

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra rostlinné výroby



Smíšené kultury v ekologickém zemědělství

Bakalářská práce

Autor práce: Jaromír Brett

Vedoucí práce: Ing. Perla Kuchtová, Ph.D.

© 2013 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Smíšené kultury v ekologickém zemědělství" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 7. dubna 2013

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) Perle Kuchtové, Ph.D. z katedry rostlinné výroby za odborné vedení práce, cenné rady, věcné připomínky a podporu při vypracování předkládané bakalářské práce.

Smíšené kultury v ekologickém zemědělství

Mixed cultures in Organic farming

Souhrn

Z pohledu zemědělské krajiny je významná diverzita vegetace. Diverzita vegetace v agroekosystémech vykonává (nad rámec produkce potravin) řadu ekosystémových služeb, zahrnující recyklaci živin, regulaci mikroklimatu a lokálních hydrologických procesů, potlačení nežádoucích organismů a detoxikaci škodlivých chemických látek. Tyto ekosystémové služby jsou převážně biologické, délka jejich trvání závisí na zachování biologické integrity a diverzity v agroekosystémech.

Důležitým posílením přírodní rovnováhy zejména při rozdělování velkých bloků u ekologických farem, může být vytvoření květnatých pásů. Květnaté pásy můžeme zakládat jako pruhy polních úhorů především za účelem podpory užitečné fauny. Pásy polních bylin jsou celkově vhodné pro zvýšení druhové rozmanitosti v krajině, např. mohou přispívat k propojení biotopů, k většímu rozčlenění krajiny a k rozvoji užitečných organismů.

Rozorávání mezí a cest v minulosti se negativně podepsalo na vzhledu české krajiny. Volně žijící živočichové nemají dostatek možností pro zajištění potravy, místa pro hnízdění, chybí jim přirozený kryt v krajině i orientační body. Měli bychom se proto snažit vrátit do krajiny životní prostor pro volně žijící živočichy. Jednou z možností je realizace biopásů, která je financována z agroenvironmentálních opatření Programu rozvoje venkova Ministerstva zemědělství.

Využívání smíšených kultur v ekologickém zemědělství se věnuje stále větší pozornost, kde lze využít dostupné zdroje mnohem efektivněji než u samostatně pěstovaných plodin. Pod pojmem smíšená kultura se rozumí současné pěstování více druhů plodin na stejném pozemku a je považována za praktické použití základních ekologických principů např. druhové rozmanitosti a pestrosti rostlin, jejich vzájemné konkurenci a oboustranné výhodnosti. Smíšená kultura vhodných plodin podporuje biologickou rozmanitost poskytováním útočiště pro různé druhy hmyzu a půdních organismů, které se většinou nevyskytují v monokulturní kultuře plodiny, a podporou jejich predátorů tak přispívá k omezení ohnisek výskytu škůdců.

Klíčová slova: agroekosystém, biopásy, diverzita, ekologické zemědělství, ekosystémové služby, květnaté pásy, smíšené kultury

Summary

Diversity of vegetation is a significant factor from the perspective of agricultural land. In agroecosystems, diversity of vegetation performs a variety of ecosystem services beyond the production of food, including recycling of nutrients, regulation of microclimate and local hydrological processes, suppression of undesirable organisms and detoxification of noxious chemicals. The ecosystem services are largely biological, their conservation depends on the maintenance of biological integrity and diversity.

An important thing for conservation of natural balance can be flowery field strips. The flowery field strips can be set up as strips of fallow land in order to support useful animals. Overall, the flower field strips are important to increase the diversity of the landscape as they may connect natural habitats, contribute to larger division of the landscape and to the development of useful organisms.

Ploughing boundaries and routes in the past had the negative effects on biodiversity of the Czech landscape. Wild animals do not have enough options for a provision of food, places for nesting, they lack a natural cover in the landscape and landmarks. Therefore we should try to return living space for the wild animals to the landscape. An opportunity of agri-environment schemes is to implement biostrips on the fields funded by the Rural Development Programme, Ministry of Agriculture.

The intercropping practice is receiving increasing attention in organic farming as a cropping strategy that can use available growth resources more efficiently than sole cropping. Intercropping is the simultaneous cultivation of more than one crop species on the same piece of land and is regarded as the practical application of basic ecological principles such as diversity, competition and facilitation. Intercropping of compatible plants also encourages biodiversity, by providing a habitat for a variety of insects and soil organisms that would not be present in a single-crop environment. This in turn can help limit outbreaks of crop pests by increasing predator biodiversity.

Keywords: agroecosystem, diversity, biostrip fields, ecosystem services, flowery field strips
intercropping, organic farming

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Cíl práce	8
3. Literární rešerše	9
3.1. Diverzita zemědělské krajiny	9
3.2. Květnaté pásy na orné půdě	12
3.3. Biopásy	18
3.3.1 Shrnutí.....	20
3.4. Smíšené kultury plodin	21
3.4.1 Shrnutí.....	26
4. Diskuze	27
5. Závěr.....	31
6. Literatura a použité zdroje.....	32
7. Přílohy	34

1. Úvod

Pěstování plodin je často založeno na rotaci jednodruhových kultur, ačkoliv diverzita pěstovaných plodin je odpradáвна známa jako silný organizačně manažerský nástroj. Pod pojmem smíšená kultura se rozumí souběžná kultivace více druhů plodin na stejném pozemku. Obecně je smíšená kultura považována za praktické uplatnění základních ekologických principů např. rozmanitosti a pestrosti rostlin (diverzity), jejich vzájemné konkurenci nebo oboustranné výhodnosti (Hauggaard-Nielsen et al., 2007).

Polykulturní a zemědělsko-lesnické systémy typické pro většinu tradičních zemědělských systémů vykazují vysoký stupeň biologické rozmanitosti, jež vykonává různé obnovitelské procesy a ekosystémové služby (Altieri, 1993). Smíšená kultura zahrnující leguminózy je starobylá a rozšířená praktika již od prvotního primitivního obdělávání půdy (Hauggaard-Nielsen et al., 2007).

Domorodí lidé různých částí Severní Ameriky používali po mnoho století široké spektrum zemědělských technik. Snad nejznámější metoda pěstování plodin je smíšená kultura (kukuřice, fazole a tykev), trio nazývané “Tři sestry” (Dennee, 1995).

V tomto způsobu pěstování si všechny tři plodiny vzájemně prospívají. Kukuřice poskytuje oporu pro popínavou fazoli. Fazole s nitrogenními bakteriemi na kořenech (fixující vzdušný dusík) zásobuje ostatní dusíkem a tykev jako krycí plodina svými velkými listy zastiňuje půdu před sluncem, zadržuje tím vláhu a potlačuje plevele. Tři sestry si také vzájemně doplňují nutričními látkami. Každá indiánská kultura měla rozvinutý svůj vlastní systém pěstování Tří sester (Dennee, 1995).

Během 20. století farmáři v rozvinutém světě nahradili leguminózy a další tradiční dusíkaté zdroje používáním syntetického dusíku v průmyslových hnojivech spolu s využíváním pesticidů na ochranu rostlin. V dnešní době produkce i trh s potravinami a krmivými se potýkají se vzrůstajícím poškozováním životního prostředí zapříčiněným používáním neobnovitelných chemických zdrojů a důrazně poukazují na alternativní metody např. na ekologické zemědělství. V mírném pásmu v rámci zemědělské orné půdy zahrnuje osevnický postup (s výjimkou jetelotravních směsí) zejména pěstování monokultur (Hauggaard-Nielsen et al., 2007).

Pěstování smíšených kultur nabízí mnoho výhod, ale ze všeho nejvíce zdokonaluje schopnost porozumění ekologickým vztahům rostlin spojených s prostorovou diverzitou potřebnou pro udržení dosažených výhod (Hauggaard-Nielsen et al., 2007).

2. Cíl práce

Cílem mé práce je zpracovat studii využití tradičních a netradičních smíšených kultur plodin pro integrované a ekologické systémy hospodaření na orné půdě v podmínkách mírného pásma.

*„Nunquam aliud natura, aliud sapientia dicit.“ * Decimus Iunius Iuvenalis*

*Nikdy neříká něco jiného příroda a něco jiného moudrost.

3. Literární rešerše

Biologická rozmanitost (biodiverzita) se týká všech druhů rostlin, živočichů a mikroorganismů stávajících a navzájem se ovlivňujících v rámci ekosystému. Přírodní biodiverzita poskytuje základ pro všechny zemědělské rostliny a živočichy. Celá řada domácích plodin používaná v zemědělství po celém světě je odvozena z divokých druhů, které byly pozmeněny prostřednictvím domestikace, šlechtění a hybridizace. Většina zbývajících světových center původní diverzity obsahují populace variabilních a přizpůsobivých, krajových jako i divokých, příbuzných plodin, z nichž všechny představují cenné genetické zdroje (Altieri, 1999).

3.1. Diverzita zemědělské krajiny

Z pohledu zemědělské krajiny, uvádí Martinková a kol. (2008), je významná diverzita vegetace. Zemědělská krajina je tvořena nejen vlastními zemědělsky obhospodařovanými pozemky se specifickými společenstvy nazývanými agrofytocenózy, ale i další vegetací, nacházející se v bližším či vzdálenějším okolí.

Diverzita plodin a divokých rostlin podle Altieriho (1993) poskytuje vegetační pokryv půdy, jež zabraňuje její erozi, dále reguluje vodní bilanci, koloběh živin a početnost nežádoucích organismů. Když v důsledku biologického zjednodušení prostřednictvím pěstování monokultur nebo používání vysokorozpočtových technologií jsou tyto ekosystémové služby omezeny či v nejhorším případě ztraceny, sociální, ekonomické a environmentální náklady mohou být poměrně významné.

V běžné mírně zvlněné české krajině se na ploše nejvýše několika málo čtverečních kilometrů podle Sádla a kol. (1999) opakují tři biotopy různě významné z hlediska možného obhospodařování. První biotop – louky byly zakládány v nivě, tedy na nejnižších vlhkých a zaplavovaných místech nevhodných k využití orbou. Druhý biotop, plochá sušší oblast, se nejlépe hodil pro pole. A třetí biotop, ten nejvzdálenější od obhospodařovaných pozemků, zůstal pro les anebo pro pastviny.

Výsledkem této struktury krajiny je, shrnuje Sádlo a kol. (1999), že se všechny jmenované biotopy a jejich společenstva opakují, a tak vzniká typická mozaikovitost kulturní krajiny.

Hranici mezi sousedícími společenstvy představuje přechodná zóna, v níž postupně ubývají některé druhy jednoho společenstva a přibývají některé druhy druhého společenstva (Moravec, 1994). V přechodové zóně se vyskytují společenstva, která označujeme někdy jako

lemová – převážně travnaté lemy a křoviny, případně synantropní společenstva okolí komunikací (Martinková a kol., 2008). Tuto zónu označil Frederic Edward Clemens termínem ekoton (Moravec, 1994). Jak uvádí McArthur et al. (1999), americký fytoecolog, průkopník a inovátor, Frederic Clements definoval ekoton jako přechodnou zónu mezi dvěma biocenózami, kde mohou být pozorovány procesy vzájemné výměny nebo procesy vzájemné konkurence sousedících formací. Definoval ji i jako zónu napětí, kde hlavní druhy z přiléhajících biocenóz dosahují svých limitů.

Vznik ekotonu, uvádí Moravec (1994), je podmíněn změnou ekologických podmínek, které spoluurčují též šíři a výraznost ekotonu. Podle Hory a kol. (2009) ekoton může představovat ostré rozhraní např. pole-les (Přílohy, obr. 4), kde se charakter biotopu prudce mění na gradientu dlouhém desítky centimetrů, či může být vytvořen jako široký pás s postupnou změnou podmínek (Přílohy, obr. 5). Přechodné pásmo může být podle Kováře (2012) velmi úzké anebo odstupňovaně širší, vždy však má z hlediska krajinného rozměru liniový charakter.

Ekoton je charakteristický přechodovými mikroklimatickými podmínkami – hlavně světelné, tepelné a srážkové podmínky jsou zde odlišné od jeho okolí např. vychytávání horizontálních srážek (mlhy) zvyšuje vlhkost na ekotonu mezi lesem a bezlesem (Hora a kol., 2009). Stupeň kontrastu, uvádí Kovář (2012), může u ekotonu spočívat v odlišnosti geologického podloží, v morfologii terénu či v odlišnosti sukcesního stáří sousedících ploch. Vypadá to, že čím je větší kontrast v sukcesní zralosti, tím se v ekotonu může vyskytovat větší škála druhů, tedy tím je možná větší druhová diverzita. Na rozhraní dvou formací se podle Moravce (1994) vytváří komplikovanější přechodná zóna, která může obsahovat i specializovaná společenstva.

Z pohledu diverzity agrofytoocenóz jsou lemová společenstva poměrně významná, uvádí Martinková a kol. (2008), protože tvoří určitý rezervoár (refugium) pro žádoucí druhy, ať již rostliny nebo živočichy, které se mohou do polí a luk z těchto míst šířit a plnit svoje ekologické funkce. Je třeba vzít v úvahu, že v kulturní krajině je nutno i některé typy lemových společenstev určitým způsobem udržovat. Při ponechání samovolnému vývoji totiž často převládnu vzrůstné rumištní (ruderální) druhy narušující estetický vzhled krajiny (bohlelav plamatý, kerblík lesní, mrkev obecná lesní aj.) a některé z nich, zvláště vytrvalé plevele (pelyněk černobýl, pcháč rolní, aj.) mohou rozšířením na zemědělsky obhospodařované plochy působit potíže pěstitelům.

Podle Altieriho (1999) rostoucí počet výzkumů naznačuje, že míra vnitřní regulace funkce v agroekosystémech je do značné míry závislá na úrovni přítomné rostlinné a

živočišné biologické rozmanitosti. V zemědělských systémech biologická rozmanitost vykonává ekosystémové služby, jež jdou nad rámec produkce potravin.

Ekosystémové služby mohou být definovány jako užitek, jež lidem poskytuje příroda, uvádí Jonason (2012) a podle Andersena (2005) mohou být seskupeny do tří kategorií:

1. Služby, které přímo podporují zemědělskou produkci – např. zachování úrodnosti půdy, poskytování biotických regulačních mechanismů (opylování, regulace škůdců a plevelů).
2. Služby, které přispívají přímo ke kvalitě života lidí - pomocí kulturních, přírodních a estetických hodnot krajiny, vytváření podmínek pro životy, zdraví a rekreaci.
3. Služby, které přispívají ke globální podpoře životních funkcí – např. poskytování čisté vody a udržování biogeochemických systémů.

Tyto ekosystémové služby poskytované biologickou rozmanitostí podle Jonasona (2012), mohou mít za následek významné environmentální a ekonomické přínosy. Podpora biodiverzity a přidružených ekosystémových služeb může proto být životnímu prostředí přátelská alternativa při využití bezrizikových nebo málo rizikových syntetických agrochemikálií.

Zemědělské hospodaření v České republice, uvádí Marada (2007) je jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňující druhovou pestrost - biodiverzitu. V posledních desetiletích jsme mohli sledovat snižování diverzity venkovské krajiny, na kterém se zásadním způsobem podílelo právě zemědělství. Česká krajina podle Bergera (1999) nemá vzhled, jaký měla před tím, než se v ní usadil člověk. Přesto její přeměny do poloviny dvacátého století v naprosté většině respektovaly přírodu.

Její podoba se však od druhé poloviny 20. století významně měnila. Rozorávání mezí a cest, snížení druhové pestrosti zemědělských plodin, likvidace rozptýlené zeleně, vysoké dávky chemických látek a hnojiv a stále efektivnější zemědělské stroje způsobily, že dříve běžné druhy rostlin a živočichů nejsou schopny v současné zemědělské krajině přežít (MŽP, 2007). K největšímu poklesu druhové rozmanitosti podle Marady (2007) došlo v typických agrárně-produkčních oblastech se silně narušenou strukturou krajiny a s velkou spotřebou agrochemikálií.

Jak uvádí Berger (1999) většina ekologických škod má původ v druhé polovině našeho století. Byly způsobeny snahou o okamžitý ekonomický užitek a náklady na nápravu škod při tom byly přesunuty na generace následující. Došlo ke scelování pozemků do velkých půdních bloků, dodává Marada (2007), které často nerespektovalo reliéf terénu. Průměrná plocha

pozemků v ČR se zvýšila z 0,23 ha v roce 1948 na přibližně 20 ha v současnosti. Tato opatření mají dodnes za následek značně narušené odtokové poměry.

Znečištění vod a degradaci půdy podle Marady (2007) výrazně napomohly rovněž procesu ztráty přirozené úrodnosti půdy, výrazné snížení schopnosti retence vody v krajině, snížení biologické rozmanitosti, snížení početnosti druhů vázaných na zemědělskou krajinu a úbytek ekostabilizačních krajinných prvků.

Velká část obyvatel naší země, konstatuje Berger (1999), proto žije v silně narušeném životním prostředí. Přestože se po roce 1990 mnoho charakteristik našeho životního prostředí postupně zlepšilo, rychlá náprava ekologických škod nebude bohužel možná.

3.2. Květnaté pásy na orné půdě

Důležitým posílením přírodní rovnováhy, uvádí Šarapatka & Niggli (2008), zejména při rozdělování velkých bloků u ekologických farem, může být vytvoření květnatých pásů. Květnaté pásy můžeme zakládat jako pruhy polních úhorů (pásy planých polních bylin) nebo přímým výsevem směsi. Mají především podporovat užitečnou faunu. Podle Jonasona (2012) byl nejvýraznější efekt nalezen u motýlů ve vyšší druhové bohatosti (v průměru o 20%) a ve vyšší četnosti (v průměru o 60%) ve srovnání s intenzivně hospodařící konvenční farmou.

Motýli mají podle Rundlöfa et al. (2008) dva základní požadavky na přežití: hostitelské rostliny pro vývoj larev a rostlinné zdroje nektaru pro dospělé. Tyto výsledky konstatuje Jonason (2012) mají pravděpodobně příčinu ve vyšší (o 20%) pestrosti druhů rostlin na ekologických farmách sloužící jako důležitý zdroj potravy.

Zemědělské postupy vylučující používání herbicidů, uvádí Rundlöf et al. (2008), mohou vést k vyšší rozmanitosti rostlin v zemědělské krajině (a jejím okolí) a tím k zatraktivnění prostředí pro různé organismy. Podle Holzschuha et al. (2010) vztah mezi zemědělským systémem (ekologický versus konvenční) a typem stanoviště (úhorový okrajový pás versus střed pole) ukázal, že průměrný počet plodových buněk vos byl na ekologických polích o více jak 200% vyšší než na konvenčních polích, zatímco počet plodových buněk v úhorových pásích nebyl nijak zemědělským systémem ovlivněn. Střed ekologického pole a přilehlého úhoru měl podobné množství vosích plodových buněk jako střed a úhorový pás konvenčního pole.

V květnatých pásích, uvádí Šarapatka & Niggli (2008) se mohou po zorání sousedního pole regenerovat užiteční živočichové, např. mnoho druhů střívků a pavouků. Podle Jonasona (2012) sledování střívkovitých neprokázalo, že by měli větší prospěch z ekologického systému hospodaření. Ačkoliv by jim mělo vyhovovat např. organické

hnojení, pravděpodobně kompozice okolní krajiny má na ně větší vliv než způsob hospodaření. Střevlíkovití se ve studii projeví jako tolerantnější druhy k narušení životního prostředí a tedy méně ovlivněni konkrétním zemědělským hospodařením. To může vysvětlovat vysokou variabilitu ve výsledcích studií ohledně vlivu prostředí na střevlíkovité, jež byly pozorovány na ekologických a neekologických farmách.

Celkově jsou pásy polních bylin vhodné pro zvýšení druhové rozmanitosti v krajině, konstatuje Šarapatka & Niggli (2008) a dodává, že mohou přispívat k propojení biotopů, k většímu rozčlenění krajiny a k rozvoji užitečných organismů. Nevýhodou je zmenšená užitná plocha a případně i riziko zvýšeného výskytu některých škůdců.

Lineární model kombinovaných efektů, uvádí Holzschuh et al. (2010) byl použit k analýze dopadů na druhovou bohatost a počet plodových buněk, u vos (významných predátorů hmyzu) a u včel (významných opylovačů květin).

V rámci této analýzy byly podle Holzschuha et al. (2010) za pevně dané faktory označeny:

- a) okrajová hustota = celková délka okrajů polí / celková rozloha
- b) podíl neprodukcí stanovišť = (celková plocha - produkční plocha) / celková plocha
- c) zemědělský systém - ekologický versus konvenční
- d) typ stanoviště - střed pole versus pás úhoru na okraji pole

Studijní oblast a rok byly pojaty jako nahodilé faktory.

Z pozorování můžeme konstatovat, shrnuje analýzu Holzschuh et al. (2010), že populace včel byla zvýšena vyšším podílem neprodukcí stanovišť (krajinná kompozice), zatímco populace vos byla zvýšena vyšším podílem okrajové hustoty (krajinná konfigurace). Okrajová hustota byla pozitivně ovlivněna délkou lineárních neprodukcí stanovišť, např. vegetací náspů, úhorových pásů, živých plotů a stromořadí souběžných s okraji polí.

To potvrzuje Holzschuh et al. (2010) zjištěním ukazující výhody koridorů travnatého pásu pro hnízdní kolonizace vos. Naproti tomu, včelí kolonizace by mohla být zvýšena vyšším počtem potravních zdrojů, kdy je vyšší množství neprodukcí stanovišť nezávislých na vzájemném propojení.

Podle Holzschuha et al. (2007) a Rundlöfa et al. (2008) bylo ve studiích včel pasoucích se na květinách zjištěno, že krajinné prvky a místní faktory na sebe vzájemně působí: rozmanitost (diverzita) se snižuje s klesající různorodostí (heterogenitou) na konvenčních polích, ale již ne na ekologických polích. To naznačuje, že ekologický systém nahrazuje chybějící neprodukcí stanoviště jako zdroj potravy v homogenní krajině.

Zatímco vlastnosti krajiny určují, odkud rozptýlení jedinci mohou pocházet, místní faktory mohou ovlivnit konečnou míru kolonizace (Rundlöf et al., 2008).

Podle Holzschuha et al. (2010) se předpokládalo, že hnízdní kolonizace je vyšší v úhorových pásích než v centru pole a vyšší v ekologických systémech než v konvenčních. A ze srovnání skutečně vyplynulo, že ekologický systém (versus konvenční) a pás úhoru (versus střed pšeničného pole), zvyšují rozmanitost (diverzitu) a početnost (abundanci) vos a včel.

U nejhojnějšího a nejužitečnějšího včelího druhu zednice rezavé (*Osmia rufa*), uvádí Holzschuh et al. (2010), se nacházelo na ekologickém poli o 30% více plodových buněk než na konvenčním poli a v úhorovém ekologickém pásu bylo o 107% vyšší počet plodových buněk než v úhorovém konvenčním pásu. U ostatních včel byl počet plodových buněk nepatrně vyšší na ekologickém poli než na konvenčním poli a jen nepatrně vyšší v úhorovém pásu než ve středu pole.

Zřejmým důvodem pro rozdíly mezi ekologickým a konvenčním systémem hospodaření konstatuje Rundlöf et al. (2008), je absence používání agrochemikálií na ekologických polích. Herbicidy snižují pokryvnost a rozmanitost plevelných druhů na konvenčních polích a tím i dostupnost zdrojů pro nektar sající hmyz.

Zatímco tedy včely mohou těžit z absence agrochemikálií, vyššího počtu a rozmanitosti kvetoucích rostlin na ekologických polích (Holzschuh et al., 2007), predátorské vosy podle Holzschuha et al. (2010), mohou upřednostnit ekologické pole vzhledem k vyššímu množství pavouků, mšic a motýlích larev k vytvoření si potravinových zásob.

Na základě předchozí studie vyplynulo, že vosy raději letí podél úhorového pásu než křížem přes konvenčně obhospodařované obilné pole (Holzschuh et al., 2007), proto se očekávali, podle Holzschuha et al. (2010), velké rozdíly mezi počtem vosích hnízd ve středu pole a počtem vosích hnízd v úhorovém pásu. Zjištěné údaje potvrdily toto očekávání u konvenčního pole, ne však u ekologicky obhospodařovaného pole.

Ekologické zemědělství podle Holzschuha et al. (2010) zvýšilo hodnotu pšeničného pole pro hmyzí predátory na úroveň hodnoty úhorových pásů, což je pozoruhodné, protože pole byly homogennější než úhorové pásy, a to i přes vyšší rozmanitost plevelů na ekologickém poli. Zjevně nepříznivé podmínky konvenčního obilného pole nevyplývají ze struktury obilné monokultury, ale spíše z nižší dostupnosti potravy ve srovnání s ekologickým polem.

Ztráta přirozeného prostředí, fragmentace krajiny a snížená kvalita stanovišť shodují se Rundlöf et al. (2008) a Holzschuh et al. (2010), přispělo ke snížení rozmanitosti (diverzity)

a četnosti v dutinách hnízdících včel a vos v zemědělské krajině. Nicméně rozdíly ve vnímání krajiny a místních faktorů ukazují, že účinky intenzifikace v zemědělství na různé skupiny druhů hmyzu probíhající současně v několika úrovních nejsou snadno předvídatelné.

Překvapivě se zdá, konstatuje Holzschuh et al. (2010), že propojenost stanovišť je zvyšována jak vyšší okrajovou hustotou, tak i vyšším poměrem ekologického zemědělství. Přeměna produkční plochy pole na neprodukční plochu nemusí být dostatečně úspěšná strategie za účelem zvyšování populace vos a dalších druhů, jež strádá více z izolace stanoviště než ze ztráty přirozeného prostředí. V důsledku toho jsou ohroženy související ekosystémové služby (např. opylování, biologická regulace) ztrátou životního prostředí a zemědělské intenzifikace v různých prostorových měřítkách.

V intenzivně využívané zemědělské krajině, uvádí Šarapatka & Niggli (2008), jsou cennými biotopy meze díky svému protieroznímu efektu. Mnoho živočišných druhů podle Fuchse & Stein-Bachingera (2008) nachází v květnatých mezích na okrajích polí ideální životní podmínky. Tyto meze jim poskytují celoročně potravu a úkryt. Tvoří spojovací cesty mezi biotopy a útočiště při sklizni na sousedních polích.

Hodnota mezí jako strukturních prvků stoupá úměrně s jejich šířkou, konstatuje Šarapatka & Niggli (2008) a uvádí, že pro vytvoření druhově bohatých, stabilních porostů by měla být dodržena minimální šířka 3 m. Režim kosení by měl zajišťovat kontinuálně dobrou nabídku květů. Dnes se z důvodu intenzivní sklizně meze často sečou nakrátko a pak nemohou sloužit jako biotopy poskytující úkryt zvířatům. Měla by být využívána možnost podpory užitečných organismů a ochrany biotopů ve stávajících okrajových strukturách.

Některé druhy živočichů podle Rundlöf et al. (2008), byly pouze nalezené v krajinách s vysokým podílem mezí u ekologických polí. Méně běžné druhy profitovaly z prostorové koncentrace ekologických farem. Nicméně pozitivní účinek ekologických zemědělských postupů působil rovněž mimo ekologicky obhospodařované plochy, proto prostorově rozptýlené ekologické farmy by jistě prospěly místní rozmanitosti organismů. Volba co nejefektivnějšího přístupu, prostorové koncentrace nebo prostorové disperze, záleží na cílech jednotlivých agroenvironmentálních programů.

Rozhodneme-li se k založení květnatého pásu, uvádí Šarapatka & Niggli (2008), měli bychom si ověřit, jestli můžeme zvolit spontánní ozelenění, nebo jestli raději vysejeme směsku bohatě kvetoucích bylin. Na suchých, písčitých a živinami chudých půdách se spíše můžeme odvážit o spontánní ozelenění. Ekologicky obhospodařované plochy většinou navíc vykazují bohatý potenciál semen planých polních bylin.

Holzer (2010) nechává rostliny na zelené hnojení dozrát, vykvést a vytvořit semena. Nový výsev v následujícím roce už tedy není nutný. Mnohá semena sežerou ptáci a přenesou na jiná stanoviště. Kdyby musel svých 45 hektarů stále nově osévat a osazovat, stálo by ho to při jeho dalších aktivitách přespříliš času. Kromě toho by to bylo velmi drahé kupovat stále směsi semen pro tak velké plochy, zejména semena divoce rostoucích rostlin jsou drahá.

Květnaté pásy by měly být široké alespoň 1,5 m (obr. 1), uvádí Šarapatka & Niggli (2008), jinak jsou totiž pro mnoho organismů příliš úzké. Ideální by byla vzdálenost k nejbližšímu krajinnému prvku (křovinatý pás, remízek, cesta) menší než 200 m. Údržba pásu by se v podstatě měla omezit na jednu seč na podzim.

Obr. 1 Samovolně se vyvíjející květnatý pás v červnu



Foto: Brett (2012)

Podle Šarapatky & Niggliho (2008) by měly polní bylinné pásy pokud možno zůstat zachovány alespoň tři roky, protože mnohdy teprve během svého vývoje dosáhnou vysoké druhové rozmanitosti. Důležité je, aby květnaté pásy byly založeny tak, aby při polních pracích příliš nepřekážely a mohly plnit funkci propojování biotopů, např. může být vhodné založit květnatý pás jako spojovací článek mezi samostatně stojícím polním remízem a křovinatým pásem.

Jak uvádí Fuchs & Stein-Bachinger (2008) migrující a takové druhy zvířat, které ke svému přežití potřebují různé biotopy, velmi profitují z toho, nacházejí-li se jejich dílčí biotopy blízko sebe a jsou navíc navzájem propojené (např. mezemi a křovinatými pásy). Také květnaté pásy nebo ptačí a motýlí pásy mohou představovat přechodné propojovací prvky. Mnoho motýlů migruje při hledání nektaru přednostně podél lesních okrajů nebo křovinatých pásů, které jim poskytují ochranu před větrem. I užitečné druhy ptáků často

hnízdí v prostorově propojených křovinách nebo houštinách s mezemi a sousedními poli bohatými na hmyz.

Pokud se rozhodneme k výsevu květnatého pásu, uvádí Šarapatka & Niggli (2008), měla by směs obsahovat jednu rychle vzcházející, brzy kvetoucí, jednoletou krycí plodinu. Navíc by ve směsi měly být obsaženy málo vzrůstné, ovšem rychle rostoucí rostliny. Třetí část směsi se může skládat z jednoletých a víceletých bylin.

Holzer (2010) doporučuje při výběru rostlin podpořit užitečné živočichy. Vysévá proto často slunečnice a konopí, protože tyto rostliny jsou výtečným krmivem pro ptáky. Na podporu hmyzu, sbírajícího nektar a pyl (čmeláci, včely, zlatoočka, pestřenky) doporučuje příměs různých domácích divokých květů, jako např. chrpa modrák, řebříček, měsíček, rmen, heřmánek, zvonek, kostival a mnoho jiných.

Podle Šarapatky & Niggliho (2008) jsou vhodné pro květnaté pásy tyto rostlinné druhy: chrpa, heřmánek, řebříček, hořčice, řepka, vojtěška, jetel zvrhlý (švédský), mák vlčí, brutnák, svazenka, kopretina, hadinec atd. Výsev mnoha různých rostlinných druhů má příznivý vliv na rozmanitost fauny např. na hmyz, ale i na zajíce, bažanty a koroptve.

Holzer (2010) na základě svých praktických zkušeností uvádí, že jako nejvhodnější se ukázala směs z komonice, tolíce, vikve, hrachu, vlčího bobu, slunečnice a různých rostlin s dužnatými podzemními částmi, jako např. topinambury a řepa.

Podle Šarapatky & Niggli (2008) může být pás polních bylin vytvořen také napříč svahem jako protierozní pás. Holzer (2010) upřednostňuje při sestavování směsí hluboko kořenící rostliny (vlčí bob, komonice) na strmých svazích a náspech, které zajistí stabilitu svahu svými hluboko prorůstajícími kořeny proti sesuvu půdy a odplavení vrstvy humusu. Dobré prokořenění a silný růst uvedených druhů zvyšuje nejen schopnost zadržování vody v agroekosystému, ale zlepšují celkově i vlastnosti půdy.

Na jedné z farem hospodařících na Křivoklátsku uvádí Jonáková a kol. (2008), travnaté pásy situované ve stráni jako protierozní jsou např. osety směskou z jetele, vojtěšky, štírovníku, jitrocele, úročníku, komonice a dalších travin, které do posekání (koncem července) slouží jako hnízdiště pernaté zvěři. Do zimy na nich potom ještě vyrostě zelené krmení.

Podle Šarapatky & Niggliho (2008) rovněž hospodářské polní cesty samotné mají význam pro ochranu přírody. Zatímco nezpevněné cesty lze snáze překonat, vyasfaltované cesty představují pro mnoho živočišných druhů obtížně překonatelné bariéry.

Například louže na nezpevněných cestách, uvádí Šarapatka & Niggli (2008) představují v kulturní krajině zvláštní stanoviště pro specializovaná společenstva organismů,

navíc poskytují materiál ke stavbě hnízd vlaštovkám. Podle Sauera (1995) vlaštovky sbírají vlhkou hlínu, promíchají ji s lepivými slinami a pak si staví miskovité shora otevřené hnízdo uvnitř budov.

Na venkově, uvádí dále Sauer (1995), je klasickým místem pro vlaštovčí hnízdo kravský chlív, kde často žije několik párů vlaštovek pohromadě. Narozdíl od původního domova v subtropickém pásmu, kde žijí ještě ve skalních údolích (ale vždy v blízkosti vody) nemůžou vlaštovky bez lidí v mírném zeměpisném pásmu přežívat.

3.3. Biopásy

V některých zemích EU, uvádí Martinková a kol. (2008), kde není dostatek prostoru pro přirozené přechodové zóny (ekotony), je podporováno snížení intenzity ochrany rostlin v okrajových částech obhospodařovaných pozemků s cílem podpory biodiverzity. Mezi agroenvironmentálními dotačními tituly v ČR nalezneme tzv. biopásy (Přílohy, obr. 6, 7).

Biopásy jsou pruhová potravní políčka o šíři 6 - 12 m umístěná na okraji nebo uvnitř půdních bloků (MŽP, 2007) za účelem vytvoření stanoviště a potravní nabídky pro volně žijící živočichy (které dříve skýtalý meze, remízky, větrolamy apod.) a jsou oseta specifickou směsí plodin (Martinková a kol., 2008). Směs osiva pro biopásy podle MŽP (2007) se skládá z jarní obilniny (oves setý, pšenice jarní, ječmen jarní), pohanky, prosa, krmné kapusty a lupiny bílé. Biopás zůstává na půdě po celý rok, od jarního výsevu do zaorání následujícího jara.

U biopásů dotovaných Ministerstvem zemědělství, uvádí Jonáková a kol. (2008), je skladba plodin jednoznačně daná pravidly: jarní obilovina např. oves setý, ječmen jarní, pšenice jarní (hektarový výsevek minimálně 65 kg), pohanka obecná (30 kg), proso (15 kg), kapusta krmná (0,4 kg), lupina bílá (2 kg). Mohou se ale přidat i další plodiny. Někteří farmáři přisévají do biopásů např. slunečnici, kopr, fenykl, anýz, vodnici, ředkev, záleží na tom, co se daří sehnat na trhu. Někdy jde až o třicet druhů osiva určených do biopásů.

Podle Marady (2007) je nejvhodnější umístění pro biopás uvnitř půdních bloků ve směru orby (obr. 2), na okraji půdních bloků (podél mezí, polních cest, vodotečí, větrolamů, stromořadí, lesů či remízků). Naprosto nevhodné podle MŽP (2007) je založit biopás podél frekventované silnice, kde bude docházet častěji ke střetům živočichů s vozidly.

V rámci pozemkových úprav, uvádí Martinková a kol. (2008), je těmto krajinným prvkům se specifickou vegetací znovu věnována pozornost, protože mozaikovitost zemědělské krajiny a vhodně rozmístěná vegetace přispívá k celkové vyšší úrovni biodiverzity volně žijících organismů.

Obr. 2 Intenzivně obhospodařovaná zemědělská půda s monokulturou a zbytky původních mezí – potenciální prostor pro biopásy



Foto: Marada (2009)

Největší přínos podle MŽP (2007) mají biopásy zejména pro živočichy žijící v zemědělské krajině, zvyšují jim potravní nabídku až do zimních měsíců (v období po sklizni trpí nedostatkem potravy) a jsou vhodné i jako přirozený kryt v krajině, orientační body a místa pro hnízdění. Dále poskytují prostor k vývoji hmyzu, který je na jaře nezbytnou potravní složkou pro polní ptactvo. Můžou být i zdrojem pylové snůšky pro včely.

Jak uvádí Martinková a kol. (2008) nezanedbatelná je půdoochranná a krajínovorná funkce biopásů zajišťující protierozní funkci zejména na svažitých půdách. Biopásy vytváří propojovací pásy mezi rozptýlenou zelení v krajině a přispívají k její pestrosti a rozmanitosti (MŽP, 2007). Podle Martinkové a kol. (2008) celkově biopásy napomáhají k ochraně půdy před erozí, snižují povrchový odtok, chrání povrchové zdroje vody a plní celou řadu jiných pozitivních ekologických a environmentálních funkcí.

V dnešní zemědělské krajině, uvádí Marada (2007), se negativně projevuje zejména malý počet stanovišť pro planě rostoucí druhy rostlin, krytů a potravních základů pro volně žijící živočichy včetně zvěře. Charakteristickým znakem tohoto stavu je úbytek některých druhů zvěře např. bažantů a zajíců (Přílohy, obr. 8), závislé na drobných plochách rozptýlené zeleně, polních okrajích a celkově nižší intenzitě hospodaření.

Podle Marady (2007) za hlavní příčiny klesajícího počtu druhů volně žijící zvěře lze označit zejména nedostatek potravy v letních měsících po sklizních obilovin a olejnin.

V období sklizně zemědělských plodin, uvádí Jonáková a kol. (2008), začíná v biopásu dozrávat proso, pohanka a kapusta. Pohanka vydrží do prvních mrazů, kapusta zůstává kolikrát celou zimu a slouží jako potrava zvířím. Když dozrává pohanka nebo slunečnice, jsou v biopásu např. nálety vrbců, sýkorek a mnoha jiných druhů ptactva.

Mezi hlavní příčiny klesajícího počtu druhů, konstatuje Marada (2007), lze dále zařadit i nedostatek potravin během zimování, nedostatek úkrytů a způsoby hospodaření vedoucí u ptáků k fyzické destrukci (snůšek nebo mladých jedinců) a ztrátě těch druhů, které jsou vázány na stanoviště nezatížené chemickými polutanty.

3.3.1 Shrnutí

Podle MŽP (2007) by se měl do krajiny vrátit životní prostor pro všechny volně žijící živočichy. Proto EU klade mimořádný důraz na podporu takových způsobů hospodaření, které pomáhají zachovat její přírodní bohatství. Jednou z možností, jak podpořit přírodu zemědělské krajiny, je realizace biopásů.

Podle Marady (2007) vytvořením biopásu nabídneme zvířím dostatek jaderného a objemového krmiva dozrávajícího postupně v průběhu roku, zajistíme úživnou část honitby přes zimu ponecháním plodin na biopásu, zajistíme prostor pro hnízdění a kryt pro zvířím, poskytneme prostor hmyzu, který se na jaře stane potravou zvířím a přispějeme k pestrosti a rozmanitosti krajiny.

Ministerstvo životního prostředí (2007) uvádí, že podle zdrojů Státního zemědělského intervenčního fondu (SZIF), byly za rok 2005 biopásy realizovány přibližně za celkem 5,6 mil Kč. V roce 2006 to bylo již za téměř 13 mil Kč (Přílohy, obr. 9).

Podle Ministerstva zemědělství (2010) bylo v rámci titulu Biopásy mezi lety 2007-2010 podáno celkem 371 žádostí v celkové výši 39,4 mil. Kč (Tab. 1).

Tab. 1 Biopásy mezi lety 2007-2010

	Proplaceno žádostí	Výměra biopásů v ha	Milión Kč
2007	51	449,5	4,4
2008	36	369	4,1
2009	68	577	9,9
2010	216	1143	21

Rozložení výsevů biopásů podle MZe (2010) bylo např. v roce 2009 rozdílné podle jednotlivých katastrálních území ČR (Přílohy, obr. 10).

3.4. Smíšené kultury plodin

Smíšená kultura může být definována jako růst dvou nebo více druhů plodin na jednom poli v průběhu jednoho vegetačního období (Andersen, 2005). Tato mnohoznačná definice podle Cruze & Soussany (1997) zahrnuje širokou škálu podmínek a možností v sestavě plodin od jednoduché jetelotravní směsky po komplexní agrolesnický systém.

Podle Andersena (2005) je pěstování smíšených kultur jeden ze způsobů, jež se podílí na obohacení biodiverzity v agroekosystému a výsledky z výzkumů ukazují, že zvýšená rozmanitost plodin může zvýšit počet ekosystémových služeb. Vyšší druhová pestrost může být spojena s vlastnostmi koloběhu živin, které mohou regulovat půdní úrodnost, omezovat vyplavování živin z půdy a může významně snížit negativní dopady vlivu škůdců a plevelů.

Simulační modely ukázaly, uvádí Vilich-Meller (1992), že zvýšení počtu hostitelských genotypů ve směsi nebo genetické různorodosti zvyšuje schopnost rostlin v omezování účinků nákaz.

Podle Andersena (2005) jsou identifikovány 4 hlavní typy smíšených kultur plodin pěstovaných:

1. současně bez zřetelného řádkového uspořádání
2. současně v různých samostatných řádcích
3. současně v různých samostatných pásech
4. v časovém relé, kdy se vegetační období překrývá

Pěstování dvou a více plodin společně (intercropping) je běžná praxe v rozvojových zemědělských systémech (Monti, 2006). Altieri (1999) odhaduje, že tradiční rozvojové systémy poskytují až 15-20% světových zásob potravin. V Latinské Americe farmáři pěstují 70-90% fazolí spolu s kukuřicí, bramborami a jinými plodinami, a kukuřice se pěstuje ve smíšené kultuře na 60% rozlohy polí v kukuřičné výrobní oblasti.

Několik nepoužívanějších kombinací smíšených kultur v dalších rozvojových zemích popisuje Vandermeer (1989), např. holubí hrách (*Cajanus cajan*) je suchu nejodolnější luštěnina rozšířená po celém tropickém světě a pěstuje se spolu s kukuřicí nebo prosem, dále se pěstují v kombinaci např. kukuřice a arašídů, kukuřice a mungo fazole, kukuřice a maniok, kukuřice a sója.

Tradiční zemědělské systémy v rozvojových zemích podle Altieriho (1993) vykazují dva nápadné rysy: vysoký stupeň vegetační diverzity (biodiverzita) a komplexní systém původních odborných znalostí (etnověda). Oba elementy spolu zřejmě vzájemně souvisí za

účelem zachování biologické rozmanitosti, jež je závislá na znalosti o životním prostředí, rostlinách, půdě a ekologických procesech místních zemědělců.

Tradiční zemědělské systémy, uvádí Altieri (1999) jsou geneticky různorodé, obsahují mnoho odrůd domestikovaných plodin, jakož i jejich divoce rostoucích příbuzných druhů. Např. v Andách farmáři pěstují na svých polích nejméně 50 odrůd brambor.

Naproti tomu se podle Montiho (2006) v rozvinutých zemích již od poloviny 20. století masivně využívá chemických hnojiv, pesticidů a mechanizace, jež umožňuje farmáři při pěstování monokultur, dosáhnout vyšších výnosů a zisků. Pěstování smíšených kultur může být dobrou příležitostí pro ekologické zemědělce v rozvinutých zemích, vzhledem k tomu, že nemohou používat syntetická chemická hnojiva a pesticidy.

Pěstování obilovin založené na geneticky homogenních porostech a vysokých vstupech agrochemikálií již nespĺňuje přijatelné požadavky v pěstování plodin např. ve snížení kontaminace životního prostředí nebo v resistenci pesticidů. Vedle toho jev „genové eroze“ nabývá na větším významu a proto nedostatek vysokoprodukčních, chorobám odolných odrůd jsou v intenzivním zemědělství problémem (Vilich-Meller, 1992).

Podle Cruze & Soussany (1997) vedle jakýchkoliv konkrétních výhod, jež by zdůvodňovaly použití té určité směsi, existuje jeden hlavní důvod pro pěstování smíšených kultur a to že využití přírodních zdrojů je daleko efektivnější než u pěstování monokultur.

Vývoj strategií za co nejvyšší úrodu vedoucí k standardizaci pěstování homogenních sortimentů obilovin, konstatuje Vilich-Meller (1992) je příčinou zvýšeného výskytu specifických patogenů. Projevem vertikální rezistence kultivarů obilovin a využití specifických fungicidů v mnoha případech vedlo k masové infekci vyvolaných patogeny. Na druhé straně genetická diverzita (např. ječmen/oves, pšenice/žito) podporuje odolnost porostů zejména proti plísňovým patogenům přenosných vzduchem.

Kombinace některých plodin, uvádí Carruther et al. (1999), má však za následek zvýšenou konkurenci mezi komponenty, což se může projevit ve snížených výnosech a též může poukázat na některé plodiny jako na nevhodné pro využití ve smíšené kultuře. Zvýšené konkurování může být pro vodu, živiny, světlo nebo jakoukoli kombinaci těchto tří faktorů, jež v konečném důsledku vede ke změně v úrovni produkce plodin.

Když konkurence mezi různými druhy (mezidruhová konkurence) podle Montiho (2006) je slabší než ta mezi rostlinami stejného druhu (vnitrodruhová konkurence) má smíšená kultura jistou výhodu. Vzájemné zvýhodnění nastane, když jeden z přítomných druhů poskytuje nějaký prospěch druhému druhu a naopak. Ve většině případů se vzájemná

prospěšnost a vzájemná konkurence vyskytují společně a výhoda smíšené kultury závisí na tom, který z těchto aspektů je dominantnější.

Nejpoužívanějším indexem pro vyjádření vzájemné podpory, uvádí Monti (2006) je parametr LER (Land Equivalent ratio). Parametr LER slouží jako hodnotící parametr výhodnosti nebo nevýhodnosti pěstování testovaných plodin ve směskách ve srovnání s pěstováním monokultur. Parametr LER podle Vandermeera (1989) se vykládá jako relativní územní náročnost smíšené kultury oproti monokultuře. Je snadné jej spočítat a interpretovat. Parametr LER >1 znamená, že je pěstování plodin ve smíšené kultuře efektivnější a naopak parametr LER <1 naznačuje, že je efektivnější pěstování plodin v monokultuře.

Základem všech studií je předpoklad, uvádí Andersen (2005), že některých výhod je dosaženo smíšením kultur plodin, a že tyto výhody jsou výsledkem rozdílu ve způsobu, jakým plodina reaguje ve vztahu k prostředí. Podle Cruze & Soussany (1997) důkazy o možném lepším využití dusíku smíšenými kulturami pocházejí z jeho zvýšeného obsahu v půdě naměřeného u smíšených kultur než v kontrolní monokulturní plodině.

Jak uvádí Cruz & Soussana (1997) možná výhoda nemůže být jednoduše hodnocena jen na základě koncentrace dusíku v půdě a to především na základě známého faktu, že dusík silně ovlivňuje akumulaci sušiny v plodině a tak je nezbytné analyzovat obsah dusíku v sušině plodiny, aby zvýšené množství dusíku v půdě nezpomalilo růst.

Pokud jde o síru uvádí Andersen et al. (2004), i když je její nedostatek v dostupné formě vnímán jako faktor limitující výnos, není zatím tento vliv působící na dynamiku růstu a využití dusíku u luskovino-obilné směsky dostatečně objasněn.

V experimentu, v němž hrách (*Pisum sativum*) a ječmen (*Hordeum vulgare*) byly pěstovány jako samostatné plodiny a smíšená kultura s i bez dodatku síry ve formě sádrovce, byla biomasa rostlin analyzována pro celkový obsah síry a dusíku, a půdní vzorek pro obsah síranu. Kumulativní relativní index účinnosti byl použit ke studiu růstu obou plodin, dynamiky dusíku a síry u smíšené kultury. Parametr LER byl zas použit k vyhodnocení výkonnosti smíšené kultury (Andersen et al., 2004).

Hodnoty parametru LER vypočtené pro produkci sušiny na základě akumulace dusíku a síry podle Andersena et al. (2004) ukázaly u smíšené kultury lepší výsledky, než byly průměry u samostatné plodiny. Z odpovídajících dílčích hodnot parametru LER je zřejmé, že oběma plodinám (hrachu a ječmeni) se vedlo lépe ve smíšené kultuře. U smíšené kultury hrách/ječmen bez dodatku síry byly tři dílčí hodnoty parametru LER (sušiny, dusíku, síry) vypočítané pro hrách jako víceméně stejné. Přidání síry se nepromítlo do odpovídajícího navýšení tvorby sušiny.

U ječmene podle Andersena et al. (2004), byly výsledky trochu odlišné. Úroveň akumulace síry a dusíku byla úzce spojena s tvorbou sušiny, zatímco nižší dílčí hodnota parametru LER pro akumulaci síry naznačila, že podle převažujících podmínek byl růst vázaný na příjem dusíku a nebyl omezován dostupností síry.

Nejvíce nových informací ze studií smíšených kultur, uvádí Dlouhý a spol. (2010), je o pěstování luskovino-obilných směsek v ekologickém zemědělství řešených v rámci projektu (Intercrop) financovaném EU. Podle Montiho (2006) se projekt vyznačuje jednoznačně multidisciplinárním a integrovaným přístupem k hodnocení potenciálu techniky smíšených kultur a definuje ji jako dlouhodobě udržitelnou strategii rostlinné výroby v ekologických zemědělských systémech v různých regionálních podmínkách.

Jedním z hlavních cílů projektu, uvádí Monti (2006), bylo určit agronomický výkon luskovino-obilné směsky v různých evropských zemědělsko-klimatických podmínkách z hlediska výnosu a stability smíšené kultury oproti monokultuře. Dalším z cílů podle Dlouhého a spol. (2010) bylo studium možností, jak souběžným pěstováním plodin ve směsi lze zvýšit produkci, zlepšit potlačení výskytu plevelů, zvýšit kvalitu produkce (např. obsah bílkovin) a zabránit ztrátám dusíku v ekologických zemědělských systémech v různých podmínkách pěti evropských zemí.

Výsledky podle Montiho (2006) prokázaly, že lepší výnosy smíšené kultury oproti monokultuře v různých klimatických podmínkách potvrzují vhodnost kombinace luskovino-obilné směsky v severní a střední Evropě jako výnosnou techniku v rámci ekologického zemědělství. Dále bylo zjištěno, že lepších výsledků lze ve středomořském prostředí dosáhnout díky jarnímu setí a že vzájemná podpora v luskovino-obilné směsce (podle analýzy stability) není omezena vnějšími podmínkami.

Hlavní přednosti luskovino-obilné směsky je podle Dlouhého a spol. (2010) skutečnost, že směsky redukují výskyt plevelů a chorob ve srovnání s monokulturami, dále že kvalita zrna u obilovin je vyšší ve směsce než v monokulturách a že zdroje dusíku jsou využívány o 20–30 % efektivněji ve směsce hrachu a ovsa než v monokulturách. Příjem mineralizovaného dusíku z půdy byl ve směsce o 20–40 % efektivnější než v monokulturách. Směsky hrachu s ovsem a směsky pšenice s bobem vykazovaly v obecné rovině o 10–20 % vyšší výnos zrna než v monokulturách a živiny N, P, K a S byly ve směsce využívány o 15–30 % efektivněji než v monokulturách. Směsky zvýšily obsah bílkoviny v zrna obilovin a obsah bílkovin v zrna luskovin ve směsi byl srovnatelný s monokulturami.

V letech 2008–2009, uvádí Huňady & Løes (2011), byl proveden polní pokus v českých podmínkách zahrnující pěstování monokultury a směsi hrách/jarní obilovina na

pokusných polích jedné konvenční farmy v okrese Šumperk a na nedaleké certifikované ekofarmě. Vybraná odrůda hrachu byla odrůda Bohatýr a bezlistá odrůda Terno. Vybraná odrůda obiloviny byla odrůda jarní pšenice Sirael a odrůda jarního ječmene Pribina. Směs osiva hrách-obilovina byla smíchána v poměru 40:60 a 60:40. Pro stanovení efektivnosti využití půdy byly čisté výnosy monokultury a smíšené kultury použity k výpočtu parametru LER.

Navzdory limitovanému experimentálnímu období, konstatuje Huňady & Løes (2011) z výsledku pokusu vplynuly některé cenné poznatky. V závislosti na tom, co je cílem produkce, luskovino-obilná směs může být využita k vyššímu výnosu zelené hmoty s použitím listové odrůdy hrachu. Ve výnosu na zrno byl zjištěn vyšší obsah bílkovin u bezlisté formy hrachu a vyšší výnos zrna obiloviny ve směsi hrách-obilovina. Výnos směsi hrách-pšenice (60:40) byl o 20% vyšší než výnos směsi hrách-ječmen (60:40).

Výsledky pokusu dále jasně prokázaly, dodává Huňady & Løes (2011), že v rámci ekologického způsobu pěstování s redukovanými možnostmi ochrany proti plevelům, škůdcům a chorobám, úrovně výnosů jsou velmi variabilní v prostoru a čase. Relativně velký parametr LER u výnosu zrna luskovino-obilné směsky v každém roce jsou za předpokladu zvýšené ochrany proti plevelům a chorobám. Též se prokázalo, že parametr LER by měl být interpretován s rozvahou a neměl by být použit, jestliže úrovně výnosů nejsou přiměřené.

Jak uvádí Dlouhý a spol. (2010), v pokusu výhodnosti a nevýhodnosti pěstování plodin ve směskách byly použity odrůdy hrachu (Bohatýr, Terno) a odrůdy jarních obilovin (pšenice Sirael, ječmen Pribina). Pro srovnání s monokulturami byl použit hodnotící parametr LER (Land Equivalent Ratio) jako poměrné číslo udávající plochu monokultury potřebnou k dosažení stejného výnosu, jako byl výnos u směsky z jednotky plochy.

$$\text{LER} = (\text{Vab} / \text{Vaa}) + (\text{Vba} / \text{Vbb})$$

a, b... monokultury plodin A a B

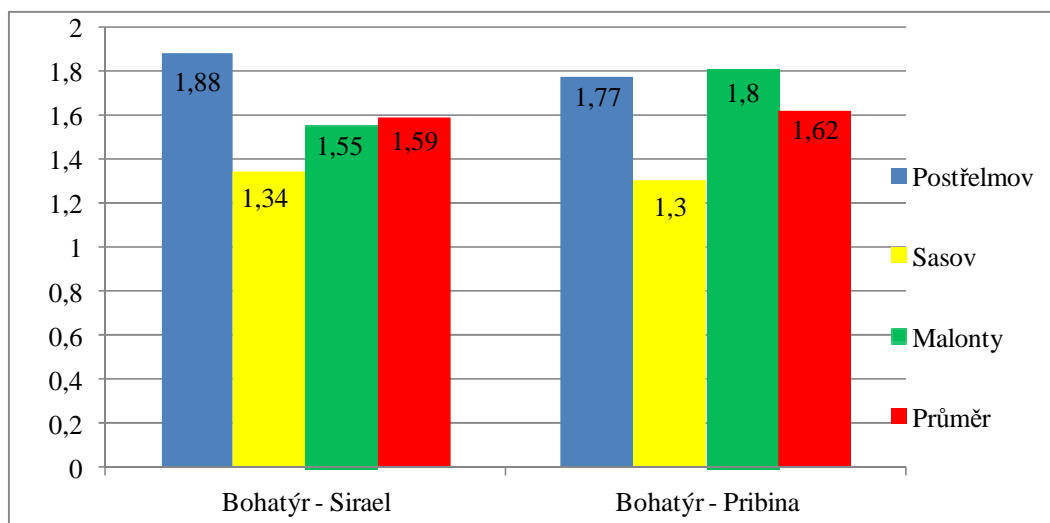
ab, ba... směsky plodin A a B

V... výnos t/ha

$$\text{LER monokultury} = 1$$

Pokud je hodnota $\text{LER} > 1$, považuje se pěstování plodin ve směsce za výhodnější z hlediska výnosu než jejich pěstování v monokultuře (obr. 3).

Obr. 3 LER směsek hrách, pšenice, ječmen na třech modelových farmách v roce 2009



Zdroj: Dlouhý a spol., 2010

3.4.1 Shrnutí

Podle Montiho (2006) má v zemědělství pěstování luskovino-obilných směsek, jež se používaly jako hlavní plodiny v osevním postupu na orné půdě, dlouhou tradici pro jejich pozitivní vliv na půdu v důsledku schopnosti fixace dusíku a i kvalitní produkce zrna. V současné době, uvádí Dlouhý a spol. (2010), se jejich význam výrazně snížil, zejména v konvenčním zemědělství, kde se případně pěstují pouze jako meziplodiny.

V ekologickém zemědělství je naopak podle Dlouhého (2010) pěstování luskovino-obilných směsek jedno z možných řešení zvýšení soběstačnosti ekologických farem v produkci bílkovin pro výživu hospodářských zvířat.

Zavedení pěstování luskovino-obilných směsek jako hlavní plodiny, konstatuje Dlouhý a spol. (2010), umožní samozásobení farmy vysoce kvalitním domácím jadřným krmivem s vysokým obsahem bílkovin, s využitím pro chov masného a mléčného skotu, prasat a drůbeže. Vedle lepší krmivové základny představují luskovino-obilné směsky rovněž výbornou předplodinu v osevním postupu mající zlepšující vliv na kvalitu půdy.

4. Diskuze

Možnosti a význam zavádění smíšených kultur v moderních pěstebních systémech

Přechod z komplexního zemědělského systému na méně komplexní systém s nižším počtem druhů plodin, uvádí Andersen (2005), byl hlavním rysem ve vývoji zemědělství 20. století. Důsledkem toho se většina plodin pěstuje velmi efektivně jako samostatné plodiny. To je jasně doloženo silným poklesem podílu orné půdy osetou smíšenou kulturou vyjma jetelotravních směsek. Zdokonalení odrůd plodin, využití pesticidů a hnojiv vedlo k přechodu od rotační produkce plodin k souvislé produkci plodin s vysokým výnosem dočasně umožňující ignorovat otázky úrodnosti půdy, chorob plodin a zaplevelení. Tak v současnosti nejrozšířenější způsob pěstování plodin je relativně nezávislý na vnitřních ekologických funkcích a je do značné míry závislý na dodání vnějších vstupů.

Podle Altieriho (1999) biologická rozmanitost (biodiverzita) v zemědělských systémech vykonává vedle produkce potravin mnoho ekosystémových služeb např. recyklaci živin, regulaci místního mikroklimatu a hydrologických procesů, regulaci nežádoucích organismů a detoxikaci škodlivých chemických látek.

Tyto ekosystémové služby jsou z velké části biologické, proto jejich přetrvání závisí na zachování biologické rozmanitosti (Altieri, 1994).

Podle Altieriho (1999) je výsledkem zjednodušení biologické rozmanitosti pro zemědělské účely uměle vytvořený ekosystém vyžadující neustálý lidský zásah, zatímco v přírodních ekosystémech vnitřní regulace funkcí je výsledkem toku energie a živin v biodiverzitě rostlin. A tato forma regulace se postupně ztratila v důsledku intenzifikace zemědělství. Komerčně upravená osiva a mechanizovaná výsadba nahradila přirozené metody šíření semen. Chemické pesticidy nahradily přirozenou regulaci rostlinných a živočišných škůdců. Dokonce i rozkladný proces rostlin byl pozměněn, kdy je půdní úrodnost po sklizni zachována pomocí hnojiv místo recyklací organických látek.

Jak uvádí Rundlöf et al. (2008), proto byly zavedeny agroenvironmentální programy (AES) po celé Evropě mimo jiné s cílem snížit negativní dopady zemědělské intenzifikace na biologickou rozmanitost. Účinnost těchto programů může záviset na vnějších faktorech např. na kontextu krajiny nebo na vlastnostech různých skupin organismů. Kontext krajiny podle Holzschuha et al. (2007) ovlivňuje v různé míře rozmanitost (diverzitu) např. včel na ekologických a konvenčních polích. Podobný princip byl zjištěn u diverzity kvetoucích rostlin.

Holzschuh et al. (2010) předpokládali, že hnízdní kolonizace vos a včel je vyšší v úhorových pásích než v centru pole a vyšší v ekologických systémech než v konvenčních. A ze srovnání skutečně vyplynulo, že ekologický systém (versus konvenční) a pás úhoru (versus střed pšeničného pole) zvyšují rozmanitost (diverzitu) a početnost (abundanci) vos a včel.

Holzschuh et al. (2010) dále uvádí, že zjištěné údaje potvrdily velké rozdíly mezi počtem vosích hnízd ve středu pole a počtem vosích hnízd v úhorovém pásu u konvenčního pole, ne však u ekologicky obhospodařovaného pole. Ekologické zemědělství zvýšilo hodnotu pšeničného pole pro hmyzí predátory na úroveň hodnoty úhorových pásů, což je pozoruhodné, protože pole byly homogennější než úhorové pásy, a to i přes vyšší rozmanitost plevelů na ekologickém poli.

Na základě předchozí studie vyplynulo, že vosy raději letí podél úhorového pásu než křížem přes konvenčně obhospodařované obilné pole (Holzschuh et al., 2007). Zjevně nepříznivé podmínky konvenčního obilného pole ve srovnání s ekologickým polem, konstatuje ze studie Holzschuh et al. (2010), nevyplývají ze struktury obilné monokultury, ale spíše vyplývají z nižší dostupnosti potravy.

V intenzivně využívané zemědělské krajině podle Šarapatky & Niggliho (2008) jsou cennými biotopy meze díky svému protieroznímu efektu. Holzer (2010) uvádí, že hluboko kořenící rostliny (vlčí bob, komonice) zajišťují stabilitu svahu svým hlubokým kořenem proti sesuvu půdy a odplavení vrstvy humusu, proto je třeba takové rostliny upřednostnit při sestavování směsí na strmých svazích a náspech. Podle Šarapatky & Niggliho (2008) může být pás polních bylin vytvořen také napříč svahem jako protierozní pás. Holzer (2010) na základě svých praktických zkušeností uvádí, že jako nejvhodnější se ukázala směs z komonice, tolíce, vikve, hrachu, vlčího bobu, slunečnice a různých rostlin s dužnatými podzemními částmi, jako třeba topinambury a řepy. Na jedné z farem hospodařících na Křivoklátsku, dodává Jonáková a kol. (2008), jsou pásy osety např. směskou z jetele, vojtěšky, štírovníku, jitrocele, úročníku, komonice sloužící jako hnízdiště pernaté zvěři a po posekání na nich ještě do zimy vyroste zelené krmení.

Jak uvádí Šarapatka & Niggli (2008) důležitým posílením přírodní rovnováhy zejména při rozdělování velkých bloků u ekologických farem může být vytvoření květnatých pásů především za účelem podporování užitečné fauny. Podle Jonasona (2012) byl nejvýraznější efekt nalezen u motýlů ve vyšší druhové bohatosti (v průměru o 20%) a ve vyšší četnosti (v průměru o 60%) ve srovnání s intenzivně hospodařící konvenční farmou.

V květnatých pásech se mohou po zorání sousedního pole regenerovat užiteční živočichové, např. mnoho druhů střevlíků a pavouků (Šarapatka & Niggli, 2008). Podle Jonasona (2012) sledování střevlíkovitých neprokázalo, že by měli větší prospěch z ekologického zemědělství (např. z organického hnojení). Pravděpodobně kompozice okolní krajiny má na ně větší vliv než způsob hospodaření. Střevlíkovití se ve studii projeví jako tolerantnější druhy k narušení životního prostředí a tedy méně ovlivněni konkrétním zemědělským hospodařením.

Výsev mnoha různých rostlinných druhů má podle Šarapatky & Niggliho (2008) příznivý vliv na rozmanitost fauny např. na hmyz, ale i na zajíce, bažanty a koroptve. Pro květnaté pásy jsou vhodné tyto rostlinné druhy: chrpa, heřmánek, řebříček, hořčice, řepka, vojtěška, jetel zvrhlý (švédský), mák vlčí, brutnák, svazenka, kopretina, hadinec atd.

Holzer (2010) doporučuje při výběru rostlin podpořit užitečné živočichy. Vysévá proto často slunečnice a konopí, protože tyto rostliny jsou výtečným krmivem pro ptáky. Na podporu hmyzu, sbírající nektar a pyl (čmeláci, včely, zlatoočka, pestřenky) doporučuje příměs různých domácích divokých květin, jako např. chrpa modrák, řebříček, měsíček, rmen, heřmánek, zvonek, kostival a mnoho jiných.

Jak shrnuje Šarapatka & Niggli (2008) celkově jsou pásy polních bylin vhodné pro zvýšení druhové rozmanitosti v krajině. Mohou přispívat k propojení biotopů, k většímu rozčlenění krajiny a k rozvoji užitečných organismů. Ve studiích včel pasoucích se na květinách podle Holzschuha et al. (2007); Rundlöfa et al. (2008) bylo zjištěno, že krajinné prvky a místní faktory na sebe vzájemně působí: rozmanitost (diverzita) se snižuje s klesající různorodostí (heterogenitou) na konvenčních polích, ale již ne na ekologických polích. To naznačuje, že ekologický systém nahrazuje chybějící neprodukční stanoviště jako zdroj potravy v homogenní krajině.

Pěstování smíšených kultur, uvádí Andersen (2005) je jeden ze způsobů, jež se podílí na obohacení biodiverzity v agroekosystému a výsledky z výzkumů ukazují, že zvýšená rozmanitost plodin může zvýšit počet ekosystémových služeb.

Nicméně kombinace některých plodin má za následek zvýšenou konkurenci mezi komponenty. To se může projevit ve snížených výnosech a též může poukázat na některé plodiny jako na nevhodné v kombinaci ve smíšené kultuře (Carruther et al., 1999). Ve většině případů se vzájemná prospěšnost a vzájemná konkurence podle Montiho (2006) vyskytují společně a výhoda smíšené kultury závisí na tom, který z těchto aspektů je dominantnější.

Důkazy o pravděpodobně lepším využití dusíku smíšenými kulturami, podle Cruze & Soussany (1997) pocházejí z jeho zvýšeného obsahu v půdě naměřeného u smíšených kultur

než v kontrolní monokulturní plodině. Musíme ještě ale změřit obsah dusíku v sušině plodiny, aby zvýšené množství dusíku v půdě nebylo na úkor zpomaleného růstu.

V experimentu, uvádí Andersen et al. (2004) v němž hrách (*Pisum sativum*) a ječmen (*Hordeum vulgare*) byly pěstovány jako samostatné plodiny a smíšená kultura s a bez dodatku síry ve formě sádrovce, hodnoty parametru LER (vypočtené pro produkci sušiny, akumulace dusíku a síry) ukázaly u smíšené kultury lepší výsledky, než byly průměry u samostatné plodiny. Z odpovídajících dílčích hodnot parametru LER je zřejmé, že obou plodinám (hrachu a ječmeni) se vedlo lépe ve smíšené kultuře.

Výsledky souběžného pěstování luskovin a obilovin, podle Montiho (2006) prokázaly lepší výnosy smíšené kultury oproti monokultuře v různých klimatických podmínkách, potvrzující vhodnost kombinace luskovino-obilné směsky v severní a střední Evropě jako výnosnou techniku v rámci ekologického zemědělství.

Při polním pokusu v českých podmínkách (u směs hrách/jarní obilovina versus monokultura), uvádí Dlouhý a spol. (2010) a Huňady & Løes (2011), byl zjištěn ve výnosu na zrno vyšší obsah bílkovin u bezlisté formy hrachu a vyšší výnos zrna obiloviny ve směsi hrách-obilovina. Výnos směsi hrách-pšenice 60:40 byl o 20% vyšší než výnos směsi hrách-ječmen 60:40. Výsledky pokusu dále jasně prokázaly, že v rámci ekologického způsobu pěstování s redukovanými možnostmi ochrany proti plevelům, škůdcům a chorobám, jsou úrovně výnosů velmi variabilní v prostoru a čase. Relativně velký parametr LER u výnosu zrna luskovino-obilné směsky v každém roce jsou za předpokladu zvýšené ochrany proti plevelům a chorobám.

5. Závěr

Z výsledků moderních výzkumů vyplývá, že rozmanitost krajiny a související biodiverzita po staletí úzce ovlivňovaná zemědělstvím, by mohla být pokračující intenzifikací zemědělství ohrožena. Zemědělský systém by měl oskytovat i jiné služby než jen pouhou produkci potravin. Podpora opatření směřující k napodobení původních příznivých přírodních podmínek zakládáním nových krajinných prvků zejména v odpřírodněných oblastech je plánovanou a v praxi realizovanou biologickou rozmanitostí. Významným krajinným prvkem může být v podstatě jakákoliv organická součást prostředí (strom, rašeliniště, louka), co nějakým způsobem utváří typický ráz krajiny nebo výrazně přispívá k udržení stability krajiny. Plánovaná rozmanitost např. prostřednictvím vytvoření květnatých pásů či biopásů zejména při rozdělování velkých bloků u ekologických farem, cílené vysazování keřů a živých plotů, ponechání ladem kouty polí (místa sloužící jako zdroj potravy a útočiště nejrůznějšímu hmyzu, ptákům a dalším živočichům) zvýší rozmanitost přidružených ekosystémů, jež by tím mohla přispět k zachování celkové biologické rozmanitosti v zemědělské krajině.

Pěstování smíšených kultur je jeden ze způsobů, jež se podílí na obohacení biodiverzity v agroekosystému, a může zvýšit počet ekosystémových služeb. Zejména luskovino-obilné směsky v podmínkách ekologického zemědělství mohou efektivním způsobem zvýšit výnos a kvalitu krmiva (zvláště obsah proteinů) a pro většinu ekofarem v ČR mohou být dobrou cestou pro zvýšení a udržení soběstačnosti ve výrobě kvalitních krmiv pro skot. Navíc mají pozitivní vliv na kvalitu půdy, přísun dusíku a síry, potlačení chorob a škůdců, a jsou proto velmi dobrou předplodinou v osevním postupu. Optimální složení luskovinoobilné směsky je nutné stanovit individuálně v závislosti na podmínkách pěstování a užitkovém směru a je nutné vzít v úvahu vliv průběhu ročníku na výsledné složení luskovinoobilné směsky při plánování výsledné siláže. Problémem v ČR může být malá dostupnost vhodných ekologických osiv a dosud málo rozvinutý trh s těmito produkty.

6. Literatura a použité zdroje

- Altiery M.A.: Ethnoscience and biodiversity: key elements in the design of sustainable pest management systems for small farmers in developing countries, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, p. 257-272, 1993
- Altiery M.A.: The ecological role of biodiversity in agroecosystems, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74, p. 19–31, 1999
- Andersen, M.K.: Competition and complementarity in annual intercrops - the role of plant available nutrients. Thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, 2005
- Andersen, M.K., Hauggaard-Nielsen H., Høgh-Jensen H., Jensen E.S.: Competition for and utilisation of sulphur in sole and intercrops of pea and barley, Biosystems Department, RISØ National Laboratory, Roskilde, Denmark, Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, 2004
- Bengtsson J., Rundlöf M., Smith H.G.: Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance, *Journal of Applied Ecology* 2008, 45, p. 813–820
- Berger J.: Ekologie – učebnice pro gymnázia a střední odborné školy, nakladatelství Kopp, České Budějovice, 1999, s. 9, ISBN 80-7232-013-0
- Carruthers K., Cloutier D. at col.: Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component responses, *European Journal of Agronomy* 12, 1999, p. 103–115
- Cruz, P., Soussana J.F.: Mixed crops, Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops, Springer Berlin Heidelberg, 1997, p. 131-144
- Dennee J.: In the Three Sisters Garden, Kendall/Hunt Publishing Company, 1995
- Dlouhý J., Dyrťová K. a kol.: Pěstování luskovino-obilných směsek v ekologickém zemědělství - výsledky pokusů na vybraných ekofarmách v ČR, Bioinstitut, o. p. s., Olomouc 2010, ISBN: 978-80-87371-06-0
- Fuchs, S. & Stein-Bachinger, K.: Ochrana přírody v ekologickém zemědělství - praktická příručka pro ekologické polní zemědělství v severovýchodním regionu Německa, Bioland Verlags GmbH, Mainz, 2008
- Hauggaard-Nielsen H., Jørnsgaard B., Kinane J., Jensen E.S.: Grain legume–cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems, Biosystems Department, Risø National Laboratory, Technical University of Denmark, Roskilde, Denmark, 2007
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. & Tscharntke, T.: Diversity offlower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology*, 2007, 44, p. 41–49
- Holzschuh A., Steffan-Dewenter I., Tscharntke T.: How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* 2010, 79, p. 491–500
- Holzer S.: Sepp Holzlers Permakultur, Alman, Brno 2010, s. 54-59, ISBN 978-80-86766-89-8
- Hora P., Tuf I. a kol.: Živa 1/2009, Divize Nakladatelství Academia, s. 25-27, ISSN 0044-4812
- Huňady, I., Løes, A-K., Lačňák, V., Ponížil, A.: Possibilities of legume-cereal intercropping to increase self-sufficiency with animal foyer in organic farming, Sarapatka B.: New findings in organic farming research and their possible use for Central and Eastern Europe. Bioinstitut. Proceedings of 3rd Scientific Conference

- 2011, Prague, Czech Republic, 14th – 15th November 2011, ISBN: 978-80-87371-12-1
- Jonason D.: Temporal Effects of Organic farming on biodiversity and ecosystem services, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala 2012
- Kovář P.: Ekosystémová a krajinná ekologie, Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum 2012, s. 53-54, ISBN 978-80-246-2044-2
- Marada P., Zaměřeno na ochranu přírody a krajiny a myslivost, Biopásy, Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky MZLU v Brně, 2007
- Martinková Z., Soukup J., Hamouz P., Honěk A., Holec J., Koprudová S., Nečasová M., Saska P., Tyšer L.: Biodiverzita plevelových společenstev, její význam a udržitelné využívání, Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha, ČZU Praha, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Praha 2008, s. 7, ISBN: 978-80-87011-68-3
- McArthur E.D., Sanderson S.C.: Proceedings: Shrubland Ecotones, Conference / E. Durant McArthur ; W. Kent Ostler ; Carl L. Wambolt Ogden, UT : Rocky Mountain research station USDA, 1999, p. 3
- Monti, M., Crozat, Y., Dahlmann, Ch., Hauggaard Nielsen, H., Jensen, E. etc.: Agronomic performance and yield stability of pea-barley intercropping in European organic farming system. Joint Organic Congress, Odense, Denmark, 2006
- Moravec J. a kol.: Fytocenologie, Academia 1994, s. 61-62, ISBN: 80-200-0457-2
- Sadlo J., Storch D.: Biologie krajiny: Biotopy České republiky, Praha, Vesmír, 2000, s. 74-79, ISBN 80-85977-31-1
- Sauer, F.: Landvögel, Mosaik Verlag GmbH, München 1995, p. 156, ISBN 80-85830-99-X Ikar
- Šarapatka B., Niggli U.: Zemědělství a krajina – cesty k vzájemnému souladu, Univerzita Palackého Olomouc, 2008, s. 47-49, 72-73, ISBN: 978-80-244-1885-8
- Vilich-Meller, V.: Mixed cropping of cereals to suppress plant diseases and omit pesticide applications , Institute for Plant Diseases, University of Bonn, Biological Agriculture and Horticulture, 1992, Vol. 8, p. 299-308
- Vandermeer J.H.: The ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1989, ISBN 0-521-34689-4, p. 2, 19-20
- Elektronické zdroje:**
- Český statistický úřad, Lesnictví a myslivost 2011, dostupné z:
<http://www.czso.cz/csu/2012edicniplan.nsf/p/2201-12>
- Jonáková J., Kasina J.: Biopásy plné života, Myslivost 10/2008, s. 10, dostupné z:
<http://old.myslivost.cz/media/clankyDetail.asp?IDCI=14205&IDR=10316&TypR=1>
- Ministerstvo zemědělství, Program rozvoje venkova ČR, 2010, dostupné z:
http://eagri.cz/public/web/file/40890/PRV__leden2010.pdf
- Ministerstvo zemědělství, Výroční zprávy o implementaci programu rozvoje venkova ČR2007-2013 za rok 2007, 2008, 2009, 2010, dostupné z:
<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/program-rozvoje-venkova-na-obdobi-2007/hodnoceni-a-monitoring/>
- Ministerstvo životního prostředí (2007): Agroenvironmentální opatření, dostupné z:
http://www.bioinstitut.cz/documents/brozura_agroenvi_opatreni_5.pdf
<http://www.bioinstitut.cz/documents/biopasypublikace.pdf>
- Občanské sdružení Evans (2009): Pražské naučné stezky
<http://www.prazskestezky.cz/vinor/v06.html>

7. Přílohy

Obr. 4 Ekoton - ostrý přechod pole a lesa u intenzivně obdělávané zemědělské půdy



Foto: Evans (2009)

Obr. 5 Ekoton - pozvolný přechod podporující druhovou diverzitu



Foto: Evans (2009)

Obr. 6 Biopás koncem června, Malá Hraštica, Příbramsko



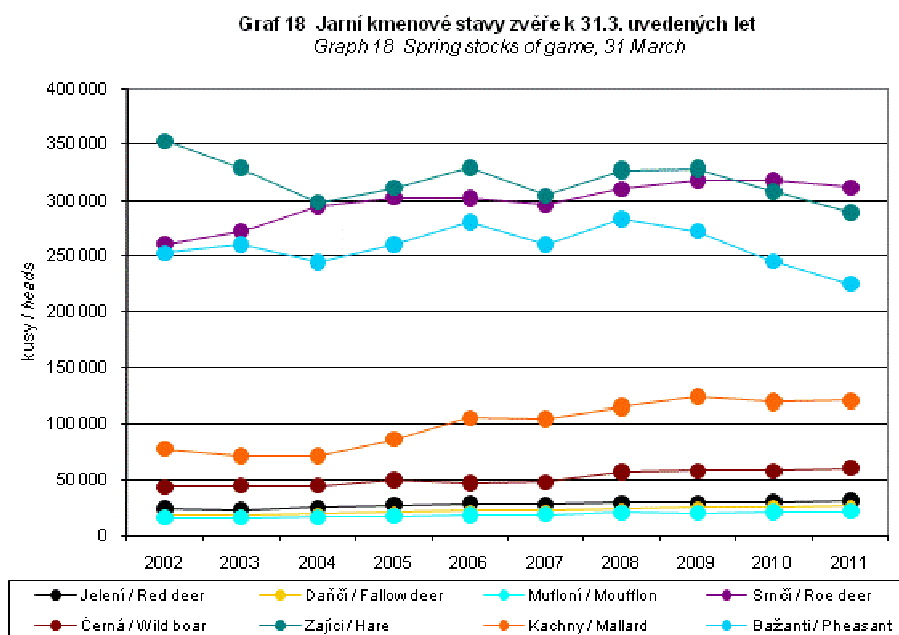
Foto: Brett (2012)

Obr. 7 Biopás začátkem září, Nový Knín, Příbramsko



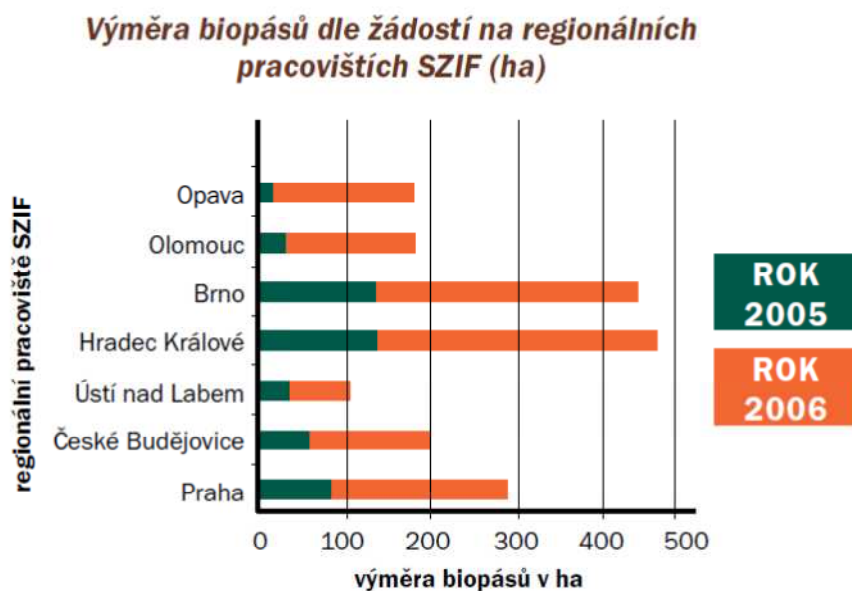
Foto: Brett (2012)

Obr. 8 Jarní kmenové stavy zvěře k 31. 3. uvedených let



Zdroj: Český statistický úřad, Lesnictví a myslivost 2011

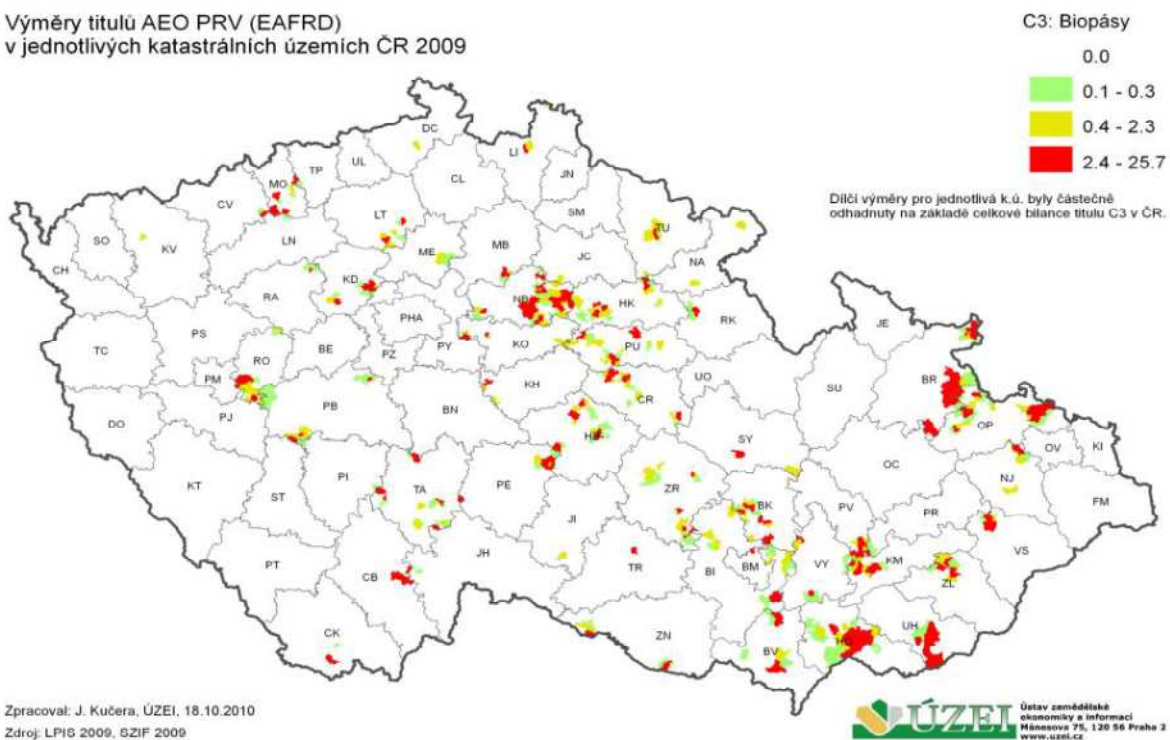
Obr. 9 Výměra biopásů v roce 2005 - 2006



Zdroj: Ministerstvo životního prostředí, 2007

Obr. 10 Výměry biopásů v jednotlivých katastrálních územích ČR 2009

Výměry titulů AEO PRV (EAFRD)
v jednotlivých katastrálních územích ČR 2009



Zdroj: Ministerstvo zemědělství, 2010