

# Feromony v integrované ochraně rostlin

## VI. Proferomony

Ivan Hrdý

Autor věnuje honorář Nadaci Živa

Historii výzkumu feromonů s ohledem na dění u nás lze vtěsnat do následujícího rámce, který dokumentuje pokrok, jenž se odehrál na tomto poli za posledních 40 let. Identifikaci prvního hmyzího sexuálního feromonu bombykolu publikoval A. Butenadt se spolupracovníky v r. 1959. K tomu, aby získal 12 mg surového extraktu z feromonové žlázy, použil 500 000 (tj. zhruba 550 kg živé hmoty) neoplozených samic bource morušového (*Bombyx mori*). V r. 1999 jako první uveřejnili pracovníci Ústavu organické chemie a biochemie Akademie věd ČR (ÚOCHB AV ČR) v Praze sdělení, že sexuálním feromonem klíněnky jírovcové (*Cameraria obridella*) je (*E,Z*)-8,10-tetradekadienal a uspěli tak v soutěži s předními evropskými pracovišti. Identifikace feromonu v pikogramovém množství se podařila sofistikovanou kombinací elektrofyziologické metody (elektroantenografie) a plynové chromatografie, bez použití dříve obvyklých spektroskopických technik. Stačilo jen 100 samic klíněnky, které vážily zhruba 20 mg. V r. 2006 se s použitím moderní analytické techniky dvourozměrné plynové chromatografie s ultrarychlou hmotovou spektrometrickou detekcí podařilo na stejném pracovišti identifikovat sexuální feromon exotického zavijčeče *Euzophera batangensis*, který je významným škůdcem tzv. čínské datle — *Ziziphus jujuba*. Díky vynikající citlivosti (pikogramy) a možnosti separovat složité směsi těkavých látek a identifikovat je podle hmotnostního spektra stačilo k identifikaci feromonu už jen několik samic.

### Proferomony

Termín proferomon (anglicky prophomone — komplex chránící feromon proti nežádoucím změnám a uvolňující postupně vlastní účinnou látku) vymyslel J. A. Pickett, vedoucí oddělení insekticidů a fungicidů ve Výzkumném ústavu polních plodin na proslulé Rothamsted Experimental

Station v Harpenden ve Velké Británii. Asi není náhoda, že tento termín vznikl na pracovišti zabývajícím se ornou půdou a právě v Británii. Zelený hrášek je tu odedávna důležitou polní plodinou a červivý není k potřebě. Významným škůdcem, který působí červivost, je obaleč hrachový — *Cydia nigricana* (v literatuře se vyskytuje také pod starším, ale „potlačeným“ synony-

mem *rusticella*). Pro jeho monitorování se daleko lépe než jen feromon hodí právě komplexní látka — proferomon.

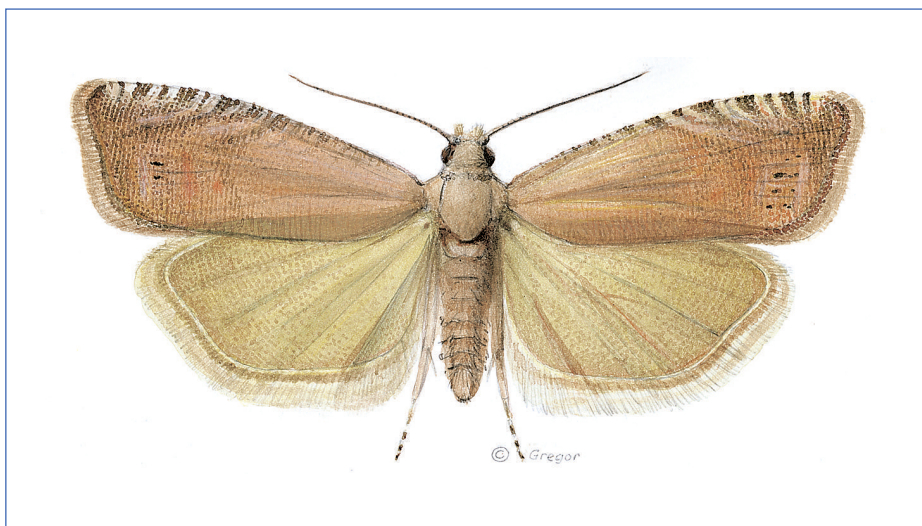
### Obaleč hrachový

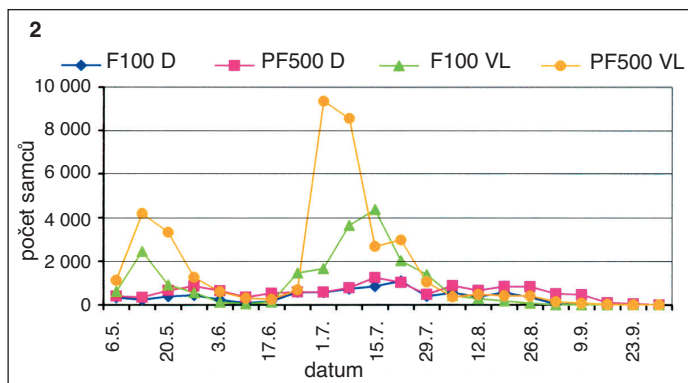
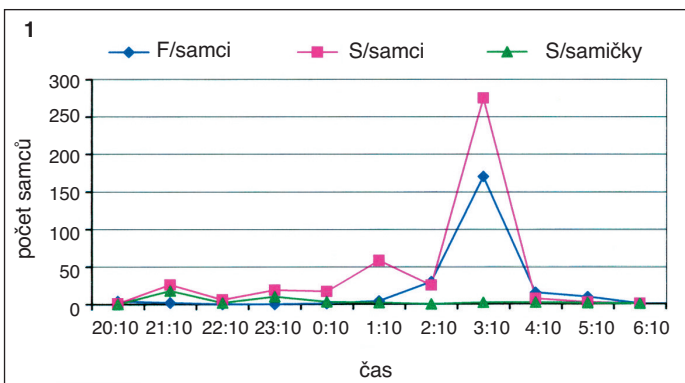
Tento drobný, tmavohnědý až načernalý motýlek (viz latinské jméno *nigricana* a obr. na str. 266) se objevuje v květnu, ale létá někdy až v červenci. Proto je velmi důležitá spolehlivá metoda signalizace výskytu, která spolu s dalšími údaji umožňuje usměrnění ochrany. Před objevem sexuálních atraktantů se pro signalizaci používaly pracné a méně přesné metody, např. zjišťování přítomnosti motýlů v porostu klasickou entomologickou metodou — smýkáním. Hledala a sčítala se vajíčka nakladená na rostliny, počítala se suma efektivních teplot, nebo se na signalizaci výskytu škůdce (často právě u nás) úplně rezignovalo. Přitom obaleč hrachový je opravdu významný škůdce, housenky poškozují jednotlivá hrachová zrna, ale ničí i celé lusky, vnáší do lusků plísňové infekce a tím ještě podstatněji ovlivňují sklizeň. Nesprávně načasované zásahy insekticidy se míjejí účinkem. Navíc je obtížné provést chemický zásah tak, aby insekticid zahubil škůdce a přitom se rezidua neobjevila při sklizni v plodině. Proto byl objev účinných atraktantů a posléze sexuálního feromonu, kterým neoplozená samička vábí samečka, vítanou inovací.

První poznatky o účinných atraktantech se podařilo získat na zmiňované rothamstedské výzkumné stanici a zde také vznikly první modely usměrněné ochrany proti obaleči hrachovému, opírající se o údaje zjištěné pomocí „feromonových“ lapáků. Proč ty uvozovky? Zprvu se jednalo o využití (*E*)-10-dodecen-1-yl acetátu (psáno zkráceně E10-12Ac), který je sice účinným atraktantem, ale až později byl izolací z feromonové žlázy a standardním postupem identifikován skutečný feromon (*E,E*)-8,10-dodekadien-1-yl acetát (zkráceně E8,E10-12Ac). Tento feromon, tedy E8,E10-12Ac, účinkuje velmi dobře, je-li chemicky zcela čistý, tj. bez příměsí jiných než *trans*, *trans* (*E,E*) izomerů. Důležitá je dvěma dvojnými vazbami totiž může existovat ve čtyřech různých prostorových konfiguracích. Pokud tato látka není chráněna proti vlivům prostředí, dochází rychle ke změnám původního uspořádání dvojných vazeb. Naproti tomu v komplexní látce — proferomonu — k těmto změnám nedochází a vlivem prostředí (světla, tepla, vlhkosti vzduchu) se uvolňuje vlastní feromon.

Českou specialitou jsou komplexy karbonylu železa a feromonů, především konjugovaných dienů s dvojnými vazbami. Stojí za zmínku, že na izomerickou čistotu E8,E10-12Ac je velmi citlivý obaleč hrachový, pro kterého je tato látka nejúčinnější, i když v praxi pro monitorování vyhoví i atraktant E10-12Ac. Stejně pozoruhodné, ale dobře vysvětlitelné bylo naše zjištění (i když jen nedokonale doložené, takže se nedá seriózně publikovat), že z proferomonu uvolňovaný a izomericky naprosto čistý (*E,E*)-8,10-dodekadien-1-ol, hlavní složka

Nahoře obaleč vojtěškový (*Cydia medicaginis*). Orig. F. Gregor ♦ Vlevo dole důkaz škodlivosti obaleče vojtěškového — prázdný lusk, všechna semena zkonzumovala housenka ♦ Vpravo dole housenka obaleče vojtěškového vyžírá semena vojtěšky, Hustopeče, srpen 1982





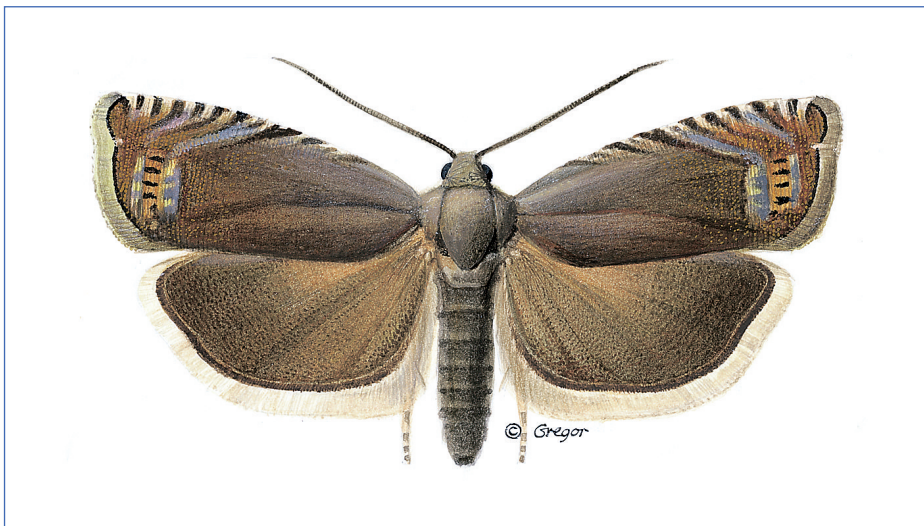
Vlevo nahoře samečci obaleče vojteškového (*Cydia medicaginis*) uvízlí v lepu feromonového lapáku ♦ Graf 1 — Úlovky obaleče vojteškového do světelného a feromonového lapáku, Hustopeče 1982. Na světlo (S) reagují velmi dobře samci, daleko méně samičky. Podobný průběh mají úlovky samců do feromonového lapáku (F) s vrcholem kolem tří hodin ráno (SEČ). Na grafu jsou znázorněny údaje o úlovcích vždy za 10 minut (např. 3:00–3:10) ♦ Vlevo dole obaleč hrachový (*C. nigricana*). Orig. F. Gregor ♦ Feromonový lapák typu delta pro monitorování obaleče hrachového, vpravo dole

feromonu obaleče jablečného (*C. pomonella*), působí na tohoto škůdce méně než třeba i nedokonale syntetizovaný a formu-

lovaný, a tedy nečistý kodlemon. Vysvětlení: feromon obaleče jablečného je velmi komplexní (8 až 12 dalších složek — viz Živa 2006, 2: 73–76) a minoritní příměsi zvyšují účinnost hlavní složky (*E,E*)-8,10-dodekadien-1-olu.

Proferomon s E8,E10–12Ac není běžně dostupný, nicméně pro signalizaci a mapování výskytu obaleče hrachového se i u nás dobře osvědčil E10–12Ac, tedy atraktant dostatečně specifický pro dané použití. Jediným významným cizorodým úlovkem ve feromonových lapácích s E10–12Ac bývá — pokud jsou nedaleko porostů hrachu také sady — klíněnka jabloňová (*Phyltonorycter blancardellus*). Tento podstatně menší a zcela odlišný motýlek (Živa

Vpravo nahoře otevřený trubkový feromonový lapák. Lepové dno je plné přilákaných samečků obaleče vojteškového (menší motýlci), který se hned od začátku našich pokusů s feromony vyskytoval ve vysokých počtech v porostech vojtešky pěstované na semeno ♦ Graf 2 — Srovnání průměrných týdenních úlovků klíněnky jírovcové (*Cameraria ohridella*) do lapáku delta (D) a „vychytávacích“ lapáku (VL) s feromonem (F) a proferomonem (PF). Úlovek v lapácích delta je omezen kapacitou leповé vložky na asi 1 000 až 1 500 jedinců. Kapacita vychytávacích lapáku z upravené PET lahve s insekticidem je prakticky neomezená. V době vrcholu letu se týdenní úlovek samců v jednotlivých lapácích s proferomonem blížil 10 000 a více než dvojnásobně převyšoval úlovek do lapáku s feromonem





Vlevo nahoře „vychytávací“ feromonový lapák z PET lahve. Přilákání samečci klíněnkou jírovcové (*C. obridella*) jsou v lapáku usmrceni insekticidem. Kapacita lapáku není omezena rozměrem lepového dna ♦ Alej jírovce madálu (*Aesculus hippocastanum*) na Novém židovském hřbitově v Praze v r. 2003. Listy jsou již v srpnu téměř zničené klíněnkou jírovcovou, jsou hnědé a opadávají, vpravo nahoře



List jírovce s hnědými minami klíněnkou jírovcovou. Tak vypadá začátek kalamity na jaře nebo začátkem léta



Sameček klíněnkou jírovcovou uvízlý v lepu feromonového lapáku. Snímky I. Hrdého

2006, 2: 73–76) nečiní potíže při stanovení úlovku cílového druhu. Monitorování pomocí feromonových lapáků je velmi účinným prostředkem pro odhad vzdálenosti bezpečných nových ploch pro výsev hrachu. Početnost obaleče hrachového totiž velmi závisí na velikosti oseední plochy a na vzdálenosti polí, na nichž se hrách pěstoval v předchozích letech. V Anglii již od 80. let funguje i pro pěstitele hrachu poradenská služba ADAS (Agricultural Development and Advisory Service), která zpracovává meteorologické údaje a údaje z feromonových lapáků a radí farmářům, kdy a jak mají ošetřovat své porosty.

### Obaleč vojtěškový

V r. 1978 se na jižní Moravě při zkouškách lapáků navnaděných feromonem obaleče hrachového chytil také jeden trochu odlišný, stříbřitě šedý sameček obaleče vojtěškového (*Cydia medicaginis*, viz obr. na str. 265). Úlovek neunikl pozornosti díky spolupráci s F. Krampl, lepidopterologem entomologického oddělení Národního muzea. F. Krampl zapátral ve starých muzejních sbírkách a zjistil, že se obaleč vojtěškový podle dodatečně určeného dokladového exempláře vyskytoval na Moravě (nejpozději) již v r. 1925. Dokladový exemplář pochází ze sbírky F. Zimmermanna uložené v Národním muzeu a byl původně označen jako *C. microgrammana*, což je obaleč žijící na rostlinách rodu jehlice (*Ononis*). Zde se sluší poznamenat, že k objasnění taxonomie habituálně skoro nerozlišitelných obalečů velmi přispěl vynikající znalec této skupiny V. Kuzněcov ze Zoologického institutu Akademie věd v tehdejší Leningradě (nyní Petrohrad — Sankt-Peterburg). Ten uveřejnil popis obaleče *C. medicaginis* až v r. 1962! Jediný sameček obaleče vojtěškového zatoulaný do hrachového pole odstartoval další epizodu našich studií.

Pomocí feromonových lapáků s E8,E10-12Ac jsme na jižní Moravě začátkem 80. let chytali stovky a tisíce samečků tohoto druhu nového pro Československo (Hrdý a Krampl, Acta Entom. Bohemosl. 1982, 79: 238). Připomínám, že to bylo v době, kdy pěstování vojtěšky bylo ještě v kurzu, před bohem pěstování kukuřice na všech možných i nemožných lokalitách (o neblahém vlivu kukuřice na půdu na rozdíl od blahodárné vojtěšky se na tomto místě nebudu šířit). Semeno vojtěšky bylo vzácné a je s podivem, že obaleč, jehož housenky se živí těmito semeny, nebyl včas objeven jako škůdce.

Obaleč vojtěškový a hrachový jsou z hlediska chemické ekologie spřízněnou dvojicí, podobně jako obaleč švestkový (*C. funebrana*) a východní (*C. molesta*), o nichž byla řeč v předchozím dílu seriálu (Živa 2006, 5: 217–220). Zatímco obaleč švestkový a východní mají společné hlavní složky feromonu a v dalších komponentách se poněkud liší, pro obaleče vojtěškového je E8,E10-12Ac (tedy feromon obaleče hrachového) vynikajícím atraktantem. Rozdíl je v tom, že obaleč vojtěškový není ani zdaleka tak citlivý na izomerickou čistotu tohoto atraktantu. Oba druhy se výrazně liší svou diurnální aktivitou — obaleč hrachový je vysloveně denním druhem a aktivuje za plného světla, proto jsou také pro monitorování tohoto druhu nepoužitelné světelné lapáky. Naproti tomu obaleč vojtěškový se dá lovit jak pomocí světelných, tak i feromonových lapáků (graf 1). O to víc překvapuje, že masový výskyt tohoto

druhu v porostech vojtěšky tak dlouho unikl pozornosti. Na světlo naletují motýli večer těsně po setmění s maximem kolem 21. hodiny (SEČ) a později ve druhé vlně od půlnoci do 4. hodiny ranní. Oproti samičkám jsou samečkové daleko aktivnější a jejich úlovek ve světelných lapácích převyšuje úlovek samic. Nálet samců do feromonových lapáků probíhá poněkud odlišně od náletu na světlo. Večerní úlovky bývají velmi nízké, nejvyšší nálet do feromonových lapáků se odehrává kolem 3. hodiny ráno.

### Klíněnka jírovcová

Klíněnka jírovcová je příkladem invazivního škůdce, jehož šíření z oblasti prvního zaznamenaného výskytu v okolí Ochridského jezera v Makedonii bylo dobře zdokumentováno (Živa 1996, 4: 172–173, 2003, 6: 270). V r. 1984 bylo zpozorováno rozsáhlé poškození jírovců u Ochridského jezera, dále do Evropy se klíněnka jírovcová šířila také z druhého centra z Lince. V r. 1992 byla zjištěna na předměstích Vídně, velkou pozornost vzbudilo poškození jírovců v Prátru a v Schönbrunnu, v r. 1998 klíněnka vážně poškodila jírovce v pražských parcích a v r. 2002 byla zpozorována v londýnské čtvrti Wimbledon.

K podrobnějšímu monitorování výskytu a k vyřešení některých otázek z bionomie a šíření klíněnkou jírovcovou dopravou podél cest byly s úspěchem použity feromonové lapáky, které se stávají také prostředkem pro usměrnění chemické ochrany. Protože poškození jírovců v parcích, stromořadích

a na ostatních veřejných prostranstvích je v posledních letech nápadným a významným jevem (viz obr.), původci těchto škod se věnuje čas od času pozornost i v popularizační literatuře a v hromadných sdělovacích prostředcích.

Poté, co byl identifikován feromon — aldehyd (*E,Z*)-8,10-tetradekadienal (Živa 2000, 2: 76–78), hledali pracovníci ÚOCHB Akademie věd ČR v rámci evropského projektu CONTROCAM vhodný standardní

monitorovací systém. Feromonové odparníky z Prahy používala všechna zúčastněná pracoviště. Posléze byly syntetizovány a zkoušely se proferomony, z nichž vybraný silyl derivát feromonu splnil očekávání (graf 2). Zkoušené šarže proferomonu předčí feromonové odparníky jak účinností, tak zejména svou stabilitou. Odparníky s proferomonem jsou dobře účinné po celou sezónu, odpadá jinak obvyklá občasná výměna feromonové návnady.

## Dodatek

Tento oddíl uzavírá seriál o využití feromonů v integrované ochraně rostlin. Děkuji všem, kteří se jakýmkoli způsobem podíleli na výzkumu již od začátků práce s feromony a přispěli svými náměty a poznámkami i při psaní tohoto textu. Jeho 6 dílů pochoptitelně nezahrnuje vše, co se u nás v této oblasti odehrálo, a tak by určité měly v budoucnu následovat informace o feromonech dalších druhů a skupin hmyzu.

# Motýl danaus stěhovavý v kritickém ohrožení

**George O. Krizek**

*Autor věnuje honorář Nadaci Živa*

Nejnámější severoamerický motýl danaus stěhovavý (*Danaus plexippus*), označovaný též jako monarchus stěhovavý, z čel. babočkovitých (*Nymphalidae*, podčeleď *Danainae*) je známý z učebnic biologie díky dvěma charakteristikám (viz též Vesmír 1989, 8: 438).

Za prvé se každoročně na podzim stěhuje ze svých letních areálů v USA a jižní Kanadě na zimoviště ve státě Michoacan v Mexiku, kde v nadmořské výšce 2 800 m na jehličnatých stromech zimují shluky milionů jedinců. Při podzimním tahu urazí několik tisíc kilometrů. Toto chování je geneticky zakotveno. Jedinci se řídí jakýmsi „kompasem“, molekulami magnetitu ( $Fe_3O_4$ ) ve svém těle. Přes zimu jsou ve stadiu diapauzy, počátkem jara se ale začínají pářit a navracejí se zpět na sever, přičemž cestou zakládají nové generace. Jedinci, kteří se v určitém roce vrátí na svá letní teritoria, jsou 3–4 generace vzdáleni od svých předků, kteří letěli do Mexika na podzim o rok dříve. Jen asi 1 % původních migrantů se dožije návratu na svá severní stanoviště. Tah danausů byl podrobně

sledován na základě odchytu označených jedinců, podobně jako jsou hlášeny nálezy kroužkovaných ptáků. Danaus stěhovavý je výborný letec. Opětovně překonává Atlantik a objevuje se v západní Evropě. Tito jedinci byli buď strženi bouřemi, anebo se zachytili na lodích plujících do Evropy.

Za druhé danaus stěhovavý i jeho vývojové formy (housenka a kukla) jsou pro většinu ptačích predátorů jedovaté. Housenky se totiž živí rostlinami čel. klejchovitých (*Asclepiadaceae*), které obsahují jedovaté srdeční glykozidy, tzv. kardenolidy (např. kalaktin, kalotropin, kalotoxin), chemicky blízké např. glykozidům náprstníkovým, užívaným v lékařství. Danaus i jeho housenka mají varovné — aposematické zbarvení, informující potenciální predátory o své jedovatosti. Nezkušený pták, který pozře danause, ho po chvíli zvrátí. Tuto zkušenost si zapamatuje a zbytek života se těmto motýlům vyhýbá. Některé jiné, požitelné druhy motýlů, jako např. bělopásek *Lime-*

*Samec danause stěhovavého (Danaus plexippus), Virginia (USA)*



*Nahoře housenka danause stěhovavého ♦ Kukla danause stěhovavého těsně před vylíhnutím motýla, dole. Snímky G. O. Krizek*

*nitis archippus* (babočkovití), svým zbarvením danause napodobují a získávají tak pro sebe výhodu, ochranu. Predátoři je totiž považují za jedovatého danause a vyhýbají se jim. Jde o příklad tzv. Batesova typu mimikry, kdy bezbranný živočich napodobuje živočicha tak či onak nebezpečného. Danaus je zde „model“, bělopásek je jej napodobující „mimik“, kopie.

Další osud danausů se zdá být ale kriticky ohrožen ničením jeho zimních stanovišť v Mexiku. Bude-li pokračovat holoseč, kácení celých lesů v této oblasti, vyhyne motýl asi za pět let. Všechna ochranná opatření zůstávají jen na papíře. Strážci, mající povinnost lokality chránit, pózují v zimě před turisty, novináři a jejich kamerami. V létě však zmizí a ilegální dřevorubci kácejí stromy. Oficiální místa nezasahují či nevěnují problému dostatečnou pozornost. Je to další příklad nespolehlivosti místních úřadů, které běžně porušují mezinárodní i jiné dohody.

Mezinárodní Project Monarca s úkolem chránit zimoviště se rozpadl. Jen malá část severoamerických danausů zimuje podél kalifornského pobřeží v USA. Lze se tedy obávat, že přežijí jen jihoamerické a mimoamerické populace. Uvedené skutečnosti jen stručně informují čtenářskou obec o potenciálně katastrofické budoucnosti čekající severoamerickou populaci danause stěhovavého.

