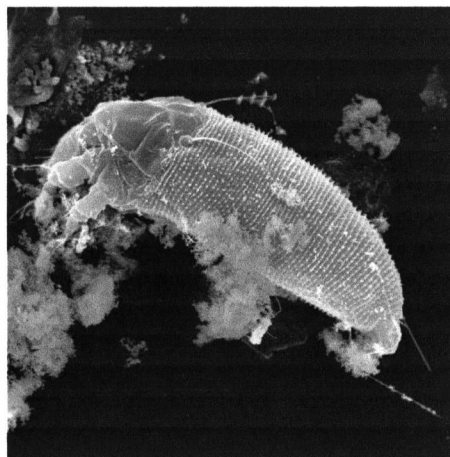
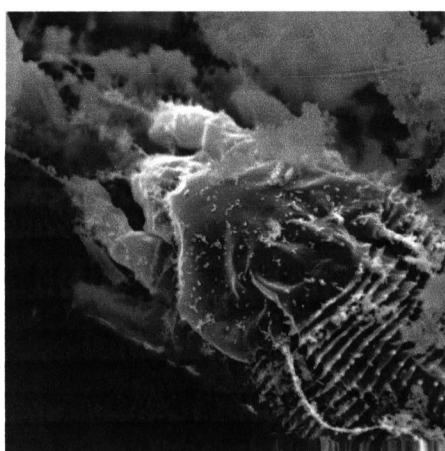
The effect of wind speed on initiation of dispersal behavior of adult mites was studied under laboratory conditions using a wind tunnel specially developed for this purpose. The tunnel was made of glass with inner dimensions 60x60 mm and length 1.1 m. Both the inlet and outlet compartments were equipped with an electric fan, series of plastic diffusers, and a metal mesh to minimize wind turbulence inside of a 0.4 m long measuring chamber in the middle of the tunnel. Behavior of mites was observed under five wind speeds ranging from 0.5 to 3.0 m per second. Wind speed was controlled by changing voltage on a variable AC/DC transformer and actual speed was monitored using a precise TESTO hot-ball anemometer. Mites used in the experiments were collected from umbel galls sampled in caraway fields during four weeks into its harvest. Mites were placed on a thin glass rod inserted into the measuring chamber and observed by means of a dissection microscope during 300 seconds. The behavior of a mite was recorded with help of The Observer software (Noldus, 1991). The following parameters were calculated from the obtained data: (1) the time from the introduction of mite to its dispersal position (whole body raised and attached to the glass rod only at abdomen) and (2) the time to take-off. For each wind speed, twenty mites was examined. No *A. carvi* mite took off at a wind speed of 0.5 m/s but the mites started to fly at speed 1 m/s. It is interesting because other eriophyid species were reported to be caught using sticky traps at higher wind speed only.



## X. PŘÍLOHY

### 1. Obrazová příloha

1. Dospělá samička hálčivce kmínového, vlastní snímek ze SEM.  
(průměrná velikost dospělé je 0,182 x 0,045 mm)



4. Typický příznak přítomnosti hálčivce kmínového jsou napadené okolíčky odlišující se svou barvou od okolního porostu (příznak přetrvávající i v době dozrání porostu).



5. Listové hálky. Na levém obrázku srovnání zdravého (vlevo) a napadeného listu (vpravo). Na pravém obrázku vidíme hálku vzniklou metamorfózou menšího okolíčku a listů.





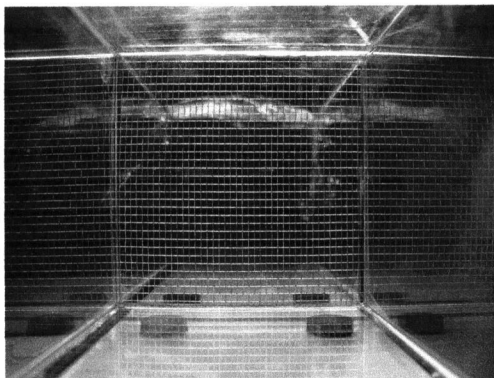
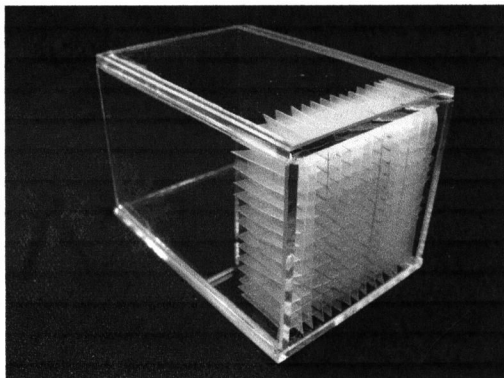
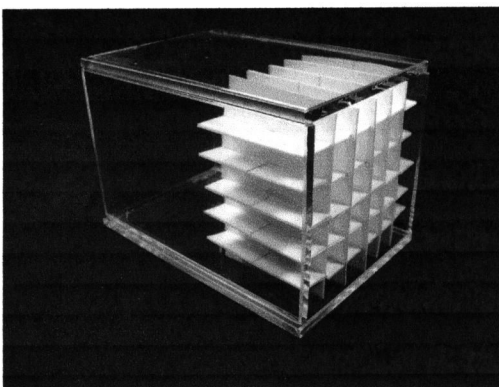
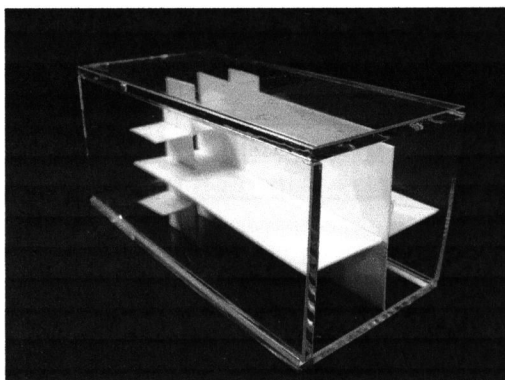
**2. Srovnání zdravého okolíku (vlevo) a napadeného „virescentního“ okolíku (vpravo).**



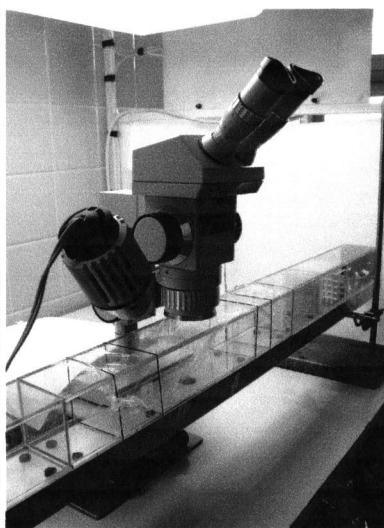
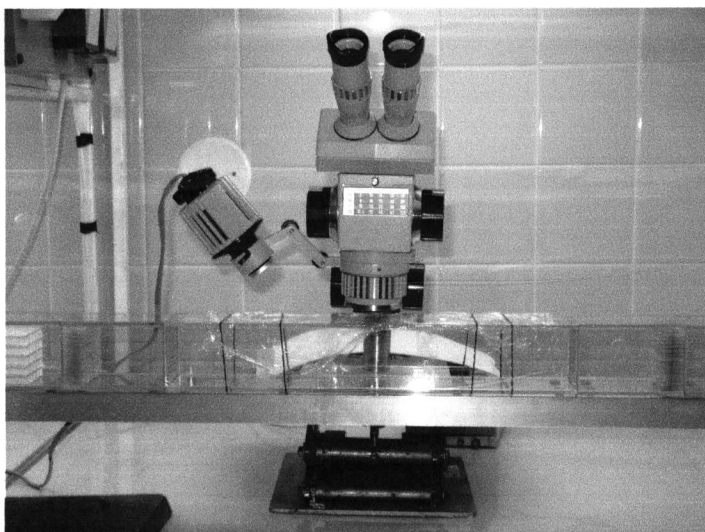
**3. Typické příznaky napadení škůdcem – přeměněný okolík připomínající kvěťákovou růžici.**



**6. Vzdušný tunel – regulační voštiny – v horní řadě (vlevo) dělicí (vpravo) hrubá, v dolní řadě (vlevo) jemná voština a (vlevo) sítko.**



**7. Binokulární mikroskop nad měřicí komorou – foto před začátkem testování tunelu (měřicí komora ještě zakryta fólií - proti poškrábání).**



## 2. Publikované práce

### 2.1. Publikace

2.1.1. Reindl, F., Kameníková, L., Kurowská, M., Zemková Rovenská, G., Zemek, R., (2004): Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi*) growing areas of Bohemia, Acta Fytotechnica et Zootechnica. Vol. 7: 255-256.

**DISTRIBUTION OF ACERIA CARVINAL IN CARAWAY (*CARUM CARVI* L.) GROWING AREAS OF BOHEMIA**

**František REINDL<sup>1,3</sup>, Ludmila KAMENÍKOVÁ<sup>2</sup>, Miroslava KUROWSKÁ<sup>2</sup>, Gagriela ZEMKOVÁ ROVENSKÁ<sup>1</sup>, Rostislav ZEMEK<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Entomology, Academy of Sciences, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Czech Republic, e-mail: rosta@acarus.entu.cas.cz

<sup>2</sup>Research Institute of Oil Plants, Oseva PRO, Purkyňova 6, 746 01 Opava, Czech Republic, e-mail: vuol@pvtnet.cz

<sup>3</sup>Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Czech Republic

### **Introduction**

Caraway belongs to traditional crops having been grown in Bohemia since the end of 19th century. Harvesting area is fluctuating at 2500 hectares in last years with yield about 0.8 t/ha in average (Kameník 2001). Large part of seed production is exported.

Several economically important pests attack caraway. One of them is the mite *Aceria carvi* that can cause serious damage to plants (Klumpar 1999). According to Königsmann (1957), infestation by this pest can lead to decrease of yield by 80 to 90 percent. Typical symptoms of pest occurrence are galls developing from leaves and flowers or whole umbels. Umbel and leaf galls are later (since start of May to ploughing of a field) main sources of pest that is spread to new caraway fields predominantly by wind like in other eriophyoid mites (Königsmann 1957, Lindquist and Olfield 1996). By this way, the pest is able to colonize new areas very fast and it is usually observed there within several years since the establishment of caraway fields (Klumpar 1999). Control of *A. carvi* is difficult due to the fact that this pest lives hidden in galls. At present, agrotechnique methods are applied preferably, like delayed sowing, sowing to cover crop, enhancing distance between harvested and new sown caraway fields and ploughing of the field after harvest as soon as possible (Klumpar 1999).

The aim of our work was to investigate *A. carvi* distribution in selected areas in spring, i.e. at the beginning of the second year of caraway growing in which the crop is harvested. Results should provide basic information on occurrence of this pest in Bohemia.

**Key words:** *Aceria carvi*, caraway, Eriophyoid mites, monitoring, pest control

### **Methods**

Caraway fields were sampled at 27 localities of Bohemia between April 3 and 12 in 2002. Each sample consisted of five subsamples which were represented by ten plants taken from five places of the field (four at corners and one at the center) thus given fifty plants together. Roots were cut off, leaf rosettes were cut lengthwise and mites were extracted from samples by washing of the samples in 75% ethanol (Zacharda et al., 1988) in which the mites were preserved until processed in the laboratory. Alcohol samples were then poured into Petri dishes and mites were counted using dissection microscope and a counting grid. Obtained mite counts with corresponding localities were plotted in a map using ArcView GIS ver. 3.1.

### **Results and Discussion**

Washing technique used for separation of *A. carvi* turned out to be effective though very time-consuming as samples contained a lot of dust and soil particles. Results revealed that number of mites in samples were rather low and indicate low pest density in overwintered caraway fields (Fig. 1). The highest numbers of mites (11-61 mites per sample) were found in localities: Bohuslavice (region Náchod), Zvíkov (region České Budějovice), Luže (region Chrudim) and Lovosice (region Litoměřice). In seven localities the density was low (1-5 mites per sample): Turnov (region Semily), Dřevíkov (region Chrudim), Jaroměřice nad Rokytnou, Maleč (region Havlíčkův Brod), Řepníky (region Chrudim), Křížová-Dědová and Keřkov (region Havlíčkův Brod). No occurrence of *A. carvi* was found in remaining sixteen localities in regions Havlíčkův Brod, Svitavy, Rychnov nad Kněžnou, Pardubice, Praha východ, Ústí nad Orlicí, Pelhřimov, Jindřichův Hradec, Radostín nad Oslavou, Jihlava, České Budějovice and Písek.

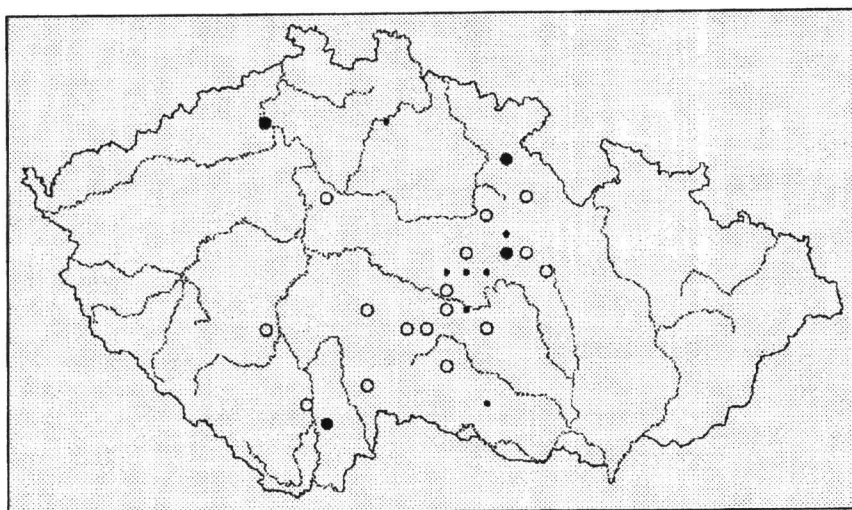


Fig. 1. Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi* L.) growing areas of Bohemia between April 3 and 12 in 2002. Large filled circles – high mite density, small filled circles – low mite density, and open circles – no occurrence of mites in samples.

High infestation of plants by *A. carvi* was found mostly in fields, which were grown as monoculture, i.e. without cover crop in the first year. This finding is in accordance with the observation by Klumpar (1999) who also found lower infestation in caraway sown in cover crop. Possible explanation is that cover crop increases the surface and thus decreases a chance of air-born mites to find caraway plants within the field.

Despite relatively low numbers of overwintered mites, density of *A. carvi* can reach up to four mites per single main umbel in the middle of June (Zemek et al. 2002). High population increase is probably due to the fast development of this pest, in which egg-to-egg time is in average 13-14 days (Königsmann 1957). In conclusion, the present paper revealed that *A. carvi* was found in 41% of sampled fields of caraway. The obtained results also support recommendation to sow caraway to cover crop. Further research is, however, necessary to find more effective methods of control of this pest.

#### Acknowledgements

This work was supported by grant No. 522/02/1490 from the Grant Agency of the Czech Republic. The authors thank Dr. J. Klumpar for his advice concerning sampling of mites, Dr. J. Kameník for his help with collection of plant samples and Dr. V. Růžička for plotting a map in ArcView. All growers are thanked for providing access to their fields and crop data.

#### References

- Kameník, J. 2001. Základy agrotechniky kmínu. In: Úroda, 3: 1-3.
- Klumpar, J. 1999. Dosavadní poznatky o hálčivci kmínovém (*Aceria carvi* Nal.) jako východisko ochrany kmínu kořeného proti tomuto škůdci. In: Technical report, Státní rostlinolékařská správa, Brno.
- Königsmann, E. 1957. Untersuchungen an der Kümmelgallmilbe *Aceria carvi* (Nal.). In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl Marx Universität Leipzig, Mathematisch – Naturwissenschaftliche Reihe H. 2-3: 329-349.
- Lindquist, E. E. - Olfield, G. N. 1996. Evolution of Eriophyoid Mites in Relation to their Host Plants. In: Eriophyoid Mites, Their Biology, Natural Enemies and Control, Vol. 6., E. E. Lindquist, M. W. Sabelis and J. Bruin (eds), pp. 277-300, Elsevier, Amsterdam.
- Zacharda, M. – Pultar, O. – Muška, J. 1988. Washing technique for monitoring mites in apple orchards. In: Exp. Appl. Acacol. 5: 181-183.
- Zemek, R. – Kameníková, L. – Zemková Rovenská, G. – Kurowská, M. 2002. Population dynamics and dispersal of *Aceria carvi* (Acari: Eriophyidae). In: Biologické dni. Proceedings from International Scientific Conference. 5-6 September 2002, Nitra, Slovakia, pp. 219-220, Fakulta přírodních věd UKF.

**Author's address:** Ing. František Reindl, Institute of Entomology, Academy of Sciences, Branišovská 31, 370 05 Česká Budějovice, Czech Republic, tel. +420 38 531 0350, fax +420 38 531 0354, e-mail: Frantisek.Reindl@seznam.cz

**2.1.2. Zemková-Rovenská, G., Reindl, F., (2004): Hálčivec kmínový stále aktuální škůdce kmínu kořenného. Agro 40-41.**





# HÁLČIVEC KMÍNOVÝ

## STÁLE AKTUÁLNÍ ŠKŮDCE KMÍNU KOŘENNÉHO

✍ Ing. Gabriela Zemková - Rovenská, Ing. František Reindl, Entomologický ústav AV ČR a Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích; Ing. Rostislav Zemek, CSc., Entomologický ústav AV ČR v Českých Budějovicích, foto: autoři

Kmín kořený je tradiční minoritní plodinou v České republice. Mezi jeho významné škůdce patří vedle makadlovky kmínové (*Depressaria daucella*) i hálčivec kmínový (*Aceria carvi*). Jedná se o úporného škůdce, jehož regulace je dosud velmi obtížná.

### Zařazení, morfologie a bionomie hálčivce kmínového

Hálčivec kmínový patří mezi roztoče (*Acarina*) čeledi *Eriophyidae*, jejíž zástupci se vyznačují dvěma páry končetin a protáhlým červovitým zadečkem s typickým kroužkováním (obr. 1). Dorůstá velikosti pouze 0,18 mm, se šířkou těla kolem 0,05 mm.

■ Obr. 2: Typické napadení hlavního okolíku, za vzniku hálek připomínajících květákovou růžici (vpravo), nenapadený okolík (vlevo).



Roztoč se rozmnožuje tzv. arrhenotokií (jeden ze způsobů partenogeneze, kdy se z neoplozených vajíček líhne pouze samičky, kterých je asi desetkrát více než samečků. Samička naklade v průměru kolem 17 vajíček. Vývoj má čtyři stádia, a sice vajíčko, larva, nymfa a dospělec. Larvální stádia hálčivce lze snadno rozlišit od dospělců. Velikost těla, jemnější a kratší štětiny a nohy, především ale absence vnějších pohlavních orgánů jsou nápadnými znaky.

Hostitelskými rostlinami jsou vedle kmínu kořeného i některé ostatní druhy z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*). Vývojový cyklus (viz schéma) je úzce spjat s dvouletým charakterem hostitelské rostliny. V prvním, zásevním roce pěstování dochází v letních měsících k napadení porostu migrujícími roztoči. Tito přezimují ukryti v blízkosti vegetačního vrcholu. Nízké teploty v lednu a únoru se negativně odrážejí na přežívání roztoče. populace, která je v časném předjaří velmi slabá s maximálně několika desítkami roztočů na sto rostlin (Reindl a kol., 2004), silně narůstá v květnu a červnu, nejvyšší hustoty pak dosahuje v létě, kdy je v průměru až 70 roztočů na jeden okolík (Zemek

■ Obr. 1: Dospělá samička hálčivce kmínového - snímek z elektronového řádkovacího mikroskopu.

a kol., 2002). Hálčivci přezimují jako dospělci, vzácněji jako nymfy mezi srdčkovitými listy kmínu.

### Příznaky napadení kmínu

Hálčivec kmínový způsobuje škody na porostech kmínu tím, že saje na rostlinných pletivech. V důsledku sání dochází k nadměrnému zmožnění buněk a vzniku novotvarů (hálek). Příznaky napadení jsou patrné na květenstvích, kde dochází k tzv. květákovatění (obr. 2), tedy ke zkrácení květních stopek okolíků a okolíčků za vzniku asimilačních pletiv s obsahem chlorofylu, který způsobí zelené nebo světle zelené zbarvení. Tyto příznaky jsou zvláště nápadné v dozrávajícím porostu kmínu (obr. 3).

Kromě květenství je možné příznaky napadení pozorovat také na listech, u nichž je nápadné jejich zkadeření (obr. 4). Dochází ke zkrácení listových úkrojků, současně se zkracuje i řapík, listové větveno a jármové lístky, což má za následek vznik metamorfovaných shluků listových úkrojků, které jsou často přisedlé k hlavní ose nebo k bočním větvím rostliny (obr. 5).

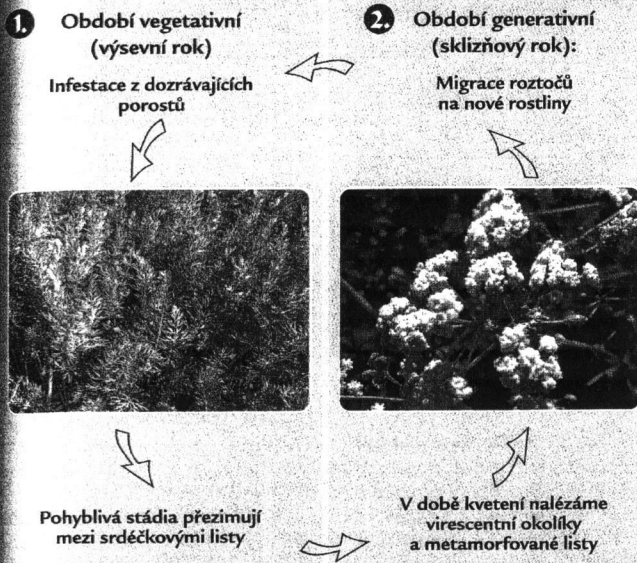
### Výskyt a šíření hálčivce

Geografické rozšíření hálčivce kmínového ne vždy koresponduje s oblastmi pěstování kmínu. Podle Königsmanna (1957) se hálčivec nevyskytuje v jižní, východní a západní Evropě, přestože se zde kmín hojně pěstuje, od té doby však nemáme žádné údaje o možném výskytu hálčivce v těchto oblastech. Vyskytuje v České republice se koncentruje zejména v oblastech intenzivního pěstování kmínu (Klumpar, 1997, Reindl a kol., 2004).

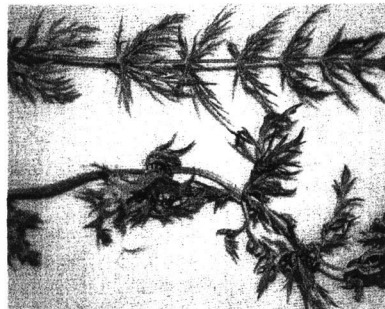
V otázce způsobů šíření hálčivce na další porosty kmínu není dosud jednotný názor. Zatímco šíření hálčivce pomocí vzdušných proudů je prokázáno, často diskutovaná otázka je šíření hálčivce prostřednictvím osiva kmínu. Toto tvrzení pochází ze starší literatury a opírá se o skutečnost, že po vynechání moření osiva přípravkem HERMAL L 50 na bázi lindanu, který má prokazatelné akaricidní účinky, došlo k nárůstu populace hálčivce v porostech kmínu. Jedná se však pouze o domněnku, která není experimentálně potvrzena. Pokud uvážíme, že se hálčivci živí sáním rostlinných pletiv, je velmi pravděpodobné, že rostliny v době sklizně již nejsou pro roztoče atraktiv-



Bionomie - vývojový cyklus:



■ Obr. 3: Napadený virescentní okolík, odlišující se od zdravého porostu svou světlou barvou. Příznak přetrvávající i v době dozrávání (hnědnutí) porostu kmínu.



■ Obr. 4: Zdravý list (nahore), listové háčky na napadeném deformovaném listu kmínu (dole).



■ Obr. 5: Hálka vzniklá metamorfózou menšího okolíku a několika listů.

ni a roztoči je opouštějí buď pomocí vzdušné migrace nebo tím, že přelézají na zelené, nevykvetlé rostliny kmínu v podrostu. Tomu odpovídá i zjištění, že výskyt roztočů na okolících byl v období sklizně výrazně nižší než v období dozrávání kmínu (Zemek a kol., 2002). Pokud hálčivec dokáže přežít i ve skladovaném osivu, pak se bude muset jednat o tzv. deutogynické samice, které se vyskytují u některých druhů čeledi *Eriophyidae* jako stádium odolné vůči suchu a nízkým teplotám. Důkazy existence takové adaptace u *A. canis* však zatím chybí.

Dalším možným způsobem šíření je forezie tj. využívání některých zástupců hmyzu k přemísťování. Někteří autoři považují tento způsob za málo pravděpodobný s odkazem na skutečnost, že by se muselo jednat o takové zástupce hmyzu, kteří jsou v určitém vztahu k hostitelské rostlině, aby roztoče vysadili na správnou rostlinu (Königsmann, 1957).

Při řešení otázky šíření hálčivce nesmíme opomenout problematiku miříkovitých plevelů, které jsou s kmínem příbuzné a tudíž by mohly být potenciálním zdrojem hálčivce. Navíc celá řada z nich roste v těsné blízkosti kmínových porostů. U nás byl však výskyt hálčivce kmínového s typickými příznaky napadení zjištěn pouze na kmínu kořeněném (Klumpar, 1997).

Šíření pomocí vzdušných proudů tak zůstává zatím jako jediný způsob, který je významný. Přispívá k tomu i protažený tvar těla roztoče a především dlouhé štětiny, které nabízí větru velkou záchytnou plochu a zvyšují schopnost vznášení. Vítr umožňuje roztoči dostat se i na poměrně velké vzdálenosti. To vysvětluje i skutečnost, že se napadení hálčivcem objeví i v oblastech, kde se kmín dosud nepěstoval.

**Ochrana kmínu před škůdcem**

Ochrana porostu před hálčivcem musí vycházet z bionomie hálčivce, který se do okolí šíří zejména pomocí větru. Z toho vyplývá, že nejdůležitější je věnovat pozornost izolaci vzdálenosti mezi porosty kmínu ve sklizňovém roce a porosty kmínu v roce zásevím, a to zejména ve vztahu k převládajícímu směru větru ve zmíněném kritickém období.

Další opatření je setí kmínu do krycí plodiny. Porosty kmínu založené na jaře bez krycí plodiny mají v kritickém období výskytu hálčivce již velkou záchytnou listovou plochu a jsou tedy mnohem více ohroženy hálčivcem než porosty v krycí plodině. Také pozdní výsev lze doporučit jako dobré preventivní opatření proti nadměrnému výskytu tohoto škůdce. Posledním opatřením je včasné zaorání posklizňových zbytků, které by případně mohly být zdrojem hálčivce.

Kromě výše uvedených opatření mají pěstitelé možnost použít přípravky SANMITE 20 WP, který je nyní povolen i pro kmín (Anonym, 2004). Ošetřují se nově založené porosty po sklizni okolních kmínů v dávce 0,375 kg/ha.

Seznam použité literatury je k dispozici u autorů.

**2.1.3. Zemek, R., Kurowská, M., Kameníková, L., Zemková Rovenská G., Havel, J., Reindl, F., (2005): Studies on phenology and harmfulness of *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) on caraway, *Carum carvi* L., in the Czech Republic. Journal of Pest Science., 78: 115-116.**

Rostislav Zemek · Miroslava Kurowská  
Ludmila Kameníková · Gabriela Zemková Rovenská  
Jiří Havel · František Reindl

## Studies on phenology and harmfulness of *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) on caraway, *Carum carvi* L., in the Czech Republic

Received: 9 November 2004 / Published online: 26 February 2005  
© Springer-Verlag 2005

**Abstract** Caraway (*Carum carvi* L.) belongs to the traditional crops which have been grown in Bohemia since the end of the 19th century. *Depressaria daucella* (Denis and Schiffermüller) and *Aceria carvi* Nal. are two main pests of caraway in the Czech Republic. The latter becomes a serious problem in major caraway-growing areas. So far, no effective method for its control is known. The aim of this paper is to describe the phenology of symptoms of *A. carvi* infestation and damage caused by this pest. Our observation revealed that although *A. carvi* overwinters hidden within leaves of young caraway plants, the first symptoms are usually not visible before the start of flowering. Though the initial density of the pest is low, the mite population multiplies during the season when the pest attacks plant tissues and causes development of galls on leaves and flowers. Comparison of healthy plants and plants infested by *A. carvi* showed that infested plants had significantly more umbels but produced far fewer seeds, and the yield of caraway was thus substantially decreased. Recommendations for crop management methods to suppress the pest are given.

**Keywords** *Carum carvi* · Damage · Gall-forming mite · Symptoms

**Electronic Supplementary Material** Supplementary material is available for this article at <http://dx.doi.org/10.1007/s10340-004-0079-9>

R. Zemek (✉) · G. Z. Rovenská · F. Reindl  
Institute of Entomology, Branišovská 31,  
370 05 České Budějovice, Czech Republic  
E-mail: [rosta@acarus.entu.cas.cz](mailto:rosta@acarus.entu.cas.cz)  
Tel.: +420-38-7775227  
Fax: +420-38-5310354  
E-mail: [gabi@entu.cas.cz](mailto:gabi@entu.cas.cz)  
E-mail: [frantisek.reindl@seznam.cz](mailto:frantisek.reindl@seznam.cz)

M. Kurowská · L. Kameníková · J. Havel  
Research Institute of Oil Plants, Oseva  
PRŮ, Purkyova 6, 746 01 Opava, Czech Republic  
E-mail: [opava@oseva.cz](mailto:opava@oseva.cz)

### Introduction

Caraway (*Carum carvi* L.) belongs to the traditional minor crops which have been grown in Bohemia since the end of the 19th century. Harvesting area has fluctuated around 2,500 ha in recent years, with a yield of about 0.8 t/ha on average (Kameník 2001). A large part of the seed production is exported.

There are two main pests of caraway: the moth *Depressaria daucella* (Denis and Schiffermüller) and the mite *Aceria carvi* Nal. (Peterka et al. 2002). While the moth can be controlled by application of insecticides, the mite becomes a serious problem in the Czech Republic (Klumpar 1999). *A. carvi* is a tiny eriophyid mite, which attacks plant tissues and causes development of galls within which it lives hidden most of the time. Its control is thus very difficult. Some data on the taxonomy, morphology and biology of this species were published by Königsmann (1957).

The aim of this paper is to describe the phenology of symptoms of *A. carvi* infestation and damage inflicted on the biennial caraway by this pest.

### Materials and methods

Observations of *A. carvi* infestation were done in 2003 in commercial fields of biennial caraway in Keřkov and Opava, where this pest regularly occurs. Standard crop management was carried out on these fields. The damage inflicted on individual plants by mites was assessed on plants showing symptoms of infestation, i.e. plants with flower galls were compared with plants without these symptoms. For this purpose, five samples of plants, each at a different place in the field, were collected in Opava plot at harvest time. Each sample consisted of 10 infested and 10 healthy plants, giving 100 plants in total. The plants were processed by hand and the number of umbels and seed weight were recorded.

## Results and discussion

Our observation revealed that symptoms of infestation by *A. carvi* are usually difficult to find on young caraway plants in the first year of growth. Mites overwinter hidden within leaf rosettes of these young plants in nearly 50% of commercial fields (Reindl et al. 2004), but the number of mites at the end of winter is relatively low which corresponds to the assumption that the population of *A. carvi* is highly reduced by low temperatures (Königsmann 1957).

Despite its low initial density, the pest multiplies rapidly during the season, attacks plant tissues, and causes development of galls on leaves as well as flowers. Leaf galls are characterized by deformation and rolling of leaves, while in inflorescence galls, normal differentiation of floral organs is inhibited and all parts are modified into leaf-like chlorophyll-containing structures which show curving and rolling. These symptoms are typical also for some other mite species (Westphal and Manson 1996). The first symptoms of infestation can be observed at the start of flowering in May, but flower galls are most visible when the fields start to ripen. At that time the mite spreads to new fields, relying mostly on passive dispersal by wind currents. This method of dispersal is common in eriophyoid mites (Lindquist and Oldfield 1996). The peak of aerial dispersal occurs about 3 weeks before harvest of caraway (Zemek et al. 2002).

The infestation level in the Opava plot before harvest was estimated to be about 50%, i.e. about half of all plants in the generative stage were infested with *A. carvi*. The yield of caraway plants infested by the mite substantially decreased as flower galls do not develop into seeds. We found that plants infested by *A. carvi* had more umbels ( $\bar{x} \pm SE = 28.36 \pm 2.26$ ) than plants without any symptoms of infestation ( $\bar{x} \pm SE = 22.28 \pm 2.05$ ) but 44% of the umbels were damaged. Statistical analysis revealed that these differences were significant (*t*-test:  $t = 1.9917$ ,  $df = 98$ ,  $P = 0.0492$ ). Higher numbers of umbels in infested plants might be explained as an effort by the plant to compensate for seed loss. The infested plants produced fewer seeds per umbel ( $\bar{x} \pm SE = 0.067 \pm 0.008$  g) than uninfested plants ( $\bar{x} \pm SE = 0.153 \pm 0.010$  g). The difference was statistically highly significant (*t*-test:  $t = 6.7531$ ,

$df = 98$ ,  $P < 0.0001$ ). According to Königsmann (1957), infestation by this pest can even lead to an 80–90% decrease in yield.

Based on the current knowledge of *A. carvi* we recommend the following technological control procedures: (1) delayed sowing, (2) sowing to cover crop, (3) increased distance between harvested and newly sown caraway fields, while considering main wind direction, and (4) plowing of fields as soon as possible after the harvest. Adopting these crop management measures decreases the chance that *A. carvi* will find host plants, eliminates its post-harvest aerial dispersion, and thus prevents the spread of this pest to newly sown fields of caraway.

**Acknowledgements** This study was supported by the Institute of Entomology project No. 5007907 (Academy of Sciences of the Czech Republic) and by grant No. 522/02/1490 from the Grant Agency of the Czech Republic. The authors thank Dr. J. Klumpar for his advice on methodology.

## References

- Kamenik J (2001) The basics of caraway crop management (in Czech). *Urda* 3:1–3
- Klumpar J (1999) Knowledge of *Aceria carvi* Nal. as a basis for plant protection of caraway against this pest (in Czech). Technical report, Sátní rostlinolékařská správa, Brno
- Königsmann E (1957) Untersuchungen an der Kümmelgallmilbe *Aceria carvi* (Nal.). *Wissensch Z Karl Marx Univ Leipzig, Math-Naturwissensch Reihe H*. 2–3:329–349
- Lindquist EE, Oldfield GN (1996) Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plants. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) *Eriophyoid mites, their biology, natural enemies and control*, vol 6. Elsevier, Amsterdam, pp 277–300
- Peterka J, Kameniková L, Zemek R (2002) Growing caraway (*Carum carvi* L.) (in Czech). *Agro* 7:54–57
- Reindl F, Kameniková L, Kurowská M, Zemková Rovenská G, Zemek R (2004) Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi* L.) growing areas of Bohemia. *Acta Fytotech Zootech* 7
- Westphal E, Manson DCM (1996) Feeding effects on host plants: gall formation and other distortions. In: Lindquist EE, Sabelis MW, Bruin J (eds) *Eriophyoid mites, their biology, natural enemies and control*, vol 6. Elsevier, Amsterdam, pp 231–242
- Zemek R, Kameniková L, Zemková Rovenská G, Kurowská M (2002) Population dynamics and dispersal of *Aceria carvi* (Acari: Eriophyidae). In: Jančová A (ed) *Biologické dni. Proceedings from international scientific conference. Fakulta přírodních věd UKF, Nitra*, 5–6 September 2002, pp 219–220

## **2.2. Sborníky z konferencí**

**2.2.1. Reindl, F., Kameníková, L., Kurowská, M., Zemková R. G., Zemek, R., (2003): Rozšíření hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořenného (*Carum carvi* L.) v Čechách. In XVI. Slovenská a česká konferenci o ochrane rastlín. ISBN 80-8069-235-1. 204-205.**

## Rozšíření hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořeného (*Carum carvi* L.) v Čechách

### Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi* L.) growing areas of Bohemia

<sup>1</sup>REINDL František, <sup>2</sup>KAMENÍKOVÁ Ludmila, <sup>2</sup>KUROWSKÁ Miroslava, <sup>1</sup>ZEMKOVÁ ROVENSKÁ Gabriela, <sup>1</sup>ZEMEK Rostislav

Kmín kořený patří v českých zemích k tradičním plodinám již od konce 19. století. Sklizňové plochy se nyní pohybují okolo 2500 ha, s průměrným výnosem 0,8 t/ha. Mezi významné škůdce kmínu kořeného řadíme hálčivce kmínového. Napadení tímto roztočem z čeledi Eriophyidae může mít za následek snížení výnosu o 80 až 90%. Příznakem napadení jsou organoidní hálky, které vznikají metamorfózou listů a květů, případně květenství. Virescentní okolíky a metamorfované listy jsou pak (od počátku května do zaorání porostu) hlavním zdrojem škůdce, který je převážně větrem unášen na porosty ve výsevnické roční době.

Ochrana proti hálčivci je velmi obtížná díky skrytému způsobu života. V současnosti se uplatňují především agrotechnické metody jako např.: pozdější výsev, výsev do krycí plodiny, izolační vzdálenost a včasné zaorání sklizených porostů.

Cílem naší práce byl monitoring rozšíření hálčivce kmínového v porostech kmínu v jarním období, tedy na počátku sklizňového roku. Odběry rostlin byly prováděny na 27 lokalitách na území Čech, v rozmezí 3.-12. dubna 2002. Po vytřepání vždy 50 rostlin v 75% etanolu byly vzorky mikroskopicky vyšetřeny. Zjištěné počty hálčivce s lokalizací pozemků byly zadány do programu ArcView GIS verze 3.1, kterým byla vytvořena síťová mapa ukazující rozšíření hálčivce kmínového.

Zjištěné hodnoty počtů roztočů jsou relativně nízké a svědčí o malé hustotě škůdce v porostech po jejich přezimování. Nejvyšší počty roztočů (11-61 ks.) byly zjištěny v lokalitách: Bohuslavice (okr. Náchod), Zvíkov (okr. Č. Budějovice), Luže (okr. Chrudim) a Lovosice (okr. Litoměřice). Dále sedm lokalit s nízkým napadením škůdce (1-5 ks.): Turnov (okr. Semily), Dřevíkov (okr. Chrudim), Jaroměřice nad Rokytnou, Maleč (okr. H. Brod), Řepníky (okr. Chrudim), Křížová-Dědová a Keřkov (okr. H. Brod). Na zbylých šestnácti lokalitách v okresech H. Brod, Svitavy, Rychnov nad Kněžnou, Pardubice, Praha východ, Ústí nad Orlicí, Pelhřimov, J. Hradec, Radostín nad Oslavou, Jihlava, Č. Budějovice a Písek, nebyl škůdce po přezimování nalezen.

Caraway belongs to traditional crops having been grown in Bohemia since the end of 19th century. Harvesting area is fluctuating at 2500 hectares in last years with yield about 0.8 t/ha in average. *Aceria carvi* is a very serious pest of caraway. Infestation by this Eriophyoid mite can lead to decrease of yield by 80 to 90 percent. Typical symptoms of pest occurrence are galls developing from leaves and flowers or whole umbels. Umbel and leaf galls are later (since start of May to ploughing of a field) main source of pest which is spread to new caraway fields mainly by wind.

Control of *A. carvi* is difficult due to the fact that this pest lives hidden in galls. At present, agrotechnique methods are applied preferably, like delayed sowing, sowing to cover crop, enhancing distance between harvested and new sown caraway fields and ploughing of the field after harvest as soon as possible.

The aim of our work was to investigate *A. carvi* distribution in selected areas in spring, i.e. at the beginning of the second year of caraway growing in which the crop is harvested. Plant samples were taken at 27 localities of Bohemia between April 3 and 12 in 2002. Each sample consisted of fifty plants which were washed in 75% ethanol. Mites

collected and preserved by this way were later counted using dissection microscope. Obtained mite counts with corresponding localities were plotted in a map using ArcView GIS ver. 3.1.

Results revealed that number of mites were rather low and indicate low pest density in overwintered caraway fields. The highest numbers of mites (11-61 mites per sample) were found in localities: Bohuslavice (reg. Náchod), Zvíkov (reg. Č. Budějovice), Luže (reg. Chrudim) and Lovosice (reg. Litoměřice). In seven localities the density was low (1-5 mites per sample): Turnov (reg. Semily), Dřevíkov (reg. Chrudim), Jaroměřice nad Rokytnou, Maleč (reg. H. Brod), Řepníky (reg. Chrudim), Křížová-Dědová and Keřkov (reg. H. Brod). No occurrence of *A. carvi* was found in remaining sixteen localities in regions H. Brod, Svitavy, Rychnov nad Kněžnou, Pardubice, Praha východ, Ústí nad Orlicí, Pelhřimov, J. Hradec, Radostín nad Oslavou, Jihlava, Č. Budějovice and Písek.

This work was supported by grant No. 522/02/1490 from the Grant Agency of the Czech Republic.

Adresy autorov - Authors address:

<sup>1</sup>Institute of Entomology, Academy of Sciences, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Czech Republic, e-mail: rosta@acarus.entu.cas.cz

<sup>2</sup>Research Institute of Oil Plants, Oseva PRO, Purkyňova 6, 746 01 Opava, Czech Republic, e-mail: vuol@pvtnet.cz



**2.2.2. Zemek, R., Kurowská, M., Kameníková, L., Zemková R. G., Havel, J., Reindl, F., (2004): *Aceria carvi* Nal (Acari: Eriophyidae) – a serious pest of caraway in the Czech Republic. In XXVI Scientific Conference Oilseed Crops, Poznaň, 124-125.**

73. Rostislav Zemek, Miroslava Kurowská\*, Ludmila Kameníková\*,  
Gabriela Zemková Rovenská, Jiri Havel\*, Frantisek Reindl

Institute of Entomology, Academy of Sciences, České Budějovice, Czech Republic,  
\* Research Institute of Oil Plants, Oseva PRO, Opava, Czech Republic\*

***Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) – poważny szkodnik kminku w Czechach**

***Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) – a serious pest of caraway in the Czech Republic**

Kminek (*Carum carvi* L.) należy do tradycyjnych roślin uprawianych w Czechach. W ostatnich latach powierzchnia uprawy wynosi około 2500 ha, a plon 0,8 t/ha. Głównymi szkodnikami kminku są: *Depressaria daucella* i *Aceria carvi*. Podczas gdy ochrona kminku przed *Depressaria daucella* dzięki stosowaniu insektycydów została rozwiązana to *Aceria carvi* stanowi duże zagrożenie dla tej rośliny.

Celem badań jest otrzymanie szczegółowych danych dotyczących zmian sezonowych liczebności szkodnika oraz jego rozprzestrzenianie się na polach produkcyjnych kminku. Pozyskane dane umożliwią stworzenie efektywnej ochrony przed tym szkodnikiem.

Dotychczasowe obserwacje wykazały, że *A. Carvi* zimuje w liściach rozety młodych roślin kminku na około 50% plantacji produkcyjnych. Chociaż jego początkowa liczebność jest niska zwielowrotnia się w czasie sezonu wegetacyjnego gdy szkodniki atakują tkankę roślin i powodują uszkodzenia liści i kwiatów co powoduje znaczne obniżenie plonu kminku. Na nowe pola owad przenoszony jest latem przez wiatr. Następujące zabiegi agrotechniczne są zalecane w celu ograniczenia liczebności tego szkodnika: opóźniony siew, wydłużony plodozmian, orka bezpośrednio po zbiorze.

Caraway (*Carum carvi* L.) belongs to traditional crops having been grown in Bohemia since the end of 19th century. Harvesting area is fluctuating at 2500 hectares in last years with yield about 0.8 t/ha in average. There are two main pests of caraway: a moth *Depressaria daucella* and an eriophyoid mite *Aceria carvi*. While the control of the former one can be solved by application of insecticides, the latter one becomes a serious problem.

The aim of our project is to bring detailed data on bionomics of this pest, particularly on seasonal changes of abundance in commercial caraway field, its dispersal and damage caused by this pest as such knowledge is prerequisite for developing an effective pest control method.

---

\* This work was supported by grant No. 522/02/1490 from the Grant Agency of the Czech Republic.

124

Our observation revealed that *A. carvi* overwinters hidden within leaf rosetts of young caraway plants in nearly 50% of commercial fields. Although its initial density is low, it multiplies during season when the pest attacks plant tissues and causes development of galls on leaves and flowers due to which the yield of caraway substantially decreases. Mite spreads to new fields in summer, relying mostly on passive dispersal by wind currents. The following agrotechnique methods can be recommended to suppress *A. carvi*: delayed sowing, sowing to cover crop, enhancing distance between harvested and new sown caraway fields and ploughing of the field after the harvest as soon as possible.

125

**2.2.3. Reindl, F., Zemek, R., Samek, T., (2006): Dispersal Behavior of *Aceria carvi* Nal. In XVII: Czech and Slovak Plant Protection Conference Prague. 514-518.**

## Dispersal Behavior of *Aceria carvi* Nal.

Reindl, F.<sup>1</sup>, Zemek, R.<sup>1</sup>, Samek, T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Biologické centrum AV ČR, Entomologický ústav, Branišovská 31, 370 05  
České Budějovice

<sup>2</sup>University of South Bohemia, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice

### Abstract

*Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) is one of the most serious pests of caraway (*Carum carvi* L.). Typical symptoms of infestation are umbel galls which can be distinguished from healthy umbels by malformations and different light green color. Other symptoms are leaf galls. The aim of our work was to study dispersal of this pest from infested caraway fields. Anemochory and zoochory (phoresy) are main ways of dispersal in eriophyoid mites. To verify if aerial dispersal is common in *A. carvi* we used a method based on microscopic slides coated with petroleum jelly. The obtained results confirmed anemochory and revealed that number of migrating mites increases with ripping of caraway. The effect of wind speed on initiation of dispersal behavior of adult *A. carvi* females was studied in laboratory using a wind tunnel. Phoresy, i.e. dispersal of *A. carvi* by insects was not confirmed.

### Keywords

Caraway, mite, *Aceria carvi*, aerial dispersal, phoresy, sticky traps, wind tunnel.

### Introduction

*Aceria carvi* Nal. is one of the most serious pests of biennial caraway (*Carum carvi* L.) in the Czech Republic (Klumpar, 1999). This eriophyoid mite attacks plant tissues and causes development of galls on leaves and flowers. Flower galls do not develop into seeds and yield of infested caraway plants substantially decreases (Zemek *et al.*, 2005). *A. carvi* overwinters hidden within leaves of young caraway plants in nearly 50 % of commercial fields (Reindl *et al.*, 2004). This pest spreads very fast to new growing areas and its control is difficult due to the fact that it lives hidden most of its life. Although basic data on biology of this species were published by Königsmann (1957), nothing is known about its dispersal. The aim of this paper is to study the dispersal of *A. carvi* in the field and the effect of wind speed on behavior in laboratory experiments using a wind tunnel.

### Materials and methods

Sticky traps were used to verify if *A. carvi* spreads by means of aerial dispersal. The traps consisted of four microscopic glasses coated with petroleum jelly on one side and hanged vertically on wood stick at height 1.5 m above ground. Each glass faced to one of four main compass directions. The stick with traps was placed in the middle of the caraway field in the second year of growing, i.e. in the year of caraway harvest. The traps were replaced every week starting in May until the crop was harvested. Microscopic glasses were then inspected for presence of *A. carvi* using a compound microscope.

The effect of wind speed on initiation of dispersal behavior of adult mites was studied under laboratory conditions using a wind tunnel specially developed for this purpose. The tunnel was made of glass with inner dimensions 60x60 mm and length 1.1 m. Both the inlet

and outlet compartments were equipped with an electric fan, series of plastic diffusers and a metal mesh to minimize wind turbulence inside of 0.4 m long measuring chamber in the middle of the tunnel. Behavior of mites was observed under five wind speeds ranging from 0.5 to 3.0 m per second. Wind speed was controlled by changing voltage on a variable AC/DC transformer and actual speed was monitored using a precise TESTO hot-ball anemometer. Mites used in the experiments were collected from umbel galls sampled in caraway fields four weeks before its harvest. Mites were placed on a thin glass rod inserted into the measuring chamber and observed by means of a dissection microscope during 300 seconds. The behavior of a mite was recorded with help of The Observer software (Noldus, 1991). The following parameters were calculated from the obtained data: (1) the time from the introduction of mite to its dispersal position (whole body raised and attached to the glass rod only at abdomen) and (2) the time to take-off. For each wind speed, twenty mites were examined.

Samples of flying insects were collected in the caraway field in time of the highest population density of *A. carvi* on caraway umbels to test if the mite spreads also by phoresy. Each caught specimen was put into a plastic vial with 75% ethanol and later carefully inspected for presence of *A. carvi* using a dissection microscope.

## Results

Sticky traps confirmed anemochory in *A. carvi*. Number of caught mites increased in time with riping of caraway. Maximum of mites found on sticky traps occurred about four weeks before the caraway harvest (Fig. 1). We also found a positive correlation between *A. carvi* density on caraway umbels (Zemek *et al.* 2004) and number of air-borne mites ( $R^2 = 0.842$ ,  $y = 0.155x - 1.3111$ ).

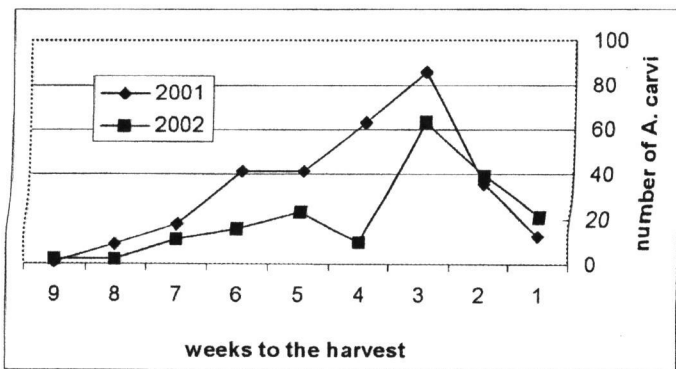


Figure 1. Dynamics of total number of *Aceria carvi* caught on sticky traps in 2001 and 2002.

Wind-tunnel experiments showed that dispersal behavior is initiated by all used wind speeds but no mites took-off at speed 0.5 m/s (Table 1.). Time to mite dispersal behavior and take-off since its introduction to the wind tunnel decreased as wind speed increased.

Parameter	Wind speed (meters per second)					
	0.5	1	1.5	2	2.5	3
% of mites with dispersal behavior	35	70	95	95	95	95
% of mites which took-off	0	36	63	79	79	79

Table. 1. Percentage of *Aceria carvi* showing particular activity at different wind speeds in wind tunnel

Time to take off decreased as wind speed increased ( $R^2 = 0.9603$ , Fig. 2). No *A. carvi* mites were found in insect samples collected in caraway field during summer. Thus, phoresy in *A. carvi* was not confirmed.

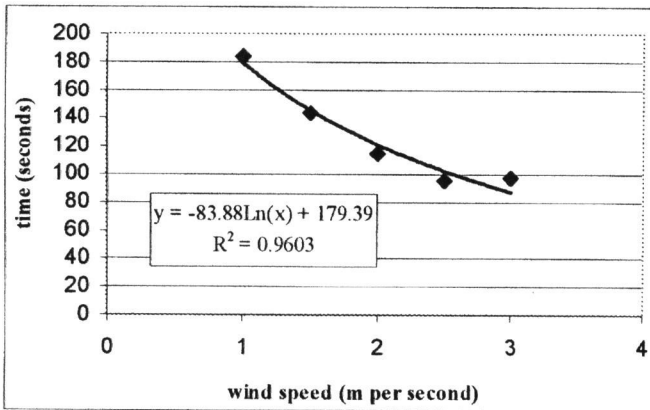


Figure 2. The effect of wind speed in a tunnel on time delay to take-off in *A. carvi*.

**Discussion**

Number of mites caught on sticky traps was affected by weather conditions. Drops in aerial dispersal of *A. carvi* found in the fifth and sixth week in 2001 and 2002, respectively, were probably caused by several-days lasting rain. Number of air-born mites also decreased before caraway harvest which corresponded with decrease of population density of mites on desiccating plants and migration of mites to still vigorous green plants which have not passed their vegetative stage. No *A. carvi* mite took off at a wind speed of 0.5 m/s but the mites started to fly at speed 1 m/s. It is interesting because other eriophyoid species were reported to be caught using sticky traps at higher wind speed only (Davis 1964, Duffner et al. 2001, Alves a kol. 2005).

Phoresy was reported in several eriophyoid mites (Gipson and Painter 1957, Behrens 1964, Shvanderov 1975). Pollinators like honeybees were found as mean of phoretic dispersal in *Eriophyes litchii* (Waite and McAlpine 1992). We, however, were not able to confirm dispersal by phoresy in *A. carvi*.

**Acknowledgements**

This study was supported by grant No. 522/02/1490 from the Czech Science Foundation and by the Institute of Entomology research project No. 50070508 (Academy of Sciences of the Czech Republic).



## References

- Alves, B. E., Casarin, N. F. B., Omoto, C., (2005): Dispersal mechanisms of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus groves. Neotropic Entomology, vol. 34 no.1
- Behrens, E. (1964): Zur Biologie und Ökologie des Johannisbeergallmilbe *Eriophyes ribis* Nal., sowie ihrer Bekämpfung im Johannisbeerenanbaugebiet Perleberg. Der Bezirke Schwerin Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock, Math.-Nat., 13: 279-288.
- Davis, R., (1964): Autecological studies of *Rhynacus breittlowi* Davis (Acarina: Eriophyidae). The Florida Entomologist, 47, 113-121
- Duffner, K., Schruft, G., Guggenheim, R., (2001): Passive dispersal of the grape rust mite *Calepitrimerus vitis* Nalepa 1905 (Acari, Eriophyoidea) in vineyards Anzeiger für Schädlingkunde, Volume 74 Page 1.
- Gipson, W. W., Painter, R. H. (1957): Transportation by aphids of the wheat curl mite, *Aceria tulipae* (K.), a vector of the wheat streak mosaic virus. Journal of the Kansas Entomological Society, 30: 147-153.
- Klumpar, J. (1999): Dosavadní poznatky o hálčivci kmínovém (*Aceria carvi* Nal.) jako východisko ochrany kmínu kořeného proti tomuto škůdci. Technical report, Státní rostlinolékařská správa, Brno.
- Königsmann, E. (1957): Untersuchungen an der Kümmelgallmilbe *Aceria carvi* (NAL.).Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl Marx Universität Leipzig, Mathematisch – Naturwissenschaftliche Reihe H., 2 – 3: 329 - 349.
- Noldus L.P.J.J. (1991): The Observer: A software system for collection and analysis of observational data. Behaviour Research Methods, Instruments & Computers, 23(3), 415-429.
- Reindl, F., Kameníková, L., Kurowská, M., Zemková Rovenská, G., Zemek, R. (2004): Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi*) growing areas of Bohemia. Acta Fytotechnica et Zootechnica, 7: 255-256.
- Shvanderov, F. A. (1975): The role of phoresy in the migration of eriophyid mites (Eriophyoidea). Zoologicheskii Zhurnal, 54:458-461.
- Waite, G. K., McAlpine, J. D., (1992): Honey bees as carriers of lychee erinose mite *Eriophyes litchii* (Acari: Eriophyidae), Experimental & Applied Acarology, 15 299-320.
- Zemek, R., Kameníková, L., Zemková Rovenská G., Kurowská, M. (2002): Population dynamics and dispersal of *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae). In : Jančová, A., (ed) Biologické dni. Proceedings from international scientific conference. Fakulta přírodních vied UKF, Nitra 5-6 September 2002, pp. 219-220.

Zemek, R., Kameníková, L., Zemková Rovenská G., Samek, T. (2004): Seasonal abundance of *Aceria carvi* (Acari: Eriophyidae) infesting commercial caraway fields in the Czech Republic. *Phytophaga*, XIV, 593-598.

Zemek, R., Kurowská, M., Kameníková, L., Zemková Rovenská G., Havel, J., Reindl, F. (2005): Studies on phenology and harmfulness of *Aceria carvi* Nal. (Acari: Eriophyidae) on caraway, *Carum carvi* L., in the Czech Republic. *Journal of Pest Science*, 78: 115-116.

## 2.3. Postery

2.3.1. Reindl, F., Kameníková, L., Kurowská, M., Zemková R. G., Zemek, R., (2003): Rozšíření hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořenného (*Carum carvi* L.) v Čechách. XVI. Slovenská a česká konferenci o ochrane rastlín.

# Rozšíření hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.) v pěstitelských oblastech kmínu kořeného (*Carum carvi* L.) v Čechách.

František REINDL<sup>1,3</sup>, Ludmila KAMENÍKOVÁ<sup>2</sup>, Miroslava KUROWSKÁ<sup>2</sup>, Gabriela ZEMKOVÁ ROVENSKÁ<sup>1</sup>, Rostislav ZEMEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Entomology, Academy of Sciences, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Czech Republic, e-mail: rosta@acarus.entu.cas.cz

<sup>2</sup>Research Institute of Oil Plants, Oseva PRO, Purkyňova 6, 746 01 Opava, Czech Republic, e-mail: vuok@pvfmet.cz

<sup>3</sup>Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of South Bohemia, Studentská 13, 370 05 České Budějovice, Czech Republic, e-mail: frantisek.reindl@seznam.cz



Obr. č. 1: Hálčivce kmínový (*Aceria carvi* Nal.)

## Úvod

Hálčivce kmínový (*Aceria carvi* Nal.) (Obr. č. 1) je významný škůdce kmínu kořeného (*Carum carvi* L.) patřící do řádu roztočů (Acarina), skupiny vlávnovců (Tetrápodi – tato skupina se vyznačuje tím, že její příslušníci včetně vývojových stádií mají jen 2 páry dopředu namířených nohou), čeledi Eriophyidae. Průměrná velikost tohoto hálčivce kmínového parazita je 0,181 až 0,193 x 0,043 až 0,047 mm.

Typickým symptomem napadení je natezení organoidních hálků, vzniklých metamorfózou listů a květů, případně květenství (Obr. č. 2) za vzniku útvarů připomínajících kvěťákovou růžici (Obr. č. 3).

Parazitický cyklus začíná infestací porostu ve výsevném roce roztočů z okolních porostů kmínu. Zimní období přežívají hálčivci mezi srdečkovými listy a v létě příštího roku se přesouvají na okolky a listy. Zde pak můžeme nalézt tisíce pohyblivých jedinců i vajíček. Při zasychání okoliků se hálčivci šíří do okolí převážně vzdušnou migrací.

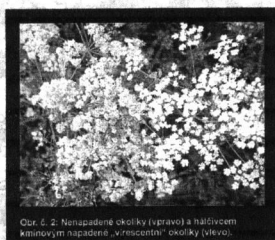
## Cíl práce

Cílem naší práce bylo zmapování výskytu hálčivce kmínového v porostech kmínu v jarním období, tedy na počátku sklizňového roku.

## Materiál a metodika

Odběry rostlin byly prováděny na 27 lokalitách na území Čech v rozmezí 3. 12. dubna 2002. Z každého pozemku bylo odebráno 50 rostlin, složených z pěti dílčích odběrů (střed a čtyři protilehlé okraje, minimálně však 50 metrů odkraje pozemku). Rostliny byly vytřepávány (max. po 5 ks. podle jejich velikosti) v 75% etanolu. Důležitě bylo podélně rozříznout každé rostlinky, aby došlo k vytřepání roztočů ze srdečkových listů (Obr. č. 4). Takto získaný vzorek byl po zbavení hrubých nečistot ponechán min. 24 hod. v chladu. Po odsátí přebytečného etanolu byly vzorky postupně rozlévány do Petriho misek, které byly opatřeny počítací mřížkou (Obr. č. 5) a mikroskopicky vyhodnoceny.

Zjištěné počty hálčivce s lokalizací pozemků byly zadány do programu ArcView GIS verze 3.1, kterým byla vytvořena síťová mapa ukazující rozšíření hálčivce kmínového.



Obr. č. 2: Není napadené okolky (vpravo) a hálčivcem kmínovým napadené „srdečkové“ okolky (vlevo).



Obr. č. 3: Typický příznak napadení hálčivcem kmínovým, průměrný okolků připomínající kvěťákovou růžici.

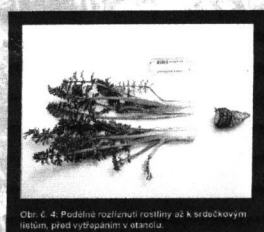
## Výsledky

Zjištěné hodnoty počtů roztočů jsou relativně nízké a svědčí o malé hustotě škůdce v porostech po jejich přezimování (Obr. č. 6, Tab. č. 1). Přesto bylo nalezeno 15% značně napadených pozemků, kde se počty roztočů pohybovaly mezi 11 a 61 jedinců. Na dalších 26% pozemků bylo nalezeno 1-5 hálčivců, což lze chápat jako nízké napadení porostu. Na zbylých 59% pozemků nebyl škůdce po přezimování nalezen.

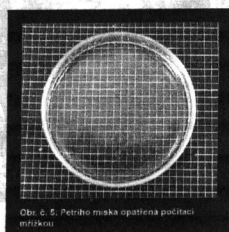
## Závěry

Relativně nízké počty jedinců po přezimování vypovídají z pohledu agronomů příznivě, avšak hálčivce kmínový má vysokou rychlost populačního růstu a i přes takto nízký stav na jaře, může populace v době kvetení kmínu dosáhnout úrovně tisíců jedinců na jeden virescentní okolků.

Mimo zjištění konkrétních počtů sledovaného hálčivce kmínového bylo možno posoudit vliv krycí plodiny na výskyt hálčivce. Průměrný počet roztočů ve vzorcích z porostů setých do krycí plodiny byl statisticky významně nižší ve srovnání se vzorky odebranými v porostech vysetych jako čistá kultura (t-test, T=2,17, P=0,0397). Setí kmínu do krycí plodiny lze proto jako prvek ochrany porostu před napadením hálčivcem kmínovým doporučit. Současně je vhodné použít další agrotechnické metody ochrany rostlin: pozdní dobu výsevu, izolaci vzdálenost nově setých porostů kmínu od porostů ve sklizňovém roce a včasné zaorání posklizňových zbytků.



Obr. č. 4: Podélné rozříznutí rostliny až k srdečkovým listům, před vytřepáním v etanolu.



Obr. č. 5: Petriho miska opatřená počítací mřížkou.

## Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu GAČR č. 522/02/1490/A.



Obr. č. 6: Rozšíření hálčivce kmínového v pěstitelských oblastech kmínu kořeného v Čechách. Úroveň napadení: ● vysoká, ○ nízká, ○ nulová.

Stupeň napadení	Lokalita
Vysoké 11-61 ks	Bohustavice (okr. Náchod), Zvíkov (okr. C. Budějovice), Luže (okr. Chrudim) a Lovosice (okr. Litoměřice)
Nízké 1-4 ks	Turnov (okr. Semily), Dřevitov (okr. Chrudim), Jarambice nad Rakýtnou, Malesč (okr. H. Brod), Řepný (okr. Chrudim), Křížová-Dědová a Keřkov (okr. H. Brod)
Hálčivce nenalezen	Šestánek, Jukál, v. úst. směr: H. Brod, Světlý, Rydřov (nad Kněžskou), Pardubice, Praha východ, Ústí nad Orlicí, Peřimov, J. Hradec, Racošín nad Ostrovem, Jihlava, C. Budějovice, a Písek

Tab. č. 1: Sledované lokality rozdělené podle výskytu hálčivce kmínového.

**2.3.2. Zemek, R., Kurowská, M., Kameníková, L., Zemková R. G., Havel, J., Reindl, F., (2004): *Aceria carvi* nal (Acari: Eriophyidae) – a serious pest of caraway in the Czech Republic. XXVI. Scientific Conference Oilseed Crops, Poznaň.**



# ACERIA CARVI NAL. (ACARI: ERIOPHYIDAE) - A SERIOUS PEST OF CARAWAY IN THE CZECH REPUBLIC

Restislav Zemek<sup>1</sup>, Miroslava Knapová<sup>2</sup>, Ludmila Kameníková<sup>2</sup>, Gabriela Zemková Rovenská<sup>1</sup>, Jiri Havel<sup>2</sup> and František Reindl<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Entomology, Brno, saská 11, 602 00 Česká Budejovice, Czech Republic, e-mail: rsta@entu.cas.cz;  
<sup>2</sup>Research Institute of Oil Plants, Oseca PRO, Parkysova 6, 746 01 Opava, Czech Republic, e-mail: opava@oseca.cz



## Project aims

The aim of our project is to bring detailed data on bionomics of *Aceria carvi*, particularly on seasonal changes of abundance in commercial caraway field, its dispersal and damage caused by this pest as such knowledge is prerequisite for developing an effective pest control method.

## Introduction

Caraway (*Carum carvi* L.) has always been one of the most important spices in Europe since the end of the 19th century. Harvested in the middle of 20th century in East was with 1000 tonnes of fresh greenery (Knapová 2001). Large part of seed production is exported.



FIGURE 1. Field of several caraway in flower in state of the second year of planting.

There are several pests of caraway: *Depressaria dimella* and *Leontis carvi* (Povolný et al. 2002). While the control of the latter can be done by application of insecticides, the latter is being a serious problem (Knapová 1999).



FIGURE 2. Sampling specimen on caraway seedling.

*A. carvi* (The 21st century species identification methods that tissues and a cross-section of cells, SEM and electron microscopy) and biology of this species were published by Kameníková (1997).

## Results and discussion

Our observations revealed that *A. carvi* occurs in fields with high densities of commercial caraway plants (more than 5000 stems per ha) already in 2001. Number of infested stems of caraway plants depends on wind direction and speed of its movement that propagation of *A. carvi* is directly related to wind temperatures. Key question (2002) is despite of low infestation, the pest multiplies during winter in protected plants (houses and greenhouses) and on leaves of less infested caraway plants (Fig. 3).



FIGURE 3. Comparison of caraway leaf with and without mites and infested by *A. carvi* mites.



FIGURE 4. Leaf with mites on caraway plants.



FIGURE 5. Caraway mite infestation (10x) on caraway stems. Some mites are clearly compared to leaf by mites (arrow).

Most results to new infestation continue to the possibility of pest dispersal by wind currents. The way of dispersal is common in caraway mites (Lorenst and Olsch 1996). Yellow caraway plants infested by *A. carvi* are infested also by other pests (fruit damage mites) (Fig. 6).

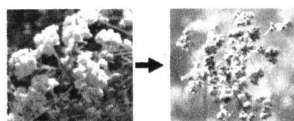


FIGURE 6. Close view of caraway mite with typical symptoms of *A. carvi* infestation (10x). Such mites usually produce no seeds (Reindl).

We kept the plants infested by *A. carvi* for about 100 days in order to an quantitative comparison of infestation on 41 of these specimens (Fig. 7). Infested plants showed less yield than control plants (Fig. 8). According to Kameníková (1997) infestation in this pest can be considered because of yield loss (50-70%).

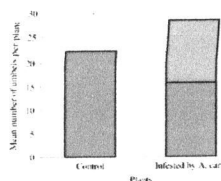


FIGURE 7. Mean number of mites per plant in control plants. Control plants usually have less mites than infested plants.

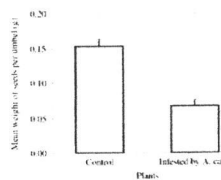


FIGURE 8. Mean number of seeds per plant in control plants showing symptoms of infestation by *A. carvi* compared to control plants. Very different results are obtained from the field.

## Conclusions

The following technological procedures are recommended to control *A. carvi*:

- Delayed sowing.
- Sowing to cover crop (lower chances to find host plant).
- Enhancing distance between harvested and new sown caraway fields while respecting main wind direction.
- Ploughing of the field after the harvest as soon as possible (it prevents further dispersal of pest).

## Acknowledgement

The study was supported by the Institute of Entomology project No. 2002/07 (Agency of Sciences of the Czech Republic) and grant No. 222/02/190 from the Grant Agency of the Czech Republic.

## References

Kameníková L. (1997) Zvláštní způsob šíření čmouřky. *Entomologický časopis* 46: 109-110.  
Knapová M. (1999) Vážná škodlivost čmouřky na karvaku. *Entomologický časopis* 48: 109-110.  
Knapová M. (2001) Vážná škodlivost čmouřky na karvaku. *Entomologický časopis* 50: 109-110.  
Lorenst J. (1996) *Acariology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.  
Povolný J. (1997) *Acariology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.  
Reindl F. (1997) *Acariology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.  
Zemková Rovenská G. (2002) *Acariology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.  
Zemková Rovenská G. (2003) *Acariology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.



**2.3.3. Reindl, F., Zemek, R., Samek, T., (2006): Disperzní chování hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.) XVII: česká a slovenská konference o ochraně rostlin Praha.**

# Disperzní chování hálčivce kmínového (*Aceria carvi* Nal.)

František Reindl(1), Rostislav Zemek(1), Tomáš Samek(2)

(1) Biologické centrum AV ČR, Entomologický ústav, Braníšovská 31, 370 05 České Budějovice, e-mail: tosta@acarus.cas.cz, frantisek.reindl@seznam.cz  
(2) University of South Bohemia, Braníšovská 31, 370 05 České Budějovice, e-mail: tomas.samek@seznam.cz

## Úvod

Hálčivce kmínový (*Aceria carvi* Nal.) je jeden z nejrozšířenějších škůdců kmínu kořenového (*Carum carvi* L.) v České republice [1]. Typickým symptomem napadení jsou vřetovité uzliny na větvích a odlišnou světle zelenou barvou. Dalším příznakem napadení jsou drobné listové chlupy (epiphyty) a odlišná struktura pletiva mladých rostlin a vzhledem se ne liší od zdravých rostlin [2]. U carvy přirovnáme vlnění a šíření hálčivce různě mladých rostlin a vzhledem se ne liší od zdravých rostlin [2]. U carvy přirovnáme vlnění a šíření hálčivce různě mladých rostlin a vzhledem se ne liší od zdravých rostlin [2].

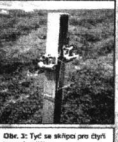


Obr. 1: Hálčivce kmínový (*Aceria carvi* Nal.)



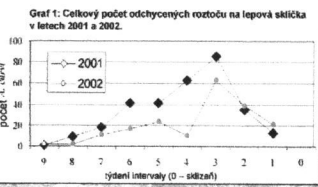
Obr. 2: Typický příznak napadení hálčivcem kmínovým: přeměněný otáčlivý preparátový oddělovací váleček (orientace otáčlivé, optická manipulace otáčlivá)

## Anemochorie v polních podmínkách

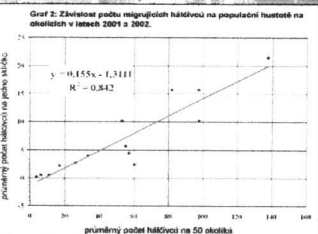


Pro potvrzení šíření hálčivce pomocí větru byla použita metoda odletu v roztoči na lepené sítky. Do potrubí kmínu, 50 m od okraje, byla umístěna čtyři sítky (Obr. 3) pro čtyři lepená sítky. Sítky (2,5 x 7,5 cm) byly po dobu lokálního vlnění a invaze umístěny k 15 m nad úrovní strání ve výšce asi 150 cm nad povrchem porostu [1]. Sítky byly vyzkoušeny v různých intervalech (v roce 2001 od 18. 5. do 18. 6. 2001, v roce 2002 od 18. 5. do 18. 6. 2002) a mikroskopicky vyhodnoceny.

Obr. 3: Tyč se sítky pro čtyři lepená sítky.

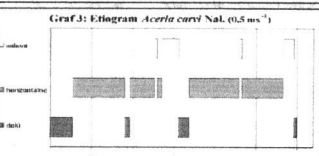


Výsledky: Pokusy s lepenými sítky potvrdily anemochorii a ukázaly, že počet imigrujících roztočů narůstá s okrajem porostu kmínu. Měření odchycených roztočů spadly na 6 týdnů před sklizní (Graf 1). U každého vzorku byla v průměru čtyři sítky. Při tomto dovedení byla prokázána lokální migrace roztočů a populační hustota těchto škůdců na okrajích kmínu kořenového, kdy korelační koeficient dosáhl hodnoty  $R^2 = 0,842$  (Graf 2).

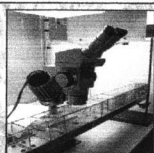


## Pokusy ve vzdušném tunelu

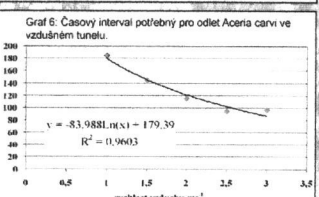
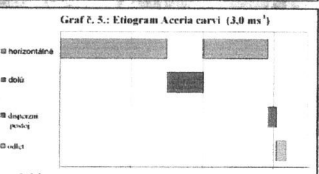
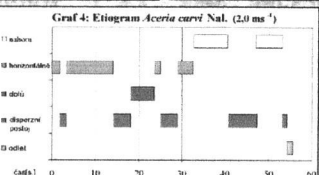
Vliv rychlosti proudění vzduchu na iniciaci disperzního chování dospělých hálčivců byl studován v laboratorních podmínkách pomocí větrného tunelu. Vzdušný tunel s vnitřními rozměry 60 x 60 mm a délkou 1 000 mm obsahoval měřicí komoru o délce 100 mm (Obr. 4). V měřicí komoře byl umístěn proudění vzduchu turbulencí v pracovní rychlosti v rozmezí 0,5–3,0 m/s. Pro celý experiment byl zvoleno 6 rychlostí (0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 m/s) a bylo pozorováno vždy 20 minut, vstřípných z okolků proucných z poše 4 týdnů před sklizní porostu. Roztoči byli skladáni na pozorovací plošince do tunelu a sledováni pomocí binokulárního mikroskopu po dobu 300 s. Ještě dříve byl zaznamenáno do programu The Observer software [6] a následně statisticky vyhodnocováno. V grafech (Obr. 3 a 5) vidíme příklady chování roztočů při různých rychlostech vzduchu.



Výsledky: Výsledky zkušební disperzního chování a odletu roztočů v různých rychlostech vzduchu jsou shrnuty v Tab. 1. Dalšími prvky sledování byl časový interval do prvního disperzního chování a odletu. Výsledné hodnoty ukazují na tendenci rychlosti iniciace disperzního chování při zvyšující se rychlosti proudění vzduchu (0 m/s) přesvědčivěji bylo srovnání časového intervalu potřebného pro aktivní odlet v rámci jednotlivých rychlostí. Zde se podařilo prokázat pozitivní vliv rychlosti vzduchu na A. carvi. Časový interval potřebný pro aktivní odlet roztočů pomocí log. regrese  $R^2 = 0,9603$ , viz Graf 6.



Obr. 4: Větrný tunel měřicí komora zkušební odletu hálčivců v průběhu testování regulabilních vzduchů.



## Zoochorie (forézie)

Pokus o prokázání forézie tyčů s hálčivcem pomocí hony, byly prováděny v dobře vysvětlitelné hony. Hálčivce kmínového na okrajích. První útok na hony byla odčerpána hony individuálně na povrch kmínu (na různých státech) každý kus byl umístěn do vlastní zkušební uplatně 75 °C atankem. V laboratorní hony zkušební otáčlivé mikroskopicky vyhodnoceno.

Výsledky: Šíření *A. carvi* pomocí hony, bylo prokázáno. Mikroskopicky bylo v hony v hony otáčlivé odlety roztočů hony zkušební otáčlivé a zkušební hony zkušební otáčlivé.

Diskuze a závěr  
Počet zachycených roztočů na lepené sítky byl ovlivněn povětrnostními faktory, v grafu 1 vidíme výrazný pokles v pátém týdnu v roce 2001 a v šestém týdnu v roce 2002, způsobené několikadenními dešťovými srážkami. Značné snížení odchycených roztočů v posledních týdnech je způsobeno sníženou populační hustotou a přesunem populace *A. carvi* ze zrajících okolků na zbývající zelené listy a přiznání různé nevykvetlého kmínu.

nastavení rychlost (m/s)	0,5	1	1,5	2	2,5	3
disperzní chování (%)	35	70	95	95	95	95
aktivní odlet (%)	0	50	63	79	79	79

Tab. 1: Disperzní aktivita množné roztočů, kteří vykazují typické disperzní chování a jsou roztoči, kteří jsou rychlostí aktivní odlet.

Poděkování  
Tato práce vznikla za podpory grantu GA ČR č. 522/02/1490/A.

## Reference

[1] Klumppar, J. (1999). Dosavadní poznatky o hálčivce kmínovém (*Aceria carvi* Nal.) jako vřetovitého škůdce kmínu kořenového proti tomuto škůdci. Technical report. Státní rostlinolékařská správa, Brno.  
[2] Königsmann, E. (1957). Untersuchungen an der Kummelgallmilbe (*Aceria carvi* Nal.). Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl Marx Universität Leipzig. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Reihe. II, 2: 3, 329-349.  
[3] Reindl, F., Kamenková, I., Kurovská, M., Zemková Rovenská, G., Zemek, R. (2004). Distribution of *Aceria carvi* Nal. in caraway (*Carum carvi*) growing areas of Bohemia. In: Acta Fytotechnica et Zootechnica 7: 255-256.  
[4] Zemek, R., Kamenková, I., Zemková Rovenská, G., Kurovská, M. (2002). Population dynamics and dispersal of *Aceria carvi* Nal. (*Aceria*: Eriophyesidae). In: Jančová, A. (ed.) Biologické dni. Proceedings from international scientific conference. Fakulta přírodních věd UKF, Nitra 5-6 September 2002, pp 219-220.  
[5] Zemek, R., Kurovská, M., Kamenková, I., Zemková Rovenská, G., Havel, J., Reindl, F. (2005). Studies on phenology and harmfulness of *Aceria carvi* Nal. (*Aceria*: Eriophyesidae) on caraway (*Carum carvi* L.) in the Czech Republic. In: J. Pest Sci., 78: 115-116.