

Škola doktorských studií v biologických vědách
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta

Determinanty společenstev nočních
motýlů v zemědělské krajině

Dizertační práce

Mgr. David Novotný

Školitel: Mgr. Zdeněk Fric, Ph. D.

Biologické centrum AV ČR, v. v. i. – Entomologický ústav

Školitel specialista: doc. Martin Konvička, Ph. D.

Biologické centrum AV ČR, v. v. i. – Entomologický ústav,
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích – Přírodovědecká fakulta

České Budějovice 2015

Novotný D. (2015) Determinanty společenstev nočních motýlů v zemědělské krajině. [Determinants of moth communities in intensive farmland. Ph.D. Thesis, in Czech.] – pp. 102(33), Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace

Using data on non-target Macrolepidopteran moths captured by a crop pest monitoring system, operated by the Czech Phytosanitary Administration. Influence of landscape determinants to diversity, abundance and moths' community composition in farmland. Landscape heterogeneity, common biotopes and crop diversity were used as landscape determinants.

Prohlášení

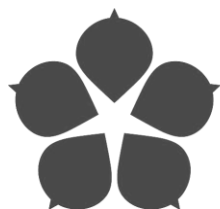
Prohlašuji, že svoji disertační práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své disertační práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

České Budějovice, 30.10.2015

.....
Mgr. David Novotný

Tato práce vznikla ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou Jihočeské Univerzity a Biologickým Centrem AV ČR a podporou doktorských studií ve studijním programu Entomologie.



Přírodovědecká
fakulta
Faculty
of Science



Finanční podpora projektů

Výzkumné projekty uvedené v této dizertační práci byly finančně podpořeny z prostředků:

Ministerstva Životního Prostředí - (SP/2d3/62/08)

GAČR - (505/10/2167)

GAJU - (04-168/2013/P)

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval svému odbornému konzultantovi Martinu Konvičkovi za podporu, pomoc a kritické připomínky v průběhu celého řešení projektu a dizertační práce samotné. Rád bych poděkoval svému školiteli Zdeňku Faltýnkovi Fricovi za oficiální vedení. Dále bych rád poděkoval kolegům z Entomologického ústavu a Přírodovědecké fakulty, zejména Michalovi Zapletalovi a Jiřímu Benešovi za odborné připomínky a za pomoc se zdánlivě neurčitelnými kusy nočních motýlů. Dále bych rád poděkoval Janě Šlancarové za trpělivost s přípravou statistických výstupů pro publikace. Je mou povinností zmínit spolupracující zaměstnance ze Státní Rostlinolékařské Správy a Oldřicha Jakeše, kteří se podíleli na obsluze světelných plapačů. A v poslední řadě patří můj dík i skupině externích determinátorů, se kterými byla hladká spolupráce.

Seznam publikací

Dizertační práce vychází z těchto publikací:

Novotný D, Zapletal M, Kepka P, Beneš J, Konvička M (2015) Large moths captures by a pest monitoring system depend on farmland heterogeneity. *Journal of Applied Entomology*, 139, 390–400.

David Novotný se podílel na svozu a determinaci materiálu a zkompletoval dataset nočních motýlů. Podílel se na statistických analýzách a na sepsání publikace.

Novotný D, Zapletal M, Šlancarová J, Beneš J, Konvička M (2015) How do the crops, landscape diversity, edge density and specific land covers affect moths' communities on intensive farmland? Submitted paper

David Novotný se podílel na svozu a determinaci materiálu a zkompletoval dataset nočních motýlů. Podílel se na statistických analýzách a na sepsání publikace.

Novotný D, Zapletal M, Kepka P, Konvička M (2010) Zefektivnění využití systému světelných lapačů pro sledování změn v početnostech populací nočních motýlů. Uznaná metodika pro MŽP, 43pp.

David Novotný se podílel sepsání metodiky a na výstupech v ní uvedených.

Obsah

Úvod a zaměření dizertační práce	1
Noční motýli jako modelová skupina	2
Noční motýli a jejich využití pro hodnocení stavu a změn krajiny	4
Změna krajiny a její vliv na živočichy v ní žijící	5
Použitý metodický postup pro sběr a analýzu dat	8
Kapitola I: Novotný, Zapletal, Kepka, Beneš & Konvička; 2015	11
Kapitola II: Novotný, Zapletal, Šlancarová, Beneš & Konvička; 2015	13
Kapitola III: Novotný, Zapletal, Kepka & Konvička; 2010	15
Shrnutí výsledků dizertační práce	18
Závěr	21
Literatura	23

Úvod a zaměření dizertační práce

V ČR se hospodaří na přibližně 4 264 tis. ha zemědělské půdy, která tak tvoří přibližně polovinu (54 %) celkové rozlohy státu, výměra lesů je 2 655 tis. ha, což je 33,8 %, připočteme-li plochu kterou zaujímají obce a další antropogenní pozemky, zjistíme, že kulturní krajina zaujímá drtivou většinu naší republiky, podobně jako v celé střední Evropě. Navzdory výborně prozkoumaným chráněným územím, které tvoří nepatrnou část naší krajiny jsou informace o biotě v hospodářsky využívané krajině mizivé a útržkovité. Často je výzkum v těchto lokalitách cílený pouze na škodlivý organismus nebo na jejich skupinu. S trochou nadsázky lze tedy říci, že o výskytu druhů, jejich abundancích případně jejich chování a ekologii na většině našeho území nevíme skoro nic.

Tato práce si klade za cíl:

Zodpovědět, které krajinné determinanty ovlivňují abundanci, diverzitu a celkové složení společenstev nočních motýlů (Makrolepidoptera) právě v krajině hospodářsky využívané a to jak v blízkosti světelných lapačů, tak i v širší krajině. Detekovat meziroční trendy a určit význam superabundantních a náhodně se vyskytujících druhů.

Odlišit geografické, krajinně ekologické a vegetační determinanty diverzity a jejich vliv na složení společenstev nočních motýlů zemědělské krajiny. Odlišit vliv jednotlivých proměnných a tím vliv geografické polohy (ovlivňující celkový species pool) od vlivů zastoupení jednotlivých stanovišť v okolí lapačů.

Krajinné determinanty, taxonomické postavení a bionomické vlastnosti druhů. Lze očekávat, že méně mobilní druhy, jakož i druhy s vlastnostmi specialistů a K-stratégů budou ovlivněny spíše lokálními determinantami prostředí, zatímco mobilní druhy s vlastnostmi generalistů a r-stratégů budou ovlivněny spíše zeměpisně, případně počasím, a jejich společenstva se mezi

lapači budou lišit málo. Obdobné rozdíly lze předpokládat i na úrovni vyšších taxonů – méně mobilní skupiny by měly být citlivější k lokálním faktorům než skupiny obecně mobilní.

Vliv heterogenity krajinného zrna na složení společenstev. Společenstva v různorodější krajině by měla být druhově bohatší, s větším zastoupením specialistů. Existují druhy spjaté s relativně heterogenní krajinou – ekotonové druhy, respektive druhy vyžadující pestrou nabídku různých biotopů v těsné blízkosti.

Citlivost složení společenstev ke změnám zastoupení jednotlivých plodin a celkově k diverzitě plodin v širším okruhu lapačů.

Noční motýli jako modelová skupina

Noční motýli se stali podobně jako motýli denní velice oblíbenou modelovou skupinou hmyzu a díky širšímu ekologickému záběru skupiny i skupinou pro řešení některých otázek vhodnější. Z praktického pohledu je zde řada „škůdců“ kulturních plodin (Thiéry et al. 2013, Cunningham et al. 1999), tak i druhů škodících na lesních porostech (Haynes et al. 2014, de Freitas Bueno et al. 2011).

Díky znalostem o škodlivých druzích je snaha porozumět jejich biologii a následně i biologickému boji s nimi. Noční motýli hostí celou řadu parazitů (porazitoidů). Mezi nejdůležitější patří parazitoidi ze skupiny Hymenoptera (Fernández-Triana and Huber 2010, Yin et al. 2010), kteří napadají vajíčka a larvální stádia nočních motýlů. Jedná se o skupinu velice rozmanitou mezi kterou najdeme jak hostitelsky striktně specifikované druhy (Salvo and Valladares 2002), tak druhy vyvíjející se v širokém spektru hostitelů (Vet et al. 1993). Dalšími organismy s obrovským regulačním účinkem na populace nočních motýlů je celá řada mikroorganismů, mezi které patří parazitické houby a viry (Ownley et al. 2004, El-Salamouny et al. 2003). Toho se využívá i v zemědělské a

lesnické praxi a tyto mikroorganismy jsou součástí biologických přípravků využívaných zejména v ekologickém zemědělství.

Jelikož jde o skupinu s převažující noční aktivitou dospělců, často řešenou otázkou je jejich orientace v terénu a hledání zdrojů. Noční motýli využívají i v noci především zrak. Jsou citliví zejména ke krátkým vlnovým délkám (van Langevelde et al. 2011). Orientují se za pomoci měsíce a zbytkového světla (Nowinszky et al. 2012, Nowinszky 2004). Speciální kapitolou je vyvinutá komunikace na bázi druhově specifických feromonů. Díky hřebenitým tykadlům jsou některé druhy schopny vnímat samičí feromony i ve velmi zředěné koncentraci několika molekul na mm³ na vzdálenost několika kilometrů (Shuker 2001). Čichem se také dospělci řídí při hledání potravy, která se až na výjimky skládá z ovocných šťáv, mízy stromů nebo nektaru. Jsou to významní opylovači některých kvetoucích rostlin a u některých druhů rostlin jde o jediné možné opylovače. Známým příkladem je předpověď existence tenkrát ještě neznámého lišaje na základě délky ostruhy orchideje přírodovědcem Charlesem Darwinem (Arditti et al. 2012). Rostliny využívající nočních opylovačů poznáme podle pronikavé vůně a poměrně dlouhých ostruh, v nichž jsou na konci uložena nektaria (Nilsson 1988).

Dalším a spíše méně známým smyslem je sluch založený na práci tympanálního orgánu. Jeho známou funkcí je obrana před predátory z řad netopýrů. Pokud tympanální orgán zachytí zvuky vydávané netopýrem při echolokaci, motýl okamžitě zahájí únikovou strategii (Pavey and Burwell 2005, Acharya and Fenton 1999). Známá je i reakce zástupců nepoživatelné skupiny Arctiidae, kteří při přiblížení netopýra vydávají své specifické zvuky upozorňující na jejich jedovatost (Ratcliffe and Fullard 2005).

Mezi noční motýly řadíme jak skupiny s málo mobilními dospělci (Geometridae), tak i skupiny s vynikající mobilitou (Spingidae, Noctuidae) (Fric et al. 2006). Nepřekvapí nás tedy, že mezi nočními motýli najdeme tažné druhy,

které aktivně létají na zimoviště i tisíce kilometrů (Macek et al. 2007, Macek et al. 2009) nebo využívají vhodných vzdušného proudění (Coulson et al. 2002). Zajímavou otázkou však je, jak se šíří druhy, které mají špatně létavé dospělé nebo dokonce nelétavé, bezkřídlé samice. Mimochodem jde o druhy netvořící izolované populace, jež jsou často široce rozšířeny. Odpovědí je 1. larvální instar housenek. I když jsou housenky těchto motýlů často lysé, právě 1. instar je bohatě ochlupen a při své malé hmotnosti a velkém povrchu těla jsou tyto housenky roznášeny do širokého okolí větrem (Ramachandran 1987, Holliday 1977).

Noční motýli a jejich využití pro hodnocení stavu a změn krajiny

Noční motýli představují skoro ideální východisko k řešení širokého spektra ekologických otázek, od ryze aplikovaných po teoreticko-badatelské. Z trofického hlediska se jedná o skupinu ekologicky homogenní (herbivorní hmyz), jež je přesto dostatečně diverzifikovaná z hlediska životních strategií, míry specializace, stanovištní vazby atd. (Macek et al. 2007, 2009). Byť je to skupina determinálně středně obtížná, je mezi entomology značně populární.

Noční motýli se vyskytují ve všech typech terestrických prostředí, včetně prostředí s nízkou diverzitou motýlů denních (stinné lesy, mokřady). Jednotlivé populace reagují poměrně rychle, v řádu několika málo generací, na environmentální změny, ať už se jedná o změny rostlinného krytu, fluktuace klimatu a podobně. O jednotlivých druzích je dostatek autekologických informací ohledně nároků na živnou rostlinu, stanovištních preferencí apod., jež umožňují hlubší interpretaci empiricky pozorovaných skutečností. V ČR žije 1070 druhů nočních motýlů (Makrolepidoptera; Laštůvka and Liška 2011), z nichž drtivá většina může být zachycena světelnými lapači. Vzhledem k relativně dobré mobilitě nočních motýlů a jejich specifickým nárokům je lze jako skupinu

velice dobře použít k hodnocení různých vlivů na životní prostředí a významu krajinných prvků a jejich uskupení.

Změna krajiny a její vliv na živočichy v ní žijící

V průběhu minulého století krajina střední Evropy prošla rozsáhlými změnami, které zcela změnilly její ráz. Společným jmenovatelem byla změna krajinného zrna, kdy se jemná mozaika políček, pastvin, remízků a spíše řídkých lesů změnila v rozsáhlé a homogenní plochy polí, luk a souvislých hustých lesů, tak jak je známe dnes. Četné krajinné prvky byly zatlačeny, nebo zcela z krajiny vymizely. Nezměnila se pouze krajina jako taková, revoluční změnou prošlo také její obhospodařování. Intenzifikace zemědělství probíhající od poloviny minulého století má nezpochybnitelně negativní dopad na oživení zemědělské krajiny (Flynn et al. 2009). Obojí má za následek zánik celé řady mikrostanovišť a „nik“, ústící do bezprecedentní eroze biologické rozmanitosti. To vše se projevuje v erozi biodiverzity četných skupin organismů, jako je drobná lovná zvěř (Borg and Toft 2000), nelesní ptáci (Glemnitz et al. 2015, Šálek a Lövy 2012), denní motýli (Konvička et al. 2006, Summerville et al. 2006), noční motýli (Conrad et al. 2004), včely a vosy (Holzschuh et al. 2010) či rovnokřídlý hmyz (Hein et al. 2006), vzácnější druhy plevelů (Lososová et al. 2006). Dokonce i tradiční škodlivé druhy se mohly stát vzácnými, a to až k hranici globálního ohrožení (Hoffmann et al. 2003). Naopak se objevují škůdci zcela noví, přičemž nezřídka jde o výskyty invazního charakteru (Toepfer and Kuhlmann 2006). Všechny tyto změny mají i nezpochybnitelné socioekonomické dopady zejména v rovině udržitelného hospodaření. Úbytek druhového bohatství může ohrozit takové klíčové ekologické služby, jako je opylování hospodářských plodin (Potts et al. 2010) nebo přežití predátorů a patogenů užitečných v biologickém boji (Holzschuh et al. 2010).

Značné obavy vyvolávají možné reakce intenzívně využívané krajiny na probíhající klimatické změny. Neprostupná krajina velkých krajinných celků může bránit v latitudinálních a altitudinálních posunech vzácných a ohrožených druhů (Baguette et al. 2003, Baur et al. 2006), ale nezabrání šíření adaptabilních generalistů (Kadlec et al. 2009). To samo o sobě povede k přestavbě celých společenstev, s potenciálně obrovskými dopady na podobu středoevropské přírody.

Ze zemí s kvalitními systémy monitoringu změn fauny, jako jsou Británie, Nizozemí či skandinávské země, přicházejí alarmující údaje. Všeobecně je znám propad populací ptáků zemědělské krajiny (Donald 2006). V Británii se počet jedinců nočních motýlů snížil v průměru o 30% oproti stavu před 40 lety (Conrad et al. 2004), podobný kvantitativní úbytek je hlášen pro běžné motýly kulturní krajiny v několika západoevropských zemích (van Dyck et al. 2009). To už jsou počty evidentně ohrožující základní ekologické funkce typu potravních řetězců.

Vrátíme-li se do ČR, pak existují velmi kvalitní informace o ptácích (Šťastný et al. 2006), v menší míře pak o dalších obratlovcích. Pro terestrické bezobratlé jsou k dispozici jen data z atlasů rozšíření, a to vlastně jen pro denní motýly (Beneš et al. 2002). I ta ale ukazují, že u nás vyhynulo přes 10% původního druhového bohatství, a okolo poloviny přežívajících druhů je ohroženo. V ostatních skupinách bezobratlých se musíme omezit na kvalifikované odhady (srov. Farkač et al. 2006), jež ovšem i zde ukazují na vymírání v řádu 5–10%.

Odpovědí na tyto skutečnosti jsou snahy o biologizaci využívání krajiny, v Evropě prosazované na národní úrovni i úrovni EU. Patří k nim krajinné plánování, proaktivní opatření jako ecological compensation areas (u nás Územní systém ekologické stability), a především masivní podpora šetrnějšího hospodaření ve formě agroenvironmentálních plateb (Whittingam 2007, Wilson et al. 2007). V úhrnu jde o největší investice do ochrany terestrické biodiverzity v

kontinentálním měřítku. Efektivní alokace však žádá co nejucelenější monitoring biotických společenstev, a to z hlediska kvalitativních i kvantitativních změn v jejich druhovém složení. Již dnes se ale ukazuje, že cílení finančních prostředků nemá vždy dlouhodobý pozitivní vliv na zlepšení stavu. Nastavení agroenvironmentálních plateb do zemědělství mělo za následek zestejnění hospodaření zejména na lučních porostech, kdy se z krajiny vytratila fenologická rozrůzněnost hlavně lučních porostů.

Ekologické zemědělství je bráno jako alternativa ke klasickému intenzivnímu hospodaření. Jeho cílem je produkovat kvalitní potraviny bez použití chemických přípravků a zároveň omezit negativní dopady na necílové druhy rostlin a živočichů. Jedná se tedy o podporu diverzity v zemědělské krajině. Nejnovější studie zabývající se diverzitou živočichů na pozemcích s různým typem hospodaření ukazují nárůst diverzity v ekologickém zemědělství pouze v několika prvních letech (Birkhoffer et al. 2014). Jedná se o celou řadu studií zahrnující ptáky zemědělské krajiny (Klein et al. 2011), střevlíkovié brouky (Diekötter et al. 2010), pavouky (Bataty et al. 2012) a motýly (Tailor and Morecroft 2009, Jonason et al. 2013). Spíše než typ hospodaření mají na diverzitu živočichů pozitivní vliv krajinné prvky jako jsou živé ploty (Merckx et al. 2010), stromořadí, solitérní stromy, břehy vodních toků, neoběhované pásy (Merckx et al. 2009). Počet druhů také zvyšuje přítomnost a konektivita přirozených a polopřirozených biotopů v jejich okolí (Šlancarová et al. 20014, Fuentes-Montemayor et al. 2012).

V letošním roce jsme zaznamenali pozitivní změny v hospodaření na zemědělské půdě a to jak v rámci povinného ponechání (nesečení) části travních pozemků, tak i tzv. „greeningu“ na orné půdě vyplývající z nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) č. 639/2014 ze dne 11. března 2014. Tyto změny by opravdu mohly mít pozitivní efekt na celkovou biotu v zemědělské krajině (Bataty et al. 2010).

Před deseti lety se podařilo zkompletovat pětatřicetileté časové řady z více než 400 lapačů z Velké Británie (Conrad et al. 2004, 2006). Tyto studie ukazují drastický úbytek i běžných nočních motýlů. Ubylo 54% sledovaných běžných druhů, druhů vykazujících přírůstek v abundanci bylo pouze 22%. Stejný trend se dá očekávat i v rámci střední Evropy, bohužel k této problematice neexistují dostupná data.

ČR běží několik souběžných a nepropojených projektů sledujících noční motýly, z nichž některé (mokřadní olšina Černiš v Českých Budějovicích) trvají již desítky let a dospěly ke špičkovým badatelským výsledkům – byla tak sledována mj. stabilita populací ve vztahu k ekologickým vlastnostem jednotlivých druhů (Rejmánek & Spitzer 1982, Spitzer et al. 1988), k variabilitě prostředí (Wolda et al. 1992), a variabilitě populací jejich hostitelských rostlin (Lepš et al. 1998). Tyto práce na rozdíl od předkládaného projektu, pracovaly hlavně v nenarušených přírodních stanovištích, a tudíž vypovídají relativně málo o situaci ve volné krajině. Pracovaly též s mnohem nižším počtem lapačů – maximálně se čtyřmi (Wolda et al. 1994). Kadlec et al. (2009) sledovali dlouhodobý vývoj společenstva nočních motýlů v předměstské krajině na okraji Prahy a zde se potvrdil trend, kdy přibývá generalistů na úkor specialistů. Devizou těchto prací je soustavnost a dlouhodobost, nicméně na malém počtu lapačů.

Použitý metodický postup pro sběr a analýzu dat

Od roku 2002 vyžívá Státní rostlinolékařská správa (SRS) pro monitoring osmi druhů polních škůdců síť světelných lapačů. Jsou to světelné lapače typu Minnesota. Tyto lapače mají nespornou výhodu zejména díky jejich svítivosti – používá se siná výbojka 125W a to má pozitivní vliv na silný přilet nočních motýlů. V dnešní době jsou pro vědecké účely spíše používány lapače s UV

výbojkami a to z důvodu nižších nároků na elektřinu a tudíž nezávislosti na elektrické síti. Jednotlivé druhy mají rozdílnou afinitu k různým déklám světelného záření (van Langevelde et al. 2011) a zdá se, že většina druhů preferuje spíše UV světlo (Copan and Gries 2009). Sledovaná skupina Macrolepidoptera do které řadíme čeledi Arctiidae, Cossidae, Drepanidae, Geometridae, Hepialidae, Lasiocampidae, Lymantridae, Noctuidae, Nolidae, Notodontidae, Pantheidae, Saturnidae a Sphingidae neodpovídá fylogenetické příbuznosti, ale vychází z klasického členění nočních motýlů. V našich úlovcích jsme mohli zaznamenat většinu druhů u nás žijících kromě několika druhů s denní aktivitou nebo s dospělci kteří mají letovou periodu mimo hlavní sezonu roku. Nutno podotknout, že množství záznamů některých druhů může být ovlivněno horší afinitou k přiletu na světlo, nebo nelétavostí jednoho pohlaví, případně rozdělenou aktivitou pohlaví (den/noc).

Pro účely SRS je z celého úlovku determinováno poze 8 druhů „polních škůdců“ a následně je zbytek materiálu bez užitku vyhozen. V naší práci jsme sledovali celé společenstvo nočních motýlů během let 2008–2010, a to v hlavní sezoně od května do konce září kdy jsou lapače zapnuté. Abychom pokryli i místa geograficky lapači nepodchycená, zřídili jsme dva lapače, které běžely v naší režii.

Pro přesnější výsledky jsme určili jako potenciální kovariátové proměnné polohu jednotlivých lapačů a vlastní specifika umístění lapače, zohlednění počtu dnů, kdy lapače neběžely a v blízkém okolí (kruh o poloměru 100 m) druhové složení a pokryvnost bylin a dřevin. Stejně tak jsme sledovali i vliv roku – populace jednotlivých druhů vykazují během let různě velké fluktuace, které by mohly ovlivnit finální výsledky zaměřené na krajinné determinanty společenstev nočních motýlů.

Krajinné prvky (biotopy v širším slova smyslu) jsme hodnotili na dvou prostorových škálách: Lokální (v kruhu o poloměru 100 m kolem lapače) a na

větší prostorové škále (kruh o poloměru 1000 m kolem lapače). Zde jsme sledovali tři hlavní ukazatele – diverzitu plodin a heterogenitu kompoziční i konfigurační. Kompoziční heterogenita, udávající v podstatě poměrnou pestrost zasoupení různých biotopů, je vyjádřena Simpsonovým indexem diverzity (D), $D = 1 - \sum n(n-1)/N(N-1)$, kde n = celková plocha jednotlivých biotopů, N = počet biotopů zahrnutých do anlyzy. Konfigurační heterogenita, udávající míru rozčlenění krajiny, byl vyjadřována buď součtem délek obvodů jednotlivých biotopů, nebo počtem jejich fragmentů. Diverzita plodin byla rovněž vyjádřena Simpsonovým indexem diverzity.

Z důvodu velkého počtu „singletonů“ (23% zjištěných druhů) jsme analýzy provedli jak pro celé společenstvo nočních motýlů, tak i pro společenstvo s vyloučením „singletonů“, neboť se pravděpodobně jedná o druhy zalétlé, normálně se v kulturní krajině nevyskytující.

Kapitola I.

Large moths captures by a pest monitoring system depend on farmland heterogeneity

Novotný D, Zapletal M, Kepka P, Beneš J, Konvička M

Journal of Applied Entomology

2015

Summary

As intensive farmlands cover increasing areas of the World, associated biotic richness is crucial for the biodiversity of entire regions. Using data on non-target Macrolepidopteran moths captured by a crop pest monitoring system, operated by the Czech Phytosanitary Administration and primarily designed to monitor seven moth species, we compared local (100 m perimeter) and landscape scale (1000 m perimeter) predictors of the numbers of moth individuals and moth species richness. During a single year (2009), eighteen light traps captured 91 726 individuals of 564 moths species. Typically for biotically impoverished habitats, the catches were dominated by a few superabundant species. Even in these impoverished assemblages, numbers of species increased with increasing herb and woody plants diversity (100 m around the traps), crop diversity (1000 m perimeter), landscape composition (1000 m) and configuration (100 and 1000 m). The number of individuals increased only with woody plants diversity in 100 m perimeters. In separate analyses of two species-rich families, Geometridae and Noctuidae, the species richness of presumably less mobile Geometridae increased with landscape composition and configuration within 100 m perimeters around the traps, whereas the species richness of presumably more mobile Noctuidae also reflected the landscape configuration at 1000 m perimeters. Proportional representation of pest species decreased with increasing richness of herb and woody plants. Taken together, increasing farmland heterogeneity increases moth species richness, whereas abundance of the catches mainly depends on local factors in the vicinity of light traps, and the local factors are more important for presumably less mobile Geometridae than for more mobile Noctuidae.

Kapitola II.

How do the crops, landscape diversity, edge density
and specific land covers affect moths' communities on
intensive farmland?

Novotný D, Zapletal M, Šlancarová J, Beneš J, Konvička M

Submitted article

2015

Summary

Macro-moths is a species-rich group exploiting practically all terrestrial habitats, and easily monitored by attracting their adults to light traps. We capitalised on a light trapping scheme that uses 21 highly efficient Minnesota light traps to monitor seven pest species on intensive farmlands of the Czech Republic. We identified entire catches from three years (274 559 individuals, 704 species) and asked, how was the species composition of the catches affected by crops diversity around the traps, specific crop types, land covers diversity, land cover types, edge densities, and edge types, at local (100 m radius) and landscape (1000 m radius) scales? As in many other farmland biodiversity studies, the catches were dominated by a few superabundant species. Differences among the three years were mainly due to very rare species (“singletons”). After controlling for effects of geography and local conditions around the traps, we found significant effect of crop diversity, no effect of land covers diversity and edge density, and more effects of specific land covers, or edge types, at the larger 1000 m scale. These findings reveal that the moths’ community composition on farmlands depends, besides geographic conditions and conditions in the vicinity of individual traps, on the presence of specific non-cropped habitats in farmed landscapes. More common habitats, such as forests or abandoned land, executed stronger effects on moths’ communities than the rarer ones

Kapitola III.

Streamlining the use of light traps system for monitoring changes in abundances of moth populations. Recognized methodology for Ministry of the Environment of Czech Republic

Novotný D, Zapletal M, Kepka P, Konvička M

Recognized methodology for MoE CR

2010

This methodology manual advising operators of the Czech Phytosanitary Administration crop pests monitoring scheme how to utilise non-target moths for monitoring biodiversity changes. It argues for utilising the moths catches not only for predicting pests outbreaks, but also for monitoring quality of farmland biodiversity, effects of short-term phenology variation and long-term climate change, and for prediction of novel pests occurrence. Processing the massive moths catches should utilise the experience of wide lepidopterists community, including amateurs; financial calculations demonstrate that such widening of monitoring focus may produce results relatively cost-efficiently.

Summary

The moths catches from intensive farmlands, obtained by the Czech Phytosanitary Administration crop pests monitoring scheme were species rich, enclosing 66 per cent of Czech Republic macromoth fauna, but dominated by a few superdominant species, whereas a fourth of species were extremely rarely caught “singletons”.

After statistical controlling for geography and variation in trapping effort, both species richness and abundance of the catches were affected by combinations of local and regional factors, but relative importance of these factors varied among major taxonomic groups. The most important factor for moths abundance was woody plants diversity in intermediate surroundings of the light traps, probably because woody plants 3D structure influences the supply of resources, including shelter. Species richness of presumably sedentary Geometridae increased with landscape heterogeneity at small (100 m radii) scale, whereas regional scale (1000 m radii) was important for presumably more mobile Noctuidae. In contrast, moths communities species composition was not affected by landscape heterogeneity (neither compositional nor configurational), but was

affected by the representation of some major land cover and edge types at larger (1000 m radii) scales. It follows that a bulk of farmland moths communities consists of abundant generalists, including crop pests, which occurred uniformly in all traps; the differences in catches among traps were then driven by intermediately common moths, originating from non-crop habitats and structures, which are nevertheless were represented even in intensively farmed landscapes (forests, meadows, abandoned areas). Most interestingly, crop diversity had an effect on moths community composition, but precise understanding of the responsible mechanisms requires further investigation.

Non-cropped land patches and structures are therefore crucial for maintaining diverse moth communities on farmed landscapes. Currently large field size with minimum of non-farmed structures are inimical for moths, supporting only a few abundant generalists. Supporting biodiversity on farmland will require dissecting currently large fields by restoring such structures as woodlots, ponds, small wetlands, hedgerows or unpaved roads. Higher crop diversity shall also contribute, and precise mechanisms of this contribution needs further study.

Shrnutí výsledků disertační práce

V této disertační práci uvádíme výsledky ze sebraných dat v letech 2008 až 2010, které vycházejí z využití materiálu ze stávající sítě rostlinolékařských lapačů. Lapače jsou relativně rovnoměrně rozmístěné v rámci celé ČR. Vždy se jedná o lokality intenzivně využívané krajiny zahrnující klasické biotopy jako jsou pole, louky, sady, lesy, zarůstající území, zástavbu vesnického charakteru včetně zahrad atd...

Během tří let se nám podařilo sebrat a determinovat 274 559 kusů nočních motýlů patřící k 704 druhům, což odpovídá 70% všech nočních Makrolepidopter vyskytujících se v ČR. Mezi lapači jsou relativně velké rozdíly jak v konzistenci přiletů mezi lety, tak i v celkových sumách úlovků. Počty druhů v jednotlivých lapačích byly vyrovnanější než jejich abundance viz příloha 2.

Abundance vs. diverzita nočních motýlů

V prvním článku jsme se zaměřili na lokální faktory v okolí lapačů a heterogenitu krajiny a jejich vliv jak na abundanci, tak i na diverzitu nočních motýlů. Zároveň jsme se soustředili na dvě hlavní skupiny nočních motýlů – Noctuidae a Geometridae. Předpokládali jsme vyšší afinitu k bližšímu okolí lapače u méně mobilní skupiny Geometridae, než u dobře mobilní skupiny Noctuidae. A v poslední řadě jsme vytvořili umělou skupinu „škůdci“ tvořenou superdominantními druhy – *Xestia c-nigrum*, *Agrotis exclamationis* a dalšími pěti hojnými druhy sledovanými SRS.

Jako jediný prediktor **abundance** celého společenstva nočních motýlů vyšel počet druhů dřevin v blízkém okolí (100 m) lapače. Stejný výsledek jsme dostali i separátně pro abundanci Noctuidae i Geometridae. Na abundanci škůdců jako takovou neměl počet druhů dřevin žádný vliv. Heterogenita krajiny

ani zastoupení jednotlivých biotopů nemělo na abundanci nočních motýlů ani jednotlivých skupin prokazatelný vliv.

Jiná situace je ale u **diverzity** nočních motýlů, kdy po odfiltrování vlivu (geografie, diverzita dřevin) měly pozitivní vliv diverzita plodin, kompoziční heterogenita na obou prostorových škálách (100m i 1000m) a konfigurační heterogenita na 1000 m škále vyjádřená počtem fragmentů jednotlivých biotopů.

Čeď Noctuidae velice dobře refletovala okolí lapače (geografie, diverzita dřevin, bylin) a kompoziční i konfigurační heterogenitu na 100 m. Zároveň dle očekávání pozitivně reagovala na širší okolí (diverzita plodin, konfigurační heterogenita na škále 1000 m).

Geometridae vykazovali vyšší diverzitu pouze v závislosti na lokálních proměnných (diverzita bylin, kompoziční i konfigurační heterogenita v okruhu 100 m.

Diverzitu sedmi druhů škůdců (vyskytujících se ve všech lapačích) nemělo cenu sledovat.

Obecně lze shrnout, že pro **abundanci** nočních motýlů je dobrým prediktorem pouze diverzita dřevin (ne pokryvnost), která může být vysvětlena nejen jako vyšší počet živných rostlin pro larvální instary či zdroj potravy (květy, medovice, míza) pro dospělé. Vedle samotné diverzity dřevin může mít velký význam i jejich 3D struktura, kde dospělci různých druhů nočních motýlů mohou využívat keře a stromy jako úkryty před nepříznivým počasím a predátory. **Diverzita** nočních motýlů je ale ovlivněna celou řadou faktorů a to jak na úzké prostorové škále, tak i v měřítku krajinářsky významném. Zajímavé bylo, že diverzitu nočních motýlů pozitivně ovlivnila heterogenita krajiny na obou prostorových škálách a to jak kompoziční, tak i konfigurační. Pozitivní vliv měla i diverzita plodin v širším okolí.

Společenstva nočních motýlů v kulturní krajině

V druhé části práce jsem se zaměřil na druhové složení společenstev nočních motýlů ve vztahu k hlavním biotopům hojně se v kulturní krajině vyskytujícím.

Prvím výsledkem, který byl dále brán v úvahu, byl velký meziroční vliv na společenstvo nočních motýlů. Hlavní skupinou, která určovala tyto meziroční výkyvy byla skupina „singletonů“, proto jsem dále postupoval ve dvou souběžných liniích, kdy pro další analýzy byly připraveny dva datasety – celé společenstvo a celé společenstvo s vyloučením „singletonů.“

Jako kovariáty vesměs měly vliv zeměpisná poloha, druhová diverzita rostlin a druhové složení vegetace v blízkém okolí lapače.

Zajímavým zjištěním byl fakt, že po zahrnutí vlivu koproměnných druhovou strukturu odchyťů nočních motýlů neovlivnila žádná plodina, vyjma vinné révy. Ta se nočním motýlům může jevit jako polopřirozený biotop křovin či biotop lesostepního charakteru. Strukturu společenstev však ovlivnila kompoziční heterogenita plodin.

Noční motýli byli ovlivněni biotopy ve svém okolí prokazatelně více v širším kontextu (1000 m) než blízkém okolí (100 m). K preferovaným biotopům patřil zejména les, zarůstající plochy a louky. Opačný (negativní) vliv měla obdělávaná pole. Předpokládali jsme, že konfigurace biotopů bude mít větší vliv než jejich kompozice. Tento předpoklad se ale nepotvrdil. Překvapujícím výsledkem bylo zjištění, že celková heterogenita krajiny, a to kompoziční i konfigurační, neměly na společenstva nočních motýlů prokazatelný vliv.

Metodika pro dlouhodobé sledování změn ve společenstvech nočních motýlů

Metodiku jsme vytvořili pro další pokračování projektu „Využití systému světelných lapačů pro sledování změn v početnostech populací nočních motýlů“ pro Ministerstvo Životního Prostředí. Naše tříletá studie byla zaměřena na ovlivnění společenstva nočních motýlů různými biotopy v krajině a heterogenitou prostředí. Bohužel pro sledování přestavby společenstev nočních motýlů je třeba dlouhá časová řada (Kadlec et al. 2009, Conrad et al. 2006). Dlouhodobé výsledky by nám mohly říci, kteří noční motýli z kulturní krajiny mizí a jaký je vývoj jejich celkové abundance. V závislosti na těchto zjištěních bychom dále mohli učinit efektivní kroky v návrzích zlepšení hospodaření na zemědělské půdě pro podporu bioty na ní vázané. Zároveň by jsme mohli sledovat a předem predikovat výskyt nových druhů potencionálně škodících na polních porostech šířících se díky oteplování klimatu (Walther et al. 2009, Culik and Gullan 2005).

Závěr

Na recentně řešenou otázku, zda raději usilovat o výborný stav chráněných území, nebo spíše podporovat harmonickou krajinu, jsme nenašli jednoznačnou odpověď. Během našeho výzkumu jsme sice zaznamenali v lapačích umístěných v zemědělské krajině 704 druhů nočních motýlů (Macrolepidoptera), což představuje 66% druhů vyskytujících se v ČR. Nicméně v úlovcích převažovalo několik superdominantních druhů a skoro čtvrtina druhů se řadila do kategorie „singletonů.“ V chráněných územích či přirozených biotopech dominantní druhy tvoří také dominantní abundance (Truxa and Fiedler 2012, Jaroš and Spitzer 2002) pokud jde o homogenní biotop. V případě

vyšší heterogenity přirozených biotopů ale nejsou abundantní druhy dominující celému společenstvu (Šumpich and Konvička 2012).

To poukazuje i na problém dnešní zemědělské krajiny, kdy díky zcelení pozemků, homogenizaci krajiny a uniformějšímu pěstování plodin se z krajiny vytratily diverzifikující prvky a tudíž se snížila většina populací nočních motýlů.

Vliv heterogenity krajiny je důležitý pro diverzitu různých skupin nočních motýlů v různé prostorové škále (dle mobility jednotlivých skupin). Pro abundanci je zásadní dostatek úkrytů (3D struktura dřevin vyjádřená druhovou diverzitou dřevin v okolí lapače). Při prvním pohledu na celé společenstvo nočních motýlů, heterogenita neměla vliv. Může se jednat o artefakt, kdy relativně diverzifikované území v okolí lapače mohlo přilákat dobře mobilní druhy ze širokého okolí. To nám naznačují naše studie z přílohy 1. Vliv heterogenity krajiny se projevil až na vyšší prostorové škále (1000 m).

Přirozené a polopřirozené biotopy měly jasně pozitivní efekt na noční motýly a to ať se jednalo o jejich procentuální zastoupení, nebo na jejich fragmentaci. Nejprůkazněji vycházel lesní biotop, který poskytuje dostatek úkrytů a zdrojů potravy. Dále to byli obhospodařované louky a neobhospodařované pozemky lučního charakteru, které hostí řadu nelesních druhů. Negativní efekt jsme zaznamenali pouze se zvětšujícím se zastoupením oběhovaných polí. Překvapivě zde dosahovaly vyšší diverzity druhy výzané na stepní společenstva, což vysvětlujeme preferencí polí při jejich přeletech oproti většině ostatních druhů upřednostňující vzrůstem vyšší rostlinný kryt nebo jeho okraj.

Jednotlivé plodiny (vyjma vinné révy) neměly na noční motýli výraznější vliv, ale jejich heterogenita ano.

Pro oživení zemědělské krajiny proto bude zapotřebí přerušit dnešní velké polní plochy a podpořit vznik drobných krajinných prvků tvorbou mezí, neobdělávaných pásů, výsadbou alejí či remízků. Důležitá je i pestrost takovýchto biotopů, jak v krajinném měřítku, tak i v rámci biotopů samotných

(druhová skladba rostlin). Změny krajinného zrna nemusí jít na úkor zemědělské výroby, tvorba přeručujících prvků může a měla by probíhat na zemědělsky málo bonitních pozemcích mokrá místa, plochy s nízkým půdním profilem apod.

Pro využití sebraných dat se nabízí několik dalších využití. Jednou z možností je hlubší analýza heterogenity krajiny a pěstovaných plodin s obecnými charakteristikami jednotlivých druhů. Dále srovnání hlavních druhů nočních motýlů zemědělské krajiny s dominantními druhy přirozených biotopů a to zejména se zaměřením na dobře mobilní a sedentární druhy. Během naší práce také vyvstala zajímavá otázka preference jednotlivých biotopů pro disperzní a migrační preference různých skupin nočních motýlů.

Literatura

- Acharya L, Fenton MB (1999) Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Canadian Journal of Zoology*, 77, 27–33.
- Arditi J, Elliott J, Kitching IJ, Wasserthal LT (2012) ‘Good Heavens what insect can suck it’– Charles Darwin, *Angraecum sesquipedale* and *Xanthopan morgani* praedicta. *Botanical Journal of the Linnean Society* 169, 403–432.
- Baur B, Cremene C, Groza G, Rakosy L, Schileyko AA, Baur A, Stoll P, Erhardt A (2006) Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biological Conservation* 132, 261–273.
- Baguette M, Mennechez G, Petit S, Schtickzelle N (2003) Effect of habitat fragmentation on dispersal in the butterfly *Proclissiana eunomia*. *Comptes Rendus Biologies* 326, 200–209.

- Batáry P, Báldi A, Sárospataki M, Kohler F, Verhulst J, Knopf E, Herzog F, Kleijn D (2010) Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 136, 35–39.
- Culik MP, Gullan PJ (2005) A new pest of tomato and other records of mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) from Espírito Santo, Brazil. *Zootaxa* 964, 1–8.
- Batáry P, Holzschuh, A Orci KM, Samu F, Tscharntke T (2012) Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 146 130–136.
- Beneš J, Konvička M, Dvořák J, Fric Z, Havelda Z, Pavlíčko A, Vrabc V, Weidenhoffer Z (2002) Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana. I.,II. Společnost pro Ochranu Motýlů, Praha, 857 pp.
- Birkhofer K, Ekroos J, Corlett EB, Smith HG (2014) Winners and losers of organic cereal farming in animal communities across Central and Northern Europe. *Biological Conservation* 175, 25–33.
- Borg C, Toft S (2000) Importance of insect prey quality for grey partridge chicks *Perdix perdix*: a self-selection experiment. *Journal of Applied Ecology* 37, 557–563.
- Conrad KF, Warren MS, Fox R, Pardone MS, Woiwod IP, (2006) Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biological Conservation* 132, 279–291.

- Conrad KF, Woiwod IP, Parsons M, Fox R, Warren MS (2004) Long-term population trends in widespread British moths. *Journal of Insect Conservation* 8, 119–136.
- Copan T, Gries G (2009) Ultraviolet and violet light: attractive orientation cues for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 131, 148–158.
- Coulson SJ, Hodkinson ID, Webb NR, Mikkola K, Harrison JA, Pedgley DE (2002) Aerial colonization of high Arctic islands by invertebrates: the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) as a potential indicator species. *Diversity and Distributions* 8, 327–334.
- Cunningham JP, Zakucká MP, West SA (1999) Learning in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): a new look at the behaviour and control of a polyphagous pest. *Bulletin of Entomological Research* 89, 201–207.
- de Freitas Bueno RCO, de Freitas Bueno A, Moscardi F, Parra JRP, Hoffmann-Campo CB (2011) Lepidopteran larva consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. *Pest Management Science* 67, 170–174.
- Diekötter T, Wamser S, Wolters V, Birkhofer K (2010) Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 37, 108–112.
- Donald PF, Anderson FJ, Burfiel IJ, van Bommel FPJ (2006) Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European

farmland birds, 1990–2000. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 116, 189–196.

El-Salamouny S, Langea M, Jutzia M, Hubert J, Jehlea JA, (2003) Comparative study on the susceptibility of cutworms (Lepidoptera: Noctuidae) to *Agrotis segetum* nucleopolyhedrovirus and *Agrotis ipsilon* nucleopolyhedrovirus. *Journal of Invertebrate Pathology* 84, 75–82.

Haynes KJ, Allstadt AJ, Klimetzek D (2014) Forest defoliator outbreaks under climate change: effects on the frequency and severity of outbreaks of five pine insect pests. *Global Change Biology* 20, 2004–2018.

Holliday NJ (1977) Population Ecology of Winter Moth (*Operophtera brumata*) on Apple in Relation to Larval Dispersal and Time of Bud Burst. *Journal of Applied Ecology* 14, 803–813.

Holzschuh A, Steffan-Dewenter I, Tscharntke T (2010) How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* 79, 491–500.

Farkač J, Král D, Škorpík M (2006) Červený seznam ohrožených druhů ČR-Bezobratlí. Agentura ochrany a krajiny, Praha

Fernández-Triana JL, Huber JT (2010) Braconid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) of Nearctic *Choristoneura* species (Lepidoptera: Tortricidae), with a summary of other parasitoid families attacking *Choristoneura*. *The Canadian Entomologist* 142, 295–343.

- Flynn DFB, Gogol-Prokurat M, Nogeire T, Molinari N, Richers BT, Lin BB, Simpson N, Mayfield MM, DeClerk F (2009) Loss of functional diversity under land use intensification. *Ecology Letters* 12, 22–33.
- Fric Z, Klimova M, Konvicka M, (2006) Mechanical design indicates differences in mobility among butterfly generations. *Evolutionary Ecology Research*. 8, 1511–1522.
- Fuentes-Montemayor E, Goulson D, Cavin L, Wallace JM, Par, KJ (2012) Factors influencing moth assemblages in woodland fragments on farmland: Implications for woodland management and creation schemes. *Biological Conservation* 153, 265–275.
- Glemnitz M, Zander P, Stachow U (2015) Regionalizing land use impacts on farmland Burda. *Environmental Monitoring and Assessment* 2015, 187–336.
- Hein S, Voss J, Poethke HJ, Boris S (2006) Habitat suitability models for the conservation of thermophilic grasshoppers and bush crickets—simple or complex? *Journal of Insect Conservation* 11, 221–240.
- Hoffmann IE, Milesi E, Pieta K, Dittami JP (2003) Anthropogenic effects on the population ecology of European ground squirrels (*Spermophilus citellus*) at the periphery of their geographic range. *Mammalian Biology* 68, 205–213.
- Jaroš J, Spitzer K (2002) Food plants of Lepidoptera associated with an alder carr forest in South Bohemia (Central Europe). *Sborník Jihočeského Muzea* 42, 5–50 .

- Jonason D, Franzén M, Pettersson LB (2013) Transient peak in moth diversity as a response to organic farming. *Basic and Applied Ecology* 14, 515–522.
- Kadlec T, Kotela MAAM, Novák I, Konvička M, Jarošík V (2009) Effect of land use and climate on the diversity of moth guilds with different habitat specialization. *Community Ecology* 10, 152–158.
- Klein D, Rundlöf M, Scheper J, Smith HG, Tscharntke T (2011) Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology & Evolution* 26, 474–481.
- Konvička M, Fric Z, Beneš J, (2006) Butterfly extinctions in European states: Do socioeconomic conditions matter more than physical geography? *Global Ecology and Biogeography* 15, 82–92.
- Laštůvka Z, Liška J (2011) Komentovaný seznam motýlů České republiky. Annotated checklist of moths and butterflies of the Czech Republic (Insecta: Lepidoptera). Biocont Laboratory, Brno, 148 pp.
- Lepš J, Spitzer K, Jaroš J (1998) Food Plants, Species Composition and Variability of the Moth Community in Undisturbed Forest. *Oikos* 81, 538–548.
- Lososová Z, Chytrý M, Cimalová Š, Otýpková Z, Pyšek P, Tichý L (2006) Classification of weed vegetation of arable land in the Czech Republic and Slovakia. *Folia Geobotanica* 41, 259–273.
- Macek J, Dvořák J, Traxler L, Červenka V (2009) Motýli a housenky střední Evropy - Noční motýli II., Academia Praha.
- Macek J, Dvořák J, Traxler L, Červenka V (2007) Motýli a housenky střední Evropy - Noční motýli I., Academia Praha.

- Merckx T, Feber RE, Mclaughlan C, Bourn NAD, Parsons MS, Townsend MC, Riordan P, Macdonald DW (2010) Shelter benefits less mobile moth species: The field-scale effect of hedgerow trees. *Agriculture Ecosystem Environment* 138, 147–151.
- Merckx T, Feber RE, Riordan P, Townsend MC, Bourn NAD, Parsons MS, Macdonald DW (2009) Optimizing the biodiversity gain from agri-environment schemes. *Agriculture Ecosystem Environment* 130, 177–182.
- Nilsson LA (1988) The evolution of flowers with deep corolla tubes. *Macmillian Magazines* 54, 147–149.
- Nowinszky L (2004) Nocturnal illumination and night flying insect. *Applied Ecology and Environmental Research* 2, 17–52.
- Nowinszky L, Hirka A, Csoka G, Petranyi G, Puskas J, (2012) The influence of polarized moonlight and collecting distance on the catches of winter moth *Operophtera brumata* (Lepidoptera: Geometridae) by light traps. *European Journal of Entomology* 109, 29–34.
- Ownley BH, Pereira RM, Klingeman WE, Quigley NB, Leckie BM (2004) Emerging concepts in plant health management 2004. „*Beauveria bassiana*, a dual purpose biocontrol organism, with activity against insect pests and plant pathogens.“ 255–269 pp.
- Pavey ChR, Burwell ChJ (2005) Cohabitation and predation by insectivorous bats on eared moths in subterranean roosts. *Journal of Zoology* 265, 141–146.

- Potts SG, Biesmeijer JC, Kredenc C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution* 25, 345–353.
- Ramachandran R (1987) Influence of host-plants on the wind dispersal and the survival of an Australian geometrid caterpillar. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 44, 289–294.
- Ratcliffe JM, Fullard JH (2005) The adaptive function of tiger moth clicks against echolocating bats: an experimental and synthetic approach. *Journal of Experimental Biology* 208, 4689–4698.
- Rejmánek M, Spitzer K (1982) Bionomic strategies and long-term fluctuations in abundance of Noctuidae (Lepidoptera). *Acta Entomologica Bohemoslovaca* 79, 81–96.
- Ricketts TH, Daily GC, Ehrlich PR, Fay JP (2001) Countryside Biogeography of Moths in a Fragmented Landscape: Biodiversity in Native and Agricultural Habitats. *Conservation Biology* 15, 378–388.
- Salvo S, Valladares G (2002) Plant-Related Intraspecific Size Variation in Parasitoids (Hymenoptera: Parasitica) of a Polyphagous Leafminer (Diptera: Agromyzidae). *Environmental Entomology* 31, 874–879.
- Shuker, KPN (2001) *The Hidden Powers of Animals: Uncovering the Secrets of Nature*. London: Marshall Editions Ltd. 240 p.
- Spitzer K, Lepš J (1988) Determinants of Temporal Variation in Moth Abundance. *Oikos* 53, 31–36.

- Summerville KS, Conoan CJ, Steichen RM (2006) Species traits as predictors of lepidopteran composition in restored and remnant tallgrass prairies. *Ecological Applications* 16, 891–900.
- Šálek M, Lövy M (2012) Spatial ecology and habitat selection of Little Owl *Athene noctua* during the breeding season in Central European farmland. *Bird Conservation International* 22, 328–338.
- Šlancarová J, Beneš J, Kristýnek M, Kepka P, Konvička M (2014) Does the surrounding landscape heterogeneity affect the butterflies of insular grassland reserves? A contrast between composition and configuration. *Journal of Insect Conservation* 18, 1–12.
- Šťastný K, Bejček V, Hudec K (2006) Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České Republice. Aventinum s.r.o., Praha, 463 pp.
- Šumpich J, Konvička M (2012) Moths and management of a grassland reserve: regular mowing and temporary abandonment support different species. *Biologia* 67, 973–987.
- Taylor ME, Morecroft MD (2009) Effects of agri-environment schemes in a long-term ecological time series. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130, 9–15.
- Thiéry D, Monceau K, Moreau J (2013) Different emergence phenology of European grapevine moth (*Lobesia botrana*, Lepidoptera: Tortricidae) on six varieties of grapes. *Bulletin of Entomological Research* 104, 277–287.

- Toepfer S, Kuhlmann U (2006) Constructing life-tables for the invasive maize pest *Diabrotica virgifera virgifera* (Col.; Chrysomelidae) in Europe. *Journal of Applied Entomology* 130, 193–205.
- Truxa Ch, Fiedler K (2012) Down in the flood? How moth communities are shaped in temperate floodplain forests. *Insect Conservation and Diversity* 5, 389–397.
- van Dyck H, van Strein AJ, Maes D, van Swaay ChAM (2009) Declines in Common, Widespread Butterflies in a Landscape under Intense Human Use. *Conservation Biology* 23, 957–965.
- van Langevelde F, Ettema JA, Donners M, WallisDeVries MF, Groenendijk D (2011) Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological Conservation* 144, 2274–2281.
- Vet LEM, Sokolowski MB, MacDonald DE, Snellen H (1993) Responses of a generalist and a specialist parasitoid (Hymenoptera: Eucoilidae) to *Drosophilid* larval kairomones. *Journal of Insect Behavior* 6, 615–624.
- Walther G, Roques A, Hulme PE, Sykes MT, Pyšek P, Kühn I, Zobel M, Bachor S, Botta-Dukát Z, Bugmann H, Czúcz B, Dauber J, Hickler T, Jarošík V, Kenis M, Klotz S, Minchin D, Moora M, Nentwig W, Ott J, Panov VE, Reineking B, Robinet Ch, Semchenko V, Solarz W, Thuiller W, Vilà M, Vohland K, Settele J (2009) Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 24, 686–693.
- Whithingam MJ (2007) Will agri-environment schemes deliver substantial biodiversity gain, and if not why not? *Journal of Applied Ecology* 44, 1–5.

- Wilson A, Vickery J, Pendlebury Ch (2007) Agri-environment schemes as a tool for reversing declining populations of grassland waders: Mixed benefits from Environmentally Sensitive Areas in England. *Biological Conservation* 136, 128–135.
- Wolda H, Marek J (1994) Measuring variation in abundance, the problem with zeros. *European Journal of Entomology* 91, 145–161.
- Wolda H, Spitzer K, Lepš J (1992) Stability of environment and of insect populations. *Researches on Population Ecology* 34, 213–225.
- Yin J, Sun Y, Wu G, Parajulee MN, Ge F (2010) No effects of elevated CO₂ on the population relationship between cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), and its parasitoid, *Microplitis mediator* Haliday (Hymenoptera: Braconidae). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132, 267–275.

© for non-published parts David Novotný

catocala@seznam.cz

Determinanty společenstev nočních motýlů v zemědělské krajině
2015

All rights reserved
For noncommercial use only

University of South Bohemia in České Budějovice
Faculty of Science
Braníšovská 1760 CZ - 37005 České Budějovice, Czech Republic

Phone: +420 387 776 201
www.prf.jcu.cz, email: sekret -fpr@prf.jcu.cz