Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Biologie ochrany přírody pro agroekology

Jaroslav Boháč

České Budějovice 2013

Obsah

1. Úvod……..3
2. Zemědělské ekosystémy a ochrana biodiverzity (agroekosystémy a agroekologie, agroekosystémy a přírodní ekosystémy)……4
3. Agroekosystémy a biodiverzita (služby ekosystémů, ekologická redundance, fukcionální biodiverzita, hodnocení biodiverzity).....9
4. Taxonomie jako základ studia přírody.....22
5. Hlavní hráči biodiverzity v agroekosystémech - bezobratlí v agroekosystémech……..25
6. Agroekosystémy a její vliv na biodiverzitu z hlediska její ochrany (centrální paradigma, hlavní dopady zemědělství na biodiverzitu, dopady a současná zemědělská praxe, cílové skupiny a otázky ochrany taxonomické a funkcionální biodiverzity, indikátorové skupiny, hodnota taxonu pro bioindikaci změn biodiverzity)…….....43
7. Zemědělské disturbance a jejich vliv na biodiverzitu (škůdci v zemědělství a ekologický pohled, kontrola a management škůdců, integrovaný management škůdců, pesticidy a jejich vliv na biodiverzitu, hlavní skupiny škůdců na nejdůležitějších plodinách)…….....49
8. Hlavní skupiny škůdců na významných zemědelckých plodinách.....53
9. Způsoby ochrany rostlin (vliv na biodiverzitu).....64
10. Biologická kontrola a ochrana druhů v agroekosystémech (klasická biologická kontrola, jednoduché nebo zmnožené kontroly škůdců, přirozená kontrola a předběžná biologická kontrola, dokumentace a odhad rizik, klasická biologická kontrola a její širší ekologické dopady, neoklasická biologická kontrola, hmyzí patogeny a kontrola škůdců)……..68
11. Kontrola škůdců managementovými opatřeními.....76
12. Ochrana ohrožených a chráněných druhů v agroekosystémech (modrásci rodu *Maculinea*, majky rodu *Meloe* a chřástal polní).....79
13. Zemědělství a okolní krajina (okraje polí, polní kultury jako biotop pro přirozené nepřátele, metapopulace: modely a případové studie, management okrajů agroekosystémů)……...…87
14. Pastviny a ochrana biodiverzity……90
15. Zemědělství v chráněných územích (udržitelný rozvoj, agroturistika, současné trendy v agroturistice, turistika a kulturní změna).....97
16. Závěr.....102
17. Kontrolní otázky…….....104
18. Doporučená literatura…… 108

1. Úvod

Cílem kursu je seznámit posluchače se základy současných biologických postupů aplikovaných v praktické ochraně přírody a krajiny se zvláštním zřetelem na agroekosystémy a okolní zemědělskou krajinu. Smyslem je naučit studenty takovému managementu kulturní krajiny, který podporuje biodiverzitu. Text vznikl na základ přednášek pro studenty magisterského studia oborů Agroekologie, Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině, Zemědělská technika a Pozemkové úpravy. Děkuji Ing. Zuzaně Jahnové za pomoc při dokončení textu.

2. Zemědělské ekosystémy a ochrana biodiverzity (rozdíly mezi agroekosystémy a přirozenými ekosystémy, hlavní faktory ovlivňující biotu)

Zemědělství můžeme definovat jako „praxi, vědu a umění pěstování plodin a chovu zvířat na organizovaných farmách“ (Gliessman, 1997). Je to nejrozšířenější způsob výroby na světě, na kterém je lidstvo existenčně závislé. Zároveň je to nejrozšířenější způsob využití zemského povrchu. Celkem 36 % povrchu Země slouží zemědělské produkci. Z toho plocha polních kultur tvoří přibližně 11 %. Pastevní plochy jsou mnohem rozšířenější. Ve světovém měřítku existují nejrůznější typy zemědělství a různá měřítka a intenzita obhospodařování. Zemědělství se vyvíjelo od nomádního pastevectví k intenzivnímu zemědělství. Časové období, po kterou byly jednotlivé části Země obhospodařovány, se liší. Zatímco změna evropské krajiny vlivem zemědělství proběhla už před 5000-7000 lety (Pretty, 1998), v Austrálii se vliv zemědělství projevil mnohem později (přibližně před 200 lety). Obecně se dá říci, že negativní vlivy zemědělství se zvyšovaly s nárůstem lidské populace. Zvyšovala se intenzita zemědělství a produkce cílových kultur a chovů. Používání fosilních paliv ještě zrychlilo zvyšování produktivity zemědělství.

V současné době můžeme rozlišit tři hlavní kategorie zemědělství vzhledem k jeho intenzitě (Gliessman, 1995):

1. Zemědělství bez dodatků energie. Je to nejprostší forma zemědělství. Jedná se vlastně jen o sklizeň divoce rostoucích plodin a pastvu na otevřených plochách.
2. Zemědělství s malými dodatky energie. Management je intenzivnější. Rostliny jsou pěstovány a chráněny od konkurentů člověka (plevele, škůdci), což zvyšuje výnosy.
3. Zemědělství s vysokými dodatky energie. Představuje nejintenzivnější kategorii s podstatným dodáváním energie a chemikálií, kultivaci v monokulturách s intenzivním managementem a značným vlivem na prostředí a biodiverzitu.

Zemědělství je založeno na využití biodiverzity (pěstovaných a chovaných druhů) ve prospěch člověka. Na druhé straně zemědělství biodiverzitu výrazným způsobem ovlivňuje. Často je tento vliv negativní (počet druhů a funkčních skupin se zmenšuje a služby agroekosystémů jsou degradovány). Zemědělství však může cíleným způsobem, zejména managementem, biodiverzitu výrazně podpořit.

Agroekosystém můžeme definovat jako zemědělský ekosystém s výrobou rostlinnou nebo živočišnou (Gliessman, 1997). Agroekosystém má své prostorové hranice, ovšem je ve vztahu s okolními ekosystémy. Liší se od přírodních ekosystémů (viz např. Gliessman, 1997, Odum, 1969) řadou charakteristik (viz tabulka 1). Celkově můžeme říci, že primární produkce agroekosystémů je vyšší než u přirozených ekosystémů. Druhová diverzita je u agroekosystémů většinou nižší než u přirozených ekosystémů. V některých případech (např. u epigeických bezobratlých) tom u tak nemusí být (počet druhů na orných polích může být např. vyšší než v původním lesním ekosystému. V tomto případě se však liší zastoupení druhů s různými ekologickými nároky (druhů s širokou nebo úzkou ekologickou valencí, nebo tak zvaných r a K stratégů). V agroekosystémech vždy naprosto převládají druhy s širokou

ekologickou valencí (r stratégové). Potravní vztahy jsou v agroekosystémech jednodušší než v přirozených ekosystémech a potravní sítě jsou méně komplexní. Látkové cykly jsou v agroekosystémech na rozdíl od přirozených ekosystémů otevřené (velká část biomasy je odvezena) a k udržení agroekosystémů jsou potřebné dodatkové zdroje energie (nafta pro zemědělské stroje, energie na výrobu umělých hnojiv, pesticidů, atd.). Pružnost (residence) agroekosystémů je malá, protože bez stálého vlivu člověka by se dlouhodobě neudržely. Heterogenita agroekosystémů je nízká ve srovnání s přirozenými ekosystémy. Zejména schází různá mikrostanoviště (viz dále).

Tabulka 1. Hlavní rozdíly mezi přírodními ekosystémy a agroekosystémy.

	Přírodní ekosystémy (nezávislé na člověku)	**Agroekosystémy** (závislé na člověku)
Čistá produktivita	Střední	Vysoká
Potravní vztahy	Komplexní, sítě	Jednoduchá, lineární
Druhová diverzita	Vysoká	Nízká
Genetická diverzita	Vysoká	Nízká
Látkové cykly	Uzavřené	Otevřené
Resilience	Vysoká	Nízká
Délka existence	Dlouhá	Krátká
Heterogenita stanovišť	Komplexní	Jednoduchá

Dalšími charakteristikami odlišujícími agroekosystémy od přirozených ekosystémů jsou:

- Agroekosystémy mají omezenou dobu trvání, každá plodina může být nahrazena, neexistuje sukcesní vývoj,
- Agroekosystém je masivně ovlivňován managementem jako jsou orba, vláčení, chemické ošetřování, atd. Tím se zcela mění mikroklimat a půdní vlastnosti,
- V agroekosystému často dominují nepůvodní druhy. Pokud se používají původní druhy jsou významně pozměněny selekcí. To vede ke genetické uniformitě,
- Většina agroekosystémů má nízkou druhovou diverzitu, mnoho je monokulturních s malou genetickou diverzitou,
- Většina agroekosystémů je tvořena stejnověkými rostlinami věku a podobné velikosti. Růst je simultánní u všech jedinců,
- Prostorová hustota jedinců v agroekosystémech je často mnohem větší, než v přirozených ekosystémech,

- Intenzivní hnojení vede k atraktivitě pro herbivory.

Přesto lze říci, že i v agroekosystémech a zejména v jejich okolí (zemědělská krajina) se setkáváme s velkým počtem druhů (viz dále příklady u bezobratlých živočichů) a mohou se zde vyskytovat i některé vzácné nebo ohrožené druhy, které jsou svou existencí závislé na managementu uskutečňovaném zemědělcem.

Biotu v agroekosystémech ovlivňují tři hlavní proměnné – prostor, čas a technologie:

- Prostorové využití využívání větších částí krajiny včetně přirozené vegetace. Důsledkem této činnosti je ztráta přirozené bioty a tím i míst výskytu přirozených nepřátel škůdců. Intenzivní zemědělská činnost vede ke fragmentaci krajiny a ztrátě okrajů polí.
- Časová dimenze znamená, že v zemědělství se používají rychleji rostoucí druhy rostlin. To vyžaduje řadu technologických opatření (např. zavlažování, hnojení, použití pesticidů, atd.). To často vede ke snížení půdní úrodnosti a zvýšení abundance škůdců.
- Technologická dimenze zahrnuje masivní použití pesticidů, geneticky uniformních odrůd a dalších způsobů managementu agroekosystémů (orba, směna kultur, atd.)

Hlavními trendy v managementu (NRC, 1989) v současnosti jsou:

- Tendence směrem k jednoduchým ročním plodinám,
- Biologická kontrola škůdců a management směrem k integrovanému managementu, redukce pesticidů,
- Prevence nemocí chovných zvířat
- Genetické manipulace pěstovaných druhů plodin zejména směrem ke zvýšení jejich rezistence ke škůdcům, zvýšení jejich odolnost k suchým obdobím a zvýšená schopnost využívat živiny.

Tyto trendy se překrývají. Hlavním cílem těchto opatření je:

- Větší produkce „čistých potravin“,
- Zvyšování kvality krajiny včetně půdy, vody, bioty a estetických hledisek,
- Minimalizace vlivu zemědělství na širší okolí,
- Ekonomická životaschopnost zemědělské výroby,
- Akceptovatelný pro společnost.

Uvedené trendy jsou charakteristické pro udržitelné zemědělství (sustainable agriculture). Tento termín byl poprvé použit Koganem (1998) ve smyslu zemědělství ekologicky čistého, s malými vstupy, zemědělství organického, alternativního, atd.

Charakteristiky udržitelného zemědělství (Pretty, 1998) jsou následující:

- Inkorporace přírodních procesů (cyklus látek, fixace dusíku, využití vztahů škůdců a predátorů) do produkčních procesů s cílem produkce ekonomicky výhodných a potravinářsky vhodných produktů,

- Redukce externích a nevratných vkladů s největším vlivem na životní prostředí a zdraví lidí a za minimalizování nákladů,
- Participace farmářů a venkovského obyvatelstva do všech procesů, technologií, atd,
- Využití všech prostředků pro sociální únosnost života obyvatel venkova,
- Největší možné využití lokálních technologií a znalostí se současnou aplikací inovací,
- Harmonizaci mezi produkcí a environmentálními charakteristikami včetně klimatu a krajinou s cílem podpory udržitelnosti produkce.

Ekonomické otázky hrají důležitou roli z hlediska udržitelnosti produkce v zemědělství a ovlivňují intenzitu managementu a vklady do zemědělství. Ekonomická cena práce se v období let 1950 – 1970 zvýšila o 300 %, zatímco cena zemědělských produktů vzrostla pouze o 25 %. Tento fakt vyvolává tlak na větší efektivitu práce a zvýšenou produkci. To je dosahováno větším užitím hnojiv a pesticidů, specializací a zvýšeným použitím zemědělské techniky. Uvedená fakta dále snižují diverzitu zemědělské krajiny a biodiverzitu obecně. Stupeň této diverzity můžeme kvantifikovat indikátory diverzity v zemědělství (Kuhbauch, 1998):

- Počet druhů rostlin používaných v regionu nebo na jednotlivých farmách,
- Podíl rozdělení polí do menších částí,
- Velikost jednotlivých polí,
- Procentuální zastoupení a velikost biotopů nevyužívaných pro produkci (meze, stromořadí, atd.),
- Intenzita a frekvence inputů (objem hnojení, aplikace pesticidů, zpracování půdy, atd.),
- Diverzita společenstev nezemědělské vegetace včetně plevelů,
- Diverzita společenstev doprovodných rostlin,
- Počet farem v regionu.

Podobně jako diverzitu zemědělství můžeme určit i **příznaky intenzivního zemědělství**. Jsou to následující znaky:

- Převažují oblasti s intenzivním zemědělstvím a malou biodiverzitou,
- Dominují prakticky holé (bare) regiony, jen málo ploch je zalesněných a se střední biodiverzitou,
- Je malá proporce oblastí nebo farem s udržitelným způsobem hospodařením vedoucím k větší biodiverzitě,
- Vyskytuje se jen málo „ostrůvků“ s přirozenou vegetací a prakticky schází oligotrofní stanoviště.

Hlavní změny ekologických charakteristik při převedení přirozených ekosystémů na agroekosystémy se týkají především změny diverzity společenstev organismů a stability a resilience ekosystémů. Tyto rozdíly jsou podobné jako mezi udržitelným a konvenčním zemědělstvím (Tabulka 2). Jedná se o následující změny:

- Druhová diverzita organismů v ekologickém zemědělství je střední oproti nízké v konvenčním

- Residence (pružnost) agroekosystémů v ekologickém zemědělství je větší než v konvenčním,
- Flexibilita agroekosystémů v ekologickém zemědělství je větší než v konvenčním,
- Velikost externích vkladů je ekologickém zemědělství střední, v konvenčním vysoká,
- Antropogenní narušení ekologických procesů je ekologickém zemědělství střední, v konvenčním vysoké,
- Autonomie je v konvenčním zemědělství nízká, v ekologickém zemědělství vysoká,
- Stabilita je v konvenčním zemědělství nízká, v ekologickém zemědělství vysoká,

Je třeba zdůraznit, že druhová diverzita společenstev organismů je často prezentována jako druhová bohatost, avšak musíme počítat také s diverzitou ekologickou, strukturální, společenstev a genetickou. Disturbance v agroekosystémech mají na společenstva takové ekologické důsledky, že převažují r stratégové (včetně plevelů a hmyzích škůdců) nad K stratégy a často je úplně nahrazují.

Tabulka 2. Udržitelné zemědělství napodobuje přirozené ekosystémy – srovnání konvenčního a udržitelného zemědělství.

	Konvenční zemědělství	**Ekologické zemědělství**
Druhová diverzita	Nízká	Střední
Resilience	Nízká	Střední
Flexibilita	Nízká	Střední
Potřeba externích inputů	Vysoká	Střední
Antropogenní narušení ekologických procesů	Vysoké	Střední
Autonomie	Nízká	Vysoká
Stabilita	Nízká	Nízká/střední

3. Agroekosystémy a biodiverzita (služby ekosystémů, biodiverzita a její hodnocení, hodnocení ekologického zdraví ekosystémů, ekologická redundance, fukcionální biodiverzita, hlavní hráči biodiverzity v agroekosystémech)

Za základní příčinu snížení biodiverzity je považována ztráta funkce ekosystémů jejich narušením. Je to právě zemědělství, které má zájem na jednoduchých a uniformních ekosystémech (monokultury) řízených člověkem. Tím způsobuje vyhynutí mnoha původních druhů, snížení druhové diverzity společenstev a ekosystémů a změny v početnosti druhů. Většinou je to spojeno s preventivními opatřeními před škůdci (většinou hmyz), kteří nacházejí v monokulturách ideální podmínky pro svůj vývoj.

Hlavním paradoxem současného zemědělství tedy je, jak efektivně regulovat početnost škůdců a zároveň nepoškodit nebo dokonce podpořit biodiverzitu ostatních organismů v agroekosystémech a jejich okolí. Na podpoře biodiverzity má zemědělství i vlastní zájem, zejména s ohledem na zvýšení početnosti opylovačů, predátorů a parazitů škůdců.

Hlavními vlivy zemědělství na ekosystémy jsou: ztráta nebo přeměna biotopů, znečištění pesticidy, introdukce nepůvodních a často exotických druhů rostlin a živočichů, přílišná exploatace půdy, odlesnění a změna travních ekosystémů, ztráta ekologické únosnosti ekosystémů a změna původní vegetace, která je spojena skoro vždy se ztrátou původního biotopu. Zemědělství ovlivňuje nejen terestrické, ale i sladkovodní a mořské ekosystémy, především splachem půdy z erodovaných zemědělských oblastí.

V naší středoevropské krajině můžeme dnes jen obtížně posoudit, jak zemědělství změnilo původní, člověkem nenarušené ekosystémy. Jiná je situace v některých jiných oblastech světa, kde přeměna původních biotopů na agroekosystémy proběhla teprve nedávno. Tak například v agroekosystémech na Sumatře vzniklých na místě původních ekosystémů klesl počet druhů hmyzu žijícího na vegetaci na polovinu (New, 2005). Negativní vliv se projevil i u půdních bezobratlých, zejména v souvislosti s utužením půdy. Také v jiných oblastech (Austrálie, Kamerun, Costa Rica) došlo k pronikavému snížení počtu druhů žijících na stromové vegetaci a druhů žijících v rostlinném opadu po přeměně původních biotopů na zemědělské plochy (New, 2005).

V člověkem dříve ovlivněných biotopech je snížení druhové diverzity po přeměně biotopů na agroekosystémy méně výrazné vzhledem k většímu zastoupení méně specializované flóry a fauny. Hlavními vlivy ovlivňujícími formování společenstev v nových agroekosystémech jsou absence opadu a vysušování a utužování půdy, izolace zbytků původních okolních biotopů a fragmentace krajiny. Fragmentace krajiny vede ke ztrátě její kontinuity. Zbytkové plošky (biotopy) jsou menší a jsou od sebe více vzdáleny. Fragmentace krajiny má za následek rozdělení populací organismů a genetickou izolaci mezi populacemi. Fragmentovaná krajina je pro mnohé organismy těžko průchodná vzhledem k nepřekročitelným bariérám. Pro mnohé, mnohdy invazní, druhy však člověkem vytvořené koridory v krajině usnadňují jejich pohyb. Odpověď na otázku jak fragmentace ovlivňuje organismy je však velmi obtížná, protože různé druhy mohou reagovat naprosto protichůdně (Gutzwiller, 2002). Odpověď bychom tedy měli hledat podle reakce jednotlivých druhů.

Dalším problémem zemědělské praxe je znečištění prostředí v souvislosti s použitím pesticidů. Je způsobeno nekritickým použitím pesticidů v lokálním i globálním měřítku. Mnohé insekticidy, používané proti škodlivému hmyzu, zasáhly i tak zvané necílové organismy.

Velký problém představuje introdukce exotických druhů společně s pěstovanými rostlinami. Tyto druhy se často stávají škůdci na původních druzích rostlin. Další druhy mohou konkurovat domácím druhům jako predátoři nebo herbivoři. V některých případech se mohou stát dominantními v novém prostředí. Tak např. v Austrálii žije celkem 150 druhů mšic, z nichž je však 120 druhů exotických. Vyskytují se jak na zemědělských plodinách, tak i okrasných rostlinách. Stejné problémy jsou s introdukovanými opylovači. Introdukovaná včela medonosná navštěvuje v Austrálii 200 druhů původních druhů rostlin a konzumuje nektar původním druhům. Tím ovlivňuje opylování původních druhů rostlin a ovlivňuje produkci jejich semen.

V mnoha případech je zemědělství hlavní příčinou ohrožení některých skupin organismů. Tak například u evropských denních motýlů je zemědělství hlavní příčinou ohrožení 63 z celkem 69 ohrožených druhů (Wood & Lenné, 1999). Podle údajů IUCN (2002) je zemědělstvím ohroženo 1854 bezobratlých (nejvíce motýli a měkkýši).

Biodiverzita je často popisována jako druhová bohatost, avšak musíme počítat s ekologickou, strukturální a genetickou diverzitou. Pro agroekosystémy jsou velmi významné tak zvané funkční gildy – tedy skupiny s určitou funkcí v agroekosystémech. Jako příklad takových významných skupin si můžeme uvést například dravé a parazitické druhy nebo opylovače. Tyto funkční skupiny, tvořené především bezobratlými živočichy, zastávají v agroekosystémech významné ekologické služby. Ostatní druhy rostlin a obratlovců přispívají k těmto ekologickým službám nesrovnatelně méně. Úloha opylovačů a predátorů v agroekosystémech je většinou ignorována.

Větší druhová pestrost v agroekosystémech a víc funkcionálních skupin odpovídá stabilnějšímu sytému. Větší diverzita a víc funkcionálních skupin znamená také víc ekologických služeb. Menší diverzita funkcionálních skupin znamená větší dodatky energie. Většina vztahů trofických a tedy komplexnější systémy mají komplexnější potravní síť s větší flexibilitou. Biodiverzita podporuje ekosystémové procesy, zejména má vliv na strukturu půdy (žížaly, mravenci, termiti), na dekompozici (uvedení a další dekompozitoři) a kontrolu tak zvaných škodlivých druhů (predátoři a paraziti). Velkou roli pro formování biodiverzity v agroekosystémech hraje biodiverzita v okolních biotopech.

Druhově nejpočetnější a zároveň nejvýznamnější skupinou v agroekosystémech jsou jednoznačně bezobratlí živočichové. Ostatní druhy rostlin a obratlovců jsou v agroekosystémech zastoupeny nesrovnatelně méně. Počty druhů v mnoha agroekosystémech, včetně našich, jsou velmi vysoké. Bylo zjištěno, že v mírném pásu se na polích vyskytuje 1500 – 3000 druhů bezobratlých (New, 2005). Na bavlníkových polích v USA bylo zjištěno 600-1000 bezobratlých. Vysoká je také biomasa některých skupin bezobratlých v agroekosystémech. Tak na 1 ha může žít až 50 kg drobných bezobratlých, zejména hlístic a až 20 kg drobných členovců jako jsou chvostoskoci, roztoči a další. Počet dravých druhů bezobratlých v agroekosystémech Velké Británie je odhadován na 400 druhů. Tyto druhy jsou velmi významné pro regulaci tak zvaných škodlivých druhů. V našich podmínkách se v polních kulturách vyskytuje asi 400 druhů drabčíků a 100 druhů střevlíků

(Boháč, 1999). Kromě toho se v agroekosystémech velmi početně vyskytují další významné skupiny bezobratlých, např. žížaly, hlístice, roztoči a další.

Všeobecně se předpokládá, že zemědělství je příčinou ztráty biodiverzity. Ztráta přirozených stanovišť a vytlačení původních druhů (K stratégů) je zřejmá (New, 2005). Zatím máme nedostatek údajů o vlivu managementu (orba, odvodnění, směna plodin, pastva, hnojení a pesticidy) současných agroekosytémů na biodiverzitu. Přesto je biomasa necílových (neprodukčních) organismů v agroekosystémech impozantní. Tak např. v Austrálii bylo zjištěno na 1 ha půdy v průměru 20.000 kg mikrofauny (bakterie houby), 50 kg mezofauny (prvoci, hlístice), 20 kg drobných mikroartropod (roztoči, chvostoskoci).

Služby ekosystémů (příklad bezobratlých)

Bezobratlí živočichové poskytují v agroekosystémech enormní ekologické služby. Úloha ostatních rostlin a obratlovců v ekosystémových službách je nesrovnatelně menší. Mezi obrovským počtem druhů bezobratlých je jen nepatrné množství druhů patřících mezi tak zvané „škůdce“. Význam opylovačů, predátorů a parazitů je většinou ignorována. Z uvedených údajů je zřejmé, že větší druhová pestrost v agroekosystémech a víc funkcionálních skupin odpovídá stabilnějšímu sytému (bezobratlí podporují opylování rostlin, rozklad rostlinných zbytků a omezení počtu tak zvaných škůdců). Větší biodiverzita a víc funkcionálních skupin znamená tedy víc ekologických služeb pro zemědělce. Menší diverzita funkcionálních skupin znamená větší dodatky energie ve formě hnojiv a pesticidů. Většina vztahů v agroekosystémech jsou vztahy potravní a komplexnější systémy mají komplexnější potravní síť s větší flexibilitou při disturbancích. Biodiverzita podporuje ekosystémové procesy, zejména je prokázán její vliv na 1/ strukturu půdy (žížaly, mravenci, termiti), 2/ dekompozici (uvedení a další dekompozitoři), 3/ regulaci škůdců (predátoři a paraziti).
Jako příklad ekosystémových služeb poskytovaných bezobratlými asi zmůžeme uvést opylování kulturních rostlin, což je klíčová ekosystémová služba. Včela medonosná a další hmyz (zejména čmeláci a někteří představitelé dvoukřídlých) opylují všechny zemědělské i divoce rostoucí hmyzosnubné rostliny. V poslední době jsme svědky výrazného snížení populací včely medonosné. Také divoce žijící včely a čmeláci výrazně snížili svou početnost. Zdá se, že tento negativní jev závisí na řadě faktorů z nichž nejdůležitější jsou ztráta biotopů, klimatická změna, fragmentace krajiny a jejich následky. Byla vytvořena dokonce mezinárodní iniciativa k výzkumu opylovačů (www.cbd.int/decision/cop) a další regionální programy jednotlivých států. Důvodem je obrovská ekonomická hodnota řinnosti opylovačů. Tato ekonomická hodnota opylování hmyzem byla určena pro jednotlivé světadíly v miliardách Euro (www.fao.org)(Tabulka 3).

Tabulka 3. Ekonomická hodnota činnosti opylovačů v jednotlivých světadílech (miliardy Euro) podle FAO.

Afrika	11.9
Asie	89.4
Evropa	22.0
Severní Amerika	14.4
Jižní a střední Amerika	15.1

Hlavními opylovači jsou následující druhy a skupiny:

- Včela medonosná (*Apis mellifera*)
- V některých oblastech ale i jiné druhy (např. *Megachile rotundata*)
- Některé další skupiny hmyzu, zejména čmeláci a některé skupiny dvoukřídlých (např. pestřenky)

Pro zemědělce je úloha opylovačů klíčová, protože včela medonosná zvyšuje úrodu zemědělských plodin až o 96 %. U jiných opylovačů taková kvantitativní data schází.

V současné době jsme svědky vymírání kolonií včely medonosné. Rychlost tohoto vymírání je obrovská:

- v USA vyhynulo 59 % kolonií mezi roky 1947 a 2005,
- ve střední Evropa byla zaznamenána 25 % ztráta kolonií mezi roky 1985 a 2005.

Hlavní příčinou tohoto neutěšeného stavu je rozšíření invazivního druhu ektoparazitického roztoče *Varroa destructor* (obr.1).

Obr 1. Roztoč *Varroa destructor* na těle včely medonosné.

Kromě invazního roztoče však existují i **další příčiny úbytku populací včely medonosné a dalších opylovačů**. Jsou to zejména následující faktory:

- V současné době jsme svědky zániku chovu včel (úbytek včelstev v USA a v Evropě o 45 % ve srovnání s rokem 1961),
- Na druhé straně plocha zemědělských plodin závislých na opylování včelami vzrostla o více jak 300 %,
- Víme jen málo o změnách populací včel a ostatních opylovačů (nejsou koordinované programy výzkumu jako např. u denních motýlů).

Poměrně dobře jsou dokumentováni v některých evropských zemích čmeláci (*Bombus*). Ve Velké Británii 6 druhů čmeláků ze 16 neparazitických druhů silně snížilo svou početnost, 4 druhy slabě a u 6 jsou populace stálé.

Existují **data o opylovačích a pestřenkách** v Holandsku a Velké Británii. **Výsledky těchto výzkumů můžeme shrnout v následujících závěrech:**

- Obecně tito opylovači snížili svou početnost v obou zemích a ve všech typech kulturní krajiny,
- Více ubyly specializované druhy ve srovnání s generalisty a druhy málo s menší schopností migrovat,
- Generalisté a migrující druhy mají více méně stejnou početnost populací nebo početnost populací zvyšují,
- Hmyzosnubné rostliny silně snížily svou početnost,
- V Holandsku, kde zvýšila početnost pestřenek, se snížila jen početnost rostliny opylovaných včelami.

Závěr výzkumů ukázal na **hlavní příčiny negativních změn v početnosti včelstev a populací ostatních druhů opylovačů**. Jedná se o **aditivní efekt** následujících hlavních negativních vlivů:

- Změna struktury krajiny (ztráta biotopů, fragmentace krajiny, degradace biodiverzity rostlinných druhů),
- Přímý negativní dopad vzdálenosti polopřirozených biotopů od hnízd opylovačů,
- Nedostatek kvetoucích rostlin jako zdroj potravy a nedostatek hnízdních možností pro divoce žijící druhy včel a čmeláky,
- Aplikace pesticidů (zejména insekticidů) a znečištění prostředí polutanty,
- Nepřímý vliv herbicidů a hnojiv na druhové složení společenstev vyšších rostlin (např. ve Velké Británii 76 % rostlin opylovaných čmeláky výrazně snížilo svou početnost mezi roky 1978-1998),
- Zavlečené druhy a patogeny (zejména invazní druh *Varroa destructor*, který se objevil i na relativně izolovaných Havajských ostrovech),
- Klimatická změna, která umožňuje šíření chorob a parazitů opylovačů, zejména invazních druhů. Mění se druhové složení společenstev rostlin, dochází k negativnímu ovlivnění populací opylovačů poměrně teplými zimami, suchým jarním obdobím a deštivými léty.

K úbytku opylovačů přispívají **další aditivní vlivy**. Jsou to zejména:

- Další environmentální stresory,
- Nemoci,
- Snížení vitality a genetické diverzity.

Introdukovaní opylovači nemají vždy jen kladný ekonomický vliv (viz předcházející fakta). Včela medonosná jako introdukovaný druh ubírá potravu místním opylovačům v Austrálii. Stejné problémy jsou s introdukcí včely medonosné a čmeláka zemního (*Bombus terrestris*) v Japonsku.

Bezobratlí jako bioindikátory ekologického zdraví prostředí

Ve středoevropské kulturní krajině se jen málo druhů vyskytuje pouze málo skupin v přirozených ekosystémech. Bezobratlí v agroekosystémech mohou být využiti jako indikátory ekologického zdraví prostředí.

Jako příklad si můžeme uvést představitele epigeických brouků (žijí na povrch půdy). Uvedeme si příklad nejpočetnějších epigeických bezobratlých - střevlíků a drabčíků.

Střevlíkovití i drabčíkovití brouci patří k významným skupinám hmyzu používaným při bioindikačních studiích, zejména v krajinném měřítku. Je to způsobeno relativně jednoduchým způsobem odběru vzorků v terénu metodou zemních pastí a půdních vzorků (Absolon, 1994, Krásenský, 2004), relativně dobrou znalostí jejich biologických nároků a možností určení. Základní údaje o autekologii střevlíků a drabčíků jsou obsaženy v desítkách prací různých autorů, kteří během terénních průzkumů zjistili ekologickou preferenci jednotlivých druhů. V těchto ekologických průzkumech se často vycházelo ze znalostí autekologie druhů v určitých geografických areálech. Nejlépe je prozkoumána bionomie druhů západoevropských a středoevropských, případně skandinávských. Prvotní dělení druhů podle jejich bionomie bylo zaměřeno zejména na poznání jejich výskytu v lesních nebo nelesních biotopech a horských nebo nížinných oblastech. Postupně entomologové soustředili pozornost na preferenci druhů k specializovaným typům biotopů, jako jsou například mokřady, slaniska, různé rostlinné asociace, hnízda drobných savců a sociálního hmyzu, atd. Zjistili, že ekologické nároky některých druhů zpětně ovlivňuje jejich rozšíření a že některé druhy svým rozšířením indikují poslední ostrůvky málo ovlivněných biotopů, např. původních lesních biotopů (Horion, 1965, 1967). Studium vlivu antropogenního ovlivnění na společenstva střevlíků a drabčíků se dostávalo do popředí až přibližně v polovině minulého století.

Podle vazby na biotop byli střevlíkovití rozděleni do několika skupin odrážejících šíři jejich ekologické niky (stenotop, eurytop), vazbu na člověka (synantrop), teplotu (stenoterm, euryterm), frekvenci výskytu v různém spektru biotopů (ubikvist) (Koch, 1989). Zvláštní vazba nebo tolerance k vybraným faktorům prostředí je charakterizována zařazením střevlíků nebo drabčíků mezi následující skupiny: acidofil, koprofil, halofil, hygrofil, mycetofil, myrmekofil, petrofil, foleofil, psamofil, saprofil, termofil, troglofil, tyrfofil, xerofil (Koch, 1989). Poznání obsazení zvláštních ekologických nik v ekosystémech a v krajině posloužilo pro vytvoření charakteristik druhů jako např. arborikol, arenikol, boletikol, kampikol, kavernikol, korticol, fungikol, florikol, humikol, mikrokavernikol, muscikol, paludikol, petrikol, fytodetrikol, ripikol, silvikol, sfagnikol, terikol (Koch, 1989).

Na základě potravní vazby byli střevlíkovití a drabčíkovití rozděleni na monofágy, polyfágy, fytofágy, algofágy, zoofágy, afidofágy, koprofágy, mycetofágy, saprofágy, myrmekofágy a nekrofágy (Koch, 1989).

Takový souhrn autekologických informací o jednotlivých druzích, často posuzovaný ze subjektivního hlediska, tvoří základní informaci o ekologických nárocích druhů. Tyto

informace jsou však důležité, protože přesná autekologická měření a pozorování s pomocí současného sledování parametrů prostředí většinou scházejí. Až v poslední době jsou častější studie sledující kromě změn společenstev střevlíků a drabčíků i korelace s některými charakteristikami prostředí (půdními charakteristikami, krajinnými charakteristikami). Nicméně u většiny druhů takovou korekci nemáme. V řadě případů, kdy se určité charakteristiky prostředí měří pedologickými a jinými technickými metodami, jsou získané výsledky těžko využitelné pro střevlíky a drabčíky. Důvodem je to, že se tito brouci často vyskytují v různých mikrobiotopech (trsy trav, mech, zbytky organických látek, mrtvé dřevo atd.), jejichž charakteristiky jsou klasickými metodami těžko měřitelné. V tomto případě klasické pedologické metody nepomohou a je nezbytný vývoj speciálních postupů.

Hodnocení ekologického zdraví agroekosystémů

Znalosti bionomie a ekologických nároků jednotlivých druhů jsou důležité pro interpretaci dalších metod používaných pro hodnocení společenstev střevlíků a drabčíků.

Rozdělení do skupin podle tolerance k antropogenním vlivům (disturbancím), škály biotopů s různě silným antropogenním vlivem, biotické indexy

Ekologické znalosti o jednotlivých druzích střevlíků a drabčíků posloužily pro jejich rozdělení do skupin podle tolerance k antropogenním vlivům (Hůrka et al., 1996 pro střevlíky, Boháč, 1988, 1990, 1999, Boháč, Matějíček, Rous, 2007 pro drabčíky).

Při vyhodnocení struktury společenstev brouků podle frekvence počtu exemplářů druhů jednotlivých skupin podle tolerance k antropogenním vlivům byly naše druhy střevlíků a drabčíků rozděleny do tří skupin. První skupinu tvoří druhy s nejužší ekologickou valencí, mající v současnosti mnohdy charakter reliktů (skupina R u střevlíků nebo RI u drabčíků - druhy biotopů nejméně ovlivněných činností člověka), druhou skupinu reprezentují adaptabilnější druhy (skupina A u střevlíků nebo RII u drabčíků – druhy stanovišť středně ovlivněných činností člověka, většinou druhy kulturních lesů, ale i druhy neregulovaných a původnějších břehů toků) a třetí skupina je reprezentována eurytopními druhy (skupina E - druhy odlesněných stanovišť silně ovlivněných činností člověka) (podrobněji Boháč, 1988, 1990, 1999; Hůrka et al., 1996). Jak je zřejmé z předcházejícího textu, označení skupin u střevlíků a drabčíků je různé a platí následující pravidlo: R podle Hůrky a kol. (1996) = RI podle Boháče (1988), A podle Hůrky a kol. (1996) = R2 podle Boháče (1988) a E Hůrky a kol. (1996) je totožné se skupinou E ve smyslu používaném Boháčem (1988).

Nízký podíl expanzivních druhů nám v nelesních biotopech signalizuje vysoké přírodní hodnoty zkoumaných stanovišť a naopak. Také podíl reliktů I. řádu ve stanovištích ukazuje na jejich původnost (Boháč, 1988, 1990, 1999; Hůrka a kol., 1996).

Na základě tohoto dělení střevlíků a drabčíků do skupin podle tolerance k antropogenním vlivům byl vytvořen biotický index nazvaný index antropogenního ovlivnění společenstev drabčíků a střevlíků (Boháč, 1990, 1999). Tento index byl stanoven podle následujícího vzorce: $I = 100 - (E + 0{,}5\ R2)$, kde E = frekvence expanzivních druhů (%) a R2 = frekvence reliktů II řádu (%). Hodnota indexu se pohybuje od 0 (ve společenstvu byly zjištěny pouze expanzivní druhy a společenstvo je nejvíce člověkem ovlivněno) do 100 (ve společenstvu se vyskytují pouze relikty I. řádu a společenstvo není člověkem ovlivněno).

Sledování katén s měřením biotických parametrů a společenstva střevlíků a drabčíků

Sledování společenstev střevlíkovitých a drabčíkovitých brouků ve vzájemně navazujících biotopech (katéně), kde se zároveň plynule mění charakteristiky prostředí, umožňují určit ekologickou charakteristiku (preferenci k určitému biotopu) jednotlivých druhů a vliv člověka (managementu) na jejich společenstva. V případě, kdy jsou měřeny některé abiotické charakteristiky prostředí (např. obsah vody, dusíku a organické hmoty v půdě, zasolení půd), lze ještě lépe zpřesnit ekologické nároky nebo toleranci jednotlivých druhů (např. Gamarra, Outerelo, 2001).

Statistické metody pro hodnocení společenstev střevlíků a drabčíků

Mezi nejčastěji používané statistické metody pro hodnocení společenstev střevlíků a drabčíků patří shluková analýza, dvoucestná analýza variance a mnohorozměrné metody (ordinace, kanonické analýzy). Tyto metody jsou podrobně popsány např. v práci Lepše (1996).

Shluková analýza slouží k nalezení takové skupiny druhů (střevlíků, drabčíků) v celém souboru, které jsou si podobné a zároveň se liší od jiných skupin. V hodnocení společenstev střevlíků a drabčíků se tato metoda velmi často používá pro klasifikaci společenstev brouků různých rostlinných společenstev nebo společenstev s různým antropogenním narušením (Boháč, 2001). Podle některých autorů (Lepš, 1996) je to metoda prvního stupně analýzy dat, která by měla sloužit k navržení hypotéz.

Dvoucestná analýza variance (ANOVA) byla použita pro laboratorní a terénní sledování střevlíkovitých a drabčíkovitých brouků na výsypkách (Topp et al., 2001). Hlavní faktory ovlivňující společenstva střevlíků a drabčíků byly stáří výsypky, reliéf, typ rostlinného pokryvu a textura.

Velmi často se pro hodnocení společenstev střevlíkovitých a drabčíkovitých používají mnohorozměrné metody (ordinace, kanonické analýzy). Předpokládá se, že společenstva jsou objekty a charakteristikami je zastoupení druhů. Dále se předpokládá, že zastoupení druhů je určeno několika málo významnými gradienty prostředí. Kanonické analýzy hodnotí dvě skupin proměnných, např. soubor společenstev a charakteristiky prostředí. Podobně jako v agroekosystémech, může být metoda kanonické analýzy využita pro hodnocení vlivu vodního režimu na společenstva brouků (Boháč, Frouz & Syrovátka, 2005).

Studium mikrostruktur, experimentální pokusy

Střevlíci a drabčíci jsou v krajině často rozptýleni nerovnoměrně a osidlují mikrobiotopy (různé morfologicky ohraničené komponenty např. trsy trávy, mechové polštáře, atd.) (Meissner, Janusch, 1996). Tyto mikrobiotopy mají různou prostorovou mikrostrukturu a abiotické a biotické vlastnosti. Kvantifikace těchto charakteristik mikrostruktur (pórovitost, obsah vody, vzduchu, podíl anorganických a organických látek, pH) a preference výskytu brouků v mikrobiotopech s různou mikrostrukturou umožňuje upřesnit jejich ekologické nároky (Meissner, Janusch, 1996). Pokusy v laboratorních podmínkách prokázaly různou preferenci brouků vzhledem k hustotě a tvaru mikrostruktur (Meissner, Janusch, 1996).

Ekologická redundance

Jaký je vliv vysoké hodnoty biodiverzity na integritu (stabilitu) ekosystémů včetně agroekosystémů? Je vyšší počet druhů zárukou větší stability ekosystémů i v agroekosystémech?

Klasikové ekologie (Mac Arthur 1955, Margalef, 1958) si představovali, že s větší druhovou rozmanitostí společenstev a ekosystémů se jejich zvětšuje stabilita. To bylo založeno na představě, že pakliže nějaký druh vyhyne, v druhově bohatém společenstvu ho nahradí jiný druh. Mnozí autoři tuto představu kritizovali z mnoha následujících důvodů:

- Srovnání oblastí s různou diverzitou: jednoduchý gradient v populační stabilitě ve směru sever jih neexistuje. Příčiny diverzity jsou různorodější. Tropické lesy mají větší diverzitu, která ale nevede k větší stabilitě v případě překročení určitého prahu.
- Srovnání mezi různými stádii sukcese. Starší stádia sukcese nejsou vždy nutně druhově bohatší, např. klimaxové lesy mírného pásma.
- Studie o stabilitě monokultur. Jsou velmi stabilní monokultury, nejen v extrémních biotopech, ale široce rozšířená mnohodruhová společenstva (Phragmites).
- Studie o biologických invazích. Úspěšnost invadujícího druhu více závisí na charakteru (agresivitě) druhu než na charakteru společenstva kam druh proniká.
- Experimenty s umělou kombinací několika druhů ukazují na nestabilitu, ale kombinace mnoha druhů je těžko kontrolovatelná (mnoho faktorů).

Otázka vysoké biodiverzity a ekologické integrity agroekosystémů je stále aktuální. U agroekosystémů to však často není otázka počtu druh, ale vztah mezi biodiverzitou a ekologickými funkcemi (Schwartz, 2000). Pro odhad a ztrátu ekologických funkcí se stále více používají tak zvané funkční guildy (Walker, 1992) nebo životní strategie (skupiny podle citlivosti k antropogenním vlivům) (Boháč, 1999). Přitom zásadní je význam tak zvaných „keystone species“, často i bezobratlých (např. lýkožrout smrkový v horských smrčinách).

Jaký je význam jednotlivých druhů v agroekosystémech je stále nejasné. Příčinou je obrovský počet druhů bezobratlých žijících na polích, jejich vzájemné vztahy, atd. V následujících si připomeneme hlavní druhy bezobratlých ovlivňujících agroekosystémy.

Rozdělení biodiverzity v agroekosystémech, vzácné a ohrožené druhy v agroekosystémech, vliv okolní krajiny na společenstva organismů agroekosystémů

Biodiverzitu v agroekosystémech můžeme rozdělit do různých skupin podle antropogenního dělení. **Základní skupiny** jsou:

- Plánovaná (pěstovaná) a doprovodná (ostatní organismy) biodiverzita v agroekosystémech (plánovaná biodiverzita ovlivňuje funkce ekosystému, vytváří podmínky pro doprovodnou biodiverzitu v okolí),
- Přirození nepřátelé a parazité v okolním ekosystému,
- Využívané druhy (target species),
- Druhy nebezpečné pro agroekosystémy nebo nechtěné,
- Druh trpěné,
- „Užitečné“ druhy,
- „Škodlivé“ druhy,

- „Vzácné a ohrožené“ druhy,
- „Neutrální“ druhy.

Celkově lze biotu v agroekosysémech rozdělit na následující skupiny:

- Produkční biotu,
- Ostatní biotu,
- Destruktivní biotu.

Kromě běžných ubikvistních druhů se mohou v agroekosystémech a v zemědělské krajině vyskytovat i tak zvané **vzácné druhy** a druhy ohrožené podle zákona nebo vyjmenované v tak zvaných „červených knihách“.

Ohrožené a chráněné druhy jsou taxativně určeny zákony nebo obsaženy v jiných veřejně dostupných materiálech (např. zákon o ochraně přírody a krajiny, Evropské zákony a směrnice, materiály IUCN, červené knihy, atd.). Co jsou však vzácné druhy v přírodě a jak je možné charakterizovat? Obecně lze říci, že to jsou druhy s nízkou početností nebo jsou to druhy, které nedokážeme v terénu zjistit, protože žijí skrytě a metody odběru vzorků jsou nedokonalé (zejména bezobratlí živočichové).

Termín vzácnost nebyl dost jasně determinován. Přesto je možné říci, že **kritérii vzácnosti** jsou:

- Zeměpisné rozšíření (malé nebo velké)
- Biotopová preference (malá nebo velká)
- Velikost lokální populace (malá nebo velká)

Tato **kritéria mohou být v osmi kombinacích**, z nichž **dvě jsou extrémní**:

- Druh s velkým širokým zeměpisným rozšířením, širokou preferencí biotopů a často velkou lokální populací (hojný druh),
- Druh s opačnými charakteristikami (klasický vzácný druh),
- Ostatní skupiny mají minimálně jedno kritérium vzácnosti.

Je zřejmé, že v běžném seznamu druhů ČR máme nejméně v sedmi kategoriích co do činění s druhem, který má vždy jednu charakteristiku vzácného druhu.

Příklady vzácných, chráněných nebo ohrožených druhů organismů žijících v agroekosystémech jsou uvedeny v dalším textu (viz např. chřástal polní, modrásci rodu *Maculinea* nebo majky rodu *Meloe*).

Závislost biodiverzity v agroekosystémech na okolní krajině

Biodiverzita v agroekosystémech je závislá na okolním prostředí, zejména na následujících faktorech:

- Okolní vegetaci,
- Zastoupení zemědělských plodin,
- Intenzitě managementu,
- Izolaci agroekosystému od okolní vegetace.

Ač se to zdá neuvěřitelné, máme stále nedostatek dat o tom, jak zemědělství ovlivňuje biodiverzitu. Zejména je stále ne zcela jasné, jaká je úloha jednotlivých faktorů (různé způsoby managementu a abiotické podmínky). Není také přesně známo, zda rozhodujícím faktorem ovlivnění biodiverzity je jejich zničení (ztráta) nebo změna jejich kvalitativních znaků. Rozhodující je často studium společenstev a druhů a jejich funkčních skupin a

ekologických charakteristik. Stále máme málo dat což je námětem pro další výzkum v agroekosystémech.

Neprodukční význam rostlinné biodiverzity v agroekosystémech

Neprodukční okolní biodiverzita v okolí agroekosystémech má značný význam. Nejedná se jen o to, že je zdrojem predátorů a parazitů škůdců hospodářských plodin. Pro plánovanou biodiverzitu (pěstované plodiny) poskytuje další služby, zejména:

- Remízky (stromy a keře) poskytují stín pro ostatní druhy organismů, mají hydrologickou roli a roli v půdní úrodnosti, nezanedbatelná je role estetická,
- Plevele a jiné zachycují živiny, chrání půdu, doprovodnou biodiverzitu, jsou potravním zdrojem pro půdní faunu, fixují dusík, vytváří mikroklima, atd.
- Zbytky plodin vytváří půdní vlhkost, chrání před erozí, jsou zdrojem živin doprovodnou živin biodiverzitu, vytváří mikrobiální produkty, půdní organickou hmotu, atd.
- Kořeny rostlin přispívají k tvorbě půdní mikrostruktury, vytvářejí makropóry, přispívají k transportu organické hmoty mezi plodinami a jsou zdrojem pro doprovodnou biodiverzitu, zvláště půdní.

Specifický management posilující vliv kontrolu škůdců a cyklus látek

Hlavní role v tomto případě patří bezobratlým živočichům. Jedná se hlavně o následující úlohy – opylování, kvalita půdy a koloběh živin. Kvantifikace uvedených funkcí je obtížná.

Vliv bezobratlých je zřejmý zejména na následující funkce:

- vliv bezobratlých na migraci dusíku (Austrálie, USA, Rusko),
- přímý vliv migraci na uhlíku, méně dusíku a fosforu,

Struktura a početnost bezobratlých má zásadní vliv na:

- Posilování vegetace, zejména trvalých travních porostů a bylin (refugia predátorů a parazitů)
- Vegetaci a v souvislosti s tím na půdní vlhkost, migraci prvků a zdroj živin,
- Hnojiva v závislosti na dekompozici uhlíku a dusíku,
- Relativně nízké aplikaci hnojiv, pesticidů a těžkých kovů.

Biodiverzita a zemědělství v ČR

Ačkoliv se od roku 2000 snížila výměra orné půdy v ČR na 12 %, je podíl orné půdy ze zemědělského půdního fondu v zemědělství ČR nadále velmi vysoký. Zornění podle informací z ČÚZK zůstává na stejné úrovni (v roce 2004 představovalo zornění 71,6 %, v roce 2003 to bylo 71,8 %). Právě vysoké zornění činí ze struktury osevních postupů velmi výrazný prvek agrobiodiverzity.

Ekologický požadavek na pestrost agroekosystému zaručující zároveň i ekonomickou úspěšnost podniku vychází z předpokladu zastoupení minimálně 4-5 různých druhů plodin ve struktuře rostlinné výroby. Užší zastoupení plodin v osevním postupu zvyšuje ekologickou zátěž krajiny, navyšuje potřebu agrochemických vstupů, zhoršuje půdní úrodnost, navyšuje riziko výskytu a kumulace škodlivých činitelů a obvykle zapříčiňuje i snižování kvality

produkce. Překročení všeobecně známých optimální hodnot zastoupení jednotlivých druhů plodin na orné půdě lze realizovat pouze krátkodobě (nejvýše 2-4 roky).

Je zřejmé, že skladba osevních postupů nemůže být pro všechny oblasti uniformní, ale měla by být určitým kompromisem mezi stanovištními a ekonomickými podmínkami za současného naplnění požadavků ekologických. Střídání plodin má mnoho výhod, jako je zvýšený příjem dusíku, zlepšení využitelnosti vody a živin, zvýšení mikrobiální aktivity, potlačování plevelů, snížení napadení škůdci a chorobami, příznivý účinek látek pocházejících z rostlinných zbytků. Kladný vliv střídání plodin lze podle různých studií vyjádřit zvýšením výnosů o 5 – 20% (Vrkoč a kol. 1996). Skladba rostlin je v souhrnu pro ekonomické výsledky podniku důležitější než hnojení, výběr odrůd a ostatní podobné faktory. Vzhledem k tomu, že žádný objem hnojiv nebo pesticidů nemůže, zejména na méně úrodných půdách, plně nahradit důsledek vhodného střídání plodin, poroste zájem a důraz na vhodnou a dostatečně pestrou skladbu osevních postupů zároveň s rostoucí cenou energie a průmyslových hnojiv.

Pro zvýšení diverzity agroekosystému a dosažení biologické vyváženosti je vhodné mimo správné volby hlavních plodin v osevních postupech využívat i meziplodiny, např. jako přerušovače obilních sledů. Z hlediska ekonomicko-organizačního umožňuje širší druhové zastoupení plodin vhodnější časové rozdělení prací, usnadňuje návaznost pracovních operací a zvládnutí pracovních špiček a v neposlední řadě je předpokladem dobré kvality vypěstovaných produktů. Pozitivní vliv na agrobiodiverzitu, ale i na ekonomickou prosperitu podniku má kromě tradičních plodin zvláště v menších podnicích i pěstování některých alternativních a speciálních tržních plodin. Vzhledem k tomu, že tyto plodiny a širší osevní postupy obecně nacházíme častěji u ekologicky hospodařících farem, lze v současné době ekologické zemědělství na orné půdě z hlediska agrobiodiverzity hodnotit lépe než konvenční způsoby hospodaření.

Pestrost agroekosystému mimo plodin pěstovaných na orné půdě zvyšují i trvalé travní porosty (TTP). Vzhledem k tomu, že u původních travních společenstev bývá obvykle zastoupeno výrazně více rostlinných druhů než i v nejsložitějších osevních postupech, je význam TTP pro biodiverzitu na zemědělsky obhospodařované půdě velmi vysoký.

Mnohem vyšší podíl zatravnění nacházíme u ekologicky hospodařících podniků, což plyne i z analýzy hospodaření prováděné v roce 2006 ve spolupráci s VÚZE. V celkových hodnotách konvenčně i ekologicky hospodařících farem podíl zatravnění na celkové výměře zemědělské půdy ve sledovaném souboru zemědělských podniků rostl v relaci k nadmořské výšce lineárně. V produkčních oblastech v polohách do 450 m.n.m. byl podíl zatravnění 16,22 %, v přechodných oblastech od 450 do 600 m.n.m. dosahoval podíl zatravněných ploch 33,94 % a v polohách nad 600 m.n.m. již 76,47 % (tab. 4) (Moudrý, 2006).

Tab. 4. Procento zatravnění ekologicky a konvenčně hospodařících podniků v závislosti na nadmořské výšce ve vybraném souboru podniků ČR

Kategorie n.m.v.	Procento zatravnění		
	ekologické	konvenční	celkem
Do 450 m.n.m.	90,42	10,51	16,23
450 – 600 m.n.m.	74,97	23,10	33,94
Nad 600 m.n.m.	97,47	61,73	76,47

Velmi výrazné rozdíly v zatravnění však nacházíme, pokud zohledníme systém hospodaření. Zatímco u ekologicky hospodařících podniků není neobvyklé i stoprocentní zatravnění obhospodařované půdy, podíl TTP v konvenčně hospodařících podnicích je v nižších polohách do 450 m.n.m. jen 10,51 %, ale ani v přechodných oblastech (450 – 600 m.n.m.) se příliš nezvyšuje 23,10 % a teprve v polohách nad 600 metrů roste na 61,73% (Moudrý a kol., 2005). Ve spojení s pestřejšími osevními postupy ekologického zemědělství, lze jeho vliv na agrobiodiverzitu považovat za pozitivnější než vliv konvenčních systémů hospodaření.

4. Taxonomie jako základ studia přírody

V následující části jsou uvedeny základy taxonomie pro studium agroekosystémů, studium funkčních (ekologických) skupin a hlavní taxonomické skupiny organismů vyskytující se v agroekosystémech.

Taxonomie jako základ studia přírody

Systematikou všech organismů se zabývá taxonomie. Taxonomie je vědní obor, který se zabývá teorií a praxí klasifikace organismů. Jejím cílem je klasifikovat všechny známé biologické skupiny (taxony) podle určitých pravidel do jednotlivých hierarchicky uspořádaných biologických kategorií. V širším slova smyslu se taxonomie překrývá s biologickou systematikou, tedy vědou, která studuje nejen klasifikaci, ale i obecné principy variability (diverzity) jednotlivých druhů nebo vyšších taxonů a zabývá se i příčinami a důsledky této variability. Otcem moderní taxonomie je Carl von Linné (Švédsko).

V práci taxonomů hraje důležitou roli tzv. **identifikace** čili **určování (determinace) druhu**, při níž se snaží zařadit nalezené jedince do již známých taxonů (např. druhů, rodů, čeledí). Po této práci následně v případě nalezení dosud neznámého druhu následuje popisování nových druhů a vytvoření vhodných názvů (tím se zabývá biologická nomenklatura, v případě druhu je tzv. binomická). Logické zařazování jednotlivých taxonů do obecnějších „škatulek“, tedy do vyšších taxonů, ve výsledku tvoří biologickou klasifikaci.

Druh je základní jednotka taxonomie. Je to základní kategorie biologické nomenklatury. Z taxonomického hlediska (taxonomie je věda zabývající se systematikou organismů) je to nejnižší základní kategorií hierarchické klasifikace organismů. Označuje dvouslovným vědeckým názvem (viz též binominální nomenklatura), ke kterému bývá připojeno jméno autora názvu (tj. jméno toho, kdo jej poprvé pod tímto názvem popsal) a rok popisu, např.:

- *Elephas maximus* Linnaeus, 1758 (tj. slon indický, popsaný Linnéem 1758).
- *Capparis spinosa* Linnaeus, 1753 (tj. kapara trnitá, popsaná Linnéem 1753).

Neexistuje jednotná definice, která by jednoznačně určila, co to je druh. Definic druhu existuje mnoho, ale rozdělení podle jednotlivých definic je podobné.

- Základní dělení definic druhu lze provést podle toho, jestli předpokládá nezávislost na taxonomovi (realistická definice), nebo naopak závislost na jeho rozhodnutí (nominalistická definice). Obě pojetí mají své výhody i nevýhody. Realistická definice lépe vystihuje stav v jednom čase, nominalistická umožňuje rozhodnout ve sporných případech (kruhovýokruh) a v případech, kdy je zahrnut faktor času a postupného vývoje.
- Jedna z nejrozšířenějších definic praví, že druh je soubor populací s jedinečným vývojovým původem a historií, tvořený navzájem si podobnými jedinci, kteří se mezi sebou mohou plodně křížit a jsou reprodukčně izolováni od jiných podobných skupin.] Tato definice má některé zásadní nevýhody, které v určitých konkrétních případech ztěžují či znemožňují nalézt shodu na rozlišení příbuzných organismů na druhy. Pomineme-li organismy nemající pohlavní rozmnožování (bakterie, čistě apomikticky se množící rostliny), u nichž takto koncipovaná definice postrádá smysl, vyskytují se

problémy při odlišení druhů a poddruhů u organismů, jejichž reprodukční izolaci zajišťují „zvyky“ a „geografické umístění“. Zde se dá rozlišit přístup, který rozděluje druhy podle toho, zda se kříží v přírodě, či dle toho, zda (přinuceni k rozmnožování) spolu produkují plodné potomstvo. Vyskytují se však i další kompromisní přístupy.

- Další komplikací je tradiční snaha některých škol vylučovat vyšlechtěná domácí a hospodářská zvířata do samostatných druhů, ačkoliv jsou stále schopna křížení s divokými předky (viz např. pes), který je ve smyslu předchozí definice poddruhem vlka, ale občas je, spíše tradičně, označován za samostatný druh. U uměle šlechtěných organismů se pak také objevují problémy ohledně „podobnosti“ jedinců. Jakkoliv je třeba přiznat, že srnčí je stále do značné míry podobný malamutovi, tak je zase nutno připustit, že šakal se malamutovi minimálně při zběžném pohledu podobá víc, byť jde o jiný druh.

Nedostatky klasické taxonomie (zejména u bezobratlých)

Obrovský počet druhů organismů, zejména bezobratlých, způsobuje značné problémy v ekologických výzkumech, včetně výzkumů agroekosystémů. Jen zástupci třídy hmyzu tvoří asi 97% celkové biodiverzity organismů (cca 30-50 milionů druhů). Z tohoto počtu patří jen 600 druhů hmyzu mezi známé škůdce. O bionomii jen popsaných druhů nevíme celkem nic. V ekosystémech je nejen vysoký počet druhů, ale i vztahů. Často je obtížné zařadit známé druhy i v Evropě mezi generalisty či specialisty.

Klasická taxonomie často selhává u tak zvaných podvojných druhů (druhy jsou si morfologicky naprosto podvojné a liší se jinými charakteristikami, např. etologicky, ontogenezí, atd.) nebo u druhů s klinální variabilitou (morfologie druhů se liší v závislosti na geografickém gradientu). V těchto případech často pomáhá etologická a ekologická analýza.

Poznání funkcionální biodiverzity je zcela zásadní pro interpretaci změn v agroekosystémech. Základem je vždy taxonomická analýza a znalost ontogeneze či bionomie jednotlivých druhů.

Hodnocení biodiverzity bezobratlých

Hodnocení biodiverzity v agroekosystémech by mělo být založeno jak na klasické taxonomii, tak na poznání funkcionální diverzity (viz epigeičtí brouci).

Problémem ekologických výzkumů je nedostatek taxonomů a nedostatky klasické taxonomie na základě druhů založená na morfologii druhů. První příčina je způsobena tím, že dobří taxonomové vznikají na dlouhodobém (desetiletí) studiu většinou omezených taxonomických skupin. Mozek člověka je omezený a není možné i pro talentovaného jedince s fotografickou pamětí znát více než 600-1000 druhů. Taxonomie jako obor je stále méně finančně podporována a počet taxonomů stále klesá. Vidíme to i u studentů, kdy měření náhodných a jednorázových abiotických veličin (např. pH či koncentrací určitých prvků v prostředí) poskytující tak zvaná tvrdá data je mnohem populárnější, než studium společenstev založené na spolehlivé determinaci druhů.

V agroekosystémech narážíme na určité problémy s determinací některých tak zvaných škodlivých nebo užitečných druhů. Např. jsou známy tak zvané biotypy (behaviorální rozdíly) u síťokřídlého hmyzu zlatooček (*Chrysoperla carnea*). Biotypy mhou mít také rozdílnou rezistence k pesticidům.

Poznání (determinace) škodlivých druhů hmyzu je prvním krokem k ochraně rostlin. Aplikace (nákup) vhodného insekticidu je nákladná záležitost a jeho výběr a načasování je zcela zásadní pro úspěšnost aplikace.

Závěrem lze konstatovat, že hodnocení a interpretace funkční a ekologické diverzity s ohledem na sustainability a management je náročná činnost. Mělo by jim předcházet:

- odběry vzorků tak, aby byla dostatečná informace,
- základní inventarizace druhového složení,
- informace o změnách druhového složení a relativní abundance,
- monitorování změn v čase a prostoru

Odběry vzorků

Odběry vzorků v ekosystémech, které lze aplikovat i v agroekosystémech jsou popsány v řadě prací (např. Dykyjová & kol., 1989, Edwards, 1991, Southwood & Henderson, 2000, Duelli & al. (1999). V těchto pracích jsou popsány hlavní metody stanovení druhové rozmanitosti rostlin a živočichů v ekosystémech, odhad velikosti jejich populací, podzemní a nadzemní biomasy, atd.

Velký počet druhů půdních živočichů, který zpomaluje interpretaci výsledků, iniciuje nové způsoby rychlé determinace tak zvanou RBA (rapid biodiversity assessment) Duelli & al. (1999). Tento způsob je založen na morfologické odlišnosti jednotlivých druhů mnohých skupin členovců, bez bližší znalosti druhů. Podle mínění jiných biologů lze takový způsobem popsat biodiverzitu bezobratlých zejména v oblastech s nedostatečnými taxonomickými znalostmi (tropické ekosystémy včetně agroekosystémů).

Jiný způsob ulehčení taxonomické analýzy je založen na výběr skupin sloužících jako indikační. Mezi takové skupiny mohou patřit hlavní skupiny (hráči) půdních bezobratlých v agroekosystémech:

- *Annelida* – zásadní vliv na půdní kvalitu,
- *Arthropoda* – významní škůdci, predátoři a opylovači,
- *Nematoda* a *Mollusca* – většinou škůdci.

Interpretace ekologické diverzity

Pokusy o interpretaci ekologické diverzity jsou např. v pracech o hlísticích a jejich potravní specializaci (Yates, Bonger, 1999) nebo u epigeických brouků (Boháč, řada prací).

5. Hlavní hráči (taxonomické skupiny a druhy) v agroekosystémech a jejich význam

Následující rozsáhlejší část popisuje taxonomické zařazení, bionomii a význam hlavních a nejpočetnějších skupin organismů vyskytujících se v agroekosystémech.

Žížaly (*Annelida*)

Žížaly jsou největší máloštětinatci a jsou, společně s pijavicemi, nejznámějšími kroužkovci. Klasické systémy je umístily do řádu Opisthopora, podle kladistického přístupu jsou řazeny do podřádu *Lumbricina* (řád *Haplotaxida*). Je známo přes 5 500 druhů žížal. Jsou rozšířené na celém světě s výjimkou polárních a pouštních oblastí. Nejmenší druhy jsou velké jen dva centimetry, největší dosahuje délky i přes tři metry. Zajímavostí je, že žížala karpatská jako jediná vylučuje sliz, který na vzduchu světélkuje.

V mírných zeměpisných šířkách jsou nejhojnější druhy z čeledi žížalovitých (*Lumbricinae*); v Česku je hojná žížala obecná a žížala hnojní. Nejdelším druhem je hlubinná žížala *Allolobophora hrabei* dorůstající až půl metru.

Žížaly mají značný význam pro ekosystém. Svojí činností vytvářejí v půdě malé kanálky, které provzdušňují půdu. Žížaly vstřebají za 24 hodin tolik potravy, kolik samy váží. Ve střevu žížal žije obrovské množství mikroorganismů, takže jejich výměšky mají daleko větší mikrobiální aktivitu než polykaná zemina. Tak vzniká humus vázaný na jíl – tedy právě to, co tvoří strukturní úrodnou půdu. Žížaly často vylézají během deště na povrch, kde se pak pohybují. Dělají tak proto, aby se neudusily ve vodě (dýchají celým povrchem těla), která se dostane do jejich chodbiček a tunýlků. Výkaly žížal (koprolity) můžeme pozorovat na povrchu půdy. Jsou osídleny specifickými mikroorganismy.

Žížaly můžeme dělit podle toho, v jaké hloubce žijí, na:

- epigeické (žijí na povrchu půdy a hrabou v opadu, některé druhy v mrtvém dřevě),
- anetické (velké druhy, žijící v hloubkách v semipermanentních chodbách, zahrabávají opad do svých chodeb),
- endogenní (dělají horizontální chodby hlavně v organické vrstvě blízko povrchu),
- koprofágní (osidlují hnůj a komposty).
- Arborikolní (málo druhů ve vlhkých tropických lesích).

Dělení dle přijímání potravy můžeme vyčlenit následující potravní skupiny:

- Geofágové (prochází půda zažívacím traktem),
- Limifágové (živí se usazeninami),
- Živí se opadem s nejrůznější organickou hmotou.

Role žížal v agroekosystémech je obrovský – urychlují pohyb organické hmoty, migraci Ca, K, Mg, Mo atd.

Roupice (*Enchytraeidae*) jsou menší než žížaly. Roupice osidlují kyselé půdy s vysokým obsahem organické hmoty. Vyskytují se také na výsypkách po těžbě uhlí, kde nahrazují žížaly a mají zde podobnou úlohu.

Měkkýši (*Mollusca*)

Měkkýši (Mollusca) jsou po členovcích nejpočetnější živočišný kmen (asi 135 000 druhů).

Měkkýši jsou dvoustranně souměrní (bilaterálně symetričtí) nebo sekundárně asymetričtí. Jsou to coelomoví (Eucoelomata) a nečlánkovaní (Anarticulata) živočichové. Rozmnožují se pohlavně. Jsou mezi nimi hermafrodité i gonochpristé. Měkkýši se líhnou z vajíček. Někteří jsou živorodí.

Vývoj je (podle druhu měkkýše) buď přímý (tzn. malý plž po vylíhnutí podobný dospělci a jenom roste) nebo nepřímý (přes larvu):

- vývoj přímý
- vývoj nepřímý
    - trochofora (praeveliger) → veliger (většina mořských plžů)
    - larva veliger u mořských plžů, běžně u mořských mlžů a některých sladkovodních mlžů, kteří přešli z moře, např. rod Dreissenia
    - larva glochidium u velkých sladkovodních mlžů (např. chráněná perlorodka)

Měkkýši jsou v agroekosystémech početní, často citliví na substrát a půdní poměry. Naopak citlivě reagují na mikroklimatické podmínky a expozici. Obecně jsou herbivorní, částečně houbožraví. Býložraví nebo všežraví plži se mohou stát zemědělskými škůdci.

Nejvýznamnějším škůdcem v současnosti je plzák španělský (*Arion lusitanicus*)(obr.2). Je to plž z čeledi plzákovitých pocházející ze severní části Pyrenejského poloostrova, západní Francie a jižní Anglie. Rostlinným materiálem a odpady byl od roku 1955 zavlečen do velké části Evropy a od roku 1998 také do USA. V novém areálu je to velice nepříjemný invazní škodlivý druh, který vytlačuje původní druhy plzáků a páchá obrovské škody v zemědělství.

Zásadním důvodem úspěšnosti tohoto invazního druhu v nových oblastech je nedostatek přirozených nepřátel a parazitů, kteří se s ním doposud nestihli na nová místa rozšířit. Parazité, běžně napadající zástupce rodu plzák vyskytujících se v Česku už dlouhou dobu, nejsou z neznámých důvodů v případě plzáka španělského příliš úspěšní.

Obr. 2. Invazní druh plzák španělský je velkým problémem pro drobné pěstitele i zemědělce.

Hlístice (*Nematoda*)

Hlístice (Nematoda) jsou kmenem mnohobuněčných protostomních organismů, kteří tvoří jednu z nejpočetnějších a nejrozšířenějších skupin živočichů. Je známo téměř 20 tisíc druhů parazitujících v obratlovcích, mnoho dalších druhů hlístic představuje parazity bezobratlých a rostlin nebo žijí volným způsobem života. Hlístice se vyznačují stavbou těla přizpůsobenou parazitování, zejména kutikulárními zuby, jež jsou schopny narušovat tkáně napadeného jedince hostitele. Tělo hlístic je válcovité, ke koncům ztenčené, velmi pružné, přesto pevné. Příčinou je povrchová kutikula vylučovaná jednovrstevnou pokožkou (syncytium - soubuní), která je vypnuta mízními tekutinami pseudocoelu.

Trávení zajišťuje trávicí trubice procházející pseudocoelem, která má na jedné straně ústní otvor s pístovitým hltanem, určený pro nasávání potravy z hostitele. K vylučování dochází prostřednictvím jednobuněčných vylučovacích trubic v postranních tělních dutinách

Rozmnožovací systém hlístic je přizpůsoben k nadprodukci vajíček, což je typické pro většinu parazitů. Vajíčka jsou lehká a díky silnému kutikulárnímu obalu navíc dobře odolávají nepříznivým podmínkám jako výkyvy teplot, chemikálie či vlhkost/sucho. Dále je nutno zmínit výrazný pohlavní dimorfismus - sameček je daleko menší než samička.

Je to nejpočetnější skupina půdních bezobratlých v agroekosystémech. Biologie většiny druhů je málo známa. Jsou mezi nimi významní škůdci rostlin a parazité domácích zvířat (např. svalovec stočený, *Trichinella spiralis)*. Řada druhů patří mezi významné zemědělské škůdce (např. háďátko řepné a pšeničné). Jedinci těchto druhů narušují kořenový systém rostliny, napadený organismus většinou umírá.
Žijí v půdě a jsou součástí edafonu, kde přečkávají nepříznivé podmínky ve stavu anabiózy (stav strnulosti), kdy nepřijímá potravu.

Taxonomie půdních háďátek je neobyčejně obtížná i vzhledem k množství jedinců v odebraných půdních vzorcích (tisíce až desetitisíce jedinců na jeden vzorek – 10 cm do hloubky 20 cm). Často je proto nutné analyzovat materiál podle funkcionálních skupin založených na potravní specializaci druhů. Potravní specializaci lze celkem spolehlivě určit podle struktura zažívacího traktu. Hlavní funkcionální (trofické) skupiny jsou následující:

- Fytofágové (1/ endoparazité hlavně na kořenech rostlin, 2/ ektoparazité na povrchu kořenů rostlin),
- Mikrobiofágové (živí se bakteriemi a mikroflórou),
- Fungivorní druhy (živí se mycelium hub),
- Omnivorní druhy(jako potrava slouží různý substrát, např. houby, bakterie, řasy, vířníci a prvoci),
- Predátoři (živí se ostatními bezobratlými, včetně jiných Nematod),
- Fytofágní – 98 % Nematod žijících v agroekosystémech ve 20-30 % z pěstovaných polních kultur.

Význam hlístic spočívá (kromě škůdců) zejména v dekompozici rostlinných zbytků. Pro respiraci půdy přispívají málo. Pomáhají v cyklus živin. Fytofágní druhy významně přispívají k přenosu patogenních virů.

Členovci (*Arthropoda*)

Členovci zahrnují všechny bezobratlé s článkovaným tělem. Je to druhově nejpočetnější skupina organismů. V agroekosystémech je ze všech eukaryontních organismů naprosto dominantní co se týče počtu druhů i biomasy. Všechny druhy jsou velmi významné a hrají v agroekosystémech roli webmasterů. Stručně charakterizujeme nejvýznamnější skupiny v agroekosystémech a jejich význam.

Mnohonožky (*Diplopoda*)

Tělo mnohonožek je na průřezu kruhovité nebo půlkruhovité (obr.3). Jedinci se zploštělým tělem z břišní strany se zpravidla stáčejí v kuličku, jedinci s tělem v průřezu kruhovitým se stáčejí do spirály. Kutikula je tvořena chitinem a navíc bývá zpevněna vápenatými solemi, zpravidla je prostoupena uhličitanem vápenatým. Tělo se skládá z mnoha segmentů, které vznikly splynutím dvou původních článků, proto se jim říká diplosomity.

Tělo je děleno na dvě tagmata: hlavu a trup. Ve starší literatuře je uváděno dělení na tři tagmata: hlavu, čtyřčlánkovou hruď a mnohočlánkový zadeček. Hlava je spíše kulovitá. Horní pysk překrývá kusadla se dvěma páry čelistí, spodní pár je srostlý v gnathochilarium, takže spolu s horním pyskem uzavírá zespodu ústní ústrojí. Na hlavě je umístěn jeden pár tykadel se 7 až 8 články. Mnohonožky mají jednoduché oči – ocelli, ale někteří zástupci jsou slepí. Mezi hlavou a trupem je jeden beznohý, volný krční článek – collum. Další tři články trupu mají po jednom páru nohou. Na třetím ze čtyř uvedených segmentů jsou pohlavní otvory obou pohlaví. Každý další tělní segment má obvykle dva páry nohou, které jsou slabé a umožňují mnohonožkám jen pomalý pohyb. Nohy nikdy nejsou na předposledním preanálním segmentu.

Mnohonožky jsou většinou býložravci a živí se často mrtvou organickou hmotou (opadem). Tato organická hmota však obsahuje velké množství bílkovin v porobě mikroorganismů a hub.

V agroekosystémech nejsou nejpočetnější skupinou, ale velmi početné jsou v remízcích, biokoridorech, na mezích, na okrajích polí, pod balíky slámy a sena, atd.

Obr. 3. Mnohonožky mají na průřezu kulovité tělo. Hrají významnou roli v rozkladu rostlinných zbytků.

Stonožky (*Chilopoda*)

Stonožky mají na rozdíl od mnohonožek své protáhlé tělo shora zploštělé. Na hlavě mají jeden pár tenkých nitkovitých tykadel. Každý jejich tělní článek nese pouze jeden pár nohou. První pár je přeměněn v kusadlové nožky s jedovou žlázou. Stonožka jimi omračuje kořist, všechny jsou totiž dravé. U nás žijící stonožky dorůstají nejvýše 6 cm. Stonožka škvorová (*Lithobius forficatus*) (obr. 4) patří k běžným druhům agroekosystémů, zejména na jejich okrajích a v remízcích.

Obr. 4. Stonožka škvorová je významný predátor agroekosystémů.

Pavouci (*Aranea*)

Pavouci (Araneae) jsou řád bezobratlých živočichů ze třídy pavoukovců. Skupina zahrnuje asi 40 000 druhů, z toho v ČR žije asi 800 druhů.

Tělo je složeno z hlavohrudi a zadečku, který je připojen nápadnou stopkou. Stejně jako ostatní pavoukovci mají, na rozdíl od hmyzu, osm kráčivých končetin. Jejich velikost (délka těla od klepítek ke konci zadečku) se pohybuje od 0,5 mm do 90 mm. Klepítka (chelicery) jsou dvoučlánková a ústí do nich vývod jedové žlázy. Pavouci mají osm očí (existují výjimky – čeleď šestiočkovití), u některých druhů (např. skákavek) je zrak velmi dobrý.

Nejznámějším znakem pavouků je jejich schopnost tvořit hedvábná vlákna. Na zadečku mají snovací bradavky, původně modifikované končetiny, které vylučují na vzduchu rychle tuhnoucí tekutinu. Na končetinách mají pak hřebínek, kterým vzniklá vlákna spřádají do silnějších svazků.

Pavouci jsou až na jednu dosud známou výjimku draví živočichové a aktivně loví svou kořist (zejména různé druhy hmyzu). Trávení je z důvodu velmi úzkého jícnu, který neumožňuje polykání větších pevných částic, mimotělní – pavouk vstříkne do své kořisti směs trávicích enzymů a po určité době nasaje zkapalněný obsah. Asi 40 druhů ze 40 000 si občas zpestří svůj jídelníček nektarem z květů.

Dýchání obstarávají plicní vaky a keříčkovitě větvená tracheální soustava, která však může u některých čeledí scházet.

Samičky jsou větší než samečci a po spáření svého partnera většinou sežerou. Oplodněná samička naklade vajíčka. Někteří pavouci je nosí přichycená na těle, zapředená v kokonu, jiní je kladou do hnízd. Z vajíček se vylíhnou nepohyblivé larvy, které vyživuje vaječný žloutek. Tyto larvy žijí uvnitř kokonu. V okamžiku, kdy larva dospěje do stádia nymfy, jí matka pomůže dostat se ven z kokonu. Po strávení zbytků vaječného žloutku se nymfa svléká a stává se z ní dospělý jedinec. Pavouci se za svůj život svlékají mnohokrát a v tomto okamžiku jsou mimořádně zranitelní pro jiné predátory.

Pavouci pro lov používají pasti zhotovené z vláken, které produkují jejich snovací bradavky. Většinou se jedná o kruhové sítě tkané spirálovým způsobem, které vytváří např. křižák obecný. Kořist se chytá do lepkavého středu, zatímco ostatní části jsou utkané ze suššího materiálu. Pavouk pak na svou kořist číhá buď ve středu pavučiny nebo na konci tzv. signálního vlákna. Někteří pavouci z čeledi cedivkovitých (*Amaurobiidae*), ke kterým patří např. punčochář zední (*Coelotes terrestris*), tkají nálevkovité trubice, jejichž zúžený konec vede do úkrytu pavouka. Sklípkánek černý si zase staví chodbičku vedoucí vzhůru od jeho komůrky v zemi po kmeni stromu. Chodbičku maskuje kousky dřeva a čeká, až na ni usedne hmyz. Toho pak zevnitř kousne, zabije a vtáhne dovnitř. Po sežrání ji stejným otvorem vyhodí ven. Pavouk bolasový drží nohou vlákno s lepkavým koncem, které vrhne na svou oběť. Tu vlákno omotá a pavouk ji může zabít a sežrat. U nás nežije, viděl jsem ho např. v Iráku. Ne všichni pavouci ale používají k lovu pavučinu. Někteří loví pomocí přepadení ze zálohy, jiní skoky na kořist.

Pavouci jsou jedni z nejvýznamnějších predátorů v agroekosystémech. Jejich úloha pro zemědělce je těžko ocenitelná.

Křižák pruhovaný (*Argiope bruennichi*) (obr.5) je původem subtropický pavouk z oblasti Středomoří, který však vlivem změny klimatu (oteplení ve střední Evropě) zdomácněl

také v ČR od počátku devadesátých let minulého století. Je běžný v kulturní krajině v teplých oblastech do nadmořské výšky cca 600 m n.m.

Obr. 5. Invazní druh křižák pruhovaný (*Argiope bruennichi*) se k nám rozšířil v důsledku oteplení klimatu v posledních 20 letech.

Chvostoskoci (*Collembola*)

Jsou to drobní živočichové, žijící v půdě nebo na povrchu půdy, humusu, opadu, někdy i na vodní hladině, firnových polích či okrajích ledovců. Jejich hlavními znakyjsou unikátní skákací aparát a ventrální tubus na zadečku. Chvostoskoci jsou také jedním z nejužívanějších organismů v půdní ekotoxikologii (zejména *Folsomia candida*). Chvostoskoci jsou kosmopolitní zvířata, velmi odolná vůči výkyvům podmínek prostředí. Jejich potravní spektrum je velmi pestré a zahrnuje drobné půdní živočichy, detrit i těla rostlin nebo pyl. Jsou to významní půdotvorní činitelé

Hmyz (*Insecta*)

Hmyz zahrnuje nejvíce druhů vyskytujících se v agroekosystémech a v zemědělské krajině. Jen velmi málo druhů hmyzu (přibližně 600) jsou registrováni jako škůdci a patří (společně se svými nepřáteli – predátory, parazity a chorobami) k nejprozkoumanějším druhům na světě. Uvedeme jen hlavní skupiny hmyzu a jejich význam jako škůdci nebo druhy poskytující ekosystémové služby.

Stejnokřídlí (*Homoptera*)

Stejnokřídlí mají dva páry křídel, které jsou střechovitě složené nad zadečkem. Živí se sáním rostlinných šťáv na různých místech rostliny (listech, květech, atd..) Často se u nich setkáváme s neotenií, která je spojená s apterií. Často je u nich nápadný pohlavní dimorfismus (samice jsou bezkřídlé, samci okřídlení). Stejnokřídlí mají na zadečku voskové žlázy.

Všichni stejnokřídlí jsou rostlinní paraziti, kteří se živí sáním rostlinných šťáv. Sáním poškozují rostlinná pletiva a jsou také vektory rostlinných viróz. Způsobují proto značné

škody v zemědělství. Nevyužitá cukerná složka potravy je vylučována ve formě medovice, kterou se živí mravenci nebo včely.

Mají složité vývojové cykly, zvláště u mšic se setkáváme s heterogonií, jednotlivé generace mají odlišnou stavbu těla, v pohlavním cyklu není vzácností partenogeneze. Mají proměnu nedokonalou (vajíčko, larva, dospělec) a jejich proměna trvá od 2 dnů do 17.
Stejnokřídlí se dělí na několik podřádů: Molice, mšice, mery, červci, křísi. Všechny tyto skupiny se vyskytují v agroekosystémech a hrají zde důležitou roli.

Molice (*Aleyrodidae*) je čeleď velmi drobného hmyzu. Jsou drobný, bílý okřídlený hmyz (obr.6). Mají dva páry křídel a živí se rostlinnými šťávami. Jejich ústní ústrojí je bodavě sací a je tomuto způsobu života přizpůsobené. Sáním poškozují rostlinná pletiva, takže jsou poměrně významnými škůdci. V případě nebezpečí umí dobře skákat. Jejich tělo a křídla pokrývá bílý voskový povlak, který vylučují ze žláz na zadečku.

Molice sají na rubech listů a vylučují lepkavé výkaly. Celá rostlina postupně uvadá. Jsou významnými škůdci zejména ve sklenících, ale i v agroekosystémech. Ochrana je nutná ihned po zjištění molic. Postřik insekticidy se musí opakovat, protože přípravek zabírá pouze na živé jedince, kteří mají třídenní dobu líhnutí. Vajíčka postřiky nezničí a nové generace molic se rychle mění. Pro signalizaci molic se používají lepicí nebo Moerikeho misky.

Obr. 6. Molice *Trioza apicalis* je škůdcem kořenové zeleniny.

Mšice (*Aphidoidea*)

Mšice jsou většinou velké 4-6 mm a mají proměnu nedokonalou. Ústrojí mají bodavosavé. Tělo je zakončeno chvostkem, podle kterého se určuje pohlaví. Na 5. nebo 6. zadečkovém článku vyrůstají u většiny mšic zvláštní trubicovité útvary, tzv. sifunkuli. Škodí sáním na podzemních i nadzemních částech rostliny. Sání způsobuje zakrslý růst, kadeření, svinování čepelí a změny ve zbarvení listů. Škodí přenosem viróz, případně i vylučováním medovice (sladký povlak na listech), na kterém se postupně rozrůstají houbové choroby).

Mšice se obvykle vyskytují ve formě bez křídel, při přemnožení se však začnou líhnout i okřídlení jedinci a mšice se tak mohou přesunout z rostliny na rostlinu. Za rok mají mšice 6-16 generací. Rozmnožování má dva cykly:

- pohlavní - po oplození klade samička vajíčka, ze kterých se líhnou okřídlené samičky. Samička naklade vajíčko, které přezimují a na jaře se líhnou okřídlené samičky, které nalétávají na porost.
- partenogenetické - z neoplozených vajíček se líhnou larvy i imaga, která nemají křídla.

Některé mšice žijí v symbióze s mravenci, kteří je chrání před nepřáteli (především sluníčka, larvy pestřenek a zlatooček i jejich dospělci) a naopak získávají medovici.

Rozlišuje se primární a sekundární rostlinný hostitel:

- Primární hostitel – rostlina, na níž mšice přezimují. (např. pro mšici broskvoňovou je to broskvoň).
- Sekundární hostitel – rostlina, na které mšice žijí a rozmnožují se během vegetace. (např. pro mšici broskvoňovou je to řepa nebo brambor).

Mery (*Psylloidea*)

Mery se velmi podobají křískům (obr. 7). Na světě existuje asi 1500 druhů mer, z toho v ČR žije asi 100. Jsou to rostlinní parazité, živí se rostlinnými šťávami. Třetí pár krátkých silných nohou mají uzpůsobený ke skákání, podobně jako např. molice.

Mery patří mezi hmyz s proměnou nedokonalou. Poté, co se spáří, klade samice kladélkem vajíčka na rostliny. Vajíčka jsou oválná. Než se larvy (nymfy) změní v dospělce, procházejí celkem pěti stádii vývoje. První stádium se příliš nepodobá dospělému jedinci, má tvar oválu a je pohyblivé. Hledá místo k sání, kde se usídlí. Ostatní stádia se od prvního liší tím, že téměř nejsou schopna pohybu a mají zakrnělé nohy neschopné skákání. Z posledního stádia se vyvine dospělá mera, která už je schopná skákat i létat. Během vývoje totiž nohy zesílily a křídla se vyvinula.

Mezi význačné škůdce v agroekosystémech patří mera jabloňová (*Cacopsylla mali*), mera hrušňová (*Cacopsylla pyricola*), mera skvrnitá (*Cacopsylla pyri*).

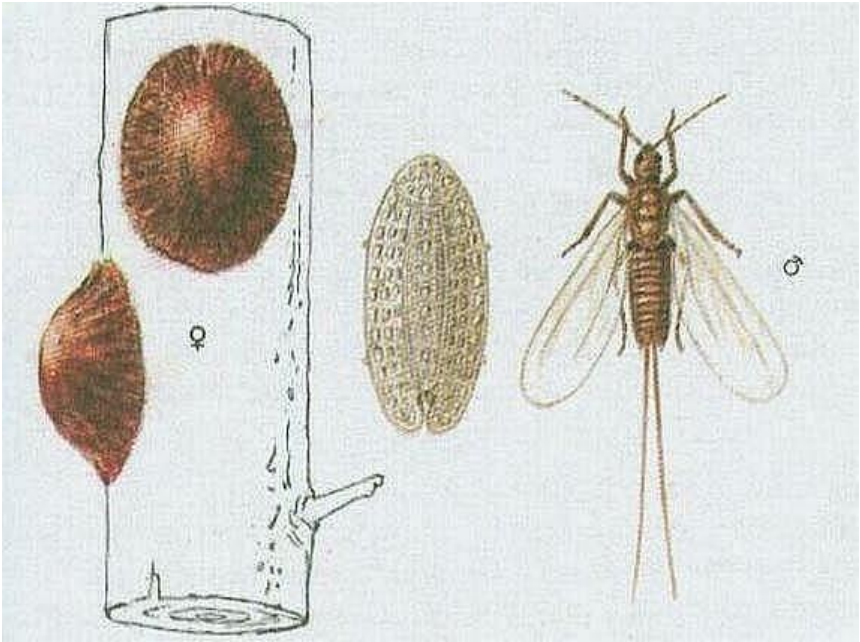
Obr. 7. Mery sají na rostlinách a přenášejí virózy rostlin.

Červci (*Coccoidea*)

Na světě existuje asi 2250 druhů červců, z toho v ČR žije asi 150. Jsou to rostlinní parazité, živící se rostlinnými šťávami. Přestože jsou jedněmi z nejvýznamnějších škůdců, poskytují také barviva používaná k barvení textilu a v kosmetice. Mimo barviv jsou jihoasijští červci také zdrojem šelaku. Vyznačují se viditelným pohlavním dimorfismem (obr.8). Samice jsou vždy bezkřídlé, tykadla a nohy jim často chybí nebo jsou redukovány. Samci mají zakrnělý druhý pár křídel nebo jsou zcela bezkřídlí. Tělo červců je měkké, obrvené, 3-4 mm dlouhé. Pokrývá ho štítek z vosku vylučovaného voskovými žlázami, méně často hedvábný. Někteří červci jsou živorodí, jiní kladou vajíčka.

Význačnými škůdci jsou např. toulice skleníková (*Orthezia insignis*), štítenka zhoubná (*Diaspidiotus perniciosus*) a puklice švestková (*Parthenolecanium corni*).

Obr. 8. Červci mají nápadný pohlavní dimorfismus.



Křísi (*Cicadinea*)

Další skupina savého hmyzu z řádu stejnokřídlých (obr.9). Tělo je často kryto polohovkami. Vývoj je nedokonalý. Běžně se vyskytují v zemědělské krajině (okraje polí, remízky, atd.).

Obr. 9. Pěnodějka obecná (*Philaenus spumarius*) je běžným křísem v zemědělské krajině (louky, pole, zahrady) a saje na jahodníku, jeteli, travách, atd.

Ploštice (*Heteroptera*)

Ploštice je skupina malého, středně velkého i velkého hmyzu s bodavě sacím ústrojím, které směřuje dozadu pod tělo. Typickým znakem je první pár křídel, který je přeměněn na polokrovky (hemelytry), druhý pár je blanitý, v klidu složený podélně na zadeček. Ploštice jsou různorodou skupinou, je známo kolem 40 000 druhů, v ČR žije asi 900 z nich. Ploštice jsou rozšířené po celém světě, existují suchozemské i vodní druhy. Jsou většinou býložravé, některé ploštice jsou dravé, jiné pak parazitují na teplokrevných živočiších včetně člověka. Mají různá zbarvení, tvary i velikost. Samičky některých druhů chrání vajíčka a malé nymfy tím, že je zakrývají svým tělem.

V zemědělské krajině je to jedna z nejhojnějších skupin. Jsou mezi nimi škůdci (např. ploštice *Lygus pabulinus*)(obr. 10), ale i význační predátoři škůdců (ploštice rodu *Nabis* nebo *Anthocoris*)(obr.11).

Obr. 10. Ploštice *Lygus pabulinus* je nespecifický škůdce polních kultur.

Obr. 11. Ploštice rodu *Nabis* jsou význačnými predátory v agroekosystémech.

Rovnokřídlí (*Orthoptera*)

Rovnokřídlí je skupina hmyzu, do které patří kobylky, cvrčci, sarančata a příbuzné skupiny. Mají kousací ústní, skákací zadní nohy a jejich samci vyluzují cvrčivé zvuky stridulací. V současné době je však skupina často rozdělována na dvě, mezi kterými pravděpodobně není větší příbuzenský vztah. První z nich je skupina Ensifera (kobylky), jejíž zástupci se vyznačují dlouhými tykadly, nápadným kladélkem u samic, sluchovými orgány v předních holeních a samci vyluzujícími zvuky třením předního páru křídel o sebe (tzv. alární stridulace). Naproti tomu zástupci skupiny Caelifera (sarančata) mají tykadla většinou krátká a nenápadné kladélko. Sluchové orgány jsou umístěny na bocích předních článků zadečku a samci stridulují třením stehen zadních nohou o křídelní žilky (tzv. femoroalární stridulace).

Rovnokřídlí jsou luční, většinou teplomilní živočichové (sarančata, kobylky), ale někteří žijí i pod zemí (např. cvrčci a jim příbuzná krtonožka). Jsou často draví (např. kobylky), někteří rostlinožraví (např. sarančata). Mohou při své migrující části svého životního cyklu páchat velké škody v zemědělství (např. saranče stěhovavé v subsaharské Africe). V ČR žije asi 90 druhů rovnokřídlých. V lučních ekosystémech se běžně vyskytují např. sarančata rodu *Chorthippus* (obr.12.).

Obr. 12. Sarančata rodu *Chorthippus* se běžně vyskytují v lučních ekosystémech.

Síťokřídlí (*Neuroptera*)

Síťokřídlí (*Neuroptera*) jsou řád dravého hmyzu s proměnou dokonalou. Svým vzezřením tvoří velmi různorodou skupinu, patří sem na první pohled velmi odlišné druhy jako např. pakudlanky, ploskorozi nebo mravkolvi. Rozšířené jsou především v tropech a subtropech, ale některé druhy zasahují až do polárních oblastí Chernov, Makarova, 2009). Po celém světě je známo asi 7000 druhů, v Česku přes 70.

Síťokřídlí se vyvíjejí proměnou dokonalou. Vajíčka s tenkou stopkou klade většina samiček jednotlivě nebo ve skupinách na rostliny nebo větvičky. Některé čeledi (mravkolvi) kladou vajíčka do země. Larva se líhne po 4 až 21 dnech, někdy i více. Délka života larev je dost odlišná, muže to být od 14 dnů (denivkovití) do dvou let (mravkolvovití, ploskorohovití). Larva se zakuklí po třech vývojových stupních, jen výjimečně po čtyřech (pakudlanky). Z kukly se líhne dospělec do několika dnů. Při kopulaci nejčastější sedí sameček vedle samičky a předává jí spermatofór. Dospělec žije většinou krátce, ale jsou i druhy které přezimují jako dospělci.

Většina síťokřídlích jsou teplomilné druhy. Síťokřídlí jsou suchozemský hmyz s výjimkou larev vodnařkovitých, které žijí jako parazité vodních hub. Larvy pakudlanek se živí paraziticky v kokónech pavouků nebo vos jejich vajíčky a čerstvě vylíhlými jedinci. Larvy mravkolvů žijí na dně vyhrabaných nálevkovitě tvořených děr v písku, do kterých chytají hmyz, především mravence. Mohou se vyskytovat i v zemědělské krajině. Některé další čeledi (např. zlatoočkovití – obr. 13) se živí mšicemi. Larvy tráví svou kořist tak že do ní vstřikují trávicí šťávy a pak ji vysávají, což se nazývá mimotělní trávení. Dospělci se živí také dravě, hlavně hmyzem (např. mšicemi, mouchami, atd.).

Obr. 13. Denivka zlatoočka a její larvy s mimotělním trávením jsou význačnými predátory mšic. Na obrázku dospělec s vajíčkem.

Brouci (*Coleoptera*)

Brouci (Coleoptera) jsou jeden z nejdiverzifikovanějších řádů hmyzu a zřejmě druhově nejpočetnější skupina organismů na světě. Zahrnují přes 400 000 popsaných druhů rozčleněných ve více než 160 čeledích, což je asi 40 % všech popsaných druhů hmyzu a asi

20 % všech popsaných živočišných druhů. Stále jsou přitom objevovány nové druhy. V ČR byl zaznamenán výskyt asi 6000 druhů zastupujících asi 110 čeledí.

Dosud je poznáno asi 350 tisíc druhů brouků. Patří mezi ně jedinci velcí čtvrt milimetru, ale i exempláře dosahující velikosti 20 cm a hmotnosti 100 g, např. brouci rodu Goliathus. Jejich první pár křídel je vyztužen chitinem a tvoří krovky, které chrání druhý blanitý pár křídel. Velmi různé, ale zajímavé tvary mají tykadla brouků, která jsou vždy článkovaná. Je u nich typický pohlavní dimorfismus to znamená, viditelný rozdíl mezi samcem a samicí.

Brouci jsou hmyz s proměnu dokonalou, tj. jejich životní cyklus se sestavuje z vajíčka, larvy, kukly a dospělce. Existují zde druhy, které se o svá vajíčka starají (stavějí jim úkryt a zaopatřují jim potravu), např. hrobačíci (Silphidae), jiné prostě kladou vajíčka volně a dál se o ně nestarají, např. mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*). Obecně lze říci, že druhy starající se o potomstvo kladou výrazně méně vajíček než ty, které je kladou volně a nepečují o ně.

Řád zahrnuje jak druhy z hlediska člověka prospěšné, jako jsou dravé druhy likvidujících nebezpečné škůdce (např. slunéčka (*Coccinellidae,* obr.) či druhy nekrofágní pomáhající rychle odstraňovat mršiny (mimo jiné již zmíněný hrobařík), tak i druhy způsobující člověku nemalé obtíže, jako jsou nebezpeční škůdci v zemědělství (např. bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera* viz obr. 14 nebo již zmíněná mandelinka bramborová).

Mnohem více druhů je však užitečných a jejich role je nedoceněna (viz např. nespecifičtí predátoři z čeledi střevlíkovitých – obr.15). V našich agroekosystémech se vyskytuje cca 150 – 200 druhů (Boháč, Kohout, 2011).

Obr. 14. Bázlivec kukuřičný je nový invazní škůdce pronikající do teplejších oblastí ČR z jižní Evropy.

Obr. 15. Střevlíkovití (*Carabidae*) jsou význačnými predátory v polních kulturách. Jejich význam při regulaci škůdců byl vědecky doceněn v monetární formě. Na obrázku střevlíček *Poecilus cupreus*, který je nesmírně hojný v agroekosystémech.

Dvoukřídlí (Diptera)

Velká část jeho zástupců se lidově často nazývá mouchy. Typickým znakem tohoto řádu je to, že mají pouze jeden pár blanitých křídel. Druhý pár zakrněl v paličkovité útvary zvané kyvadélka a slouží k vyvažování. Dvoukřídlí se vyskytují prakticky po celém světě vyjma polárních oblastí. Počet druhů se odhaduje na zhruba 100 000.

Pro tento rod je typická proměna dokonalá. Samičky dvoukřídlých zpravidla kladou značný počet vajec na místo výhodné pro výživu larev. Příhodné místo je druhově odlišné nejčastěji se jedná o vodní nebo hnilobné prostředí (např. zdechliny). Některé druhy rodí již živé larvy (např. masařky) a existují i druhy, které rodí zcela vyvinuté larvy, které se ihned po narození zakuklí (puporodky).

Larvy jsou vždy beznohé, hlavu mohou mít zřetelnou s tykadly anebo nezřetelnou, v některých výjimečných případech ji nemusí mít vůbec. Tyto larvy bývají často zaměňovány s červy. Většina larev se několikrát svlékne a poté se zakuklí. U dvoukřídlých se lze setkat se dvěma typy zakuklení. Larvy se zřetelnou hlavou se před zakuklením svlečou a změní se v pohyblivou kuklu, na které jsou patrny všechny části dospělce. Takováto kukla praská podélně. Bezhlavé larvy, nebo larvy s nezřetelnou hlavou se před zakuklením nesvlékají a jejich kůže prostě ztvrdne a vytvoří nepohyblivou kuklu. Taková kukla praská kolem dokola v horní části a dospělec ji pak nadzdvihne jako pokličku.

Význam dvoukřídlých je značný, ačkoli mnoho druhů patří mezi parazity anebo jsou zemědělsky škodlivé, patří k jedněm z největších opylovačů, např. pestřenky.
Dalším velkým přínosem pro ekosystémy je, že se dospělci nebo jejich larvy podílí na likvidaci hnijících látek. Některé druhy kladou vajíčka do těl živých housenek a jejich larvy

tak redukují jejich počet. Díky své početnosti jsou také významnou složkou potravního řetězce.

Jedná se o jednu z nepočetnějších skupin v agroekosystémech. Řada druhů patří mezi škůdce (viz dále), ale mnoho také mezi predátory (pestřenky rodu *Syrphus*, obr.16) nebo parazity (kuklice čeledi *Tachinidae*, obr.17).

Obr. 16. Larvy pestřenky *Syrphus ribesii* jsou význačnými predátory mšic. Dospělci jsou významnými opylovači rostlin.

Obr. 17. Kuklice (*Tachinidae*) jsou význačnými parazity housenek motýlů.

Motýli (*Lepidoptera*)

Motýli jsou gonochoristé s dokonalou proměnou. Jejich larvy, housenky, mají kousací ústní ústrojí, až na výjimky jsou býložravé a specializované na určitý druh rostliny nebo rostlinnou čeleď. Tělo housenky se skládá z hrudi, která nese tři páry článkovaných končetin, a zadečku tvořeného deseti články s různým počtem panožek.

Housenky jsou vítanou potravou mnoha živočichů, mnoho druhů se pasivně chrání pomocí trnů, chlupů, nepříjemné chuti nebo zápachu, či jen pomocí ochranného zbarvení.

Samičky kladou až několik tisíc vajíček, zpravidla na rostlinu, kterou se živí housenky. Housenky se živí rostlinnou potravou a po určité době se zakuklí. Většina housenek spřádá vlákna, některé druhy předou společná hnízda (bourec prsténčitý) nebo kokony.

Schopnost dospělých motýlů opylovat květy je člověkem vítána a dospělí motýli jsou vesměs užiteční. Housenky motýlů se ale živí rostlinnou potravou.

Některé druhy motýlů se živí kulturními rostlinami (např. bělásek zelný, píďalka zhoubná), způsobují „červivost“ ovoce (např. obaleč jablečný, obaleč švestkový)(obr.18). Jsou motýli, jejichž larvy znehodnocují potraviny (např. mol obilný, zavíječ moučný, zavíječ domácí).

Obr. 18. Housenka obaleče jablečného způsobuje nevratné poškození plodu.

Blanokřídlí (*Hymenoptera*)

Blanokřídlí (*Hymenoptera*) mají dva páry blanitých křídel. Přední křídla dorůstají větší délky než zadní. Jen v ČR se vyskytuje asi 7000 druhů. Blanokřídlí jsou hmyzem s proměnou dokonalou. Z vajíček se líhnou beznohé larvy, které se po určité době zakuklí, a z kukly se zanedlouho líhne dospělec.

Blanokřídlí jsou v agroekosystémech a v zemědělské krajině velmi početní a mají nesmírný význam pro regulaci jiných hmyzích škůdců (obr.19). Jen velmi málo druhů, např. tak zvané bylinné vosy, způsobují svými housenicemi škůdci na zemědělské produkci. Zcela nezastupitelný je jejich význam při opylování kulturních rostlin (včela medonosná a čmeláci). Zároveň patří k nejvíce ohroženým skupinám hmyzu vůbec. Je to způsobeno zejména rozsáhlou změnou krajiny a použitím insekticidů. Spolu divoce žijícím včelami mizí i některé další druhy bezobratlých, např. brouci čeledi majkovitých (Meloidae), viz dále.

Obr. 19. Lumčíci čeledi *Aphidiidae* jsou významnými parazity mšic. Na obrázku klade samička lumčíka vajíčko do mšice, kde se později vyvíjí larva.

6. Agroekosystémy a jejich vliv na biodiverzitu z hlediska jejich ochrany (centrální paradigma, hlavní dopady zemědělství na biodiverzitu, dopady a současná zemědělská praxe, cílové skupiny a otázky ochrany taxonomické a funkcionální biodiverzity, indikátorové skupiny, hodnota taxonu pro biondikaci změn biodiverzity)

Hlavním rozporem v zemědělské činnosti je to, že zemědělec je nucen z ekonomického hlediska uspět a vytvářet zisk a zároveň může svým intenzivním hospodařením negativně ovlivňovat biodiverzitu a tím snižovat ekosystémové služby, které mu biodiverzita poskytuje. Nalezení rozumného kompromisu je cílem udržitelného hospodaření v agroekosystémech.
Hlavní otázkou tedy je, jak regulovat početnost škůdců a zároveň nepoškodit nebo dokonce podpořit biodiverzitu v agroekosystémech? Jak zvýšit početnosti opylovačů, predátorů a parazitů? Zemědělec se tedy dnes a denně setkává s ekonomickými otázkami týkajícími se ceny produkce, rozsahem ekonomických ztrát způsobené škůdci a ekonomikou opatření proti nim.

Zemědělství má zájem na jednoduchých uniformních ekosystémech (monokultury), ochrana přírody má naopak zájem na ekologické komplexitě a vysoké diverzitě ekosystémů s minimálními zásahy člověka.

Hlavní dopady zemědělství na biodiverzitu

Není pochyb o negativním vlivu zemědělství na biodiverzitu. Změnou původních stanovišť (např. lesních ekosystémů ve střední Evropě) způsobilo vyhynutí řady druhů nebo snížení jejich početnosti. Změnila se druhová diverzita Dalšími negativními vlivy je používání pesticidů, zejména ochranou před hmyzími škůdci.

Vliv zemědělství je možné pozorovat nejen na terestrické ekosystémy, ale i na ekosystémy sladkovodní a mořské. Význačným negativním vlivem zemědělství je půdní eroze.

Hlavní vlivy zemědělství na biodiverzitu jsou následující:

• Ztráta biotopů nebo jejich změna,
• Znečištění pesticidy,
• Vliv introdukovaných a často exotických druhů rostlin a živočichů,
• Přílišná exploatace ekosystémů.

Ztráta biotopů

Zemědělství způsobuje odlesnění krajiny a změnu travních ekosystémů. Mění se původní vegetace a ztrácejí původní biotopy. Dochází ke ztrátě „carrying capacity“ ekosystémů a krajiny. Vliv zemědělství na biodiverzitu můžeme nejlépe sledovat v oblastech s původními člověkem málo narušenými ekosystémy, které jsou proměněny na agroekosystémy. Existuje řada studií v těchto oblastech. Tak např. přeměna původního tropického lesa na agroekosystémy na Sumatře měla zásadní vliv na a termity, kteří jsou jednou z nejvýznamnějších skupin v této oblasti (Jones, 2003). Prakticky na polovinu klesl počet

druhů nejen u druhů žijících na vegetaci, ale i půdních druhů (utužení půdy). Změny biodiverzity mravenců při převedení původních ekosystémům plantáže bylo studováno v Austrálii (Radford, 2001), Kamerunu (Watt, 1997) a Kosta Rice (Perfecto, Snelling, 1995). Vznik plantáží vedl vždy ke snížení druhové diverzity mravenců a zejména půdních bezobratlých. V člověkem více ovlivněné krajiny bylo snížení biodiverzity méně dramatické. Důvodem je méně specializovaná fauna a flóra v těchto oblastech (New, 2005). Na změny biodiverzity při přeměně původních stanovišť na zemědělská měly vliv další změny prostředí, zejména:

- desikace půdy,
- izolace,
- absence opadu,
- změny povrchových vlastností půdy.

Fragmentace krajiny vlivem zemědělství

Změny původních ekosystémů a krajiny probíhají také v makroměřítku. V intenzivním zemědělství je nápadná změna od více po méně heterogenní krajinu. Dochází k fragmentaci krajiny a ke ztrátě její kontinuity. Zejména dřívější biotopy se uchovávají jen jako zbytkové plošky, které jsou menší a více od sebe vzdáleny. Fragmentace krajiny má za následek fragmentaci populací organismů. Může dojít ke genetickým modifikacím prostřednictvím izolace populací. Následek fragmentace může být: 1/ bariérový efekt, 2/ koridor podél jednotlivých plošek v krajině umožňující pohyb organismů (mnohdy invasivních). Je obtížné provést zobecnění vlivů fragmentace vlivem zemědělství na biodiverzitu. Např. v Austrálii některé druhy zvýšily a jiné snížily svou abundanci. Je zřejmé, že odpověď je nutné hledat podle bionomie jednotlivých druhů (Davies a Margules, 1998).

Fragmentace je považována za jeden z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících vymírání druhů, protože vede ke snížení produktivity populací. Fragmentace lesa je pozorována, když je velký rozsáhlý lesní komplex rozdělen na menší plošky výstavbou silnic, vznikem nových agroekosystémů a rozšiřováním výstavby.

Je velmi důležité rozlišovat mezi fragmentovanou krajinou a krajinou přirozeně zrnitou. Posledně zmíněná má bohatou strukturu (jednotlivé stromy a různé typy vegetace). Fragmentovaná krajina je obyčejně jednoduše zrnitá, stromy jsou reprezentovány jedním nebo několika málo druhy a jsou často jednověké. Co se týká ekotonů a okrajů, je přirozeně zrnitá krajina charakteristická méně prudkými přechody mezi jednotlivými ploškami protože jsou často strukturálně více podobné (mají více podobných vlastností). U uměle fragmentované krajiny jsou hranice mezi jednotlivými ploškami velmi prudké. Je pochopitelné, že v uměle fragmentované krajině soudruhy více ohroženy.

Poznání faktorů, které vedou k ohrožení druhů vlivem fragmentace, je jedním z hlavních úkolů ochrany přírody. Obecně je známo, že specializované druhy, vázané jen na určitý typ biotopu, jsou citlivější na fragmentaci, než generalisté. Různé druhy jsou různě citlivé k fragmentaci prostředí. Existují určité vlastnosti druhů, které zvyšují riziko a předurčují jejich citlivost. Jedná se o následující vlastnosti druhů:

- Přirozeně vzácné druhy, především endemické druhy s ohraničeným zeměpisným rozšířením a druhy s malou hustotou populace.

- Migrující druhy, především velké druhy migrující na velké vzdálenosti. Tyto druhy vyžadují pro své migrace přirozeně členěnou krajinu (místa odpočinku a úkrytu před predátory).
- Málo pohyblivé druhy, tedy druhy se špatnými schopnostmi disperse. Silnice a jiné stavby v krajině jsou pro ně nepřekonatelnými bariérami.
- Druhy s malou plodností, kteří se díky své nízké reprodukční schopnosti nejsou schopni přizpůsobit umělé fragmentaci biotopů.
- Druhy s hnízdy a mladými potomky na povrchu půdy. Tyto druhy jsou více citlivé k predátorům.
- Lovné druhy, které jsou mnohem lépe pro lovce ve fragmentované krajině než v krajině lesnaté.

Eliminace druhu je jeden z hlavních negativních následků fragmentace. Endemické druhy a druhy vázané na jeden druh stanoviště v krajině jsou vyhubeny. Příkladem mohou být druhy bezobratlých vázané na staré, duté nebo nemocné stromy. Jejich vykácení a likvidace v krajině a často i v hospodářském lese vede k vyhynutí celých skupin broučích společenstev. Vyhynutí často závisí na intenzitě fragmentace (velikost zbylých plošek a jejich počet).

Bariéry a izolace druhů je další z negativních vlivů fragmentace na citlivé druhy. Jejich populace se stávají izolovanými ve zbylých ploškách, zatímco jejich okolí bylo zničeno. Migrace na jiné zbylé biotop (plošky) je obtížná a nebezpečná. Hodně druhů, zejména obratlovců, vyžaduje pro svůj životní cyklus více stanovišť (místa přijímání potravy, msta úkrytu nebo místa pro hnízdění a vyvádění mláďat). Pokud tato stanoviště schází nebo jsou oddělena bariérami, jsou tyto druhy ohroženy. Příklad…

Velmi důležitou bariérou jsou silnice. Přehrady jsou stejnou bariérou pro migraci mnohých vodních živočichů.

Crowding vliv je velmi významný bezprostředně po zniku izolovaných malých plošek, kde jsou populace uzavřeny. Tento fenomén, označovaný jako „crowding of the ark“ je znám především u malých savců a společenstev hmyzu (Debinski a Holt, 2000). Tento efekt vede ke kolapsu populace z důvodu obrovských stresů vznikem kompetice (potravní i prostorové) u populace.

Vznik okrajového efektu je jeden z nejhorších výsledků fragmentace. Okraj je definován jako hranice nebo přechod mezi dvěma různými prvky krajiny (např. rostlinnými společenstvy, sukcesními stádii, různými typy využití krajiny). Okrajový efekt má bezprostřední vliv na druhovou diverzitu a abundanci, prostorové rozšíření druhů a společenstev.

Mnohé druhy, hnízdící v blízkosti okrajů jsou vystaveny většímu predačnímu tlaku a vlivu parazitů. Někteří z těchto predátorů a parazitů upřednostňují okraje pro své hnízdění a vyvádění mláďat a odtud mohou napadat druhy žijící v okolí. Např. brown-headed cowbird je příčinou ožení mnohých lesních druhů ptáků). Je to kukačka.

Klimatické změny jsou dalším následkem fragmentace. Změny mikroklimatu jsou velmi významné. Ve fragmentované krajině se povrch země mnohem více ohřívá a teplo se uvolňuje během noci. Mění se evapotranspirace, vlhkost a rychlost větru a to má vliv na vegetaci. To má významný vliv na další bezobratlé živočichy žijící v půdě a na jejím povrchu, na vegetaci i na obratlovce (Smith a Smith, 2001).

Změny druhového složení ve společenstvech a abundance druhů je dalším negativním důsledkem fragmentace. Reprodukční úspěšnost některých lesních druhů ptáků se snižuje v blízkosti lesního okraje. Často se nevyskytují v menších lesních ploškách. Dalším negativním vlivem e invaze nepůvodních druhů. Invazní druhy často vytlačují druhy původní.

Zabránění fragmentaci a podpora ochrany druhů je zvyšována propojením plošek v krajině. Pro velké živočichy je rozhodující určení hlavních migračních cest a zabránění bariérovému efektu (výstavba ekostezek, atd.)(Anděl a Hlaváč,). Aktivní vytváření nových biokoridorů je další možností jak zmenšit důsledky fragmentace.

Pufrovací zóny. Zejména kolem chráněných oblastí. Např. pro druhy s velkou mobilitou. Rozředění okrajového vlivu.

Boháč a kol. (2005) určil hlavní vlivy fragmentace způsobené dopravou na bezobratlé živočichy. Proces fragmentace vede zpočátku na rozdělení stanovišť dvě nebo více částí. . Vytvoření malých sídel kolem cest vede k pokračování procesu zvětšením plochy vedoucí k několika fragmentům původních biotopů. Stále větší je vliv stochastických procesů ve stanovištích a jejich společenstvech. Externí efekt (edge) se stále zvětšuje se stále větší šancí proniknutí invazních (okolních) druhů. Původní biota je stále citlivější k vnějším vlivům. V konečné fázi je poslední fragment naprosto izolován. Okolí tvoří antropogenní krajina

Znečištění a pesticidy

Nekritické použití pesticidů vedlo v minulosti ke snížení početnosti řady druhů. Dobrým příkladem je drastické snížení početnosti střevlíka zlatého (*Carabus auratus*) v západní Evropě. Použití pesticidům jak přímý vliv na necílové organismy (mortalita), tak i vliv nepřímý (narušení potravních sítí a změna početnosti druhů i druhového složení společenstev). Tyto vliv byly prokázány např. při výzkumu vlivu aplikace herbicidů v jabloňových sadech na Chelčicku.

Citlivost různých skupin bezobratlých na insekticidy je uvedena v tabulce 5. Z tabulky je zřejmé, že jedna z nejcitlivějších skupin jsou drobnušky (Pauropoda).

Tabulka 5. Citlivost různých skupin bezobratlých na insekticidy.

Nematoda	Málo citliví na většinu insekticidů, individuální efekt, změna struktury společenstva
Acarina	Velká variabilita citlivosti, predátoři citlivější než saprofágové
Collembola	Citliví k většině insekticidů, některé aspekty málo známé a predikce obtížná, korelace citlivosti s aktivitou
Pauropoda	Extrémně citliví
Symphyla	Nepříliš citliví, mohou se hlouběji zahrabat
Diplopoda	Střední citlivost mezi *Pauropoda* a *Symphyla*, zvýšená citlivost na povrchu žijících druhů
Chilopoda	Velmi citliví, také z důvodů velké aktivity

Mollusca	Citliví jen na methiocarb, ostatní insekticidy mají malý vliv protože mají mukózní žlázy, které je chrání
Terestrická *Insecta*	Velká variabilita, nemožnost zobecnění
Vodní *Mollusca* a *Oligochaeta*	Bentická fauna méně citlivá a může kumulovat insekticidy
Vodní *Crustacea*	Relativně citliví
Vodní *Insecta*	Hlavně larvy velmi citlivé

Invaze exotických druhů

Vlivem zemědělství byly často zavezeny do nových oblastí exotické druhy. Ty se staly často škůdci. Jiné druhy významně konkurovaly původním druhům jako predátoři, fytofágové a nebo prostorově). Někdy se stávají tyto druhy v novém prostředí dominantní. Jako příklad si můžeme uvést mšice v Austrálii. Ze 150 druhů vyskytujících se celkem na tomto kontinentě je 120 druhů exotických dovezených z jiných oblastí se zemědělskými plodinami nebo okrasnými rostlinami.

Velkými problémem jsou v některých oblastech introdukovaní opylovači. Např. v Austrálii konkuruje včela medonosná původním opylovačům. V současnosti je v Austrálii cca 500.000 včelstev. Včely z každého včelstva navštěvují stanoviště asi do 2 km od úlu. Přitom létají na zhruba 200 původních rostlinných rodů. Konzumují tak nektar původním druhům a tím negativně ovlivňují opylování původních druhů rostlin původními opylovači. To negativně ovlivňuje produkci semen původních druhů rostlin. Podobné problémy jsou s invazním druhem čmeláka Bombus terrestris na N. Zélandu a v Japonsku či v Izraeli.

Ohrožení druhů zemědělstvím

Ohrožení druhů vlivem zemědělství je zejména prokázáno u některých plevelů, ptáků a bezobratlých. Intenzivní zemědělství je uváděno jako hlavní příčina ohrožení 63 evropských denních motýlů (Swaay, Warren, 1999). Podle těchto autorů izolace a fragmentace ohrožuje 62 druhů evropských denních motýlů a urbanizace 58 druhů. Podle IUCN (2002) je z ohrožených bezobratlých vyskytujících se v zemědělské krajině nejvíce druhů ohroženo z motýlů a měkkýšů.

Bioindikátory vlivu zemědělství

Bioindikátory mohou být použiti jako efektivní cesty k hodnocení vlivu zemědělství na biodiverzitu. Studium těchto indikačních skupin byla provedené v EU ve 25 různých zemědělských krajinách (Belgie, ČR, Estonsko, Francie, Německo, Holandsko, Švýcarsko). Studovala se druhová rozmanitost vybraných skupin organismů a vztah ke struktuře zemědělské krajiny a intenzitě hospodaření. Jako modelové skupiny (indikátory biodiverzity) byly použity cévnaté rostliny, ptáci a pět skupin bezobratlých živočichů (pavouci, ploštice, střevlíci, mouchy pestřenky a volně žijící včely) na ploše 16 km2 v každé

krajině. Zároveň s charakteristikami biodiverzity (počet druhů) byla sledována struktura krajiny a intenzita hospodaření.

Výsledky prokázaly významné rozdíly v druhovém složení v závislosti na zeměpisné poloze jednotlivých krajin a to u všech sledovaných skupin. Žádná ze studovaných skupin nemůže soužit jako kvalitní prediktor pro ostatní skupiny. Druhová pestrost všech skupin vzrůstala s nárůstem plochy polopřirozených stanovišť. Druhová pestrost vyšších rostlin a ptáků klesala s množstvím použitých hnojiv.

Zdá se, že jednotlivé indikační skupiny nejsou schopny efektivně předpovědět změny biodiverzity v makroměřítku. Je to zejména způsobeno geografickým vlivem (různé druhy v různých zeměpisných oblastech). V menším měřítku (například jeden stát, jeden biogeografický region) je to však metoda vhodná. Zvýšené zastoupení polo-přirozených stanovišť v zemědělské krajině je zcela zásadní pro ochranu biodiverzity v zemědělské krajině.

7. Zemědělské disturbance a jejich vliv na biodiverzitu (škůdci v zemědělství a ekologický pohled, kontrola a management škůdců, integrovaný management škůdců, pesticidy a jejich vliv na biodiverzitu)

Tak zvané škodlivé druhy, jsou druhy, které kříží zájmy lidí a jsou konfliktní s jejich potřebami. Působí jim zejména ekonomické ztráty. Je třeba zdůraznit, že tento termín je vytvořen člověkem. Příroda škodlivé druhy nezná. Z hlediska vědy patří škodlivé druhy k nejlépe prozkoumaným organismům. Jejich výzkum je často spojen s dalšími druhy, zejména s jejich predátory a parazity. Škůdci se mohou vyskytovat na poli nebo v jeho blízkosti stále (permanentní škůdci), mohou žít i v okolních biotopech a napadat polní kultury (mobilní škůdci) nebo mohou migrovat z větších vzdáleností (migranti). Řada škůdců může explozivně zvýšit početnost druhu v relativně krátkém časovém období. Příčiny tohoto rychlého přemnožení škodlivých druhů mohou být různé (Gurr & Wratten, 2000). Může to být reakce na dramatické změny prostředí (např. změna mikroklimatických podmínek v agroekosystémech), změna vztahu mezi predátory a parazity a jejich kořistí nebo hostiteli (eradikace predátorů a parazitů pesticidy), změna hostitelské rostliny u herbivorů, proniknutí exotického druhu do prostředí, kde nemá přirozené nepřátele nebo to mohou být vnitřní příčiny (např. genetické nebo fyziologické). Škodlivý druh také může překonat obranný systém svého hostitele (např. u herbivorů).

Obrana proti škůdcům v zemědělství může být různá (Pickett & Bugg, 1998). Dají se obejít následky útoku škůdce (poškození plodin) např. tím, že je volena taková metoda zpracování, kde je určitá míra poškození indiferentní. Tak např. přítomnost určitého počtu mšic na polních kulturách nemusí rostlině vždy vadit a mšice se dají před prodejem opláchnout vodou. Škůdce může být také v některých případech akceptovatelný vyšlechtěním rezistentních klonů rostlin. Nejčastější metodou eliminace škůdce však zůstává redukce jeho početnosti na únosnou míru.

Použití pesticidů proti škůdcům může vést k jejich vyhubení. V mnoha případech se však početnost škůdce mění v závislosti na dávce pesticidu a často dochází po prvotním zmenšení početnosti škůdce k opětnému nárůstu. Populace škůdce často překoná vliv pesticidu a stává se rezistentní. Často se tato rezistence vytváří na více pesticidů. Tak například můra *Plutella xylostella*, která je nejrozšířenějším zemědělským škůdcem na světě s kosmopolitním rozšířením, byla prvním rezistentním druhem k DDT (1953) a v současnosti je rezistentní ke všem syntetickým pesticidům.

Pesticidy prakticky z 99.9 % zasahují ostatní druhy vyskytující se v agroekosystémech. Jejich použití se tak stává problémem z hlediska ochrany biodiverzity. Jedná se zejména o postranní nechtěné vlivy na ostatní užitečné druhy (např. ploštice, brouky, pavouky, atd.). Z tohoto hlediska se snaží moderní zemědělství omezit nežádoucí působení pesticidů na biodiverzitu. Hlavními obecnými principy tohoto úsilí je redukce použití pesticidů při kontrole škůdců, snaha o zasažení pouze škůdců (cílových organismů) a hledání jiných řešení, zejména využití biologické kontroly škůdců. Pokud je použití pesticidů přesto nezbytné snaží se současné zemědělství kontrolovat škůdce na základě znalostí jejich biologie a maximálně koordinovat celkový postup (určit rozsah škod, vybrat vhodný pesticid a použít ho ve

vhodném období, sledovat výsledek, atd.). Zemědělci se také snaží o monetární hodnocení ztrát produkce a určení nákladů na záchranná a kontrolní opatření s pomocí jednoduchých indexů (Gurr & Wratten, 2000).

Integrovaný management agroekosystémů již zahrnuje prvky posílení biodiverzity a její využití pro biologickou kontrolu a další ekologické služby. Zasažení organismů okrajů polí pesticidy by mělo být minimalizováno jejich vhodnou časovou aplikací (např. aplikace v květnu až červenci je nevhodná pro housenky motýlů). Měly by být sledována toxicita a vliv pesticidů na necílové organismy, např. žížaly a včely. Kontrola škůdců by měla být založena na výběru nejvhodnějšího insekticidu. Současně s jeho aplikací je nutné sledovat jeho vliv na rostliny, půdu, vodu a vybrané organismy (jako testovací organismy se používají žížaly, včely, další užitečné druhy bezobratlých a korýšů, ryby, ptáci, savci, řasy). Integrovaný management by měl posilovat vliv druhů kontrolujících škůdce. Jeho součástí je posilování vegetace, zejména trvalých travních porostů (refugia predátorů a parazitů) a relativně nízká aplikace hnojiv a pesticidů.

Příčiny přemnožení škůdců a jejich kontrola

Příčiny toho, že druh se stane škůdcem zemědělských plodin jsou různé. Hlavními příčinami jsou:

- dramatické změny fyzikálního prostředí,
- vnitřní příčiny (např. genetické nebo fyziologické),
- vztahy mezi rostlinou a herbivory nebo mezi predátory a kořistí,
- přemnožení herbivorů, které je důsledkem změny hostitelské rostliny vyvolané vnějšími vlivy prostředí,
- přemnožení jako typická vlastnost r- stratégů (odraz životní strategie),
- škůdce nějakým způsobem uniká spod kontroly svého nepřítele,
- škůdce překoná obranný systém svého hostitele.

Jak se vyrovnat se škůdci a nepoškodit necílové organismy, které poskytují zemědělci ekosystémové služby? Základní strategií je tak zvaný **integrovaný management.** Jeho cílem je:

- obejít následky útoku škůdce, např. tím, že je volena taková metoda zpracování, kde je určitá míra poškození indiferentní,
- eliminovat charakteristiky pěstovaného druhu tak, že škůdce je akceptovatelný, např. vyšlechtěním rezistentních klonů,
- změnit vlastností škůdce potlačením jeho negativních vlivů (např. u přenašečů chorob, např. snížením insekticidy, snížením hlavních symptomů, atd.),
- redukovat početnost škůdců na únosnou míru.

Škůdci velmi rychle reagují na všechna opatření k jejich regulaci. Základní odpovědí populace škůdce na chemické pesticidy jsou:

- jeho dočasné vyhubení (eradikace), vysoká mortalita,
- početnost se mění v závislosti na dávce, zmenšení a opětné zvýšení početnosti,
- populace překoná vliv pesticidu (např. vznik rezistence).

Rezistence škůdců je známa asi 50 let. Problémy s rezistencí vedly k vývoji účinnějších pesticidů, k nimž se však škůdci znovu přizpůsobovali. Příčinou vzniku rezistence jsou:

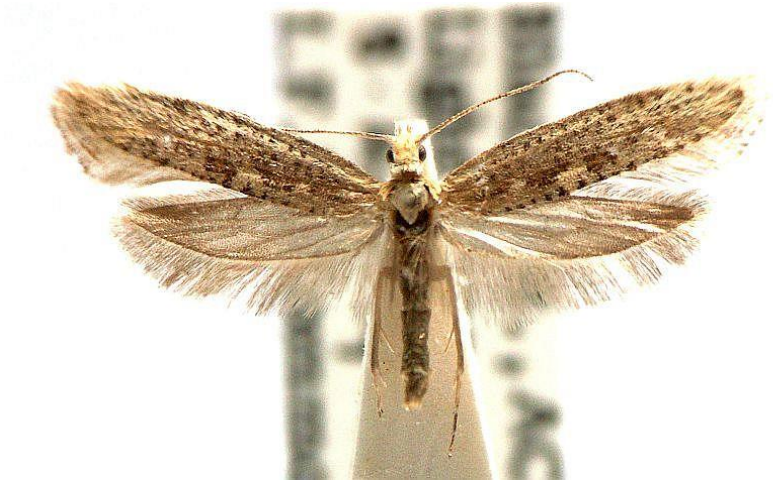
- přirozená variabilita populace a přežití rezistentních jedinců,
- fyziologické příčiny rezistence,
- behaviorální mechanismy rezistence,
- biochemické příčiny rezistence.

U řady druhů bezobratlých se setkáváme s cross rezistencí (rezistence na více pesticidů). Tak např. můra *Plutella xylostella* (obr. 20, 21) (nejrozšířenější zemědělský škůdce s kosmopolitním rozšířením) byla jako první druh rezistentní k DDT (1953) a nyní je rezistentní ke všem syntetickým pesticidům.

Hlavním problémem použití pesticidů proti škůdcům je však jejich negativní vliv na ostatní biotu a člověka. Řada z nich (např. DDT) jsou velmi perzistentní v prostředí a mají schopnost bioakumulace. Cílem současného moderního zemědělství by mělo být vzhledem ke kvalitě potravin i ochraně životního prostředí zavedení následujících opatření:

- redukce pesticidů a fosilních paliv v kontrole škůdců,
- snaha o zasažení pouze škůdců (cílové organismy),
- nalezení jiných řešení (zejména biologická kontrola a jiná opatření),
- redukce škůdců se znalostí biologických principů,
- maximální koordinace postupů při regulaci škůdce.
- vhodná sezonalita a timing pesticidů (např. aplikace pesticidů v květnu až červenci je v našich podmínkách na místě výskytu chráněných druhů nevhodná, viz dále ochranu modrásků rodu *Maculinea).*
- ochrana okrajů polí před aplikací pesticidů.

Obr. 20. Motýl *Plutella xylostella* je rezistentní ke všem syntetickým insekticidům.



Obr. 21. Housenka motýla *Plutella xylostella* je běžná a zná ji i většina zahrádkářů.

8. Hlavní skupiny škůdců na významných zemědělských kulturách

Škůdci v agrokosystémech patří mezi nejvíce studované živočichovy. Znalost jejich bionomie je totiž naprosto klíčová pro určení opatření k jejich regulaci se současnou ochranou jiných necílových druhů. Také jejich predátoři a parazité jsou dobře známi. Škůdci jsou většinou r-stratégové. Jejich regulace je nepřetržitý proces omezující jejich gradaci. Po počátečním úspěchu se početnost škůdců skoro vždy zvýší. Pro použití opatření k regulaci škůdců je podstatná prognóza konfliků (New, 2005). Významný je také ekonomický dopad škůdců na výnos. Je známo, že jediná housenka obaleče jablečného způsobuje absolutní ztrátu plodu, zatímco výskyt tisíce jedinců mšice zelné rostlině nevadí, před prodejem stačí rostliny opláchnout vodou a je možné ji prodat.

Škůdce dělíme na:

- permanentní (jsou přímo na poli nebo v blízkosti stále),
- mobilní (r stratégové),
- migratorní.

Rozsah poškození rostliny ve vztahu ke škůdcům je možné hodnotit jednoduchými indexy, např. počtem housenek na rostlinu či rozsahem poškození a vyjádřením jeho ekonomického významu. Jednotlivé indexy zahrnují:

- Monetární hodnotu a cenu produkce na různé úrovni fyzikálního poškození,
- Monetární ztráty a cenu ztráty produkce na různé úrovni fyzikálního poškození,
- Podíl fyzikálních škod, který může být ochráněn kontrolními opatřeními. Bere se v úvahu, že některé škody jsou ireversibilní a jiné mohou být kompenzovány (např. delší růst obilí poškozeného v ranném období růstu),
- Monetární cena části produkce, která je zachráněna kontrolními opatřeními,
- Monetární cena kontrolních opatření.

Rozlišujeme dvě hlavní skupiny chorob zemědělských plodin:

- parazitní choroby způsobují viry, bakterie, aktinomycety, houby a parazitní rostliny jevnosnubné,
- neparazitní (fyziologické) choroby rostlin (abiózy).

Neparazitní (fyziologické) choroby rostlin (abiózy)

Mezi neparazitní (fyziologické) choroby rostlin (abiózy) řadíme:

- Nepříznivé vlivy klimatické: nízké teploty a vzdušná vlhkost, méně atmosférické srážky. Mrazové poruchy nejzávažnější. (poranění, deformace, smrt mrazem).
- Nepříznivé vlivy - půdní vlivy: nedostatek živin a mikroelementů (karenční choroby).
- Přímá intoxikace: kouřové exhalace, odpadní vody, průmyslová hnojiva, pesticidy, radioaktivita.
- Přímé poranění: okus zvěře.

Parazitní choroby – Virózy

Jsou to po mykózách nejzávažnější choroby. Jsou přenosné orgány vegetativního množení (hlízami, rouby, atd.) a dále též mechanicky a živočišnými vektory (např. hmyzem). Méně často se přenášejí houbami, semeny, pylem, půdou. Některé jsou přenosné i několika způsoby.

- Nejvýznamněji přenáší savý hmyz (mšice, křísi, molice, atd.). Některé viry po nasátí hmyzem ztrácejí nakažlivost za několik hodin, jiné přetrvávají v jeho těle celý život (perzistentní viry). Některé tyto viry se v těle přenašečů i rozmnožují. V ojedinělých případech se mohou přenést vajíčky i na potomstvo.
- Existují i semiperzistentní viry, které jsou přenášeny některými druhy mšic (méně často plošticemi, třásněnkami, molicemi, merami, červci, sviluškami a háďátky).
- Většinou vstupují viry do těla rostlin ranami. Viry se šíří parenchymatickými pletivy. Od buňky k buňce pak plazmodezmatickými spoji.
- Příznaky viróz: dekolorace, nekrózy a morfózy. Často latentní průběh po několik let (dřeviny).
- Ochrana: různé nepřímé metody (zničení zdroje nákazy, zábrana přenosu choroby – insekticidy, desikace nati,) šlechtitelské metody (odolné planě rostoucí rostliny), biologické (viruprostá sadba).
- Přímé metody (termoterapie), ochrana chemickými látkami (např. antibiotiky).

Bakteriózy

Způsobují asi 7 % škod. Jsou většinou parazity ran, ale pronikají i přirozenými otvory (průduchy, lenticely a hydatody). Během vegetace přenášeny půdou, vodními kapkami, hmyzem a nepřímo vyššími živočichy. V rostlinných pletivech žijí většinou intercelulárně a působí především prostřednictvím toxinů a enzymů (rozpouštějí střední buněčné lamely a v pletivech vznikají kaverny). Čtyři skupiny podle typů škod: bakteriózy projevující se nekrózami, hnilobou, nádorovostí a tracheobakteriózy.

Nejrozšířenější jsou:

- *Erwinia carotovora* (měkké či mokré hniloby)
- *Agrobacterium tumefaciens* (polyfágní druh - nádorovitost)

Mykózy

Je určeno pět hlavních tříd:

- *Archimycetes* – vnitrobuněční parazité vytvářející houbová vlákna (hyfy), rozmnožování zoosporangii (pohyblivé zoospory s bičíky). Napadají většinou podzemní části rostlin. Trvalé spóry v půdě po několik let. Ochrana – osevní postupy.
- *Phycomycetes* – plísně.

Šíří se nepohlavně konidiemi. Při pohlavním rozmnožování vznikají spóry. Nejdůležitější z fytopatologického hlediska je řád *Omycetes* s čeledí *Peronosporaceae.* U řádu *Zygomycetes* se při nepohlavním rozmnožování tvoří nepohyblivé sporangiospory nebo konidie. Fytopatologicky nejdůležitější je čeleď *Mucoraceae.*

Mezi nejdůležitější mykózy patří ***Perenospora.*** Je to z následujících důvodů:

- Mimořádně škodlivé onemocnění révy vinné, u nějž dochází za příznivých podmínek k epidemickému šíření.
- Zejména nebezpečné jsou časné výskyty, kdy dochází k napadení květenství a mladých hroznů a k přímému ohrožení úrody.
- Silnější poškození listů vede k redukci asimilační plochy a k následnému nežádoucímu ovlivnění množství a jakosti sklizně.
- Současně je nepříznivě ovlivněno vyzrátí révy a zvýšeno riziko poškození při přezimování.
- K časným výskytům onemocnění a k napadení květenství však dochází v našich podmínkách jen výjimečně (např. rok 1995).
- Pravidelně ale dochází k výskytům a šíření onemocnění v období po odkvětu (od konce června).
- Plíseň révová napadá nejdříve plně vyvinuté a zejména starší listy.
- Na napadených listech se objevují žlutozelené až žlutavé, různě velké difúzní skvrny.
- V pozdějších fázích vegetace a na starších listech se objevují drobné, žilkami ohraničené skvrny v blízkosti hlavních nervů. Výjimečně dochází k žloutnutí celých listů. Na spodní straně skvrn se objevuje za příznivých podmínek bělavý povlak sporangioforů a sporangií.
- Postižená místa nekrotizují, silně napadené listy předčasně opadávají.
- Na květenstvích nebo mladých hroznech rovněž bělavé povlaky sporangioforů a sporangií. Napadená květenství nebo mladé hrozny hnědnou a zasychají.
- Napadené bobule se zbarvují šedohnědě, postižená pletiva se propadají, na průřezu pozorujeme nápadnou hnědou mechovitou nekrózu dužniny a zasychají.
- Při napadení starších hroznů se vytvářejí porosty houby jen na třapině a stopkách bobulí.

Ochrana před Perenosporou je následující:

- ***Nepřímá.***
- Významná jsou všechna preventivní opatření, která zajišťují vzdušnost porostu a keře (zkracují dobu ovlhčení) a tak redukují vhodnost podmínek pro šíření onemocnění (výběr lokality, způsob vedení, včasné a úplné provádění zelených prací aj.). V současné době jsou ověřovány, tzv. interspecifické odrůdy s tolerancí až rezistencí k plísni révové a se současnou vyšší odolností k mrazu.
- ***Přímá – chemická***
- Významným faktorem jak z ekonomických, tak i ekologických důvodů je vymezení období, kdy je nezbytné chemické ošetření porostů a to stanovením termínu prvního a sledu a potřeby dalších ošetření. Důležitým předpokladem racionální ochrany je sledování vhodnosti podmínek pro výskyt a šíření onemocnění.
- Potřeba ošetření v období před květem révy vinné, příp. v době kvetení je v našich podmínkách spíše výjimečná, pouze pokud jsou v tomto období mimořádně vhodné podmínky pro šíření onemocnění.
- Základem ochrany jsou dvě ošetření v období po odkvětu. Dále ošetřujeme dle podmínek až do fáze zaměkání bobulí. Počet a intenzita ošetření (interval 5-14 dní) závisí na vhodnosti podmínek pro šíření choroby, intenzitě růstu a typu přípravku. V období dlouhých suchých period neošetřujeme.

- Ošetřujeme zpravidla preventivně. Pro prvá ošetření jsou vhodné především kontaktní, preventivně působící fungicidy. Za velmi vhodných podmínek pro šíření upřednostníme kombinované fungicidy (kontaktní + systémové) a pro poslední ošetření měďnaté fungicidy.
- Účinnost přípravků je významně ovlivněna úrovní rezistence patogena. U systémových přípravků ze skupiny ftalimidů byla prokázána snížená účinnost na plíseň révovou (nástup rezistence).
- K omezení dalšího poklesu účinnosti těchto přípravků, lze je používat maximálně 2x za vegetaci.
- U ftalimidů vzniká křížová rezistence, vzájemné střídání přípravků z této skupiny nezabrání vzniku rezistence
- Pokud se ošetřuje po splnění podmínek infekční periody, která nebyla pokryta předchozím ošetřením, musí být použity kurativně působící fungicidy.

Ascomycetes – houby vřeckaté jsou rozděleny do následujících skupin:

Jsou charakteristické tvorbou pohlavně vzniklých askospor, které se vytvářejí v kyjovitě nebo vanovitě rozšířených hyfových útvarech zvaná vřecka. Houba se rozšiřuje i nepohlavně (konidie). Je to druhově velmi početná skupina. Význační fytopatogenní zástupci jsou:

- *Taphrinales (Taphrina)*
- *Aspergillus*
- *Penicillium*
- *Thielavia*
- *Erysiphales* (padlí)

Basidiomycetes – houby stopkovýtrusné

Na rozdíl od Ascomycetes dochází ke karyogamii v bazidiích, která jsou analogická vřeckům. Z bazidií vznikají exogenně bazidiospory, které jsou po párech pohlavně diferencovány. Kopulací mycelia různého pohlaví vzniká dikaryotické mycelium, na němž se nejčastěji tvoří plodnice.

- Fytopatologicky nejdůležitější jsou sněti (*Ustilaginales*) a rzi (*Uredinales*)
- Další významní jsou *Holobasidiomycetes* (řád *Hymenomycetes* – rouškaté houby). Choroše, dřevokazné houby (václavka).

Živočišní škůdci

Představují nejdůležitější skupinu škůdců zemědělských kultur. Mezi nimi naprosto převládá hmyz. Tuto obrovskou taxonomickou skupinu můžeme rozdělit na nespecializované a specializované škůdce podle jejich specializace k jednotlivým druhům pěstovaných rostlin. Seznamte se podrobněji s bionomií vybraných druhů a ochranou před nimi!

Mezi nespecializované škůdce patří:

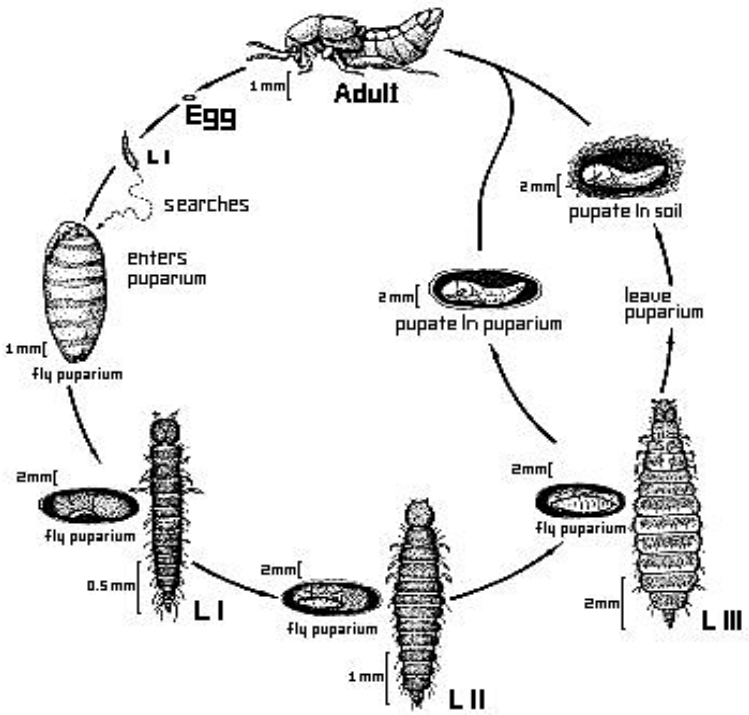
- Krtonožka obecná (*Gryllotalpa grallotalpa*)
- Klopušky rodu *Lygus* (*L. pratensis, L. pabulinus*) – jetel obilí, rybíz, atd.,
- Kovaříci čeledi *Elateridae* – rod *Agriotes* (druhy *A. lineatus, A. ustulatus, atd.)*
- Osenice polní (*Agrotis segetum*) – přemnožení registrováno zejména na obilninách, řepě, atd.)

Specializovaní škůdci mohou být zařazeni do skupin podle jednotlivých plodin.
Mezi škůdce obilnin patří:

- Třásněnka ostnitá (*Limothrips denticornis*)
- Kněžice obilná (*Eurygaster maura*)
- Mšice střemchová (*Rhopalosiphum padi*)
- Kyjatka obilná (*Sitobium avenae*)
- Bodruška obilná (*Cephus pygmaeus*)
- Hrbáč osenní (*Zabrus gibbus*)
- Dřepčík obilný (*Phyllotreta vittula*)
- Dřepčík stébelný (*Chaetocnema aridula*)
- Zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*)
- Osenice pšeničná (*Euxoa tritici*)
- Bejlomorka obilná (*Mayetiola destructor*)
- Plodomorka pšeničná (*Contarinia tritici*)
- Bzunka ječná (*Oscinella frit*)
- Květilka obilná (*Hylemya coarctata*)

Zajímavý je parazitismus pupárií dvoukřídlých drabčíkem *Aleochara bipustulata* (obr. 22). Tento brouk je parazitem pupárií nebezpečných škůdců z řádu dvoukřídlých (např. květilka řepná, atd.).

Obr. 22. Ontogeneze drabčíků rodu Aleochara v pupáriích květilky řepné.



Mezi škůdce luskovin patří:

- Zrnokaz hrachový (*Bruchus pisorum*)
- Zrnokaz fazolový (*Acanthoscelides obsoletus*)
- Listopas čárkovaný (*Sitona lineatus*)

Ty\to škůdce známe jako skladištní škůdce i z domácností.

Mezi škůdce cukrovky patří:

- Sítěnka řepná (*Piesma quadrata*)
- Mšice maková (*Aphis fabae*)
- Mrchožrout vlnitý (*Aclypea undata*)
- Maločlenec (*Atomaria linearis*) (obr. 23)
- Dřepčík řepný (*Chaetocnema tibialis*)
- Štitonoš skvrtnitý (*Cassida nebulosa*)
- Lakonosec libečkový (*Otiorrhynchus ligustici*)
- Rýhonosec řepný (*Bothynoderes punctiventris*)
- Makadlovka řepná (*Scrobipalpa ocellatella*)
- Květilka řepná (*Pegomya betae*) (obr. 24)

Obr. 23. Maločlenec čárkovitý (*Atomaria linearis*) je význačným škůdcem na řepě.

Obr. 24. Larva květilky řepné (*Pegomya betae*) je příkladem minujícího hmyzu. Žije pod povrchovým epitelem listu a je tudíž těžko napadnutelná aplikací insekticidů.

Mezi škůdce brambor patří:

- Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*)
- Dřepčík bramborový (*Psylliodes affinis*)
- Makadlovka bramborová (*Gnorimoschema opercullelum*)

Mezi škůdce řepky patří:

- Dřepčíci (*Phyllotreta atra. P. nigripes, P. undulata, P. nemorum, Psylliodes chrysocephala*)
- Blýskáček řepkový (*Meligethes aeneus*) (obr. 25)
- Krytonosci (*Ceuthorhynchus pleurostigma, C. assimilis, C. quadridens, C. napi*)
- Bejlomorka kapustová (*Dysyneura brassicae*)
- Mšice zelná (*Brevicoryne brassicae*)

Obr. 25. Blýskáček řepkový (Meligethes aeneus) je běžný škůdce, kterého může každý student pozorovat na kvetoucích rostlinách (např. smetánka lékařská).

Mezi škůdce chmele patří:

- Dřepčík chmelový (*Psylliodes attenuata*)
- Mšice chmelová (*Phorodon humuli*)

Mezi škůdce košťálové zeleniny patří:

- Bělásek zelný (*Pieris brassicae*)
- Bělásek řepkový (*Pieris rapae*)
- Můra zelná (*Mamestra brassicae*)
- Předivka polní (*Plutella maculipennis*)
- Květilka zelná (*Phorbia brassicae*)
- Plodomorka zelná (*Contarinia nasturtii*) (obr. 26)
- Kněžice zelná (*Eurydema oleraceum*)
- Mšice zelná (*Brevicoryne brassicae*)

Obr. 26. Plodomorka zelná (*Contarinia nasturtii*) je běžná nematocerní moucha škodící na košťálové zelenině.

Mezi škůdce kořenové zeleniny patří:

- Mera mrkvová (*Trioza apicalis*)
- Pochmurnatka mrkvová (*Psila rosae*) (obr. 27)

Obr. 27. Pochmurnatka mrkvová (*Psila rosae*) je význačným škůdcem kořenové zeleniny.

Mezi nespecializované škůdce ovocných rostlin patří:

- Štítenkovití (*Diaspididae*) – *Mytilococcus ulmi, Quadrispidiotu perniciosus*
- Listokaz zahradní (*Phylloperta horticola*)
- Zobonoska ovocná (*Rhynchites bacchus*)
- Listohlodi a listopasi (*Phyllobius oblongus, Ph. piri, Ph. arborator, Ph. argentatus, Polydrosus sericeus*)
- Kůrovcovití: *Scolytus mali, S. rugulosus, Xyleborus dispar, Xyleborus saxeseni*
- Drvopleň obecný (*Cossus cossus*)
- Obaleč meruňkový (*Cydia formosana*)
- Pouzdrovníček pupenový (*Coleophora hemerobiella*)
- Přástevníček americký (*Hyphantria cunea*)
- Bekyně velkohlavá (*Lymantria dispar*) (obr. 28)
- Bekyně zlatořitná (*Euproctis phaeorrhoea*)
- Píďalka podzimní (*Operophtera brumata*)
- Píďalka zhoubná (*Erannis defoliaria*)

Obr. 28. Housenka bekyně velkohlavé (*Lymantria dispar*) je význačným škůdcem ovocných stromů. Vzhledem k ochraně jedvatých set má málo přirozených nepřátel.

Mezi význačné přirozené nepřátele housenek na dřevinách patří střevlíci rodu *Calosoma (*obr. 29). Všechny druhy tohoto rodu jsou u nás chráněny podle zákona.

Obr. 29. Přirozeným nepřítelem chlupatých housenek škůdců je střevlíkovitý brouk krajník pižmový (*Calosoma sycophanta*). Jeho početnost se však díky použití insekticidů značně snížila a jedná se o chráněný druh. Jiné chráněné druh jsou však hojnější.

Mezi škůdce jádrového ovoce patří:

Jabloň:

- Mera jabloňová (*Psylla mali*)
- Vlnatka krvavá (*Eriosoma lanigerum*)
- Obaleč jablečný (*Cydia pomonella*) (obr. 30)

Hrušeň:

- Mery rodu *Psylla*
- Květopas hrušňový (*Anthonomus pyri*)
- Plodomorka hrušková (*Contarinia pyrivora*)

Třešeň a višeň:

- Mšice třešňová (*Myzus cerasi*)
- Ploskohřbetka třešňová (*Neurotoma nemoralis*)
- Pilatka třešňová (*Caliroa limacina*)

- Vrtule třešňová (*Rhagoletis cerasi*) (obr. 31)

Obr. 30. Obaleč jablečný je nejznámější škůdce jabloní.

Obr. 31. Vrtuli třešňovou každý zná ve formě larvy jako tak zvanou „červivost třešní“.

Švestky a slívy:

- Puklice švestková (*Parthenolecanius corni*)
- Obaleč švestkový (*Cydia funebrana*)

Broskve a meruňky

- Mšice broskvoňová (*Myzus persicae*)

9. Způsoby ochrany rostlin (vliv na biodiverzitu)

Ochrana zemědělských plodin má následující cíle: předcházet výskytu škodlivých činitelů na kulturních rostlinách a ničení škodlivých druhů v kulturách.
Uvedené směry ochrany rostlin vyžadují následující způsoby ochrany:

- Agrotechnický
- Chemický,
- Fyzikální a mechanický.
- Biologický.

Agrotechnické způsoby ochrany

Za hlavní agrotechnická opatření považujeme, osevní postup, základní obdělávání půdy, hnojení, výběr odrůd, lhůty setí a výsadby, hubení plevelů, sklizeň. Všechna tato opatření mají velký vliv na doprovodnou biodiverzitu. Orbou měníme životní podmínky organismů žijících v půdě. Řada druhů bezobratlých má značně úzké požadavky na teplotu a vlhkost půdního prostředí a na fyzikální složení půdy. Zvláště citlivá jsou vývojová stádia bezobratlých (larvy a kukly). Hnojení organickými hnojivy zvětšuje biologickou aktivitu půdy. Naopak vysoké dávky NPK mají negativní vliv zvláště na bezobratlé predátory a rozkladače. Také herbicidy ovlivňují negativně doprovodnou biodiverzitu. Mění se potravní sítě a vypadávají celé skupiny půdní fauny (např. chvostoskoci).

Osevní postupy a prostorová izolace kultur, výběr odrůd, lhůty setí a výsadby mají zásadní význam na složení společenstev organismů v agroekosystémech. Tyto změny jsou dobře prozkoumány zejména u bezobratlých, kde je známo, že každá kultura hostí specifická společenstva (např. bakalářské a diplomové práce o společenstvech epigeických brouků, zejména střevlíků a drabčíků na různých kulturách).

Fyzikální a mechanické způsoby ochrany

Mechanické a fyzikální způsoby ochrany zahrnují např. shrabování, kompostování a pálení posklizňových a rostlinných zbytků, ruční sběr škůdců, aplikace lepicích pásů případně vytvoření příkopů pro jejich odchycení. Všechny tyto metody mohou zároveň se škůdci významně ohrozit jejich nemoci, predátory a parazity. Dobrým příkladem je využití mrtvého listí z jírovce prokomponování a dokončení vývoje parazitických hub a bezobratlých u klíněnky jírovcové.
Fyzikální způsoby boje zahrnují dezinfekci osiva, jeho máčení, zadýmování, zahřívání vzduchu atd.).

Chemický způsob ochrany (pesticidy a jejich vliv na necílovou biodiverzitu)

Použití chemické ochrany rostlin s použitím pesticidů je založeno na základě chemických látek působících proti škůdcům, původcům chorob a plevelům.

Pesticidy jsou přípravky a prostředky, které jsou určené k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Nejvíce se pesticidy uplatňují v zemědělství.

Podle určení k hubení určitého škůdce pesticidy dělíme na:

- akaricidy: přípravky určené k hubení roztočů
- algicidy: přípravky určené k hubení řas
- arboricidy: pesticidy určené k hubení stromů a keřů
- avicidy: přípravky určené k hubení ptáků
- fungicidy: prostředky určené k ochraně před houbovými chorobami
- herbicidy: pesticidy určené k hubení rostlin
- insekticidy: přípravky určené k hubení hmyzu
- molluscocidy: prostředky určené k hubení měkkýšů
- nematocidy: prostředky určené k hubení hlístic
- rodenticidy: přípravky určené k hubení hlodavců
- graminicidy: přípravky určené k zastavení růstu jednoděložných trav ve společenstvech dvouděložných rostlin a dřevin (patří mezi herbicidy)

Podle způsobu aplikace dělíme pesticidy na:

- postřiky, aerosoly
- fumiganty
- popraše
- pevné a tekuté nástrahy
- mořidla (pro osiva)
- nátěry a impregnace

Podle původu dělíme pesticidy na:

- přírodního původu
- syntetické látky
- biopreparáty

Podle působení

- kontaktní – účinná látka zůstává na povrchu rostliny či škůdce
- systémové - účinná látka proniká do rostliny a škůdce ji přijímá z rostliny (savý hmyz)

Podle mechanismu působení

- inhibitory acetylcholinesterázy
- inhibitory chitin syntetázy
- antagonista ekdysonu (hmyzí steroid ovlivňující larvální stadium vývoje)
- inhibitory kyseliny gama-aminomáselné
- analogy juvenilních hormonů (regulují růst hormonů)
- antikoagulanty
- inhibitory glutamin syntetázy
- inhibitory demetylace steroidů
- inhibitory protoporfyrnogen oxidázy
- inhibitory RNA polymerázy
- inhibitory syntetázy proteinů
- inhibitory transportu elektronů při fotosyntéze
- inhibitory mitochondriální respirace

Podle chemické povahy

- organofosfáty
- karbamáty
- chlororganické sloučeniny
- syntetické pyretroidy
- fenoly
- morfoliny
- azoly
- aniliny

Insekticidy

- Anorganické (málo). Síra (jícha). Fungicidně a proti roztočům a červcům.
- Organické insekticidy
- Přirozené insekticidy (Pyretrum, nikotin, rotenon, anabazin, atd.). Nervové kontaktní jedy.
- Chlorované uhlovodíky (nervové jedy) – DDT, HCH, aldrin, dieldrin (kontaktní požerové jedy)
- Organické sloučeniny fosforu (nervové jedy). Dotykové a systemické. Diazinon, Parathion,Matetion, Trichlórfon, Thiometon, Phosdrin

Fungicidy

- Sloučeniny mědi (skalice modrá) – bordeauxská jícha na perenosporu, plísně, atd.
- Kuprikol, atd. i letecká aplikace
- Sloučeniny rtuti a TK (moření osiv)
- Organické fungicidy – Formaldehyd (moření osiva), hexachlórbenzen HCH (mořidlo),

Pesticidy a GMO

Používání pesticidů souvisí i s problémem geneticky modifikovaných plodin. Existují dvě používané cesty:

- genetickou modifikací se do rostliny vkládají geny, které mají zaručit odolnost plodiny vůči škůdcům a tím mají snížit spotřebu pesticidů. Nejznámějším příkladem jsou tzv. Bt plodiny, do nichž byl vložen gen z baktérie, který vede k produkci toxinu zabíjejícímu hmyz, který plodinu napadne.
- genetickou modifikací se do plodiny vkládají geny odolnosti vůči vlivu pesticidů, a tím umožňují nasadit jejich větší dávky, které spolehlivě zničí škůdce (zvláště plevely). Nejznámějším případem jsou tzv. Roundup Ready plodiny, které firma Monsanto genetickou manipulací pozměnila tak, aby odolávaly působení firmou vyráběného pesticidu Roundup

Vliv pesticidů na necílové organismy

Všechny tyto látky mají negativní vliv na doprovodnou biodiverzitu (viz. předcházející části). Z tohoto důvodu procházejí pesticidy před jejich využitím v zemědělské praxi podrobnými testy. Testuje se zejména toxicita na živé organismy a to zejména:

- Dešťovky a včely
- Testy na laboratorních zvířatech zaměřené najejich senzitivitu, kancerogenitu látek, teratologické jevy, alergii a bioakumulaci v prostředí,
- Toxicita měřena jako LD50.

Všechny tyto testy se provádějí převážně v laboratorních podmínkách. To ovšem znamená, že v terénních podmínkách mohou organismy reagovat jinak z důvodu mnohem více působících faktorů na osud pesticidů v polních kulturách.

Výběr „nejvhodnějšího pestidicu“ je zcela zásadní pro úspěšnost zásahu proti škůdcům a minimální poškození necílové bioty. Vhodné je např. použití selektivních insekticidů, jejichž vývoj je však drahý a náročný. Velmi důležité je vhodné načasování použití pesticidů tak, aby zasáhly nejcitlivější stádia vývoje škůdců. Z tohoto důvodu je třeba sestavit kalendář aplikace pesticidů.

Hlavní parametry pro odhad vlivu pesticidů v zemědělství na životní prostředí jsou následující:

- Vliv na rostliny,
- Vliv na půdu,
- Volatizace látek,
- Drift a run-off látek,
- Vyloužení (leaching) látek,
- Biokoncentrace a bioakumulace,
- Toxicita na žížaly, včely, užitečné bezobratlé, korýše, ryby, ptáky, savce, řasy,
- Toxicita pro lidský organismus

Z jiných parametrů jsou sledovány zejména:

- Vznik metabolitů,
- Intenzita aplikace,
- Místo aplikace,
- Sezóna,
- Technika aplikace,
- Účinnost,
- Cena.

10. Biologická kontrola a ochrana druhů v agroekosystémech (klasická biologická kontrola, jednoduché nebo zmnožené kontroly škůdců, přirozená kontrola a předběžná biologická kontrola, dokumentace a odhad rizik, klasická biologická kontrola a její širší ekologické dopady, neoklasická biologická kontrola, hmyzí patogeny a kontrola škůdců)

Existence antagonistických vztahů predátor versus kořist nebo parazit či parazitoid versus hostitel není nová. Ovšem v souboji s rychle působícími, účinnými a relativně levnými pesticidy musely přípravky/prostředky na bázi bioagens ustoupit do pozadí. Růst spotřeby různých pesticidů v moderním světě budí stále větší obavy z vážného znečišťování životního prostředí, k němuž jejich používáním dochází. Vědecky podložený útok proti škůdcům začal v polovině devatenáctého století, např. zavedením přírodních insekticidů - rotenon a pyrethrum. V roce 1963 bylo lidstvo upozorněno knihou Rachael Carsonové Silent Spring (Mlčící jaro, 1963) na nebezpečí, že pesticidy mohou znehodnotit životní prostředí. Důvody velkého rozmachu výzkumu i praktického použití BO v posledních desetiletích lze vidět v tendenci uplatňování šetrnějších technologií ve vztahu k životnímu prostředí.

Biologická kontrola škůdců je založena na použití a manipulaci tak zvaných přirozených nepřátel škůdců (predátoři, paraziti, patogeny). Jedná se tedy o využití biodiverzity ostatních organismů. Praktické zavedení druhů pro biologickou kontrolu je náročný proces, trvající často mnoho let. Je založeno na poznání přirozených nepřátel škůdců, jejich sledování v původním areálu s detailním poznání bionomie vybraného druhu. Dále se provádí laboratorní testy s vybraným druhem. Výsledky těchto testů nelze nekriticky přenést do terénu, protože v terénu může být reakce vybraného druhu naprosto odlišná. Tak např. slunéčko sedmitečné napadalo housenky modráska *Erynnis comita* v laboratoři, kde nebyly mšice, ale v terénu to nikdy nebylo pozorováno.

Požadavky na druh pro biologickou kontrolu jsou velmi vysoké. Jeho vývoj musí být synchronní s cílovým druhem (sezónní synchronizace). Druh musí být snadno chovatelný a náklady nesmí být ekonomicky nenáročné. Měl by být dosažitelný dostatečné množství prosperovat dlouhodobě v kontrolních podmínkách. Druh použitý pro biologickou kontrolu by neměl atakovat jiné užitečné druhy, měl by být specifický nebo aspoň preferovat cílový druh škůdce.

Předpoklady úspěchu vybraného druhu pro biologickou kontrolu jsou dobré kolonizační schopnosti (např. po sklizni, hnojení, atd.), jeho dlouhodobé přežívání v případě nepřítomnosti cílového druhu a oportunistické chování (schopnost rychlého využití populace cílového druhu). Biologická kontrola má i svá rizika. Introdukovaný specialista může být konzumován místním generalistou (např. introdukovaná vosička parazitující na housenkách motýly *Melitaea cinxia* byla atakována hyperparazitickými lumky). Může v agroekosystémech atakovat více druhů než jen cílový druh. V některých případech dokonce může druh použitý pro biologickou kontrolu překročit hranice biotopů a atakovat jen necílové druhy (cílový druh tam není). Může také nastat případ, že druh použitý v biologické kontrole jen středně ovlivňuje cílový druh a při vysoké početnosti je velkým rizikem pro necílové

druhy. Vyhledávání nových perspektivních druhů v biologické kontrole škůdců je založeno na dalším poznání biodiverzity.

Obr. 32. Mravenci *Oecophylla smaragdina* jsou využíváni pro biologickou ochranu tropických kultur. Stačí jednotlivé stromy propojit např. bambusy.

Na tabulce 6 jsou uvedeny druhy bezobratlých živočichů používané pro biologickou kontrolu a jejich možný vliv na biologickou diverzitu v agroekosystémech. Z tabulky 6 je zžejmé, že největší nebezpečí pro okolní biodiverzitu představují sociální predátoři (vosy a mravenci). Jako příklad jejich využití si můžeme uvést mravence *Oecophylla smaragdina* (obr. 32). Na druhé straně specializovaní predátoři, jako např. larvy a dospělci slunéček (Coccinelidae) nebo draví roztoči, nepředstavují pro okolní biodiverzitu velké nebezpečí (obr. 33). Nejméně ovlivňují okolní biodiverzitu parazitičtí blanokřídlí, kteří jsou specializovaní často jen na jednu taxonomickou skupinu škůdců.

Tabulka 6. Bezobratlí živočichové používaní pro biologickou kontrolu a jejich možný vliv na biologickou diverzitu v agroekosystémech.

Skupina	**Hladina nebezpečí (od 1 do 10)**	**Komentář**
Terestričtí bezobratlí, např. koprofágní brouci	5	Záleží na příjemci (společenstvu)-kompetice
Sociální predátoři (vosy, mravenci)	10	Mohou být značně invazivní
Tachinidae (mouchy)	1-10	Variabilní v závislosti na druhu
Parazitická *Hymenoptera*	1-3	Značně specifičtí, poznat účinek na necílové druhy
Predátoři (hmyz)	3	Většinou nespecifičtí, záleží

		na původních druzích v gildách
Predátoři (roztoči)	1-2	Další výzkum, často nespecifičtí

Obr. 33. Larvy sluněček (*Coccinelidae*) jsou významní predátoři mšic podobně jako dospělí brouci.

Velmi časté jsou diskuse, zda použít pro biologickou kontrolu jeden druh bioagens, nebo zda je vhodnější vícedruhová kontrola. V tomto případě záleží na tom, zda působení dvou či více druhů pro biologickou kontrolu bude mít aditivní (synergistický) efekt, nebo zda budou použité druhy antagonisté.

Požadavky na druhy používané v biologické kontrole jsou zejména následující:

- Vývoj (ontogenese) druhu by měl být synchronní s cílovým druhem (sezónní synchronizace).
- Druhy by měly být snadno chovatelné, ekonomicky nenáročné, v chovech v dostatečném množství a po delší dobu.
- Druhy by měly žít v v kontrolních podmínkách a být okamžitě připraveny k nasazení.
- Druhy nesmí atakovat jiné „užitečné“ druhy.
- Druhy by měly být zcela specifické nebo preferovat cílový druh.
- Měly by být dobře identifikovatelné (např. problém druhů blízce příbuzných s druhem *Chrysoperla carnea*).

Jaká jsou rizika klasické biologické kontroly a co jsou předpoklady úspěchu?

Předpoklady úspěšných bioagens by měly býti následující:

- Druhy by měly mít dobré kolonizační schopnosti (po sklizni, hnojení, atd.).

- Druhy by měly dlouhodobě přežívat v agroekosystému i v případě, když schází cílový druh.
- Druhy by měly mít oportunistické chování (rychle dokáží využít populaci cílového druhu).

Rizika klasické biologické kontroly jsou následující:

- Introdukovaný specialista může být konzumován místním generalistou. Např. ve Finsku introdukovaný lumčík (čeleď Braconidae) parazitující na hnědásku kostkovaném (Melitaea cinxia) byl atakován hyperparazitickými lumky.
- Introdukovaný druh může atakovat více druhů než jen cílový druh.
- Riziko sdílené predace může překročit hranice biotopů a atakovat jen necílové druhy (cílový druh tam není).
- Poslední dvě situace závislé na populační dynamice druhů.

Rizika klasické biologické kontroly – další rizika

Existují i další rizika použití druhů pro biologickou kontrolu. Jedná se zejména o následující rizika:

- Bioagens jen středně ovlivňuje cílový druh a při vysoké abundanci je velkým rizikem pro necílové druhy.
- Riziko vyhubení necílového druhu se zvyšuje jestliže má nižší vnitřní růstový potenciál a nebo má bioagens vyšší frekvenci útoků než na cílový druh.
- Riziko vyhubení necílového druhu se zvyšuje, jestliže hustota populace bioagens je méně závislé na jiných faktorech prostředí než dostupnost potravních zdrojů.
- Riziko pro necílový druh se zvětšuje, když bioagens má maximální počet útoků v době vysoké abundance kořisti (nepřímý vliv cílového druhu na necílové bioagens).
- K nejvyššímu riziku pro necílový druh dochází, když působí předešlé dva faktory současně.
- Specialisté jako bioagens mohou být potravou pro generalisty.
- Rizikem je fragmentace biotopů v krajině, kde je použito bioagens (proniknutí a napadení necílových druhů při přemnožení).

Rizika klasické biologické kontroly z hlediska konfliktů s necílovými druhy shenuje tabulka 7. Největším rizikem pro okolní biodiverzitu jsou predátoři a někteří paraziti. Naopak herbivoři a někteří další paraziti jsou velmi malým rizikem.

Tabulka 7. Rizika klasické biologické kontroly – konflikty s necílovými druhy.

Bioagens	**Počet použitých druhů**	**Napadení necílových druhů (počet)**	**Napadení necílových druhů (%)**	**Oblast (autor)**
Parazité	313	50	16	USA (Hawkins and Marino, 1997)
Herbivoři	33	7	21	Celosvětově

(členovci)				(Turner, 1985)
Paraziti a predátoři	40	15	37.5	Kanada (McLeod, 1962)
Různá bioagens	243	33	13.6	Havaj (Funasaki, 1988)

Biologická kontrola a ochrana biodiverzity – hmyzí patogeny

Pro biologickou kontrolu se používají některé hmyzí patogeny z nichž nejvýznamnější je Bacillus thuringiensis (BT), entomofágní nematoda a entomofágní houby (obr. 35).

Tyto patogeny mohou způsobovat přímou mortalitu přirozených nepřátel škůdců a nepřímou mortalitu užitečného hmyzu. Všeobecně je jejich vliv málo znám a popsán. Je znám vliv BT na necílové druhy (hlavně motýli) především první rok po aplikaci. V USA nebyl prokázán vliv BT na necílové druhy za dva roky po aplikaci. Nebyl také prokázán vliv genů BT v geneticky modifikovaných rostlinách. Nebyl prokázán vliv pyl z těchto transgenních rostlin pro volně žijící motýly (např. otakárek *Danaus plexippus*).

Bacillus thuringiensis (90 % všech biopesticidů) je grampozitivní půdní bakterie z rodu *Bacillus* a kmene Firmicutes. Je aerobní a produkuje spory. Ty obsahují tzv. cry toxiny, které mají insekticidní účinky na některé skupiny hmyzu a proto se užívá k produkci pesticidů a také geneticky modifikovaných (transgenních) rostlin.

Spory a krystalinové proteiny této bakterie se užívají jako specifické insekticidy, pod názvy Dipel či Thuricide. Aplikují se v tekutých postřicích na pole a považují se obecně za šetrné k životnímu prostředí. Předpokládá se, že tento insekticid perforuje výstelku střev hmyzu a některé zprávy nalezly vztah mezi účinkem těchto látek a přítomností střevních bakterií v hmyzím těle (obr.34).

Také transgenní plodiny s toxiny *Bacillus thuringiensis* jsou dnes poměrně široce využívané a v roce 2006 činily pole s Bt plodinami 11.1% celkové výměry kukuřičných polí a 33.6% bavlníkových plantáží.

Obr. 34. Vývoj *Bacillus thuringiensis* v hostiteli (housence) a mechanismus toxicity.

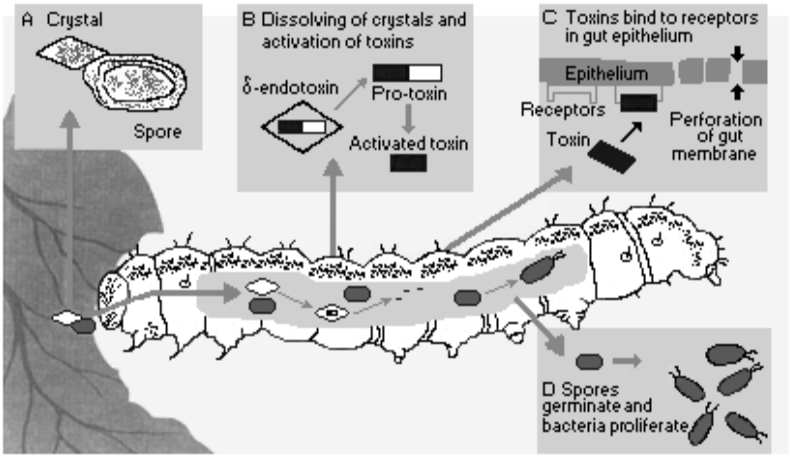


Fig. 1. Mechanism of toxicity of Bt

Velmi rychlý a výrazný růst komerčního použití biologické ochrany v Evropě byl zaznamenán v posledních 35 letech. Evropa má v současnosti asi 26 podniků, které produkují více než 80 druhů přirozených nepřátel, dále se uvádí kolem 30 nejběžněji prodávaných přirozených užitečných organismů. Existují velké cenové rozdíly agens pro biologickou ochranu mezi Evropou a USA. V Evropě je mnoho druhů přirozených nepřátel komerčně dostupných právě díky nástupu tzv. „skleníkového průmyslu“. V přehledu komerčních producentů a distributorů agens biologické ochrany z cca 50 druhů bezobratlých organismů jsou zastoupeny 3 druhy nematod, jeden druh měkkýše, 8 druhů roztočů a 38 druhů hmyzu. Více než polovina hodnocených druhů z těchto potenciálních agens klasické biologické ocherany, není pro území, kam jsou introdukovány, autochtonní. Některá introdukovaná bioagens mohou mít nepříznivý vliv na necílové přirozené druhy.

Obr. 35. Hmyz (mravenci a larva listorohého brouka *Popilia japonica*) napadené entomofágní houbou

V ČR má praktická biologická ochrana proti živočišným škůdcům více než osmdesátiletou tradici. K prvním snahám o využití biologické ochrany patří introdukce mšicovníka vlnatkového *Aphelinus mali* proti vlnatce krvavé *Eriosoma lanigerum* ve třicátých letech na jižní Moravu a do středních Čech. Dále byla experimentálně prověřována účinnost řady entomofágních hub, např. *Metarrhizium anisopliae* a *Beauveria bassiana.* Mnoho prací bylo věnováno ověřování významu a sledování účinnosti parazitoidů a predátorů na škůdce zemědělských plodin. Snahy o další využití parazitoidů, poprvé cestou hromadných chovů, byly uskutečněny s pukličníkem štítenkovým *Encarsia perniciosi* dovezeného z Číny po druhé světové válce proti štítence zhoubné *Quadraspidiotus perniciosus.*

Parazitické hlístice

Použitelné druhy náleží do čeledí *Mermithidae, Steinernematidae, Heterorrhabditidae, Phasmarhabditidae* a *Neotylenchidae*. *Mermithidae* napadají široké spektrum škůdců, avšak největší účinnost vykazují proti vodním larvám muchniček (*Simulidae*). Hlístice *Phasmarhabditis hermaphrodita*jsou účinné proti plžům. *Steinernema feltiae* a *Heterorrhabditis bacteriophora*jsou především půdní nematody, jsou patogenní především

pro půdní hmyz, u nás se používají a jsou registrovány proti larvám lalokonosců v okrasných školkách (především na rododendronech) nebo proti smutnicím. Zabíjí larvy, během dvou dnů dochází k úplnému rozrušení tělního obsahu (septikémie). Výhodou je snadná množitelnost a možnost aplikovat nematody běžnými typy postřikovači nebo zálivkou.

Členovci – predátoři a paraziti

Nejvýznamnější bioagens z členovců náležejí do následujících skupin: **roztoči –** *Acarina* jsou využíváni především ve sklenících - *Phytoseiulus persimilis* a *Amblyseius californicus* proti sviluškám a *Amblyseius cucumeris* a *A. degenerans* proti třásněnkám (především proti třásněnce západní *Frankliniella occidentalis*, která je vysoce rezistentní k používaným chemickým přípravkům). Výhodou je velmi snadný způsob množení těchto roztočů v obilném šrotu inokulovaném fytofágními roztoči. Do skleníků se aplikuje šrot s dravými roztoči prostým nasypáním substrátu na listy nebo vyvěšováním aplikačních sáčků s bioagens na rostliny. Ve vinicích a ovocných sadech je velmi úspěšným dravým roztočem proti sviluškám a eriophyidním roztočům *Typhlodromus pyri*. Proti smutnicím a třásněnkám lze aplikovat dravého roztoče *Hypoaspis aculeifer*.

Slunéčkovití (Coccinelidae**)** se mohou používat proti mšicím ve sklenících, u nás v současnosti není takový druh pro cílenou BO zastoupen. Dříve se dovážel druh kalifornských slunéček *Hippodamia convergens*, která se získávají prostým sesbíráním na zimovištích. Proti červcům lze aplikovat v ČR australské slunéčko *Cryptolaemus montrouzieri.*

Nejpočetnější skupina užitečných organismů je zastoupena řádem blanokřídlí (Hymenoptera). *Encarsia formosa* - parazituje puparia molic, především m. skleníkové *Trialeurodes vaporariorum* - patří mezi nejrozšířenější a velmi úspěšná bioagens v evropských sklenících. Parazitovaná puparia molic s parazitickou vosičkou se prodávají nalepena na papírcích, které vyvěšují ve sklenících. Obvykle se populace vosiček ve sklenících udržují spontánně po dlouhou dobu. Podobně působí proti molicím mšicovník *Eretmocerus eremicus.*

Trichogramma brassicae, evanescens, pintoi – chalcidky, vaječní parazitoidi motýlů, používají se na ochranu zejm. proti zavíječi kukuřičnému a dalším druhům škodlivých motýlů kukuřice a zeleniny.

Aphidius colemani **a** *A. ervi* - **mšicomar** (*Aphidiidae*) mšicomar, samička klade vajíčka do mšic, larva parazitoida se vyvíjí uvnitř mšice a v konečné fázi se kuklí uvnitř mumifikované mšice. Parazitoid opouští mšici kulatým otvorem na svrchní straně abdomenu.

Lumčík *Dacnusa sibirica* a lesknatka *Diglyphus isaea* jsou úspěšnými bioagens proti vrtalkám (mouchy čeledi *Agromyzidae*). Parazitoid ***Leptomastix dactylopii*** je aplikován na ochranu proti červcům.

Dvoukřídlí (Diptera) draví bejlomorkovití *Cecidomyidae*, larvy dravého druhu *Aphidoletes aphidimyza* vysávají mšice. Vajíčka jsou kladena samičkami přímo do kolonií mšic, jsou velmi efektivní, pokud jsou nasazeny včas a v souladu s doporučenými postupy aplikace. Larvy bejlomorek se kuklí v půdě, dodávají se do skleníků zejména jako kukly v křemičitém písku.

Ploštice (*Heteroptera*) – *Anthocoridae* – hladěnkovití: dravá ploštice *Orius laevigatus*– úspěšně využívaná na ochranu proti třásněnkám. *Miridae* – klopuškovití, druh *Macrolophus caliginosus* má uplatnění v ochra

Povolování biologických prostředků ochrany podléhá v ČR právním předpisům:

- Nařízení rady (ES) č.1107/2009 ze dne 21. října 2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh a o zrušení směrnic Rady 79/117/EHS a 91/414/EHS směrnice Evropského parlamentu a rady,
- Zákonu č**.** 326/2004 Sb**.** o rostlinolékařské péči v platném znění.

- Vyhlášce č. 32/2012 Sb., o přípravcích a dalších prostředcích na ochranu rostlin, v platném znění.

11. Kontrola škůdců managementovými opatřeními

Kontrola škůdců může probíhat i prostřednictvím managementu ploch a také střídáním lesních a zemědělských ploch (agro-pastorální systémy).

Manipulace kulturami a okolím, zejména **s**měna kultur je jedna ze základních metod ovlivňování populace škůdců. Okolní prostředí (biotopy) slouží jako zdroj bioagens. Manipulace může probíhat v různých dimenzích:

- časová dimenze: modifikace sezonality pěstování a sklizně, zavedení různých sukcesních sekvencí, managementu, atd.
- Prostorová dimenze: plocha pěstování, používání monokultur, mozaika pěstování, atd.
- Biologická dimenze: variety odrůd, věku, odolnosti a expozice vzhledem k biologickým podmínkám (škůdci a jejich nepřátelé)

Manipulace kulturami a vliv okolních biotopů mají velký vliv na biodiverzitu (tabulka 8). Významnými prvky je zatravnění a vytvoření remízků. Dochází ke změně mikroklimatu, jsou přítomny dodatečné zdroje nektaru pro opylovače, vznikají úkryty pro bioagens a další užitečné druhy. Jako příklad si můžeme uvést vliv pěstované kultury a mikroklimatu v kultuře na bioagens. Výška kukuřice je hlavním faktorem ovlivňujícím migraci parazitické vosy *Pediobius foveolatus* (parazituje na mandelince *Epilachna varivestis*). V nízkých kulturách není parazitická vosa proniknout do kultury a parazivovat na svém hostiteli. Důvodem je specifické mikroklima způsobené zastíněním vysokými jedinci kukuřice.

Tabulka 8. Vliv manipulace kulturami a okolím na hlavní komponenty biodiverzity agroekosystémů a jejich funkce.

Komponenty	Opylovači	Predátoři a paraziti	herbivoři	Ne plodiny	Žížaly	Půdní mezofauna	Půdní mikrofauna
			Agrobiodiverzita				
Funkce	Opylování Genetická introgrese	Regulace populací,biologická kontrola	Spotřebovávání biomasy, cyklus živin	Kompetice, alelopatie, vznik přirozených nepřátel	Půdní struktura, cyklus živin	Dekompozice, predace, cyklus živin	Cyklus živin, potlažení chorob
Zvýšení	Mezipl odiny	Agro-lesnictví	Rotace	Cover crops	Nehnojení, kompost	Zelené hnojení, dodávání	Remízky

					ování	org. hmoty	

Okolní kultury (remízky, meze, stromořadí, atd.) poskytují bezobratlým různé výhody, zvyšující jejich početnost a druhovou rozmanitost a poskytují ekosystémové služby pro zemědělce i obyvatele kulturní krajiny (tabulka 9).

Tabulka 9. Hlavní výhody poskytované směnou kultur a okolními biotopy pro bezobratlé.

Vliv	**Charakter rostliny**
Poskytování stínu	Charakter listů, dormatia pro mravence, hustota rostlin
Dostupnost pro herbivory	Ochlupení, vosky, trichomy, atd.
Vizuální přitažlivost	Vizuální atraktivita, volatilní chemikálie
Ztravitelnost pro herbivory	Nutriční kvalita, toxické látky a repelenty, transgennost
Možnost dodatečných zdrojů	Nektar, pyl, atd.

Polykultura, trap cropping, časová manipulace, denzita vysazených rostlin a zacházení se zbytky plodin a hnojení jsou další možnosti ovlivňování biodiverzity v zemědělské krajině.

Krátce se zmíníme o agro-pastorálních a agro-silva-pastorálních systémech. Agrolesnictví je systém hospodaření na zemědělské půdě, který spojuje pěstování zemědělských plodin a chov domácích zvířat s pěstováním užitkových dřevin. Výsledný systém zvyšuje diverzifikaci zemědělské produkce, přispívá ke zlepšení kvality půdy a vodních zdrojů, snižuje erozi půdy a genetických zdrojů rostlin a celkově zlepšuje kvalitu životního prostředí, zejména v oblastech humidních tropů. Výhody začlenění dřevin do zemědělské krajiny v subtropických a tropických oblastech znali mnozí farmáři již v minulosti. Stromy totiž poskytují stín, dřevo, plody a další služby jak pro člověka tak i pro hospodářská zvířata. V některých tropických oblastech jsou stromy začleněny do krajiny tak intenzivně, že je stěží patrné, kde je v krajině les, opuštěné pole nebo extenzivní plantáž. V posledních dvaceti letech se odborníci zajímali hlavně o udržitelné pěstování dřevin poskytujících plodiny na jednotlivých plantážích. Teprve v posledních asi deseti letech se pozornost zaměřuje také na jiné ekosystémové služby poskytované agrolesnictvím, včetně ochrany biodiverzity. V souvislosti s tím se pozornost zaměřuje zejména na význam prostorového uspořádání krajiny (rozvržení plošek lesa a plantáží plodin). Mění se tak tradiční měřítko od studia jednotlivých plantáží k měřítku krajinnému.

Agrolesnictví má z hlediska ochrany biodiverzity tři základní významy:

- je to druhotné stanoviště pro druhy tolerující jen určitý stupeň narušení krajiny,
- redukuje negativní vliv přeměny přirozených stanovišť na umělá,
- vytváří příznivou a prostupnou matrici krajiny se zbytky původních stanovišť a umělých lesních ploch a tím chrání populace druhů v nich žijící.

Agrolesnictví obecně podporuje biologickou rozmanitost na farmách. Hypoteticky může agrolesnictví také podpořit ochranu biodiverzity ve zbytcích přirozených stanovišť. K ověření této hypotézy bylo provedeno několik případových studií v různých částech světa (viz dále).

V Kosta Rice byla studována druhová rozmanitost brouků chrobáků žijících v trusu a savců v gradientu od monokultur banánů a kakaových bobů přes pěstování těchto plodin v systému agrolesnictví až k přírodnímu tropickému lesu. Bylo zjištěno, že původní agrolesnictví odporuje biodiverzitu modelových skupin. Druhová rozmanitost je sice nižší, než v přirozených lesních stanovištích, ale výrazně vyšší než v tradičních plantážích. Problémem v systému agrolesnictví byl však intenzivní lov, který druhovou rozmanitost výrazně snižoval.

Další případová studie byla provedena u ptáků a netopýrů v tradičně pěstovaných kakaových plantážích a na lesních stanovištích v Brazílii (Bahia). Typy srovnávaných krajin se lišily poměrem lesa a plantáží – v první převládal les s malými plantážemi, ve druhé převládaly plantáže s vtroušenými malými ploškami lesa. Výsledky prokázaly, že vtroušené malé plošky lesa v plantážích nemohou, co se týče druhové rozmanitosti studovaných skupin, nahradit přirozený les a přítomnost řady druhů je podmíněna okolními přirozenými stanovišti.

V polopouštní krajině v Burkina Faso výrazně narůstá lidská populace a krajina je intenzivně zemědělsky využívána. Tradiční parková krajina s úhory a se značnou diverzitou dřevin je vlivem intenzifikace zemědělství v úpadku. Farmáři přestávají pěstovat místní dřeviny na úkor introdukovaných ovocných plodin. Hrozí úbytek původních druhů dřevin a na ně vázaných dalších organismů. Z tohoto důvodu je pro uchování původní krajiny a biologické rozmanitosti důležité zainteresovat farmáře na pěstování původních dřevin.

Tradiční agrolesnictví v Nepálu udržuje druhovou rozmanitost původních dřevin a přispívá k udržitelnosti zemědělské produkce. Udržování původního agrolesnictví také zmenšuje tlak na využívání původních lesních stanovišť a vytváří vhodné stanoviště pro zvířata a rostliny na zemědělských farmách.

Také výzkumy v jiných částech světa (např. Chile a subsaharská Afrika) prokázaly nutnost poznání tradičních metod agrolesnictví a využití těchto poznatků pro agrolesnictví v nově vzniklých podmínkách.

Poznání vztahů mezi přirozenými lesy, plochami obhospodařovanými agrolesnickými metodami a biodiverzitou by mělo být založeno na lokálních znalostech a aplikaci vědeckých poznatků se zpětnou vazbou na management. Zapojení lokální populace do těchto opatření je samozřejmé.

12. Ochrana ohrožených a chráněných druhů v agroekosystémech (modrásci a chřástal polní, majkovití rodu Meloe)

V následující kapitole jsou uvedeny příklady ohrožených druhů žijících v agroekosystémech a způsoby jejich ochrany. U obratlovců (např. chřástal polní) je ochrana podpořena dotačními tituly EU (potažmo MZ ČR). U bezobratlých většinou žádná taková podpora není a záleží na kultuře a vztahu k přírodě zemědělců. V každém případě je třeba dobře znát bionomii jednotlivých druhů a přizpůsobit jí management. Jsou uvedeny tři konkrétní případy: modrásci rodu *Maculinea*, chřástal polní a majky (čeleď *Meloidae*).

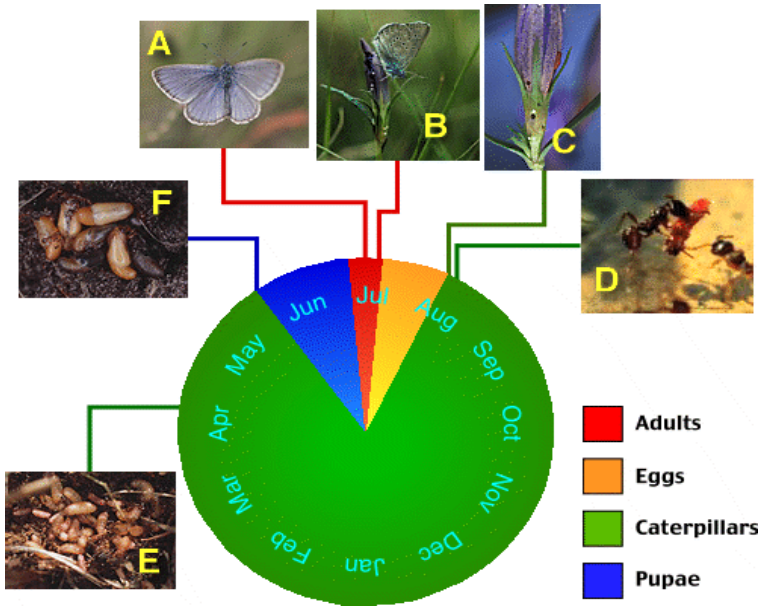
Modrásci rodu *Maculinea* a jejich ochrana

Rod *Maculinea* (obr.36) jsou modrásci rozšíření v Evropě a Asii. Ekologie všech druhů rodu *Maculinea* je zvláštní tím, že housenky žijí ve hnízdech mravenců rodu *Myrmica*. Vajíčka jsou kladena na hostitelskou rostlinu na které se housenky rodu *Maculinea* živí. Čtvrté larvální stadium opouští rostlinu padajíce na povrch a je „adoptováno“ mravenci, kteří odnáší housenky do svého hnízda (obr.). Tam housenky tráví 11 nebo 23 měsíců jako predátor mravenčího plodu (obr.37). Každý druh rodu *Maculinea* je závislý na specifické živné rostlině a na určitém mravenčím hostiteli (viz. Elmes & Thomas (1992), nebo Thomas (1995). Životní cyklus těchto modrásků je znázorněn na obr. 36.

Obr. 36. Modrásci rodu *Maculinea* a jejich housenky, mravenci rodu *Myrmica* a jejich vzájemný vztah. Zemědělec s managementem luk však hraje rozhodující roli.

Modrásci osidlují nejrůznější typy travních stanovišť od vlhkých luk po suché trávníky. Zde žijí vždy monofágně a u určitých druhů mravenců rodu *Myrmica* (Tabulka 10). Housenky modrásků z dorsálního orgánu exudáty atraktivní pro mravence (myrmekofilie) (obr. 38, 39, 40 a 41).

Obr. 37. Modrásci rodu *Maculinea* a jejich ochrana – životní cyklus.



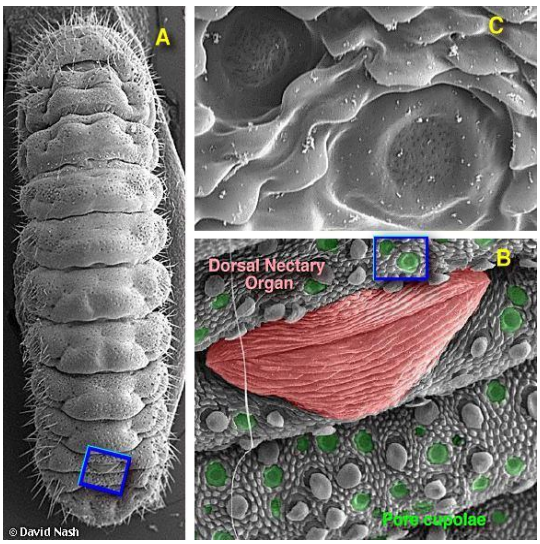
Tabulka 10. Modrásci rodu *Maculinea* a jejich ochrana – přehled druhů.

M. arion	*Thymus* spp.	*Myrmica sabuleti*	Teplá suchá travní společenstva
M. rebeli	*Gentiana cruciata*	*Myrmica schencki*	Velmi suchá travní společenstva
M. alcon	*Gentiana pseudomonanthe*	*M. rubra, M. scabrinodis, M. ruginodis*	Vlhké louky (kyselé)
M. nausithous	*Sanguisorba officinalis*	*Myrmica rubra*	Vlhké louky
M. teleius	*Sanguisorba officinalis*	*Myrmica scabrinodis*	Vlhké louky

Obr. 38. Modrásci rodu *Maculinea* a jejich ochrana – vztah k mravencům.

Obr. 39. Modrásci rodu *Maculinea* – mravenci odnášejí spadlé housenky čtvrtého larválního stadia do hnízda.

Obr. 40. Modrásci rodu *Maculinea* a jejich ochrana – dorsální orgán housenky produkující exudáty atraktivní pro mravence (myrmekofilie).



Obr. 41. Mravenci se starají o housenku modráska.

Bionomie modráska hořcového (*Maculinea alcon* (Denis & Schiffermüller, 1775) a jeho ochrana (obr. 42)

Bionomie je popsána v monografii Beneše a kol. (2002). Druh je vázán na vlhké a kyselé louky. Vyskytuje se hlavně na vlhkých bezkolencových oligotrofních loukách, vlhčích pastvinách a vřesovištích. Hostitelskou rostlinou je pouze hořec hořepník. Je to obligátní myrmekofil, který využívá větší počet druhů hostitelských mravenců rodu *Myrmica.* Vývoj v hnízdech mravenců je jedno- až dvouletý.

Samice kladou vajíčka na poupata a květy živné rostliny. Housenky po 2-3 týdny vyžírají semeníky hořců. Je-li jich více v jednom semeníku nastává kanibalismus. Po dosažení čtvrtého instaru si housenka prokouše otvor v semeníku, kterým propadne pod rostlinu. Tam čeká na dělnice hostitelského mravence. Mortalita při čekání na mravence je zřejmě vysoká.

Housenka je atraktivní exudáty vylučovanými dorsálním orgánem svého těla. Mravenci housenku odnášejí do hnízda a starají se o ni. Nechávají se od nich krmit různým hmyzem přinášeným do hnízda.

V současné době je druh znám pouze z jihozápadních Čech, Polabí a z jižních svahů Nízkého Jeseníku.

Největší nebezpečí představují pro druh odvodnění mokrých luk, jejich zarůstání. Zcela základní podmínkou pro přežití druhu je přítomnost živné rostliny. Hořec hořepník potřebuje pro klíčení semen a přežívání semenáčků obnažený půdní povrch. Z tohoto důvodu je u starších lokalit vhodné vykácení náletu křovinořezem a extenzivní přepasení skotem. Doporučuje se intenzivní krátkodobá pastva začátkem léta před kvetením hořců, případně na podzim po dozrání semen.

Pouhé kosení je nedostatečné, protože dominantní trávy sice nevytvářejí trsy, ale jsou hustě zapojeny a vytváří se vrstva opadu, což neumožňuje klíčení semen. Pro ochranu mravenců (další podmínka vývoje druhu) se doporučuje ruční kosení nebo ponechávání nekosených pásů nebo lemů.

Bionomie modráska očkovaného (*Maculinea teleius* (Bergsträsser, 1779) a jeho ochrana

Druh je vázán na extenzivně využívané vlhké krvavcové louky se zachovalým vodním režimem. Je to monofágní druh žijící na krvavci totenu (*Sanquisorba* officinalis).

Vývoj je podobný jako u modráska hořcového hlavně svou vazbou na mravence rodu *Myrmica.* Samice klade vajíčka jednotlivě na nerozvinuté fenologicky časnější (zelené) květní hlávky živné rostliny. Klade pouze jedno vajíčko ze kterého se vylíhne housenka vyjící semeník hostitelské rostliny 2-3 týdny.

Po dosažení čtvrtého instaru přechází housenka do mravenišť mravenců *Myrmica scabrinodis* nebo vzácněji *Myrmia ruginodis.* Housenka je atraktivní exudáty vylučovanými dorsálním orgánem svého těla. Mravenci housenku odnášejí do hnízda a starají se o ni. Nechávají se od nich krmit různým hmyzem přinášeným do hnízda. Housenka v mraveništi přezimuje a nakonec se kuklí. V jednom mraveništi dokončí svůj vývoj jen několik housenek.

V minulosti byl u nás velmi rozšířený a hojnější než příbuzný modrásek bahenní (*Maculinea nausithous*). Na celém území vymizel z řady lokalit (střední Čechy, severní Morava). Dosud je relativně hojný v jižních Čechách, Podorličí a Bílých Karpatech. Hlavní příčinou úbytku druhu jsou změny v obhospodařování luk (odvodňování, přehnojováé, sukcese na opuštěných loukách).

Vyžaduje členitější mikrostanoviště, která byla typická pro jednosečné a ručně kosené louky. Je to způsobeno jeho vazbou na mravence *Myrmica scabrinodis*, který nedokáže trvale žít v trvale zamokřených depresích ani na rovném povrchu strojově sečených luk. Vhodnými stanovišti jsou mozaiky obhospodařovaných jednosečných luk. Kosení se doporučuje provádět mozaikovitě a rušně mimo letové období dospělců (červen nebo podzim).

Bionomie modráska bahenního (*Maculinea nausithous* (Bergsträsser, 1779) a jeho ochrana

Hygrofilní druh žijící mohofágně na krvavci totenu. Podobně jako předcházející druhy housenka ve čtvrtém instaru vypadává pod živnou rostlinu a po adopci je přenesena mravenci

rodu Myrmica (M. rubra, příležitostně M. scabrinoidis) do hnízda, kde se živí larvami a kuklami mravenců. Druh je ohrožen odvodněním vhodných lokalit a jejich zarůstáním. Důležité je tedy jednosečné mozaikovité ruční kosení

Vhodnou ochranou je mozaikovité ruční kosení v červnu (modrásek očkovaný). Pro ochranu mravenců (další podmínka vývoje druhu) se doporučuje ponechávání nekosených pásů nebo lemů. Dále je vhodným managementem extenzivní přepasení skotem (modrásek hořcový). Doporučuje se krátkodobá pastva začátkem léta před kvetením hořců, případně na podzim po dozrání semen. Pouhé kosení je nedostatečné, protože dominantní trávy sice nevytvářejí trsy, ale jsou hustě zapojeny a vytváří se vrstva opadu, což neumožňuje klíčení semen.

Obr. 42. Vajíčka modráska hořcového (*Maculinea alcon* (Denis & Schiffermüller, 1775) nakladená na květech hořce hořepníku (*Gentiana pneumonanthe*) v PP Pastvina u Zahorčic. Červenec 2006. Foto A. Čurnová.

Chřástal polní (*Crex crex*)

Chřástal polní (obr.43) je o něco menší než koroptev. Zbarven je rezavohnědě. Samice se od samce barevně neliší, malá mláďata jsou celá černá. Živí se především hmyzem a dalšími bezobratlými živočichy, zčásti i semeny rostlin. Vyskytuje se na vlhčích loukách, pastvinách a ladech. Vhodný porost by měl přesahovat alespoň 20 cm. Je to stěhovavý pták, přilétá na přelomu dubna a května. Po svém návratu z afrického zimoviště nejprve obsazuje všechny vhodné lokality.

Chřástal polní hnízdí na zemi obvykle dvakrát ročně (samice snáší 7 – 12 vajec, na kterých sedí 16 –19 dní). O mladé se stará pouze samice. Samec se přemisťuje často na velké vzdálenosti a hledá další samici. Zpět na zimoviště v JV Africe se vrací v srpnu až říjnu.

Chřástal polní je teritoriální druh. Teritoria jsou velká od 3 do 10 ha. Samci se od poloviny května, především v noci, ozývají zvučným hlasem. Můžeme ho zaslechnout i z porostů jetele, vojtěšky, obilí, z úhorů a zaplevelených ploch a vzácněji z lesních pasek. Spatříme ho však zcela výjimečně.

V bývalém Československu došlo vlivem intenzifikace zemědělství k výraznému snížení jeho početnosti. Po roce 1990 jeho početnost roste díky útlumu v zemědělství. V roce 2000 bylo v ČR zjištěno 1 500 – 1 700 volajících samců. Druh je rozšířen v podhorských

oblastech Šumavy, Novohradských hor, Krkonoš, Jeseníků a Beskyd. Vyskytuje se na lokalitách nad 400 m n.m.

Ohrožení druhu spočívá především ve ztrátě vhodného biotopu. Velkým nebezpečím pro mláďata je kosení luk. Při kosení od okrajů pozemku k jeho středu uhyne až 60 % přítomných kuřat. Z tohoto faktu plyne ochrany (viz dále). Po pokosení luk nebo zahájením pastvy v období hnízdění chřástali danou lokalitu okamžitě opouštějí. Po pokosení luk nebo po zahájení pastvy v období hnízdění chřástali danou lokalitu okamžitě opouštějí. Přesunují se n vhodné lokality do okolí, pokud takové existují (v mnoha případech tomu tak není).

Ochrana druhu spočívá v posunu seče do doby, kdy se již většina mláďat vylíhla a jsou dostatečně velká, aby mohla uniknout před sekačkou. Kosení se má zásadně provádět od středu k okrajům sníží ztráty nejméně o 2/3.

K ochraně chřástala polního a dalších druhů chráněných ptáků byl vypracován agro-environmentální titul „**Ptačí lokality na travních porostech“**. Tento agroenvironmentální dotační titul stimuluje zemědělce v EU k ochraně přírody a udržování zachovalé krajiny.

Základem je soubor konkrétních opatření, z nichž si zemědělci mohou vybírat. Titul nabízí vyrovnání ztrát z předepsaných požadavků (183 €/ha). Hospodařící subjekt se zaváže smlouvou na 5 let.

Požadavky jsou následující:

- Úplný zákaz používání hnojiv.
- Zajištění sečení půdních bloků 1x ročně (1. seč od 15. VIII. do 30. IX.).
- Neprovádět mulčování, obnovu, válení a smykování travních porostů bez písemného souhlasu přísl. orgánu.
- Provádět sečení TP na půdním bloku od středu ke krajům nebo od jedné strany.
- Neprovádět sečení více než 2 žacími stroji najednou.

Titul je kombinovatelný s tituly Ekologické zemědělství a Trvale podmáčené a rašelinné louky.

Obr. 43. Chřástal polní.

Majky rodu *Meloe* (*Meloidae*) a jejich ohrožení v zemědělské krajině

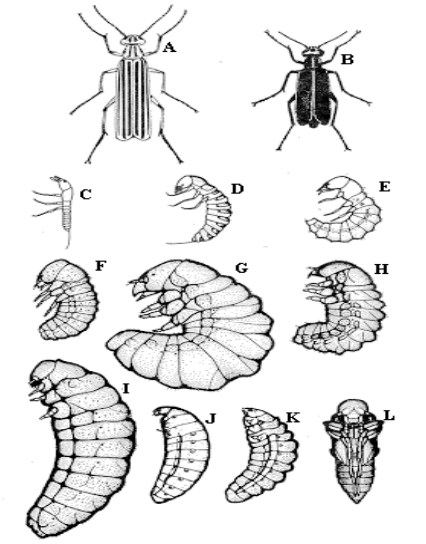
Majky rodu Meloe (obr.35) patří k nejvíce ohroženým druhům v ČR. Důvodem je složitá ontogenese a ohrožení jednotlivých článků vývoje. Majkovití jsou totiž brouci s vícenásobným složitým cyklem vývoje. Dospělí brouci jsou fytofágní. Do země kolem hostitelských rostlin naklade samička 2 - 4 tisíce vajíček, z nich se však vývoje do prvního instaru dožije pouze pár larviček, zvaných triungulini (obr.36). Tyto larvičky vylézají na květ rostliny, kde čekají na samotářské včely, přilétající sem za potravou. Zvláštním háčkem na nohách se larva včely zachytí a nechá se zanést do hostitelského hnízda, kde zalézá do zárodečných buněk a živí se včelím plodem. Vzhledem k tomu, že triunquilini neprovádějí aktivní výběr hmyzu pro tento typ fonetické asociace, je ztrátovost v této fázi velimi vysoká. Pouze malé množství triunquilinů se přychytí vhodného druhu včely u kterého je schopno dokončit vývoj. Ve včelím hnízdě napadá triunquilin buňku s včelím vajíčkem, které zkonzumuje a dále se živí zásobami určenými pro potomstvo včely. Dalších 4 - 5 instarů prodělává brouk jako larva podobná ponravě (obr.36). Během vývoje má vmezeřena 2 klidová stadia (na rozdíl od ostatního holometabolního hmyzu, který má pouze jedno – kuklu. Poslední instar se zakukluje a po vylíhnutí opouští hnízdo. Takový typ vývoje označujeme jako hypermetabolii.

Dospělí brouci nemají schopnost letu a pohybují se pomalu a nemotorně. Hostitelé druhu i samotné druhy jsou extrémně citliví na agrochemikálie.

Pro přežití druhů rodu \meloe je podstatné zabránit chemické kontaminaci prostředí. Významné je uchování vhodných hnízdiš\´t pro samotářské včely a zachování potravní nabídky pro ně. I tyto včely patří k nejvíce ohroženým bezobratlým u nás a jsou velmi citlivé na použití pesticidů. Největší potravní nabídku pro včely představují přechodová pásma a fotony s vyšší diverzitou květů (okraje lesů, remízků, polí, polních cest, atd.). Tato místa sledují i majky. Management takových ploch musí směřovat k udržení nízkostébelných porostů (nejlépe fragmentovitým kosením či částečným vypásáním).

Obr. 35. Majky (Meloidae) patří k nejohroženějším druhů živočichů v ČR. Na obrázku samice s abdomenem plným vajíček. Zadeček samce je mnohem menší.

Obr. 36. Vývojová stadia majek (rody *Mylabris* a *Epicauta*).



Blister beetles. A & B, Adults. C-K, Larval stages. L, Pupa.

Chrobák révový (*Lethrus apterus*) jejich ohrožení v zemědělské krajině

Chrobák révový (obr. 37) je u nás již vyhunulý. Byl postupně vytlačován zarůstáním stepí díky ukončení pastvy a především intezifikací zemědělství. Kolektivizace pozemků a jejich přeměna na ornou půdu a použití chemikálií způsobilo vymizení tohoto brouka z naší přírody.

Obr. 37. Chrobák vinný (*Lethrus apterus*) se vyskytuje na vinicích jižní Moravy. Larvy se živí svinutými listy révy, které samice ukládá do matečných komůrek. Je to chráněný druh, jehož početnost byla významně snížena použitím DDT.

13. Zemědělství a okolní krajina (okraje polí, polní kultury jako biotop pro přirozené nepřátele, metapopulace: modely a případové studie, management okrajů agroekosystémů)

Pro udržitelné zemědělství má význam řada opatření, která se týkají okolní krajiny (Pretty, 1998). Je vhodné zachovat určité procento neobdělávané (přirozené) nebo jen částečně udržované (polopřirozené) pro jako oblasti pro ekologickou kompenzaci. Přestože není zcela jasné, jak velkou plochu by měly tyto plochy v zemědělské krajině zaujímat, doporučuje se 5-10 %. Doporučuje se vytváření biotopů s podporou přírodní sukcese a podpora přírodních procesů, případně traspalantace (přenos) ekosystémů v případě jejich zničení (např. pastviny, remízky, atd.). Ekologické zemědělství podporuje pěstování lokálních druhů rostlin, což je v souladu s ochranou biodiverzity. Biodiverzitu podpoří také vytvářením umělých hranic mezi agroekosystémy s neošetřovanými okraji pro kompenzaci nepřímého účinku pesticidů a permanentní málo hnojené louky (Pickett & Bugg, 1998). Tato opatření zvyšují abundance většiny bezobratlých asi desetkrát oproti konvenčnímu stavu.Tyto druhy mohou sloužit také jako potrava jiných ohrožených druhů (např. koroptev polní).

Na ekologických farmách ve Velké Británii byla prokazatelná závislost mezi počtem druhů motýlů a aplikací (neaplikací) pesticidů (Boatman, 1989). Asi 68 % druhů motýlů se objevilo za pět let v místech bez aplikace pesticidů a v chráněných remízcích. Výsadba keřových a stromových pásů, pásů kolem vodních toků, okrajů komunikací a péče o stěny, zdi, zídky, travnaté pásy, ploty, náspy, svahy, stezky a chodníčky jsou významné pro přežití dalších i vzácných druhů v zemědělské krajině a ochranu biodiverzity.

Okraje polí slouží jako místa pro přezimování a estivaci. Poskytují více pylu, nektaru a potravy pro predátory a parazity. Je zde alternativní potrava pro další druhy, rostlinná potrava pro predátory, kteří v některé části života fytofágní (např. střevlíci rodu *Amara*), tritrofické vztahy mezi plodinami/ostatními rostlinami – škůdci/ostatními druhy – predátory/parazity. Vyskytují se zde často i vzácné druhy. Slouží jako oblasti pro ekologickou kompenzaci („absolutně neobdělávané-přirozené nebo jen částečně udržované plochy-polopřirozené“)

Jsou to plochy, kde bude probíhat přirozená sukcese. Vytvářejí se zde biotopy s podporou přírodní sukcese a probíhá podpora přírodních procesů. V případě zničení původního ekosystému můžeme provést jeho přenos - transplantaci (např. pastvina, remízek).

Při vytváření remízků a mezí dáváme přednost pěstování lokálních genetických variet rostlin. Podporujeme ochranu původních zbytků zemědělské krajiny (např. Jindřichohradecko). Mozaika s vytvářením umělých hranic mezi agroekosystémy je možností podpory přirozené obnovy krajiny (Duelli, 1992). Také permanentní málo hnojené louky podporují biodiverzitu (Hani, 1998).

Při vytváření remízků v zemědělské krajině by měly být splněny následující podmínky (Chapman, Sheail, 1994):

- Vznik v krátkém čase.
- Prostorové parametry (dlouhý remízek je lepší).
- Lehce opravitelný v případě narušení.
- Stejně rychle rostoucí.
- Lehce udržitelné hranice.

- Kompaktní okraje.
- Rostliny chránící organismy např. trny.
- Rostliny dobře rostoucí ze semen.
- Druhy nenáročné na půdní podmínky a odolný k počasí.
- Rostliny poskytující stín dobytku a chránící před větry v zimě.
- Rostliny poskytující úkryt hmyzu a odolný k houbovým chorobám.
- S kompaktním kořenovým systémem.
- Odolný k pastvě dobytka i zvěře.
- Schopnost regenerace

Typy remízků jsou následující (Bunce, 1994):

- Keřové a stromové pásy (hedgerows).
- Pásy kole vodních toků (potolů, říček, atd.) (streams).
- Okraje komunikací (roadsides).
- Stěny, zdi, zídky (walls).
- Travnaté pásy, ploty, náspy, svahy (grass strips/fences/banks).
- Hranice mezi kulturami (boundary margins, uncultivated strips).
- Zelené stezky, chodníčky (green lanes)

Remízky zvyšují biodiverzitu v krajině. Byla prokázána jasně prokázaná závislost mezi počtem druhů motýlů a chráněnými remízky. Např. 68 % motýlů bylo ve Velké Británii během pěti let pozorováno jen na chráněných remízcích (Dover, 1991). Remízky podporovaly další užitečný hmyz – např mšicožravé pestřenky (*Syrphidae*). Okraje polí a okolní remízky zvyšunj abundanci predátorů a parazitů asi desekrát. Pozitivní vliv měly remízky také na jeden z neohroženějších druhů polních ptáků – koroptev. Remízky mohou sloužit pro kompenzaci nepřímého účinku pesticidů z polí.

14. Pastviny a ochrana biodiverzity

Změny v zemědělské politice v posledních letech způsobily, že bývalá velká část travních porostů včetně chráněných území, která byla posledních pár desetiletí obhospodařována především sečením, začala být udržována pastvou skotu, ovcí a v polední době i koz. Podpora extenzivní pastvy dobytka se stala součástí řady dotačních programů. Jak se však tato změna projevila na biodiverzitě (vegetaci, bezobratlých a obratlovcích)? Jak již bylo zmíněno u některých chráněných druhů (např. modrásci rodu *Maculinea*), rozumná pastva může pomoci přežívání a rozvoji chráněných druhů rostlin a živočichů.

Charakteristika pastevního porostu

Charakteristika travního porostu silně ovlivňuje společenstev rostlin a živočichů vyskytujících se v pastevních porostech.

Struktura travního porostu má svoji heterogenitu (různorodost), která je ovlivněna:

- obsahem živin v půdě,
- přístupným světlem,
- vodním režimem (atmosférické srážky, hladina podzemní vody),
- topografickými podmínkami (orientace k světovým stranám, svah, nadmořská výška),
- typem obhospodařování (pastva, sečení, intenzita)

Vliv pastvy na strukturu porostu je dvojího typu:

- přímý (výběrové spásání rostlin, poškození drnu, redistribuce živin močí a exkrementy),
- nepřímý (díky zvyšování hustoty přízemní vrstvy porostu dochází ke zvyšování půdní vlhkosti).

Horizontální struktura označuje uspořádání rostlin při pohledu shora, tzn. Popisuje mozaikovitost travního porostu. Tato struktura je dána:

- charakterem růstu přítomných druhů rostlin (trsnaté, výběžkaté),
- intenzitou obhospodařování (plošné hnojení, sečení, pastevní tlak), intenzivní tlak vede k uniformitě porostu,
- distribucí moči a tuhých výkalů, které ovlivňují růst rostlin,
- intenzitou pastvy (při extenzivní pastvě vzniká mozaika opakovaně spásaných míst s nízkým porostem a vysokými nedopasky, což je z hlediska ochrany biodiverzity lepší).

Obecně lze konstatovat že:

- u pastevního porostu je největší podíl nadzemní biomasy ve spodních vrstvách a s intenzitou pastvy se tento podíl zvyšuje,
- u lučního porostu je podíl biomasy v jednotlivých vrstvách vyrovnanější,
- u pastevního porostu se odumřelá biomasa kumuluje ve vrstvě 0-3 cm,
- u lučního porostu se odumřelá biomasa kumuluje ve vrstvě 0-10 cm.

Zvířata na pastvině pozitivně ovlivňují šíření semen rostlin (endozoochorie a epizoochorie). Rozrušování půdy paznehty může podpořit výskyt některých vzácných druhů rostlin (např. hořce) a zpomalit sukcesi.

Jaká je rozumná zátěž pastvou v naší krajině?

V chráněných porostech, kde je zachování biodiverzity jedním z hlavních cílů, dodržujeme určité zásady pastvy a zatížení pastviny. Jedná se zejména o:

- Rozdělení pastviny na několik menších ploch, různě obhospodařovaných (intenzivně, extenzivně spásaných, ponechaných pár let ladem) a jejich střídáním.
- Nesečením nedopasků (na nezaplevelených pastvinách bez šťovíků).
- Ponecháním rozptýlené zeleně na pastvinách.
- Vysokostébelné porosty (ovsíkové louky, širokolisté suché trávníky) nejdříve sklidit na seno a přepásat až otavy, případně raději využít jednorázové intenzivní pasení než kontinuální pastvu během celé sezóny.
- Použití vždy více způsobů obhospodařování travního porostu.

Při obhospodařování většiny trvalých travních porostů v chráněných územích musí zemědělec počítat s:

- Nižší intenzitou obhospodařování (omezením hnoijení a používání herbicidů).
- Nižším výnosem a kvalitou píce polopřirozených travních porostů.
- Nižší užitkovostí zvířat.
- Kompenzací ušlého zisku vyššími příjmy ze státních dotací.

Chráněné druhy žijící na pastvinách

Pastva je jedním z hlavních faktorů, který utvářel evropskou přírodu. Ve středověku existovala mozaika vegetace různě husté a vysoké, od holých vypasených svahů a písčin přes pole a úhory, louky a pastviny s různou hustotou keřů a stromů, řídké pastevní lesy až po hustý les. Řada těchto biotopů byla udržována právě pastvou, páslo se všude, ale různě – někde jen občas, jinde celou sezónu. Ústup pastvy byl důsledkem intenzifikace zemědělství, která začala někdy v 18. století. Přechod na celoroční stájový chov tehdy umožnil postupné omezování pastvy, které vyvrcholilo ve druhé polovině 20. století. Nejdříve byla pastva zakazována v lesích, což umožnilo zefektivnění metod pěstování lesa. Jak se pastva hospodářských zvířat z naší krajiny postupně vytrácela, biotopy, které udržovala, byly převáděny na pole, louky a především kulturní les. Nespásaná krajina začala zarůstat a toto zarůstání dnes zřejmě vrcholí. Biologové a ochrana přírody si jeho důsledků všimli až v 70. a 80. letech 20. století, teprve v okamžiku , kdy zarůstání bývalých pastvin začalo výrazně ochuzovat druhové bohatství rostlin a živočichů. Do té doby byla pastva považována za faktor, který vysloveně škodí a z chráněných území byla zcela vyloučena.

V dnešní kulturní krajině zůstaly výrazně zastoupeny vlastně jen dvě krajnosti – hustý les a intenzivně obhospodařovaná kulturní step, tedy pole a louky. Kromě zvyšování biodiverzity má pastva na organismy i negativní vliv. Pasoucí se dobytek ničí hnízda ptákům hnízdícím na zemi, stejně jako ničí mnohé bezobratlé živočichy likvidací bylinného patra. V historické tradiční krajině to nebyl takový problém, protože existovala jemná mozaika spousty políček, různě obhospodařovaných luk, pastvin a drobných ploch. Pokud pastva v jednom roce někde zlikvidovala celou populaci specializovaných motýlů modrásků, jakmile tlak polevil, motýli se vrátili ze sousedních pozemků, kde se v daném roce tolik nepáslo. Živočichové i rostliny se v krajině neustále stěhovali, někde vymírali a zároveň osidlovali další místa. Dnes je mozaika biotopů v krajině mnohem hrubší. Krajině dominují husté lesy a pole často ve velkých rozlohách. Mezi nimi se řídce vyskytují drobné plošky vhodných stanovišť, často vzdálených desítky kilometrů, kterou nejsou schopni zejména menší druhy živočichů překonat.

Podle některých údajů se zdá, že v posledních 100-150 letech u nás vyhynulo zhruba 10 % hmyzí fauny (cca 3000 druhů). Počet kriticky ohrožených nebo vymírajících druhů je přibližně stejný. Přitom většinou jde o druhy vázané na biotopy udržované pastvou. V dnešní době se vyhynulý druh už nemá odkud vrátit (podobné biotopy neexistují nebo jsou velmi vzdálené). To je problém především malých chráněných území. Necitlivě provedený zásah je

může poškodit a jedinou možností je mozaikovité hospodaření a velmi citlivý a flexibilní přístup.

Jasoň červenooký jaoo příklad ohroženého druhu jehož vyhynutí ovlivnil zánik pastvy

Jasoň červenooký (*Parnassius apollo*) se ve většině svého areálu ocitl na hranici vyhubení. O příčinách se vedly složité diskuse a bylo vytvořeno několik hypotéz, včetně toho, že jeho živné rostliny (rozchodníky) kumulují intenzivně těžké kovy (prof. P. Nuorteva). Vždy tedy představoval určitou záhadu. Býval pokládán za příslušníka horské fauny, přestože krom hor osidloval i velmi nízké polohy, třeba kaňon Dyje. Už během 19 století začal v celém areálu ustupovat. Izolovanost populací dala vzniknout nepřebernému bohatství lokálních forem a poddruhů, jež odedávna přitahovaly zájem sběratelů. Na ně se také mizení motýlů nejčastěji svádělo. Protože je to motýl nápadný a krásný, dočkal se ve většině evropských zemí jako jeden z prvních bezobratlých i zákonné ochrany. Ta se míjela účinkem. Jádro problému totiž nepředstavovali sběratelé, ani znečištění prostředí toxickými kovy a jejich kumulace v živné rostlině, ale nedostatečná péče o lokality.

Jasoň obývá skalní stepi, sutě a droliny, kde se daří jeho živným rostlinám. Dnes v něm vidíme zbytek fauny postglaciální a nestačila ještě zarůst lesem. Jako takový mohl žít v nížinách i vysoko v horách. Všude však potřeboval stanoviště s minimálním rostlinným krytem. V minulosti to byly to vesměs strmé skalnaté svahy, kde opakované mýcení dřevin a pastva hospodářských zvířat, která bránila růstu lesa. Vhodných míst však začalo ubývat, jakmile prosperita související s nástupem průmyslové revoluce umožnila skoncovat s využíváním strmých, mizerně přístupných poloh. Vedle spontánního zarůstání ubíjela jasoně i zalesňovací a okrašlovací mánie. Nedostatek dřeva a postupné konstituování privilegovaného lesnického stavu nám vsugerovaly představu, že zdravá krajina je krajinou zalesněnou. Výsadby borovice a akátu byly vnímány jako pokrok, kamenité pastviny se staly symbolem zaostalosti.

Výsledkem byl zánik lokalit jasoně v Čechách a na Moravě v 19. a 20. století. Poslední populace přežívaly do 30. let 20. století v kaňonu Dyje a na vápencových bradlech u Štramberku. Zarůstání první lokality a těžba vápence na lokalitě druhů způsobily zánik těchto posledních míst výskytu jasoně.

Těžba ale obnažila strmé lomové stěny a to umožnilo reintrodukci jasoně a přežití některých dalších druhů motýlů (např.soumračníka skořicového a s. žlutohnědého).

Z uvedeného je zřejmé, že podobně jako u nás i jinde v Evropě může za zánik jasoně lesnické sobectví s výsadbou nehostinných kulturních smrčin.

Další druhy vázané na pastviny a pasené biotopy

Na obhospodařované porosty je ve střední Evropě vázáno velké množství druhů zvláště bezobratlých (zejména hmyz a pavouci). Najdeme mezi nimi jak býložravce, dravé druhy, opylovače, parazity tak i rozkladače. Pastva velmi silně ovlivňuje druhy a společenstva bezobratlých. Její bezprostřední účinky jsou spojovány zejména:

- se změnou struktury porostu, jejímž důsledkem je dramatická změna mikroklimatu, ztráta potravních zdrojů na těch částech rostlin, které byla posečeny nebo sežrány dobytkem a ztráta úkrytů,
- s omlazením znovu obrůstajících rostlin, mladé části rostlin se snadněji konzumují a tráví a představují pro fytofágy kvalitnější zdroj potravy.

Pastva nebo posečení porostu okamžitě většinu bezobratlých v travním porostu ovlivňují negativně (nedostatek potravy, úkrytů, větší tlak predátorů). Z dlouhodobého hlediska je podstatné to, že dobytek spásá jen některé druhy rostlin, zatímco jiným se vyhýbá, čímž ovlivňuje dostupnost hostitelských rostlin pro specializované rostlinné druhy. Mezi typické druhy hmyzu na pastvinách patří právě ty druhy ploštic, křísů, brouků, dvoukřídlých vázané

na rostliny, jimž se dobytek vyhýbá: kopřivy, bodláky, jehlici trnitou, miříkovité rostliny (např. mrkev, pastinák), vratič, řebříček, šťovíky nebo třezalky. Selektivní pastva ovcí může naopak potlačit např. populace některých druhů modrásků vázaných na bobovité rostliny (např. vičence či úročník bolhoj). Pastva za přiměřeně nízkých stavů dobytka má schopnost postupně vytvořit mozaiku silně a slabě spasených plošek s různou výškou porostu, na rozdíl od sečení, které snižuje porost naráz a stejnoměrně na celé ploše.

Obr. 38. Příklad druhů hmyzu vázaných na nespásané druhy rostlin – a/ kněžice páskovaná (*Graphosoma lineata*) a síťnatka bodláková (*Tingis cardui*).

A/

B/

Mozaikovitost porostu je důležitá pro řadu druhů bezobratlých, například pro některá sarančata, jejichž dospělci se zdržují především ve vyšších porostech, zatímco vajíčka kladou do obnažené půdy. Přítomnost holých míst způsobených sešlapem a suché mikroklima v nízko spasených částech zejména na výslunných svazích vyhovuje mnoha druhům teplomilných a suchomilných pavouků, střevlíků, drabčíků, motýlů, kobylek, plžů a dalších bezobratlých. Nedopasky naopak představují šanci pro přežití druhů vázaných na semena a květy rostlin. Typické druhy na obr. 38 a 39.

Obr. 39. Sarančata rodu *Chorthippus* jsou typickými obyvateli pastvin.

Pasoucí se dobytek sám o sobě vytváří v travních porostech prostředí pro výskyt některých skupin bezobratlých, které se na nesečených a nepasených plochách nevyskytují, zejména vázaných na trus. Tento trus je totiž už od začátku rychle kolonizován desítkami druhů bezobratlých pro které je zdrojem potravy. Tito živočichové svou činností zásadním způsobem přispívají k rozkladu trusu a jeho vstupu do koloběhu látek na pastvině. Nejpočetnější jsou v trusu larvy much a larvy i dospělci brouků Podle způsobu obživy dělíme bezobratlé vázané na prostředí výkalů na :

- pravé koprofágy, často s krátkým vývojovým cyklem, omezeným většinou jen na čerstvý trus (mouchy kmitalky – obr.40, mrvnatky, květilky a výkalnice, z bouků pak hlavně vrubounovití). Je zajímavé, že tekutá forma čertvého trusu umožnila vývoj a výskyt jedné specializované skupině vodních brouků vodomilů.
- Méně specializované saprofágy, kteří zpracovávají především starý trus (některé skupiny běžně žijící v půdě např. malé larvy dvoukřídlých pakomárů, bejlomorek, smutnic a kotoulí, dále roztoči, chvostoskoci, roupice a některé žížaly),
- Dravce (predátory) k nimž patří zejména brouci drabčíci, mršníci a larvy vodomilů. Tito bezobratlí se živí především larvami dvoukřídlých a jinými bezobratlými.

Významná je především skupina vrubounovitých žijících v trusu (u nás asi 100 druhů). Tito brouci jsou často specializovaní jen na trus určitých druhů býložravců (kráva, ovce, kůň, jelen, atd.). Část trusu zahrabávají do půdy, kde se na něm vyvíjí jejich larvy.

Obr. 40. Moucha kmitalka (*Sepsidae*).

Obr. 41. Drabčík *Emus hirtus* vypadá zdálky jako čmelák. Je to však dravec živící se na trusu dobytka jinými druhy hmyzu. Je chráněným druhem, který se v poslední době rozšiřuje v souvislosti s venkovní pastvou.

Na pastvinách se vyskytuje řada chráněných a ohrožených druhů organismů, které v okolní krajině nežijí (obr.41, 42). Podrobná informace je v publikaci Mládek a kol. (2006)

Obr. 42. Chrobák *Sysiphus schaefferi* je vázán na trus a v ČR je ohrožen omezením pastvy ovcí a koz.

15. Zemědělství v chráněných územích (udržitelný rozvoj, agroenvironmentální programy, agroturistika, současné trendy v agroturistice, turistika a kulturní změna)

Zemědělství je důležitým způsobem managementu zejména ve velkoplošných chráněných zemích. Jedná se zejména o Národní parky a Chráněné krajinné oblasti. Území chráněných krajinných oblastí, které jsou velkoplošným chráněným územím zakotveným již dlouhou dobu v české legislativě, nemůžeme chápat jako homogenní plochu s jednotným pohledem na úroveň ochrany přírody. Na rozdíl od národních parků, kde by měly převládat plochy s bezzásahovým přístupem a ochranou přirozených procesů v přírodě, jsou chráněné krajinné oblasti územím, kde je sice vysoký podíl přírodních ekosystémů, ale plošně převládá krajina dlouhodobě člověkem využívaná, upravovaná a přetvářená. Řečí zákona jsou CHKO … *„rozsáhlá území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů, s hojným zastoupením dřevin, popřípadě dochovanými památkami historického osídlení“*.

Po přečtení těchto charakteristik je jasné, že nelze z těchto oblastí vylučovat lidské aktivity. Cílem je, je určitým způsobem usměrňovat a podporovat takové činnosti, které vedou k tolikrát skloňovanému trvale udržitelnému rozvoji a umožňují zachovat a rozvíjet hodnoty, které stály u zrodu CHKO. To znamená zachovávat přírodní a krajinný ráz oblasti včetně struktury osídlení a podíl cenných přírodních lokalit. V CHKO by se neměly povolovat takové aktivity, které by tyto hodnoty poškozovaly a nevratně snižovaly krajinné i přírodní hodnoty. Proto jsou v zákoně vyjmenovány činnosti, které nejsou na území CHKO povoleny. Patří sem mimo jiné např. *„výstavba nových dálnic, sídelních útvarů a plavebních kanálů nebo pořádání automobilových a motocyklových soutěží“*.

Možnosti hospodářského využívání pozemků na území CHKO jsou odstupňovány podle „zón“. Tzv. zonace, tzn. rozdělení území do jednotlivých zón, je samostatný akt, který ministerstvo životního prostředí schvaluje vlastní vyhláškou. Zřizují se zpravidla 4, nejméně 3 zóny ochrany přírody.

Jako příklad si uvedeme CHKO Třeboňsko. Zde jsou od roku 1995 schváleny zóny 3:
Do první zóny (nejpřísnější) jsou zahrnuta území s nejvyššími přírodními hodnotami a zahrnují přibližně 5 % rozlohy CHKO Třeboňsko. Ani tady však není zcela vyloučeno hospodaření. Příkladem mohou být louky. Jsou to biotopy vzniklé většinou pravidelnou činností člověka a přesto velice cenné z hlediska biodiverzity a ochrany jednotlivých druhů. Hospodaření je zde značně omezeno, ale většinou je jeho zachování podmínkou další existence lokality a je často dotováno ze státních (evropských) prostředků. Dalšími specifickými biotopy jsou rybniční ekosystémy. Rybníky jsou stavby určené především k chovu ryb. V průběhu staletí se však z mnoha rybníků, které v českých zemích svým charakterem nahrazují chybějící mělká přirozená jezera, vyvinuly velice cenné ekosystémy na nichž je závislá existence mnoha našich druhů živočichů a rostlin. Proto byly zařazeny do 1. zóny a je nutno zde najít takový způsob hospodaření, který umožní kromě produkce ryb i zachování biologických hodnot. Část této povinnosti nese na bedrech vlastník, částečně přispívá stát (EU). Příkladem jsou tzv. agroenviromentální programy, které umožňují dotovat

majitelům zemědělských pozemků činnosti nad rámec zákona, které budou zlepšovat podmínky pro existenci cenných stanovišť.

Druhá zóna je v případě Třeboňska plošně nejrozsáhlejší (pokrývá přibližně polovinu rozlohy CHKO) a jsou do ní zařazena území, která se nejvíce přibližují původním biotopům, ale probíhá zde regulérní hospodářská činnost. Jsou to hlavně rybniční soustavy a lesní komplexy. Stupeň ochrany je nižší než v nejcennějších prvních zónách, ale i tady jsou určitá omezení. V zákoně je vyjmenován např. zákaz *„ hospodařit na pozemcích mimo zastavěná území způsobem vyžadujícím intenzivní technologie, měnit vodní režim či zavádět intenzivní chovy zvěře“*.

V případě lesů zde určitý problém existuje, protože některé činnosti prováděné běžně v lesním hospodaření (používání biocidů) jsou v rozporu se zákonnými ochrannými podmínkami pro 2. zónu. Jednou z variant řešení je rozdělení lesních komplexů mezi 2. a 3. zónu, Přístup ředitelství Lesů ČR, které spravují většinu lesních porostů na Třeboňsku však ukazuje, že přístup správců státních se stále více blíží názorům, které zaznívají z resortu ochrany přírody.

Do třetí zóny jsou zařazena území nejvíce pozměněná a využívaná člověkem jako jsou komplexy orné půdy, sídla, komunikace a dobývací prostory. Běžné hospodaření je zde dotčeno jen minimálně.

Samostatnou kapitolou jsou maloplošná chráněná území, tzn. přírodní rezervace, přírodní památky, národní přírodní rezervace a národní přírodní památky. To jsou řečí zákona „menší území mimořádných přírodních hodnot“, které se mnohdy překrývají s 1. zónou na území CHKO. Existují na celém území Česka vně i uvnitř CHKO a mají mnohem delší historii než současný zákon o ochraně přírody a krajiny (od roku 1992). Zrušeny byly pouze na území národních parků, kde existují pouze zóny. Za nejstarší naše maloplošné chráněné území je možno považovat Žofínský prales v Novohradských horách, kde existuje jistá forma ochrany již od roku 1838. Pro využívání těchto území platí obdobná pravidla jako pro 1. zóny CHKO, tzn. že tam, kde je hospodaření žádoucí (louky, rybníky), je ze strany správy CHKO řízeno a dotováno. V lokalitách které se nejvíce blíží „přírodním ekosystémům“ (pískové přesypy, rašeliniště či zbytky lesních porostů přirozeného složení) je snaha o vyloučení lidských zásahů. Jsou zde povolovány či podporovány pouze činnosti, které vedou k zlepšení stavu lokality či jsou odstraňovány nevhodné „zátěže“ z minulosti.

Agroenvironmentální programy

Jak píše Plesník (2000), agroenvironmentalní programy neboli programy na ochranu a obnovu životního prostředí v zemědělství jsou často viděny jako výhradní nástroj resortu zemědělství, či případně resortu regionálního rozvoje. V současné době tyto programy v členských státech Evropské unie (EU) jsou a předpokládá se, že se v budoucnosti ještě více stanou nezastupitelnou možností, jak bude možné ve zvláště chráněných územích i nechráněné krajině významným způsobem podporovat aktivní péči o přírodu a krajinu. V další části této kapitoly se podrobněji podíváme, jak agroenvironmentální programy vypadají, také jak mohou být využity pro ochranu cílových druhů, společenstev a stanovišť (biotopů).

AEP v zemědělské praxi

Při využití těchto dotačních titulů (AEP) je zemědělci hrazen ušlý příjem, který mu vzniká v souvislosti se zvýšenými náklady, které plynou ze závazku na dodržení příslušného způsobu hospodaření, dle Zákona č. 242/2000 Sb., o ekologickém zemědělství. Přihlášení do jednotlivých dotačních titulů je dobrovolné a svou přihláškou se hospodář – zemědělec zavazuje plnit podmínky dle daného opatření po dobu 5 let.

Mezi tyto podmínky patří například zákaz používání GMO, omezení syntetických hnojiv a upřednostňování organického hnojiva, zajištění vyšší kvality života hospodářským zvířatům, kosení luk v předepsaných termínech a bez použití mechanizace atd. Přihlášky a projekty k těmto programům se podávají na příslušných pobočkách MZe, tj. Zemědělských agenturách-Pozemkových úřadech.

Pozitivním přínosem AEP je podpora příznivého obhospodařování zemědělské půdy a udržování krajiny. Přihlášením do těchto dotačních programů získá zemědělec jistý příjem, který není závislý na různých faktorech (počasí, trh…). Dotace lze poskytovat pouze na pozemky, které jsou uživateli nahlášené v registru půdy (LPIS).

Typy, hlavní cíle, opatření a financování AEP

Do agroenvironmentálních opatření pro období 2007-2013 jsou zahrnuty dále jmenované dotační tituly: „Ekologické zemědělství; Integrovaná produkce; Travní porosty (Louky základní management; Mezofilní a vlhkomilné louky; Horské a suchomilné louky; Podmáčené a rašelinné louky; Ptačí lokality na trvalých porostech – hnízdiště bahňáků, hnízdiště chřástala polního; Pastviny základní management; Druhově bohaté pastviny; Suché stepní trávníky a vřesoviště), Zatravňování orné půdy, Pěstování meziplodin, Biopásy“ (Agroenvironmentální programy ČR, 2007).

Mezi hlavní cíle agroenvironmentálních programů řadíme:

- zamezit zrychlenému odtoku vody z krajiny
- snížit erozi půdy
- podpořit ekologickou stabilitu krajiny
- zachovat a zvýšit přírodní rozmanitost na zemědělsky využívané půdě.

A dle Baldocka (in Plesník, 2000) mezi základní typy opatření, které jsou zahrnuty do agroenvironmentálních programů, patří*:*

1. „udržování již existujících způsobů zemědělské výroby, citlivých k živé i neživé složce ekosystémů,
2. omezení vstupů do prostředí jako jsou chemické látky, používané proti ekonomicky závažným organismům (pesticidy), nebo organická (průmyslová) hnojiva. Patří sem i podpora organického nebo „ekologického“ zemědělství, zejména při přechodu (konverzi) z klasické (konveční) na organickou výrobu;
3. extenzifikace výroby na orné půdě: podpora uvedené aktivity je důležitá kupř. v Rakoušku nebo Španělsku;
4. extenzifikace živočišné výroby: většina programů se soustřeďuje na udržení chovu dobytka s nízkou intenzitou, zejména v lužních a travinných oblastech. Tento typ agroenvironmentálních programů převládá ve Francii, Irsku, Spolkové republice Německo nebo ve Velké Británii;
5. pěstování odrůd kulturních rostlin nebo chov plemen hospodářských zvířat, ohrožených vymizením: zmiňovaná podpora napomáhá udržet genetickou rozmanitost

zejména tradičních a místních odrůd a plemen jako významné součásti biologické rozmanitosti;

6. další opatření, příznivá k prostředí, kupř. zatravnění pásů podél vodních toků;
7. udržování opuštěné zemědělské či lesní půdy;
8. ponechání zemědělské půdy ladem po dobu 20 let: sem patří i obnova či vytváření polopřírodních stanovišť;
9. zpřístupnění zemědělské krajiny pro veřejnost a poskytování pozemků pro rekreaci;
10. proškolování zemědělců ve způsobech hospodaření šetrných k životnímu prostředí."

Zkušenosti s realizací AEP

Je důležité položit si otázku, jaké jsou vlastně dosavadní zkušenosti s realizací agroenvironmentálních programů v EU? Jak píše Plesník (2000), tak záměrem 5. akčního programu ES pro životní prostředí bylo dosáhnout toho, aby do roku 2000 probíhaly agroenvironmentální programy na alespoň 15 % zemědělské půdy EU. Toto pravidlo je v současné době překročeno v některých členských státech, např. v SRN se agroenvironmentální opatření týkají 39% a ve Francii 23% zemědělsky obhospodařované půdy. Naopak najdeme i některé členské státy, i např. vysoce zemědělsky rozvinuté – Nizozemsko, Řecko, které výše zmíněné hodnoty doposud nedosahují.

Dle expertů o úspěšnosti agroenvironmentálních programů vypovídá nejlépe fakt, na kolika ha jsou uskutečňovány. Dle Plesníka (2000) se realizují na 27 milionech hektarů. Tato plocha zabírá zhruba více než 20% rozlohy zemědělské půdy celé Evropské unie. Do agroenvironmentálních programů se zapojilo na 900 000 zemědělských podniků. Do tohoto čísla však nejsou zahrnuty údaje ze SRN. Jak uvádí Evropská komise (1998) a Fay (1999), agroenviromentálních aktivit se zúčastňuje každá sedmá farma Evropské unie, především v Rakousku se jedná o více jak o 78 % a ve Finsku o 77 % všech zemědělských podniků v zemi.

Především zonální programy (viz tabulka 1) se zaměřují na předem pečlivě vybrané lokality, jako jsou suché travinné biotopy, alpinské pastviny, mokřady, vřesoviště a další stanoviště. V rámci těchto programů je snaha o to, aby na územích probíhala přirozená péče, která má základy v tradičních postupech péče o krajinu. Naopak v některých případech mají zmíněná opatření za cíl obnovit biotopy, které byly poškozeny lidskou činností.

Plesník (2000) uvádí jako vhodný příklad konkrétní činnosti, která má v rámci agroenvironmentálních opatření pomoci k ochraně planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů a krajinných prvků a biotopů, ve kterých žijí, severoirský Program péče o venkov. Subvence tohoto programu na ochranu a obnovu životního prostředí v zemědělství směřují do stanovišť a míst charakteristických rysů pro venkov Severního Irska. Mezi ně patří „druhově bohaté travinné biotopy, hnízdní lokality bahňáků (Charadriiformes) na vrchovině, mokřady, vřesové bažiny, nížinná vřesoviště, polopřírodní zemědělské lesy a křovinné biotopy, pobřežní zemědělská krajina, archeologické rysy krajiny, parková a historická krajina a nivní a břehové pozemky blízko jezer nebo mořských zátok mezi štěrkovými pahorky ledovcového původy a do nich vtékajících vodních toků" (Plesník, 2000).

Tento program má za cíl podporovat i vytváření zimních krmovišť pro táhnoucí labutě (*Cygnus* spp.) a husy (*Anserinae*), hnízdiště pro rajky chocholaté (*Vanellus vanellus*). Finanční odměna patří i zemědělcům, kteří se podílejí na udržování zimních strnišť, obnově

tradičních ovocných sadů či vytvářejí ochranná pásma kolem lokalit, které jsou řazeny do soustavy chráněných území ES Natura 2000 a dalších. V rámci programu je i oceňována regulace invazních plevelů a také ruční kosení určitých luk v předepsaném období.

Také v Anglii mají poměrně velmi propracovaný systém agroenvironmentálních programů. Britské Ministerstvo zemědělství, výživy a rybářství řídí od roku 1987 dobrovolný program Oblasti, citlivé z hlediska životního prostředí (Environmentally Sensitive Areas, ESA). Jedná se o program, který je zaměřen na péči o části venkova, ve kterých dosahují národního významu fauna nebo flóra či historický zájem. Do programu spadá i péče o biotopy některých druhů planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů včetně hmyzu a jiných bezobratlých. Jako příklad uvádí Plesník (2000), tak zemědělce, který uskutečňuje určitá opatření, která slouží k ochraně strnada cvrčivého (*Emberiza cirlus*), jako jsou například ponechaná strniště na zimu či vytvoření pásu vegetace na kraji polí po dobu nejméně pěti let. Tento zemědělec obdrží příslušnou dotaci.

Například z Francie můžeme uvést zvláštní program, který je určen pro vlastníky rybníků. Tento program je financovaný z Fondu na řízenou péči o přírodní prostředí (FGMN) Ministerstva územního plánování a životního prostředí. Pokud vlastník rybníka zavede určitá opatření, která budou citlivá k životnímu prostředí, jako je snížení rybí osádky, přechod na více druhů chovných ryb nebo omezení hnojení, tak bude mít nárok na dotaci, jak píše Plesník (2000), ve výši 800 franků (4320 Kč) na hektar. V případě, že do této péče zahrne i rákosové porosty, zvyšuje se uvedená částka na 1100 FF (5940 Kč)/ha. Nejvyšší subvence, 1300 FF, tj. 7020 Kč/ha, je poskytnuta vlastníkovi, který kromě všech těchto opatření podnikne určité kroky na udržení některých druhů rostlin a živočichů, kupř. leknínu bílého (*Nymphaea alba).* „Do programu je začleněna i ochrana samic želvy bahenní (*Emys orbicularis*) při kladení vajec i později vylíhnutých mláďat. V jihofrancouzském Aude běží program na ochranu ohrožených rostlinných a živočišných druhů, vázaný na vinice. Během pěti let na něj bude vynaloženo 0,46 milionu eur (16,3 milionů Kč)“ (Plesník, 2000, s. 270)

V Rakousku je například dotováno udržování trvalejších tůněk, které vznikly prohloubením jarních depresí a jsou útočištěm pro čejky chocholaté. Existuje i jiný program, který bychom mohli přirovnat programu, který byl realizován v České republice - Program revitalizace říčních systémů. Ten je zaměřen na přeměnu kanalizovaných vodních toků na přírodě blízká stanoviště. Jako indikační druh je zde vybrán ledňáček říční (*Alcedo atthis*). A například v dalším státě, Nizozemí, jsou v rámci jednoho speciálního programu odměňováni zemědělci dle toho, kolik párů v západní Evropě rychle mizejícího skřivana polního (*Alauda arvensis*) hnízdí na pozemcích dotyčného zemědělce (Plesník, 2000).

Agroturistika a ochrana biodiverzity

Agroturistika, jako jedna z možností podnikání na venkově, si získává ve světě stále větší oblibu. Nejde jen o módní záležitost, ale do určité míry o vyjádření současného vztahu k přírodě, ke krajině. Tento trend se začíná postupně prosazovat i v českých podmínkách. Jak ukazují zahraniční i naše zkušenosti, agroturistika i vesnická turistika napomáhají řešení některých problémů venkovských oblastí, jako je např. nezaměstnanost, udržování kulturní funkce krajiny, snížení migrace venkovského obyvatelstva aj.

Lze však očekávat, že agroturistika se nebude rozvíjet v České republice v takových dimenzích jako tomu bylo a dosud je v zahraničí, především ve státech Evropské unie. Naše

země, vzhledem k odlišnému historickému vývoji a odlišným ekonomickým, sociálním, legislativním aj. podmínkám, se bude více orientovat v rámci venkovského cestovního ruchu na jiné formy venkovské turistiky než na agroturistiku, která je pevně spojena se zemědělskou výrobou na farmě nebo v jiném zemědělském podniku. Přesto lze předpokládat, že agroturistických farem bude v České republice přibývat, že budou dosahovat stále lepšího standardu a že jejími hosty budou kromě tuzemských návštěvníků i návštěvníci zahraniční nejen z Evropy, ale i z celého světa.

Agroturistika patří k tak zvaným měkkým formám turistiky a její vliv na biodiverziu je mnohem menší než tradiční konvenční hospodaření. V současnosti je málo údajů o vlivu agroturistiky na biodiverzitu. Většinou se jedná o studie, které se týkají agroturistiky v chráněných územích. Jako příklad si můžeme uvést agroturistiky (farma s jezdeckými projížďkami v Horské Kvildě na Šumavě). Vliv na chráněné druhy, rostlinná společenstva a problematika možného rozšiřování nepůvodních druhů

Agroekosystémy, ochrana biodiverzity a legislativa EU

Je vyžadována znalost základních zákonů o ochraně přírody a krajiny, úmluvy o ochraně biodiverzity, směrnic EU o ochraně přírody (Natura 2000), atd. Informace jsou na stránkách MŽP ČR. www.env.

16. Závěr

Naše krajina je převážně zcela vytvořená člověkem. Zemědělská krajina je její významnou součástí a rozumné hospodaření přispívá k udržování biodiverzity. Ta může poskytovat zemědělci významné bezplatné služby. Harmonická kulturní krajina s dostatkem biotopů a mikrostanovišť pro doprovodnou biodiverzitu je vhodná nejen opro organismy, ale také pro člověka (obr.43).

Obr. 43. Harmonická kulturní krajina s dostatkem biotopů a mikrostanovišť pro doprovodnou biodiverzitu.

17. Kontrolní otázky

1. Jaké jsou časové rozdíly v managementu krajiny v Evropě a na jiných kontinentech a jaký to má vliv na biodiverzitu?
2. Jaký procentuální podíl zemského povrchu slouží pro zemědělskou produkci?
3. Jaký je podíl pastevních a zemědělských ploch na Zemi?
4. Vyjmenujte tři hlavní typy zemědělství vzhledem k intenzitě managementu?
5. Jaké jsou tři hlavní proměnné ovlivňující biotu v agroekosystémech?
6. Jaké jsou čtyři hlavní trendy v managementu zemědělské krajiny?
7. Kdy byl poprvé použit termín ekologické zemědělství a v jakém smyslu?
8. Jaké jsou charakteristické znaky udržitelného zemědělství?
9. Charakterizujte agroekosystém.
10. Jaké jsou rozdíly mezi agroekosystémem a přírodním ekosystémem?
11. Jaké jsou rozdíly v biodiverzitě agroekosystému a přirozeného ekosystému?
12. Jak ovlivňují ekonomické potřeby management agroekosystémů a tím jejich biodiverzitu?
13. Jmenujte indikátory biodiverzity v zemědělství?
14. Jaké jsou znaky intenzivního zemědělství?
15. Diverzita, resilience a stabilita v agroekosystémech – charakteristika srovnání s přirozenými ekosystémy.
16. Charakterizujte změny ekosystémů během sekundární sukcese?
17. Jaké je zastoupení r a K stratégů v agroekosystémech a přirozených ekosystémech?
18. Srovnejte ekologické charakteristiky konvenčního a ekologického zemědělství.
19. Vyjmenujte hlavní skupiny bezobratlých žijících v agroekosystémech a charakterizujte jejich úlohu?
20. Jaké jsou ekologické služby bezobratlých v agroekosystémech?
21. Bezobratlí jako indikátory ekologického zdraví prostředí.
22. Vyjmenujte hlavní funkcionální skupiny bezoibratlých v agroekosystémech.
23. Jaký je vztah mezi komplexitou potravních vztahů a flexibilitou agroekosystémů?
24. Jak podporuje biodiverzita ekosystémové procesy v agroekosystémech?
25. Jaký je rozdíl mezi plánovanou a doprovodnou biodiverzitou v agroekosystémech?
26. Co znamená termín využívané druhy v agroekosystémech?
27. Co znamená termín trpěné druhy v agroekosystémech?
28. Co znamená termín užitečné druhy v agroekosystémech?
29. Co znamená termín škodlivé druhy v agroekosystémech?
30. Co znamená termín vzácné a ohrožené druhy v agroekosystémech?
31. Co znamená termín neutrální druhy v agroekosystémech?
32. Co znamená termín produkční, destruktivní a ostatní biota v agroekosystémech?
33. Na jakých hlavních faktorech závisí okolní biodiverzita v zemědělské krajině?
34. Jaké jsou vztahy plánované a doprovodné biodiverzity v agroekosystémech?
35. Jaký je význam neprodukční rostlinné biodiverzity v agroekosystémech?
36. Jmenujte orientační počty druhů některých hlavních skupin organismů v agroekosystémech.
37. Jmenujte hlavní skupiny managementu v agroekosystémech posilující kontrolu škůdců a migraci látek?
38. Jak byste použili funkční gildy pro odhad ekologické redundance v agroekosystémech?
39. Co jsou to keystone species a jak byste je charakterizovali v agroekosystémech?
40. Jak se kompenzuje ztráta druhu v agroekosystémech?
41. Jak byste prováděli analýzu biodiverzity (např. bezobratlých) v agroekosystémech (metody a postupy)?
42. Výhody a problémy klasické taxonomie při určování biodiverzity v agroekosystémech.

43. Jaký je přibližně počet známých škůdců v agroekosystémech a jaký podíl to představuje vzhledem ke známému počtu druhů?
44. Co je to funkcionální biodiverzita a jak byste ji zjišťovali?
45. Co jsou to biotypy a jejich vztah k rezistenci k pesticidům?
46. Jaké jsou problémy poznání „škodlivých“ druhů v agroekosystémech?
47. Druhy jako základní biologická jednotka (definice druhu) a význam pro sledování biodiverzity v agroekosystémech.
48. Definice společenstva a metody jeho analýzy.
49. Ekologická diverzita – příklad Nematoda.
50. Rapid biodiversity assessment – co to je a jak se postupuje.
51. Hlavní hráči biodiverzity v agroekosystémech – charakteristika a metody sledování.
52. Dělení kroužkovců (Annelida) do funkčních skupin podle Marcela Bouchého.
53. Dělení kroužkovců (Annelida) do potravních skupin podle Marcela Bouchého.
54. Role jednotlivých hlavních skupin členovců v agroekosystémech.
55. Jak lze ovlivňovat biodiverzitu bezobratlých v agroekosystémech?
56. Ztráta funkce ekosystému jako základní příčina vlivu na biodiverzitu.
57. Cílové a necílové organismy v agroekosystémech – příklady.
58. Hlavní paradox mezi zemědělstvím a ochranou biodiverzity?
59. Ekonomické otázky a management agroekosystémů versus ochrana biodiverzity.
60. Hlavní vlivy zemědělství na biodiverzitu.
61. Změna původní vegetace vlivem zemědělství a biodiverzita – příklady ze současnosti.
62. Různá měřítka při sledování změn biodiverzity v agroekosystémech (makro- a mikrozměny) – příklady.
63. Následky fragmentace krajiny na biodiverzitu v zemědělské krajině.
64. Popište proces fragmentace v krajině.
65. Co to je edge efekt?
66. Jaký je vztah invazních druhů a fragmentace krajiny?
67. Pesticidy – historie použití a studia na biodiverzitu.
68. Cílové a necílové druhy při použití pesticidů.
69. Introdukované druhy a ochrana biodiverzity v agroekosystémech– příklady z Austrálie.
70. Opylovači a problematika introdukovaných druhů (zejména Austráliea Izrael).
71. Indikátory biodiverzity v agroekosystémech – příklady.
72. Definice „škůdce“ v agroekosystémech.
73. Prognóza konfliktů mezi ochranou zemědělských kultur a velikostí škod.
74. Permanentní, migratorní a mobilní škůdci – definujte a podejte příklady.
75. Indexy sledující poškození zemědělských kultur škůdci – uveďte příklady.
76. Monetární hodnota a cena poškození na různé úrovni fyzikálního poškození zemědělské produkce – příklady.
77. Kontrolní opatření pro snížení monetárního poškození produkce.
78. Přemnožení (outbreak) škůdců – definice a příklady.
79. Příčiny vzniku přemnožení škůdců – příklady.
80. Základní strategie kontroly škůdců v zemědělství.
81. Základní druhy odpovědi populace škůdců na pesticidy.
82. Konzervační a etický náboj v souvislosti s ochranou plodin před škůdci.
83. Rezistence škůdců na pesticidy – hlavní mechanismy.
84. Co to je cross rezistence.
85. Postranní vlivy pesticidů používaných proti škůdcům na okolní biodiverzitu.
86. Sezonalita druhů a timing použití pesticidů jako jeden ze základních postupů ochrany biodiverzity.
87. Citlivost různých skupin necílových druhů bezobratlých na pesticidy – příklady.

88. Testy toxicity pesticidů na necílové organismy – metody a postupy, testované skupiny.
89. Selektivní insekticidy – definice, příklady, ceny, zastoupení mezi ostatními.
90. Hlavní parametry environmentálních rizik při odhadu vlivu pesticidů v zemědělství.
91. Biologická kontrola – definice, příklady a vztah k ochraně biodiverzity.
92. Biologická kontrola – problém použití introdukovaných druhů.
93. Strategie použití bioagens v biologické kontrole.
94. Hlavní skupiny bezobratlých používaných v biologické kontrole a jejich charakteristika.
95. Reakce bioagens na cílový organnismus v terénu – hlavní druhy.
96. Jednodruhová a vícedruhpvá biologická kontrola. Příklady, výhody a nevýhody.
97. Požadavky na bioagens.
98. Rizika klasické biologické kontroly škůdců pro biodiverzitu ostatních druhů.
99. Hmyzí patogeny – příklady a případný vliv na necílové organismy.
100. Manipulace kulturami a okolím jako způsob ovlivňování biodiverzity.
101. Okolní prostředí jako zdroj bioagens.
102. Agro-pastorální a agro-silva-pastoráloní systémy a ochrana biodiverzity.
103. Polykultury a ochrana biodiverzity.
104. Okolní biotopy v zemědělské krajině – vliv na biodiverzitu.
105. Ekologická kompenzace – rozsah biotopů v zemědělské krajině.
106. Vytváření a transplantace ekosystémů v zemědělské krajině.
107. Remízky v zemědělské krajině – význam.
108. Okraje polí v zemědělské krajině – význam.
109. Typy v remízků v zěmědelské krajině.
110. Migrační schopnosti přirozených nepřátel (predátorů a parazitů) v agroekosystémech.
111. Metapopulace a jejich význam v zemědělské krajině.
112. Vymírání v metapopulacích.
113. Management pastvin a ochrana biodiverzity.
114. Integrovaný management zemědělské krajiny zejména v chráněných velkoplošných zemích (např. CHKO, biosférické rezervace, atd.).
115. Soukromí zemědělci a ochrana biodiverzity.
116. Popište stručně vývoj modrásků rodu *Maculinea* a navrhněte ochranu z hlediska managementu biotopů.
117. Používá se DDT jako insekticid?
118. Mezi kterou skupinu pesticidů patří chlorované karboxylové kyseliny inhibující tvorbu kutikulárních vosků, buněčné dělení, metabolismus nukleových kyselin (přípravky Fusilade, Starane)?
119. Co nám indikuje přítomnost žížal a jiných druhů půdního edafonu v agroekosystémech?
120. Jaké jsou hlavní služby biodiverzity pro zemědělce?
121. Vyjmenujte hlavní škůdce na zemědělských plodinách?
122. Z jakého důvodu prakticky vyhynul chrobák Lethrus apterus?
123. Jaký je charakter pyretroidů a proti čemu se používají?
124. Co je oligofágní druh?
125. Které druhy považujeme za ohrožené?
126. Co je holistický přístup?
127. Jaká by měla být optimální plocha neobhospodařované krajiny v zemědělské krajině?
128. Co hlavně ovlivňuje formování společenstev organismů v agroekosystémech?
129. Jaká skupina organismů je zejména používaná pro biologickou kontrolu?
130. Co způsobuje ztrátu biodiverzity v agroekosystémech?
131. Jaké jsou hlavní skupiny predátorů v agroekosystémech?
132. Jaké jsou hlavní skupiny parazitů v agroekosystémech?

133. Jaké jsou hlavní skupiny rozkladačů v agroekosystémech?
134. Jaké jsou hlavní právní normy chránící biodiverzitu v agroekosystémech?
135. Jaký vliv má fragmentace na biodiverzitu?
136. Co jsou mikrostanoviště v ekosystémech?
137. Vyjmenujte hlavní skupiny chorob a škůdců zemědělských rostlin?
138. Co je biologická ochrana a integrovaná ochrana rostlin?
139. Jak byste zavedli nové bioagens do praxe?
140. Jaké jsou požadavky na organismy používané v biologické ochraně?
141. Proč jsou majky chráněné?
142. Jak byste zajistili ochranu chřástala polního?
143. Jaké chráněné druhy se vyskytují na pastvinách?
144. Jak může pastva ovlivnit biodiverzitu v chráněných územích?
145. Co jsou agroenvironmentální programy?
146. Jaké jsou hlavní typy, a opatření AEP?
147. Jaké jsou hlavní zákony zajišťující ochranu biodiverzity v agroekosystémech?

18. Doporučená literatura

Barbosa P. (ed.), 1998: *Conservation biological control.* Academic Press, San Diego.

Boatman N. D., 1994: *Field margins: integrating agriculture and conservation*. British Crop Protection Council, Brighton.

Boháč J., 1999: Staphylinid beetles as bioindica*tors*. Agriculture, *Ecosystems and Environment.* 74: 357-372.

Boháč J., Moudrý J., Desetová L., 2007: Biodiverzita a zemědělství. *Životné prostredie*, 41: 24-29.

Buckley G. P., 1989: *Biological habitat reconstruction*. Belhaven Press, London.

Bunce R. G. H., Howard D. (eds.), 1990: *Species dispersal in agricultural environments*. Belhaven Press, Lymington.

Bunce R. G. H., Ryzkowski L., Paoletti M. G. (eds.), 1993: *Landscape ecology and agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton.

Coleman D. C., Hendrix P. F. (eds.), 2000: *Invertebrates as webmasters in ecosystems*. CAB International, Wallingford.

Collins W. W., Qualset C. O. (eds.), 1999: *Biodiversity in agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton.

Collins N. M., Thomas J. A. (eds.), 1991: *The conservation of insects and their habitats.* Academic Press, London.

Corey S. A., Dall S. A., Milne D. J. (eds.), 1993: *Pest control and sustainable agriculture.* CSIRO, Melbourne.

Curry J. P., 1994: *Grassland invertebrates.* Chapman & Hall, London.

Dent D. R., 1995: *Integrated pest management*. Chapman & Hall, London.

Edwards C. A., Lofty J. R., 1977: *Biology of earthworms*. Chapman & Hall, London.

Gliessman S. R., 1990: *Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Springer Verlag, New York.

Gliessman S. R., 1997: *Agroecology: ecoloigical processes in sustainable agric*ulture. Sleeping Bears Press, Chelsea.

Gurr G., WrattenS. (eds.), 2000: *Biological control: measures of success*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Gutzwiller K. J. (ed.), 2002: *Applying landscape ecology in biological conservation*. Springer Verlag, New York.

Hanski I., Gilpin M. E. (eds.), 1997: *Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution*. Academic Press, San Diego.

Holland J. M. (ed.), 2002: *The agroecology of carabid beetles*. Intercept, Andover.

Jepson P. C. (ed.), 1989: *Pesticides and non-target invertebrates*, Intercept, Wimborne.

MacDicken K. G., Vergara N. T. (eds.), 1990: *Agroforestry: classification and management*. John Wiley & Sons, New York.

Míchal I., Kopecká V., 1996: *Zemědělství a ochrana biodiverzity a regionální rozvoj v České republice. Diskusní studie.* České koordinační středisko IUCN – Světového svazu ochrany přírody a krajiny a IUCN Gland, Švýcarsko, Cambridge, Velká Británie, 56 pp.

Mládek J., Pavlů V., Hejcman M. and Gaisler J. (eds.), 2006: *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. VÚRV Praha, Praha, 104 pp.

Moudrý, J., 2006: *Analysis of farming in marginal areas and prediction of expected progress, Agriculture between tradition and intensivisation*, University of Agricultural Science and Veterinary Medicine, Iasi, Romania, 2006, s. 41.

New T. R., 2005*: Invertebrate conservation and agriculotural ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paolo, 354 pp.

Pickett C. H., Bugg R. L. (eds.), 1998: *Enhancing biological control: habitat management* to *promote natural enemies of agricultural pests*. University of California Press, Berkeley.

Pretty J. N., 1998: *The living land: agriculture, food and community regeneration in rur*al *Europe*. Earthscan, London.

Redecker B., Finck P., Hardtle W., Reicken U., Schroder E. (eds.), 2002: *Pasture landscapes and nature conservation.* Springer Verlag, Berlin.

Rook R. D. (ed.), 2000: *Grazing management: the principles and practice of grazing for profit and environmental gain within temperate grassland ecosystems*. British grassland society, Reading.

Somerville L., Walker C.H. (eds.), 1990: *Pesticide effects on terrestrial wildlife*. Taylor & Francis, London.

Šarapatka B., Niggli U., 2008: *Zemědělství a krajina. Cesty k vzájemnému souladu*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Šarapatka a kol., 2010: *Agroekologie. Východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření.* Bioinstitut, o.p.s., Olomouc.

Vrkoč, F., Šimon, J., Vach, M., Cagaš, B.: Restrukturalizace a extenzifikace rostlinné výroby. Metodika ÚZPI č. 3, 1996, s. 25-32.

Young A. G., Clarke G. M. (eds.), 2002: *Genetics, demography and viability of fragmented populations.* University Press, Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paolo.

Wood D., Lenné J. M. (eds.), 1999: *Agrobiodiversity: characterization, utilization an*d *management*. CAB International, Wallingford.

Zahradník J., 2011: Š*estinožc*i. Aventinum, Praha.

Vědecké časopisy (viz web):

Agriculture, Ecosystems & Environment.
Agrobiodiversity.
Biological Conservation.
Conservation Biology.
Agro-ecosystems.
Journal of Applied Ecology.
Ecological Applications.