

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Analýza druhového složení plevelových společenstev
v režimu ekologického zemědělství
Bakalářská práce**

Alice Pospíšilová

Ekologické zemědělství

Ing. Luděk Tyšer Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Analýza druhového složení plevelových společenstev v režimu ekologického zemědělství" jsem vypracovala 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 autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 2.5.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé práce Ing. Lud'ku Tyšerovi Ph.D. za odborné vedení, příjemnou spolupráci a trpělivost při konzultacích. Děkuji také konzultantce mé práce Ing. Michaele Kolářové Ph.D. za nasměrování k mému vedoucímu.

Analýza druhového složení plevelových společenstev v režimu ekologického zemědělství

Souhrn

Cílem práce bylo srovnat studie zabývající se druhovou strukturou plevelů v režimu ekologického zemědělství a posoudit jeho vliv na druhovou diverzitu.

Ekologické zemědělství jako směr vzniklo za účelem přiblížit se od konvenčního způsobu hospodaření více přírodě. S tím se pojí odstoupení od využívání některých látek, jakými jsou např. herbicidy, což zpravidla vede k nadměrnému zvýšení biomasy plevelů. Opuštění konvenčních praktik ale také může vést ke zvýšení druhové diverzity některých plevelů citlivých na vysoké dávky dusíku, málo odolných herbicidům a podobně. Této změně ve složení plevelů se věnuje má práce.

V první polovině práce jsou popisovány plevele jako takové, jejich způsob života a také rozdíly mezi ekologickým, konvenčním a integrovaným způsobem hospodaření. Druhá polovina je věnována účinkům ekologického zemědělství na zvýšení biomasy plevelů, půdní semenné banky, ale především druhové struktuře plevelů a biodiverzitě.

Práce zmiňuje některé studii často uváděné druhy plevelů, druhy typické pro ekologické zemědělství a účinek tohoto způsobu hospodaření na vzácné a ohrožené druhy plevelů. Vliv na druhové spektrum plevelů v ekologickém zemědělství se může různit dle používaných praktik, jejichž popis v práci následuje. Byly to výběr plodiny, hnojení, orba, vláčení, mulčování a termická regulace. Uváděny jsou také faktory, které na plevelovou strukturu působily, ale zemědělec je nemohl tak snadno nebo vůbec ovlivnit – okolní krajina a velikost pole, nadmořská výška, opylovači a predátoři semen.

Klíčová slova: plevele, agrofytocenózy, ekologické hospodaření, biodiverzita, vzácné a ohrožené druhy

Analysis of weed communities in organic farming

Summary

The aim of this work was to compare studies dealing with the species structure of weeds in the regime organic farming and assess its impact on species diversity.

Organic farming as a movement was created in order to move closer to the nature from the conventional way of farming. This is accompanied by the withdrawal from the use of certain substances, such as herbicides, which usually leads to an excessive increase in weed biomass.

However, abandoning conventional practices can also lead to an increase in the species diversity of some weeds sensitive to high doses of nitrogen, poorly resistant to herbicides and the like. My work is dealing with this change in the composition of weeds.

The first half of the work describes weeds as such, their way of life and also the differences between ecological, conventional and integrated farming methods. The second half deals with the effects of organic farming on increasing biomass, soil seed banks, but especially the species structure of weeds and biodiversity.

The work mentions some weed species often mentioned in studies, species typical for organic farming and the effect of this method of farming on rare and endangered weed species. The influence on the species spectrum of weeds in organic farming may vary according to the practices used, the description of which follows. These were crop selection, fertilization, harrowing, dragging, mulching and flame weeding. Factors that affected the weed structure are also listed, but the farmer could not influence them so easily or at all – the surrounding landscape and field size, altitude, pollinators and seed predators.

Keywords: weeds, agrophytocenoses, organic agriculture, biodiversity, rare and endangered species

Obsah

1	Úvod	9
2	Cíl práce	10
3.	Plevel a jeho definice.....	11
3.1	Rozdělení dle původu	11
3.2	Rozdělení dle způsobu rozmnožování – generativní	11
3.3	Rozdělení dle způsobu rozmnožování – vegetativní.....	12
3.4	Rozdělení dle výživy	12
3.5	Rozdělení dle délky života.....	13
3.6	Negativní pohled na plevele	13
3.7	Pozitivní pohled na plevele.....	14
3.8	Organizace zabývající se plevely.....	15
4	Historie a podnět pro založení ekologického zemědělství	16
4.1	Definice	16
4.2	Certifikace a dodržování postupů.....	17
4.3	Konvenční způsob hospodaření	17
4.4	Integrovaný způsob hospodaření.....	18
5	Biodiverzita	19
5.1	Rozdělení biodiverzity v zemědělství.....	19
5.2	Hodnocení biodiverzity	20
5.3	Ochrana biodiverzity	20
5.4	Ohrožené druhy plevelů.....	20
6	Plevele v ekologickém zemědělství	22
6.1	Množství plevelů.....	22
6.2	Biodiverzita plevelů.....	23
6.3	Nejčastější druhy	23
6.3.1	Jednoleté až dvouleté druhy.....	24
6.3.2	Vytrvalé druhy	25
6.4	Druhy typické pro ekologické zemědělství.....	26
6.4.1	Jednoleté až dvouleté druhy.....	26
6.4.2	Vytrvalé druhy	27
6.5	Vzácné druhy.....	27
6.6	Plodina	28
6.7	Hnojení	29
6.8	Přímá regulace plevelu	31
6.8.1	Orba.....	31

6.8.2	Vláčení.....	32
6.8.3	Mulčování.....	32
6.8.4	Termická regulace.....	32
6.9	Krajina.....	33
6.10	Nadmořská výška	33
6.11	Plevel a fauna.....	34
7	Závěr	36
8	Literatura.....	37

1 Úvod

Plevele jsou často chápány negativně – jako škůdci, konkurenti hlavních zemědělských plodin. Lze se na ně ale dívat i pozitivním pohledem – jako na pomoc při zachování půdní vlhkosti, jako na ochranu proti erozi půdy a součást druhového bohatství celé flóry (Hron et al. 1959). Na plevele jsou navázány další organismy, jakými jsou např. opylovači, kteří z nich získávají potravu a další užitečné organismy (Bretagnolle & Gaba 2015). Plevele jsou tak součástí celého agroekosystému a jeho druhového bohatství (Marshall et al. 2002). S rozšířením intenzivního zemědělství ale druhová rozmanitost plevelů klesá, a s ní klesá i bohatství agroekosystému. Ekologické zemědělství by mohlo být určitou pomocí při jejich obnově nebo alespoň zachování některých druhů. Bengtsson et al. (2005) uvádí, že by mohlo zvýšit druhovou diverzitu asi o 30 %. Vliv na druhové složení a plevelovou diverzitu nemá v rámci ekologického zemědělství jen systém sám, ale i jednotlivé techniky používané při plevelové regulaci (Van Elsen 2000). Vlivem ekologického zemědělství a těchto technik na plevelnou vegetaci a především její druhové složení se zabývá má práce.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat literární přehled problematiky druhového složení plevelových společenstev v systému ekologického zemědělství. Předmětem bylo rovněž posouzení vlivu ekologického hospodaření na strukturu plevelové vegetace z pohledu biodiverzity (druhového bohatství) a zastoupení jednotlivých dílčích skupin plevelné vegetace, včetně vzácných a ohrožených taxonů.

3 Plevel a jeho definice

V širokém pojetí je plevelem rozuměna každá rostlina rostoucí na místě, kde je lidmi nechtěná (Hron et al. 1959). Jejich vznik se pojí s počátkem zemědělství, kdy se některé rostliny začaly cíleně pěstovat a jiné cíleně likvidovat. Na našem území tedy asi někdy kolem poloviny 6. tisíciletí př. n. l. v době tzv. neolitické kolonizace (Dreslerová 2012). Mikulka et al. (2005) zmiňuje tři hlavní období expanze plevelných rostlin. Pravěk, kdy šíření plevelů souviselo s klučením lesa, prvopočátky zemědělství, pastvou, migrací obyvatelstva, válkami atd. Středověk, kdy se k nám díky většímu obchodu s Asií začaly dostávat euroasijské druhy. Novověk, kdy po objevení Ameriky začala s lidmi též velká migrace rostlin – plodin i plevelů. Za tu dlouhou dobu byly plevele dle různých kritérií rozděleny a kategorizovány.

3.1 Rozdělení dle původu

Mohou se dělit podle původu příchodu na plevelné a zaplevelující, kdy zaplevelujícími jsou myšleny druhy rostlin běžně pěstované, ale v konkrétní části osevního postupu nechtěné. Dostaly se na pole s osivem nebo zůstaly po předchozí sklizni jako výdrol. Jiným způsobem se plevele dělí na invazní a expanzivní rostliny. Invazní se vlivem člověka dostanou na místa, kde se dříve nevyskytovaly. Expanzivní se intenzivně šíří na nová místa bez zásahu člověka (Mikulka et al. 2005).

3.2 Rozdělení dle způsobu rozmnožování – generativní

Generativní rozmnožování plevelů představuje rozmnožování pomocí semen a plodů. Ty vznikají po opylení (Jursík et al. 2018). K opylení může dojít pylem vlastním nebo cizím. Rostliny mohou být oboupohlavní, kdy jsou samičí i samčí pohlavní orgány součástí stejného květu, nebo jednopohlavní. Jednopohlavní se dále dělí na jednodomé, kdy jsou obě pohlaví na jedné rostlině, nebo dvoudomé, kdy jsou pohlaví zcela oddělena každé na samostatné rostlině. Semena se mohou šířit pomocí autochorie – tedy bez vnějších vektorů, anemochorie – vzduchem, hydrochorie – vodou, zoochorie – na, či v živočiších, antropochorie – s člověkem a jeho aktivitami.

Rostliny rozšiřující svá semena pomocí autochorie využívají k šíření jen své vlastní mechanismy. Např. rostliny rodu *Vicia* a *Lathyrus* vymršťují semena do okolí z praskajících lusků šroubovitě se stáčeujícími chlopněmi. *Veronica persica*, *Anagallis arvensis* a některé další rostliny pak své lodyhy při dozrávání ohýbají k půdě. Semena *Thlaspi arvense*, *Echinochloa crus-galli* a dalších vypadnou poblíž mateřské rostliny pomocí své vlastní hmotnosti a ze země pak mohou být dále šířeny jinými způsoby. Tento případ autochorie je nazýván barochorií. Šíření vzdušnými proudy neboli anemochorie využívají rostliny různého uzpůsobení. Některá semena jsou ochmýřena, jako např. *Taraxacum officinale* nebo *Cirsium* spp. Jiná využívají blanitých křídel a lemů, např. *Rumex* spp. Tyto rostliny mají těžší diaspory, a proto potřebují určitou „pomoc“ v letu v podobě právě chmýru a křídel. *Tussilago farfara* a *Petasites hybridus* svým ochmýřeným nažkám pomáhají ještě tak, že po odkvětu prodlužují lodyhy, aby byly více vystaveny působení větru. Lehké diaspory, jaké mají např.

Equisetum spp. nebo *Orobanche* spp., díky své nízké hmotnosti takovou pomoc nepotřebují. Pak jsou rostliny, které se přemísťují celé, tzv. stepní běžci. Po dozrání semen jsou větrem vytrženy z půdy a nesený dál. Patří mezi ně např. *Bassia scoparia*. V případě šíření hydrochoricky mohou být nesená jak semena, tak i vegetativní diaspory, úlomky rostlin se semeny nebo i celé rostliny. Voda je přemísťuje se srážkami či vodním tokem. Zoochorie má dvě možnosti šíření, a to vně živočicha – epizoochorie, nebo uvnitř živočicha – endozoochorie. Epizoochorie představuje zachycení se srsti či peří živočichů pomocí různých ostnů, háčků a štětin na povrchu semen, případně pomocí slizu. Příkladem může být *Galium aparine* nebo *Daucus carota*. Při endozoochorii diaspora projde trávicím ústrojím živočicha a přemístí se tam, kde živočich zanechá exkrement. Jsou to např. *Chenopodium* spp., *Persicaria* spp. nebo *Amaranthus* spp. Zoochorií je i myrmekochorie, kterou využívají např. *Chelidonium majus*, *Lamium purpureum* nebo *Symphytum officinale*. Semena mají na povrchu dužnaté přívěsky, které obsahují olej, cukr, škrob a vitamíny a okusují je mravenci. Ti je pak přenášejí na další místa. Šíření člověkem, tedy antropochorie může mít několik různých podob. Jsou jimi speirochorie, agestochorie, ergaziochorie, rypochorie a etelochorie. Speirochorií jsou šířena semena, která se dostanou do osiva díky nedokonalému vyčištění. Agestochoricky šíří člověk diaspory s pomocí automobilové, železniční a lodní dopravy. Ergaziochorie znamená šíření semen pomocí zemědělských strojů. Rypochorií je transport při přemísťování země, ať už při likvidaci smetišť, odhazování ze zahrádek nebo i při hnojení zvířecími výkaly. Etelochorie se děje při záměrném vysévání či vysazování (Mikulka et al. 2005).

3.3 Rozdělení dle způsobu rozmnožování – vegetativní

Vegetativní rozmnožování umožňuje plevelům tvořit pro ostatní rostliny těžko dostupná ohniska a přežívat i bez vytvoření semen. Pokud je rostlina mechanicky poškozena, dobře z jejích částí vyrostle rostlina úplně nová (Jursík et al. 2018). K šíření může docházet dlouhými podzemními nebo nadzemními výběžky a rostlina tak není závislá na vnějších vektorech. Kromě výběžků je možné šíření hlízkami, částmi křovitého kořene, květními cibulkami a podzemními cibulkami (Hron et al. 1959).

3.4 Rozdělení dle výživy

Podle způsobu výživy se plevele dělí na autotrofní, poloparazitické a parazitické. Autotrofní jsou závislé samy na sobě. Probíhá v nich fotosyntéza a samy si berou vodu a živiny z prostředí (Mikulka et al. 2005). Při průběhu fotosyntézy jsou ale tyto plevele velmi omezeny zastíněním, pokud je okolní porost příliš vysoký (van Elsen 2000). Poloparazitické plevele sice samy fotosyntetizují, ale zároveň haustorii pronikají do xylému hostitele, od kterého si berou vodu a minerální látky. Parazitické plevele jsou pak zcela odkázány na hostitelskou rostlinu. Nemají kořeny a téměř žádný chlorofyl. Haustorii pronikají do hostitelské rostliny, z níž si berou úplně vše, co potřebují – vodu a živiny (Mikulka et al. 2005).

3.5 Rozdělení dle délky života

Plevele lze také dělit dle životnosti na jednoleté, dvouleté a vytrvalé. Jednoleté plevele projdou svým životním cyklem za jeden rok a méně a rozmnožují se pouze semeny. Mohou se dále dělit na ozimé, efemérní, časně jarní a pozdně jarní. Ozimé rostliny vzházejí na podzim, i během celého vegetačního období. Efemérními plevele jsou ty, které vzejdou na podzim nebo v zimě, přečkají zimu s listovou růžicí nebo ve fázi děložních lístků, brzy na jaře začínají kvést a v pozdním jaru odumírat. Časně jarní plevele vzházejí na jaře, ale i v průběhu vegetace. Klíčí již od 1 °C. Pozdně jarní rostliny jsou rostlinami klíčovými při vyšších teplotách okolo 10 °C, vzházejí koncem dubna a začátkem května.

Dvouleté a víceleté plevele žijí dva a více let, mohou se rozmnožovat semeny a většina z nich i vegetativně. V roce klíčení vytvoří jen bohaté listové růžice a podzemní orgány a kvetou až v následujícím roce.

Poslední skupinou jsou vytrvalé plevele, které se rozmnožují vegetativně i generativně. Mohou se dále dělit na hlouběji a mělce kořenící. Mělce kořenící druhy rostou na povrchu půdy nebo v malých hloubkách. Kvůli tomu mohou být snadno zasahovány při obdělávání půdy. Patří sem druhy plevelů s plazivými kořenovými lodyhami, plevele s pevnými a tuhými oddenky, s měkkými a křehkými výběžky a plevele tvořící hlízy, cibule a ztloustlé kořeny. Hlouběji kořenící druhy jsou pak ty, které svými orgány pronikají až do podorničí, někdy i několik metrů. Patří sem plevele tvořící oddenky a kořenové výběžky (Hron et al. 1959).

3.6 Negativní pohled na plevele

Jak již bylo popsáno výše, některé plevele mohou přežívat parazitickým či poloparazitickým způsobem. Ovšem i třetí zmiňovaný autotrofní způsob výživy je způsobem, který ovlivňuje člověkem pěstovanou plodinu. Plevel se tak totiž stává pro plodinu konkurentem a v tomto kompetičním vztahu je může obírat o vláhu, živiny a sluneční záření a pěstitele v konečném důsledku o výnos. Neboť obě strany – plodina i plevel strádají, omezují růst a reprodukci a výsledkem může být i odumření rostliny. Podle výhody jednoho z nich je rozlišována kompetice symetrická, kdy jsou oba stejně postiženi a asymetrická, kdy je jeden postižen výrazněji (Jursík et al. 2018). Za asymetrickou konkurenci lze považovat vztah alelopatický, kdy inhibující druh uvolňuje do prostředí látky, které brání v růstu vedlejší rostlině. V závislosti na tom, zda je inhibitorem plevel či kulturní plodina, může docházet ke snížení úrody nebo naopak likvidaci zaplevelení bez vlastního přičinění člověka (Putnam 1988).

Vlivem parazitismu a konkurence mezi plevele a plodinami může zemědělec snadno přijít k finanční újmě. Jeho výnos může být obecně nižší, mohou být menší semena a nadzemní části. Díky zahuštění porostu plevelem se může zvýšit vlhkost zrna, což komplikuje další zpracování a zároveň stoupá riziko napadení škůdci a chorobami (Jursík et al. 2018). Riziko napadení stoupá i s blízkým druhovým původem plevelu a plodiny, neboť příbuzné druhy obvykle hostí a přenášejí podobné choroby a škůdce. Tedy pokud má zemědělec na poli příbuznou plodinu s plevelem, má i lepší podmínky pro přenos chorob. Příkladem mohou být brukvovité plevele jako původci nádorovitosti košťálovin v řepce nebo hořčici, nebo rez černá na *Elytrigia repens* přenášející se na obilniny. Při sklizni může dojít ke

sklizení semen pěstované plodiny spolu se semeny plevelů, což může komplikovat další použití (např. jako osivo). Nejen kontaminace osiva může být problémem. Také kontaminace píče, pokud jsou plevele jedovaté, mají ostrá semena apod., může způsobit trávicí potíže dobytku, který onou píčí krmíme. Jed samozřejmě může způsobit zažívací problémy i lidem. Mezi jedovaté plevele patří především *Solanaceae*, *Euphorbiaceae*, *Apiaceae* (Hron et al. 1959).

Člověk s plevelem může mít ale i další potíže, např. alergie. Alergeny mohou být části rostlin, odlomené chlupy, látky vylučované rostlinami a pyl. Pylové alergie jsou způsobovány rozptýlením velkého množství pylu do ovzduší, který je pak pomocí větru roznášen i na velké vzdálenosti. Mezi hlavní rostlinné rody produkující pyl patří *Ambrosia*, *Arrhenatherum*, *Artemisia*, *Festuca*, *Phleum*, *Plantago*, *Raphanus*, *Sinapis*, *Tanacetum* a další. Mimo pylových alergií mohou některé rostliny způsobovat alergie na lidské pokožce. Jedná se o alergické dermatitidy, kdy některé rostliny obsahují látky, které mohou vyvolat krátkodobé vyrážky, silnější reakce až trvalé následky. Mezi tyto rostliny patří např. *Heracleum mantegazzianum*, který vyvolává po dotyku s pokožkou zejména na světle pigmentové skvrny, otoky, puchýře a záněty (Mikulka et al. 2005).

3.7 Pozitivní pohled na plevele

Na plevele ale není nutné nahlížet pouze negativně. Oplývají i vlastnostmi pro lidstvo a životní prostředí pozitivními (Jursík et al. 2018). Mohou např. částečně chránit půdu v meziorostním období před nadměrným vysoušením a mohou také pomoci zabránit vodní a větrné půdní erozi (Hron et al. 1959).

Plevele dokonce mohou zvýšit výnos plodiny. Pokud prostředí ještě není příliš zaplevelené a nedochází plně ke konkurenci, mohou plodiny využívat dusíku, který poutají plevele čeledi *Fabaceae*. Tyto leguminózy poutají vzdušný dusík s pomocí hlízkových bakterií, s nimiž jsou v symbióze. Významně tak přispívají dodávkou dusíku i dalším plodinám (Carlsson & Huss-Danell 2003). Mezi *Fabaceae* patří rostliny rodu *Vicia*, *Lathyrus* nebo *Trifolium* (Kubát et al. 2002).

Na jednotlivé plevele jsou navázány další organismy, pro které jsou plevele nezbytné. Např. pro opylovače jsou důležitým zdrojem potravy ve formě nektaru a pylu (Bretagnolle & Gaba 2015). Potravní nabídku ale zpestřují i ptákům a savcům, pro které jsou zemědělské monokultury velmi jednotvárné. Stejně jako postupně vykvétají, tak postupně dozrávají i jejich semena, která jsou významným zdrojem potravy pro ptactvo. Plevele na sebe vážou bezobratlé, kteří jsou dalším zdrojem potravy pro hmyzožravce (Chamorro et al. 2016). Plevele lze využít i jako píci pro dobytek (Hron et al. 1959).

V dřívějších dobách byla semena plevelů náhradou některých plodin v době neúrody a např. semílána na mouku. Mezi takové druhy patřily např. *Chenopodium* spp., *Echinochloa crus-galli* nebo *Amaranthus* spp. *Sonchus oleraceus* nebo *Portulaca oleracea* mohou být použity do salátu. U *Campanula elegans* a *Lathyrus tuberosus* byly ke konzumaci využívány jejich hlízy (Jursík et al. 2018). Ale i v současnosti se některé plevelné rostliny poměrně hojně využívají, a to ty léčivé. Mezi ně patří např. *Achillea millefolium*, *Artemisia vulgaris*, *Equisetum arvense*, *Fumaria officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Tussilago farfara*, *Symphytum*

officinale, *Matricaria recutita*, *Capsella bursa pastoris*, *Urtica dioica*, *Potentilla anserina*, *Polygonum aviculare*, *Plantago lanceolata* a další (Ministerstvo zdravotnictví 2003).

3.8 Organizace zabývající se plevely

Mezi nejstarší organizace zabývající se plevely patří EWRS (European Weed Research Society). Byla založena roku 1960 v Oxfordu. Vydává časopis Weed Research, který byl v roce 2002 nejlépe hodnoceným časopisem o plevelch na světě. Dále pořádá webináře a symposia na různých místech Evropy (EWRS 2021). Mezi další patří americká společnost WSSA (Weed Science Society of America). Jedná se o neziskovou profesionální společnost, která byla založena roku 1965 za účelem podpory rozvoje znalostí o plevelch a jejich dopadu na životní prostředí. V současné době má asi 2000 členů a zabývá se podporou vzdělávání, výzkumu plevelů a předávání informací o nich veřejnosti. Také podporuje povědomí o plevelch a jejich dopadech na přírodní ekosystémy. Vydává časopisy Weed Science, Weed Technology a Invasive Plant Science and Management (WSSA 2021). IWSS (International Weed Science Society) je společností založenou roku 1975, a to v rámci Evropy, severní a jižní Ameriky a asijsko-pacifické oblasti. Její vznik byl podnícen spoluprací šesti již existujících regionálních společností, které se plevely zabývaly. Funguje jako otevřená vědecká organizace, zabývající se otázkami vědy o plevelch (IWSS 2021). V rámci dalších zemí jsou to pak např. CAWS – Australský orgán podporující vědu vzděláváním, oceňováním, publikacemi a cestovními granty nebo APWSS – asijsko-pacifická společnost (CAWS 2021).

4 Historie a podnět pro založení ekologického zemědělství

Motivací pro vytvoření metod ekologického zemědělství bylo zacházení s přírodou ve 20. století (Šarapatka et al. 2006). Až do započetí industrializace v zemědělství vedlo formování přírody člověkem ke zvýšení biodiverzity v krajině (van Elsen 2000). Již po 1. světové válce se ale zemědělství změnilo s příchodem velkých strojů na pole a odcházením lidí do měst za uplatněním ve stále se rozšiřujícím průmyslu. Již tehdy se začala měnit role sedláka na dodavatele potravin do měst lidem, kteří byli zaměstnáni v průmyslu nebo službách. Díky těžkým strojům a minerálním hnojivům docházelo k utužení půdy a erozi. Ještě mnohem větší změny ale zemědělství dosáhlo po 2. světové válce, kdy ve východních zemích Evropy byly napodobovány velkovýrobní systémy SSSR, v západních zemích velkovýrobní systémy USA. Výsledek byl však na obou stranách velmi podobný. Docházelo k prudké industrializaci a u nás i ke ztrátě zodpovědnosti za vlastní hospodářství – půdu i zvířata. Důvodem byl poválečný nedostatek potravin a s ním snaha o potravní soběstačnost. U nás se likvidovala rodinná hospodářství ve prospěch Jednotných zemědělských družstev a Československých státních statků, které sdružily rolníky jako družstevníky do pracovních pozic ve velkochovech a velkých polních celcích. V západní Evropě je toto období nazýváno Zelenou revolucí, ve východní je nazýváno Socializací zemědělství (Šarapatka et al. 2006).

Jako negativní prvky konvenčního zemědělství motivující k vytvoření alternativního směru jmenuje Šarapatka et al. (2006): snižování přímého odběru potravin od zemědělců, snižování výkupních cen, velkochovy hospodářských zvířat, používání průmyslových krmných směsí a preventivní používání léčiv, řízená reprodukce a jednostranné šlechtění na vysokou užitkovost, využívání rychle rozpustných minerálních hnojiv, nadměrné používání syntetických pesticidů, výrobu a distribuci agrochemikálií, skladování agrochemikálií a likvidování starých zásob, neznámé účinky agrochemikálií.

Jako jeden z problémů v tomto ohledu bývá zmiňován insekticid DDT. Byl využíván od r. 1939 na likvidaci hmyzu v zemědělství a domácnostech, komárů v tropických zemích. V roce 1960 ale byly pozorovány vedlejší účinky na volně žijících ptácích a na celém životním prostředí a následně byl u nás v roce 1974 zakázán. Přestože od zákazu uplynulo již více než 40 let, stále se v půdě na území ČR jakožto perzistentní látka běžně nachází (Čapounová 2016).

Proto se průkopníci ekologického zemědělství rozhodli vytvořit tento nový směr. Byli to často nadšenci z měst, následování vědci a známými osobnostmi. Zavedli systém dobrovolné kontroly a certifikace. Ideálem se stal uzavřený systém jedné farmy s propojením živočišné a rostlinné produkce s minimálními vnějšími vstupy. Důvodem konverze v České republice často bývají dotace, a proto zvláště v horských a podhorských oblastech ekologických zemědělců přibývá. Může to být ale také vyšší výkupní cenou bioproduktů a větším zájmem spotřebitelů (Šarapatka et al. 2006).

4.1 Definice

Ekologické zemědělství je přesně definovaným způsobem hospodaření. Je to způsob produkce kvalitních potravin trvale udržitelným způsobem. Spojuje tradiční postupy s nejmodernějšími poznatky, podporuje biodiverzitu v krajině a vylučuje ze svého spektra

používaných technologií agrochemikálie a geneticky modifikované organismy (Ministerstvo zemědělství 2021a). Valné shromáždění IFOAM v roce 2008 definovalo ekologické zemědělství jako „Výrobní systém, který se zabývá udržení zdraví půdy, ekosystémů a lidí. Spíše se opírá o ekologické procesy, biodiverzitu a cykly přizpůsobené místním podmínkám než o využívání vstupů s nepříznivými účinky. Ekologické zemědělství kombinuje tradici, inovace a vědu ve prospěch sdíleného prostředí a podporuje spravedlivé vztahy a dobrou kvalitu života pro všechny zúčastněné.“ (IFOAM 2020). Definice Evropské Unie dodává, že tento způsob hospodaření má obvykle omezený dopad na životní prostředí, protože podporuje odpovědné využívání energie a přírodních zdrojů, zvýšení úrodnosti půdy a udržování kvality vody (European Commission 2021).

4.2 Certifikace a dodržování postupů

Nařízení Rady Evropské komise stanovují pravidla pro ekologický systém hospodaření. Prvním Nařízením bylo číslo 2092/91/EHS, kterým bylo zakončeno období v EU, kdy si svazy a některé země upravovaly směrnice o ekologickém zemědělství samy (Šarapatka et. al. 2006). Veškerá nařízení a zákony v ČR každoročně v podnicích svých klientů kontrolují soukromé organizace KEZ o.p.s., ABCERT AG, Biokont CZ s.r.o., BUREAU VERITAS CERTIFICATION CZ. Státní orgány, které se ekologickým zemědělstvím a v některých případech jeho kontrolou zabývají, jsou ÚKZÚZ, SVS, SZIF a SZPI (Ministerstvo zemědělství 2021b). Ekologičtí zemědělci se pak mohou za poplatek sdružovat pod organizací Probio. Zemědělec přecházející do ekologického režimu se musí zaregistrovat a před přechodem absolvovat období konverze, kdy sice již hospodář podle ekologických principů, ale výsledky jeho práce ještě nemají bio certifikaci. Produkty nebo potraviny s označením „bio“ nebo „eko“ musí být certifikovány jedním z výše zmíněných kontrolních orgánů (Rada Evropské unie 2007). Využívá se evropského loga ekologického zemědělství a národní varianty loga, u nás tzv. biozebry (Ministerstvo zemědělství 2021c). Značení musí obsahovat číselný kód kontrolního orgánu a místo původu, odkud biopotravina, bioprodukt nebo biosurovina pochází (Rada Evropské unie 2007).

4.3 Konvenční způsob hospodaření

V České republice je k roku 2019 85 % zemědělského půdního fondu v konvenčním hospodaření (Statistická šetření ekologického zemědělství 2020), tedy stále velká většina. Oproti ekologickému systému má totiž ten konvenční mnohem větší volnost ve způsobu ustájení a práce s hospodářskými zvířaty, i v používání agrochemikálií. Ačkoli i konvenční zemědělec je částečně omezen. Může si dovolit využívat veškerá povolená hnojiva a pesticidy, které jsou dostupné na trhu, časnější odstav mláďat, chov v klecích a v menších prostorách. Může kdykoli praktikovat úkony, jako např. odrohování, které je možné v ekologii pouze na výjimku, a mnohé další. Zjednodušeně řečeno konvenční hospodář má volnější ruce a jeho hlavním cílem je zisk. Historicky jde konvenční zemědělství stále kupředu s novými přípravky a technologiemi (Šarapatka et al. 2006). Příkladem může být využívání chemických hnojiv, pesticidů a nástup těžkých strojů (Mikulka et al. 2005).

4.4 Integrovaný způsob hospodaření

Mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím je třetí způsob hospodaření. Integrované zemědělství lze interpretovat jako střední cestu mezi konvenčním a ekologickým přístupem (Morris & Winter 1999). Je to způsob hospodaření, který se snaží začlenit přirozené způsoby managementu do chodu farmy jako náhradu za vnější vstupy, a to při zachování příjmů farmy. Nesnižuje se výnosový potenciál, ale pouze agrotechnické vstupy (El Titi 1992). Jedná se o soubor zásad, které se volně přizpůsobují konkrétní farmě. Mezi tyto zásady patří vhodný osevní postup. Měl by podpořit úrodnost a strukturu půdy a snížit potřebu agrochemických vstupů. Doporučuje se střídání alespoň 4 plodin v rotaci a minimalizovat kultivaci půdy kvůli snížení eroze a těkavosti dusíku. Také se upřednostňují mechanické způsoby likvidace plevelů. Pěstované plodiny by měly být dobrých odrůd, odolných proti chorobám a škůdcům, aby byla snížena nutnost vnějších vstupů. Je dobré přizpůsobit čas setí okolnostem, např. pozdější setí kvůli sníženému výskytu škůdců a chorob. Kvůli úspoře množství aplikované agrochemikálie je vhodné použít cílené aplikace živin. Také při aplikaci pesticidů by se mělo dbát na výběr postřiku a správný termín aplikace. V rámci podpory přirozené likvidace škůdců je dobré přizpůsobit okraje polí jako stanoviště pro dravce. Mělo by se využívat systémů zpracování půdy, které upřednostňují přirozenou likvidaci škůdců. Je podporována vyšší biodiverzita plodin jako přínos pro ekologii a jako lepší prostředí pro prospěšné predátory (Morris & Winter 1999).

5 Biodiverzita

Biodiverzita neboli biologická diverzita je rozmanitost organismů z pohledu jejich vlastností na různých úrovních organizace živé hmoty a prostorového uspořádání (Martinková et al. 2008). Úmluva o biologické rozmanitosti z Rio de Janeiro z r. 1992 (Ministerstvo zahraničních věcí 1999) definuje biodiverzitu takto: „znamená variabilitu všech žijících organismů, mezi jiným suchozemských, mořských a jiných vodních ekosystémů a ekologických komplexů, jejichž jsou součástí; zahrnuje diverzitu v rámci druhů, mezi druhy i diverzitu ekosystémů.“

5.1 Rozdělení biodiverzity v zemědělství

Biodiverzita v zemědělství zahrnuje širokou škálu komponent tvořící agroekosystém, a to druhy, odrůdy, plemena, mikroorganismy atd. Klíčovými faktory biodiverzity v krajině jsou způsob hospodaření a osevnické postupy. Z pohledu agroekologie je možné biodiverzitu hodnotit na různých úrovních.

Genetická diverzita zahrnuje variabilitu živočichů, rostlin a mikroorganismů souvisejících se zemědělstvím. Ve snaze zvýšit výnosy jsou druhy často redukovány. Na druhou stranu stále probíhá šlechtění rostlin. V ekologickém zemědělství jsou hledány odrůdy využitelné v lokálních podmínkách. Ty vychází z genových bank, v nichž jsou uloženy starší krajové odrůdy.

Druhá diverzita zohledňuje bohatství druhů souvisejících se zemědělskou produkcí i s neprodukčními funkcemi krajiny. Ekologické farmy mají větší pestrost osevnických postupů, vyšší počet pěstovaných plodin a diverzitu travních porostů.

Biotopická diverzita vyjadřuje rozmanitost biotopů v krajině, jakými jsou remízky, meze, okraje polí, mokřady, příkopy, rybníky atd. Taková místa jsou chráněna před pesticidy a umělými vstupy živin, a tak mohou poskytovat útočiště ohroženým rostlinným i živočišným druhům, kterým se na obhospodařovaných místech nedaří. Práci s těmito krajinnými prvky mají zemědělci přímý vliv nejen na krajinu, kterou obhospodařují, ale i na širší okolí (Šarapatka et al. 2006). Právě tyto neprodukční oblasti jsou totiž důležitým útočištěm mnoha organismů. Zachování biologické rozmanitosti bude záviset na zachování, obnově a péči o tato stanoviště.

Ekosystémová diverzita je rozmanitostí systémů zemědělství a jejich interakcí s ostatními krajinnými ekosystémy. Jelikož ekosystémy nelze oddělit pevnou hranicí, probíhá mezi jednotlivými složkami koloběh hmoty a tok energie. Proto má i zde ekologické zemědělství oproti ostatním systémům pozitivní roli, neboť umožňuje méně problematický vztah mezi agroekosystémem a ostatními krajinnými ekosystémy (Šarapatka et al. 2006). V rámci členění biodiverzity plevelů ji lze dělit dle úrovní. Na úroveň populací, která je tvořena jednotlivci na určené ploše. Na úroveň společenstev, která je hodnocena zastoupením druhů ve společenstvu, a to početností (abundance) nebo pokryvností (dominance). Další úrovní zohledňující větší celek krajiny je diverzita vegetace, která zahrnuje nejen agrofytocenózy, ale i lemová společenstva v okolí polí (Martinková et al. 2008).

5.2 Hodnocení biodiverzity

V rámci biodiverzity se hodnotí semenná banka, biomasa, hustota rostlin a druhová diverzita. Biodiverzita je u některých studií hodnocena na třech úrovních – alfa, beta, gama. Alfa diverzita hodnotí rozmanitost druhů lokálních společenstev na konkrétní ploše (v ha nebo v m²) nebo přirozeně na základě stanoviště. Beta diverzita hodnotí změnu v druhovém složení mezi lokalitami a společenstvy, jakou je např. změna druhového složení mezi jehličnatým a listnatým lesem nebo mezi dvěma mapovacími kvadráty. Gama diverzita je de facto alfa diverzita na velké škále, která odkazuje na úplné druhové bohatství velkých geografických celků. Při hodnocení alfa diverzity se využívá Shannon-Wienerův index druhové diverzity (H'). Nabývá hodnot od 0 při absolutní dominanci jednoho druhu až do logaritmu počtu druhů ve snímku při absolutní vyrovnanosti. Čím vyšší hodnota, tím vyšší je diverzita sledovaného místa. Ze stejných údajů lze vycházet při výpočtu indexu vyrovnanosti (e) nebo Simpsonova indexu (gama). Tyto indexy berou v potaz druhovou bohatost i vyrovnanost, které od sebe ve výpočtu nejsou odlišeny. Při hodnocení beta diverzity, tedy srovnávání dvou společenstev je využíváno Jaccardova indexu similarity (IS index J) a Sørensenova indexu similarity (IS index S). Gama diverzita je součinem beta diverzity a průměrné alfa diverzity (Martinková et al. 2008).

5.3 Ochrana biodiverzity

Především je vhodné chránit již existující krajinné prvky diverzitu podporující, tedy různé biotopy. Jde o ochranu remízků, pásů křovin, travnatých mezí nebo horských luk a jejich udržení v pokud možno stejném stavu. Např. louka, která je stanovištěm pro orchideje, by po nesečení zarostla a zalesnila se, čímž by orchidej ztratila své území. Kosit porosty je dobré postupně, aby mohly kontinuálně nabízet potravu pro hmyz. Zároveň by stále měla být zachována určitá výška, aby porost mohl sloužit i jako útočiště živočichům. Je dobré zakládat biotopy nové a posílit tak rovnováhu v ekosystému. Zakládají se křovinaté pásy, které navazují na remízky či okraje lesa. Měly by se volit místní druhy dřevin, které poskytují dostatečnou potravinovou nabídku pro konkrétní stanoviště. V ideálním případě je dobré oddělovat les a okolní krajinu pozvolna, nejprve zónou keřů, pak zónou bylin (Šarapatka et al. 2006). Se zvětšujícím se prostorem biotopů se zvyšuje biodiverzita nadzemní i podzemní biomasy rostlin (Dimitrakopoulos & Schmid 2004). Ochranou biodiverzity se zabývá např. Český svaz ochránců přírody.

5.4 Ohrožené druhy plevelů

Za ohrožené druhy se považují obecně ty s malým počtem populací, s malou velikostí populací, s klesající velikostí populací, s nízkou hustotou populace, s nízkou genetickou variabilitou a se specifickými nároky na stanoviště (Martinková et al. 2008). Tyto rostliny lze rozlišit na druhy vyhynulé nebo vyhubené, vyhynulé nebo vyhubené ve volné přírodě, regionálně vyhynulé, kriticky ohrožené, ohrožené, zranitelné, téměř ohrožené, málo dotčené, nevhodné pro hodnocení, o nichž jsou nedostatečné údaje, nevyhodnocené. Druhy se řadí do jednotlivých kategorií na základě metodiky Mezinárodního svazu ochrany přírody (IUCN), který vytváří Červené seznamy ohrožených druhů. Pro kategorie kriticky ohrožený, ohrožený

a zranitelný existuje hierarchický alfanumerický číselný systém kritérií a subkritérií. Kritéria se označují písmeny A–D, první hladina hierarchie se označuje číslicemi 1–4, druhá hladina hierarchie písmeny a–e, třetí hladina hierarchie v kritériích B a C používá malé římské číslice v závorce oddělené čárkou. Podle tohoto systému se každý taxon hodnotí a zařazuje do příslušného stupně ohrožení (Gulich et al. 2017).

6 Plevel v ekologickém zemědělství

Plevel jsou jednou z nejproblematictějších složek ekologického zemědělství. Vyžadují komplexní systém regulace složený z mnoha komponent. Důležitá jsou preventivní opatření, která zahrnují využití kvalitního osiva, čištění náradí, způsob setí a sklizně, správné použití hnojiv, péče o neprodukční plochy a osevní postupy. Přičemž správný osevní postup je pro ekologické hospodaření tím nejdůležitějším. Smyslem ekologické regulace plevelu ale není jej vymýtit. Cílem by mělo být biomasu plevelu snížit na požadovanou hodnotu proti podílu plodiny, ale zároveň udržovat široké spektrum druhů a pomoci zachovávat druhy ohrožené (Šarapatka et al. 2006). Průzkum mezi britskými ekologickými farmáři uvádí, že 46 % zemědělců má k plevelům uvolněný přístup, 38 % ho nechce tolerovat a 15 % se plevelu obávalo. Ti s negativním postojem (53 %) ale často uváděli jako důvod jejich netolerance tlak ze strany konvenčních kolegů (aby je nepovažovali za neprofesionální) a strach, aby plevelu farmu zcela nepřevzaly. Farmáři s pozitivním přístupem k plevelům (46 %) v době dotazování problémy s plevely neměli a pokud hospodařili delší dobu, viděli, že lze dosáhnout rovnováhy i v ekologickém systému. Většina všech dotazovaných však také zmínila pozitivní dopad plevelů na biologickou rozmanitost, pomoc při zachování půdní vlhkosti a lákadlo užitečného hmyzu (Turner et al. 2007).

6.1 Množství plevelů

Biomasa a podíl plevelů se odvíjejí od systému hospodaření a intenzity regulace plevelu (Menalled et al. 2001; Salonen et al. 2001). V porovnání s konvenčním režimem má ekologický režim biomasy i 5x větší. Podíl plodiny se naopak snižuje, jak uvádí Hald (1999). Biomasa plodiny se v ekologickém způsobu hospodaření snížila o 25 %. Hlavním důvodem bylo používání herbicidů v konvenčním způsobu hospodaření. Konvenční pole mohla být srovnávána s ekologickými pouze na jaře před jeho aplikací. Hustota plevelů v konvenčních polích v tu dobu byla jen asi poloviční v porovnání s ekologickými. Po ošetření herbicidy se hustota plevelů v konvenčních polích snížila na dvě třetiny ve srovnání s jarem. Rozdíly mezi způsoby hospodaření hodnotili také Albrecht & Mattheis (1998), kteří do studie zahrnuli i integrovaný systém. V konvenčním způsobu obhospodařování byl podíl plevelů 3 %, který se v integrovaném způsobu zvýšil na 5 % a v ekologickém na 25 %. Plevely, které představovaly největší podíl biomasy ve studii Salonen et al. (2001) byly *Elytrigia repens*, *Chenopodium album*, *Spargula arvensis*, *Galeopsis* spp. a *Stellaria media*. Stejně plevely zmiňuje Lundkvist et al. (2008) jako nejčastější na m² za 15 let studií ve Švédsku. V jejím pořadí: *Chenopodium album*, *Galeopsis* spp., *Stellaria media*, navíc s *Tripleurospermum inodorum* a *Myosotis arvensis*. Následuje *Elytrigia repens*, *Erysimum cheiranthoides* a *Spargula arvensis*.

Počet semen na jednotku plochy představuje banku, z níž budou plevely vzházet. Zvýšení množství semen v půdě však nemusí nutně predikovat zvýšení množství opravdu vzešlých rostlin (Sjursen 2001). Po přechodu z konvenčního na ekologické hospodaření se půdní semenná banka může markantně zvýšit, v prvních letech i zčtyřnásobit, jak zaznamenal Albrecht (2005). Z 4 050 semen/m², který byl pozorován před přechodem k ekologickému zemědělství, se tři roky po přechodu zvýšil na 17 320 semen/m². Podobné zvýšení počtu

semen pozorovala i Sjursen (2001) při zvýšení ze 7 200 na 17 600 semen/m² za tři roky ekologického hospodaření.

6.2 Biodiverzita plevelů

Alfa, beta i gama diverzita mohou být na ekologických polích 2x až 3x vyšší než na konvenčních, zjistila Armengot et al. (2012). Porovnávala ekologická a konvenční pole v severním Španělsku a severním Německu. Na španělských polích bylo nalezeno 76 druhů plevelů, z nichž 42 se našlo pouze na ekologicky obhospodařovaných. V Německu to bylo 77 druhů a výhradně v ekologickém režimu bylo pozorováno 33 z nich. Počet plevelů, které se nacházely jen na konvenčních polích, bylo 6 ve Španělsku a 5 v Německu. Přínos pro biodiverzitu na ekologicky obhospodařovaných polích viděl i Hiltbrunner et al. (2008). Mezi lety 1997–2008 sledoval vliv ekologického systému, extenzivní formy integrovaného systému a intenzivní formy integrovaného systému na počty druhů plevelů. Obecně se počet druhů mezi systémy velmi lišil a nejvyšší byl v ekologickém systému, nejnižší v intenzivním.

Ukazuje se tak, že herbicidy mají významný vliv nejen na biomasu, ale i na druhovou diverzitu plevelů, jako např. ve studii Armengot et al. (2013), ve které po použití herbicidu došlo k poklesu diverzity o 47 %. Jsou to látky značně ovlivňující snížení diverzity a po aplikaci v tomto ohledu, pokud je snaha biodiverzitu zvýšit, je zapotřebí delší časové období. Jednoleté opuštění chemické regulace plevele ale nebylo dostatečné k tomu, aby se druhové bohatství vyrovnalo hodnotám v ekologickém zemědělství. Podobný závěr vyvozoval i Hyvönen (2007), který porovnával dvě desetiletí hospodaření ve Finsku (1961–1964 a 1997–1999). Studoval, zda přechod na ekologické hospodaření může ovlivnit skladbu společenstev plevelů. Výsledky ukázaly, že navzdory určitým výhodám pro biologickou rozmanitost nemůže ekologické zemědělství v rané fázi obnovit populace plevelů na stejné úrovni jako před aplikací intenzivních opatření pro pěstování plodin. Na ekologicky obhospodařovaných polích mělo 8 druhů plevelů nižší a 19 druhů vyšší frekvenci výskytu než na polích v letech 1961–1964. V 90. letech nebyly 3 z druhů 60. let vůbec nalezeny a 11 druhů nevykazovalo žádný rozdíl ve frekvenci výskytu mezi desetiletími. Lundkvist et al. (2008) sledovala celistvější dlouhé období ekologického pěstování, a to od roku 1988–2002, za účelem zjištění rozdílů v druhovém bohatství plevelů. Během 15letého období od konverze z konvence nedošlo k žádným výrazným trendům. První pozorovaný Simpsonův index v roce 1988 byl 0,77 a poslední v roce 2001 byl 0,64.

V rámci ekologického hospodaření měly pak významný pozitivní vliv na bohatství charakteristických druhů roky od přechodu do ekologického zemědělství, podíl obilnin v osevním postupu a podzimní výsev. Naopak negativní vliv mělo nezařazení obilnin a hnojení (Rotches-Ribalta et al. 2015).

6.3 Nejčastější druhy

Složení ekologických a konvenčních polí si je do jisté míry podobné. Některé druhy se však vyskytují pouze v konvenčním systému a mnoho druhů se vyskytuje pouze na plochách ekologických (Armengot et al. 2012). Britští ekologičtí farmáři uváděli jako nejobávanější

plevele *Rumex* spp., *Cirsium arvense*, *Elytrigia repens*, *Cirsium vulgare*, *Sinapis arvensis*, *Alopecurus myosuroides* a *Senecio jacobaea* (Turner et al. 2007).

Přechod na ekologické zemědělství zvyšuje počty spíše dvouděložných než jednoděložných druhů (Albrecht 2005). Při hodnocení plevelů na ekologických polích v Lotyšsku to byly právě dvouděložné, které dominovaly. Pět nejvíce dominujícími byly *Chenopodium album*, *Viola arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stellaria media* a *Thlaspi arvense*. Třemi nejčastějšími vytrvalými plevely byly *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense* a *Sonchus arvensis* (Zarina et al. 2015). Gabriel & Tschardtke (2007) ve své studii hodnotili na rostlinách v ekologickém hospodaření podíl způsobů opylování. Z 85 druhů rostlin 42 jich bylo samoopylených, 34 opylovaných hmyzem a 9 větrosnubných.

6.3.1 Jednoleté až dvouleté druhy

Mezi druhy společné pro konvenční i ekologický způsob hospodaření a zároveň mezi ty z nejčastějších druhů v obou systémech patřil *Chenopodium album*. Jako jeden z nejběžnějších ho jmenovaly studie z Finska (Hyvönen 2007), Švédska (Lundkvist et al. 2008), Švýcarska (Hiltbrunner et al. 2008), Španělska (José-María & Sans 2011; Chamorro et al. 2016), České republiky (Kolářová et al. 2015) nebo Estonska (Madsen et al. 2020). Podle José-María & Sans (2011) se jeho jedinci nacházeli ve středu i na okraji pole v podobném množství (240 jedinců/m² ve středu, 218 jedinců/m² na okraji). Jiný počet jedinců zaznamenala Lundkvist et al. (2008), která v dlouhodobé studii zjistila průměrný počet tohoto plevelu 98,5 jedinců/m². Biomasa ve studii Edesi et al. (2012) byla 488 g/m². Tento druh může být podpořen většími dávkami dusíku, a proto je častým i na minerálně hnojených pozemcích (van Elsen 2000).

Podobně častým druhem jak pro ekologické zemědělství, tak pro to konvenční byl *Viola arvensis* (Salonen et al. 2001; Hyvönen & Salonen 2002; Gabriel & Tschardtke 2007; Schumacher et al. 2018; Madsen et al. 2020). Kolářová et al. (2015) jej řadila mezi plevely typické pro ozimé obilniny a byl také uváděn jako druh jasně zvyšující svou stálost s rostoucí nadmořskou výškou. Po aplikaci herbicidu se jeho výskyt snížil minimálně a byl tedy poměrně odolným druhem (Edesi et al. 2012).

Armengot et al. (2012) zmínila *Anagallis arvensis* mezi druhy, které byly nalezeny v Německu pouze na ekologických polích, a tak by mohl být citlivý na intenzivní způsob hospodaření. Naopak Kolářová et al. (2015) jej řadila mezi deset nejstálejších druhů v jarních obilninách jak v ekologii, tak v konvenci. V obou typech hospodaření našel její semena i Graziani et al. (2012).

Avena sterilis byl druhem vyskytujícím se ve větším měřítku spíše v konvenčních podmínkách (José-María & Sans 2011). Svou frekvenci zvýšil od 90. let minulého století (Chamorro et al. 2016) a od té doby byl ve Španělsku nalezen na více než polovině sledovaných polí (Cirujeda et al. 2011).

Capsella bursa-pastoris patřil mezi nejčastější druhy v konvenci i v ekologickém způsobu hospodaření (Albrecht & Mattheis 1998; José-María & Sans 2011), zvláště v ozimých obilninách (Sjursen 2001; Jastrzębska et al. 2013; Kolářová et al. 2015). Edesi et al. (2012) zaznamenala jen malý pokles po použití herbicidu, což naznačuje jeho určitou toleranci.

Fallopia convolvulus byl dalším z velmi dominantních druhů plevelů v ekologickém i konvenčním režimu (Gaba et al. 2010; Kolářová et al. 2015) už od 50. let, jak uvádí (Baessler & Klotz 2006). Má mírné požadavky na živiny, a proto se může stále rozšiřovat (Albrecht 2005). Hyvönen & Salonen (2002) ho zmiňovali jako 3. nejčastěji pozorovaný druh v žitu.

Lamium purpureum byl zmiňován jako jeden z nejfrekventovanějších v ekologickém i konvenčním režimu (Albrecht & Mattheis 1998; Boguzas et al. 2004) s malým poklesem po použití herbicidu, což naznačuje jeho odolnost (Edesi et al. 2012).

Lolium rigidum byl častým druhem v ekologickém i konvenčním zemědělství (José-María & Sans 2011; Armengot et al. 2012). Ve Španělsku ho Chamorro et al. (2016) pozoroval od 50. let. Cirujeda et al. (2011) jej nacházela na více než polovině pozorovaných polí. Romero et al. (2008) uváděl jeho výskyt v každém z nich.

Myosotis arvensis byl vzhledem ke své poměrně dobré odolnosti herbicidům (Edesi et al. 2012) a ne příliš vysokým požadavkům na živiny (Albrecht 2005) druhem vyskytujícím se v ekologickém i konvenčním režimu velmi často (Lundkvist et al. 2008; Armengot et al. 2012). Byl také typickým druhem pro ozimé plodiny (Hyvönen & Salonen 2002; Fried et al. 2008; Kolářová et al. 2015).

Papaver rhoeas byl jedním z nejfrekventovanějších druhů plevelů v obou zemědělských systémech (Romero et al. 2008; Cirujeda et al. 2011; José-María & Sans 2011; Armengot et al. 2012; Rotches-Ribalta et al. 2015) pozorovaný ve Španělsku od 50. let (Chamorro et al. 2016). Ve studii José-María & Sans (2011) byl zaznamenán ze všech sledovaných rostlin největší počet jedinců na m² (4520 na okraji, 6475 ve středu polí). Fried et al. (2008) jej spojoval s pěstováním ozimých plodin.

Polygonum aviculare byl dlouhodobě druhem s velmi vysokou frekvencí výskytu v konvenčním i ekologickém systému (Baessler & Klotz 2006; Romero et al. 2008; Gaba et al. 2010; José-María & Sans 2011; Armengot et al. 2012; Chamorro et al. 2016). Nebyl příliš náročný na živiny (Albrecht 2005) a Kolářová et al. (2015) ho nacházela především v obilninách.

Stellaria media byl dalším druhem hojně nalézaným v ekologických a konvenčních polích (Albrecht & Mattheis 1998; Salonen et al. 2001; Baessler & Klotz 2006; Lundkvist et al. 2008; Armengot et al. 2012; Jastrzębska et al. 2013) s dominancí i v půdní semenné bance (Menalled et al. 2001). Kolářová et al. (2015) jej uváděla mezi deseti nejčastějšími druhy v ekologicky pěstovaných ozimých a širokořádkových plodinách.

Veronica hederifolia byl jedním z nejběžnějších druhů v ekologickém i konvenčním systému (Gabriel & Tschardtke 2007; José-María & Sans 2011; Armengot et al. 2012). Fried et al. (2008) jej spojoval s pěstováním ozimých plodin.

Viola tricolor byl jedním z frekventovaných druhů v obou systémech hospodaření (Lundkvist et al. 2008; Armengot et al. 2012). Vyskytuje se na různých půdách, je méně náročný a zapleveluje zejména jednoleté plodiny (Hron et al. 1959).

6.3.2 Vytrvalé druhy

Vytrvalým plevellem, který se v poli vyskytoval nezávisle na zemědělském systému byl *Elytrigia repens* (Edesi et al. 2012; Kolářová et al. 2015), byť byl frekventovanější

v ekologickém zemědělství (Salonen et al. 2001). Lundkvist et al. (2008) jej také uvedla jako nejběžnější vytrvalý druh v její studii. Byl přítomen ve všech sledovaných polích a nesnížil se v průběhu 15 let a nebyl zaznamenán ani žádný významný rozdíl mezi lety při střídání plodin. Tento plevel také uvádělo 31 % dotazovaných farmářů ve Velké Británii jako jeden z nejproblémovějších druhů (Turner et al. 2007). Má velmi odolné oddenky proti vyšším teplotám, suchu i mrazu, mladé listy vyrážejí často ještě pod sněhem a kvete do pozdního podzimu. V úrodnějších půdách za rok prodlouží oddenek až o 1,5 m (Hron et al. 1959). Šíření v poli však lze zabránit při důsledné regulaci i v ekologickém zemědělství (Hiltbrunner et al. 2008).

Cirsium arvense se vyskytoval v ekologických i konvenčních polích v hojném množství (Rydberg & Milberg 2000; Lundkvist et al. 2008; Romero et al. 2008; Kolářová et al. 2015). Baessler & Klotz (2006) a Chamorro et al. (2016) jej uváděl jako poměrně hojný druh už v 50. letech, odkdy se jeho výskyt příliš nezměnil. Edesi et al. (2012) uváděla jeho biomasu 512 g/m², Cirujeda et al. (2011) frekvenci 28 %. Britští farmáři ho také uváděli jako jeden z nejobávanějších plevelů v ekologickém zemědělství (Turner et al. 2007).

Cirujeda et al. (2011) zmínila *Convolvulus arvensis* mezi 4 nejčastějšími plevely nalezenými na více než polovině sledovaných polí. I Chamorro et al. (2016) jej uváděl jako jeden z nejfrekventovanějších ve Španělsku od 50. let minulého století. Edesi et al. (2012) jej zaznamenala pouze v ekologicky obhospodařovaných polích hnojených chlévským hnojem a zeleným hnojením, Kolářová et al. (2015) ho ale zmiňovala i v polích konvenčních, a to především v širokořádkových plodinách.

6.4 Druhy typické pro ekologické zemědělství

Jak je zmíněno výše, některé druhy plevelů se nacházejí pouze v ekologickém systému hospodaření, ale ani zde se nemusí vyskytovat v tak vysokém počtu, jaký je pozorován u některých častých druhů pro oba systémy (Armengot et al. 2012).

6.4.1 Jednoleté až dvouleté druhy

Takovým typickým druhem pro ekologické zemědělství může být např. *Vicia hirsuta* (Rydberg & Milberg 2000; Salonen et al. 2001; Ulber et al. 2009; Armengot et al. 2012; Edesi et al. 2012). Sám poutá vzdušný dusík, a tak je lépe konkurenceschopný na půdách s jeho nižším obsahem a pokud má půda dusíku větší množství, uvolňuje místo nitrofilnějším konkurenceschopnějším druhům (Jursík et al. 2018).

Dalším druhem typickým pro ekologické zemědělství byl *Centaurea cyanus* (Rydberg & Milberg 2000; Edesi et al. 2012; Kolářová et al. 2015; Chamorro et al. 2016). Ještě v roce 2000 byl zapsán mezi vzácnějšími taxony méně ohroženými (Bureš et al. 2001), ale v posledních letech jeho výskyt opět stoupal a na červeném seznamu z roku 2017 už zapsán nebyl (Grulich et al. 2017).

Dalším typickým druhem byl *Sinapis arvensis* (Rydberg & Milberg 2000; Ulber et al. 2009). Zároveň patřil mezi druhy, který zmiňovalo 23 % farmářů jako jeden z nejobávanějších druhů při obdělávání (Turner et al. 2007). Častý výskyt spíše v ekologických polích, než v konvenčních by mohl být vysvětlován jeho vysokou citlivostí k většině herbicidů (Jursík et al. 2018).

Mezi dalšími druhy vyskytujícími se spíše v ekologickém režimu byl *Erysimum cheiranthoides* (Rydberg & Milberg 2000; Salonen et al. 2001; Hyvönen & Salonen 2002; Lundkvist et al. 2008), který byl poměrně citlivý na herbicidy (Edesi et al. 2012).

Bifora testiculata se vyskytoval jen na ekologicky obhospodařovaných polích a s velmi malou frekvencí (Armengot et al. 2012). Chamorro et al. (2016) uváděl jeho výskyt pouze na ekologických polích, a to jen mezi lety 1950–1980.

Coronilla scorpioides byl ve studii Chamorro et al. (2016) uváděn jako druh vyskytovaný ve Španělsku mezi lety 1953–1988, který postupně mizel. Armengot et al. (2012) jej ve své studii nacházela pouze v ekologickém hospodaření.

Kickxia spuria je druhem typicky se vyskytujícím v ekologickém zemědělství, byť v malé míře (José-María & Sans 2011; Armengot et al. 2012). Mezi považovanými za vzácné byl ale jeden z nejfrekventovanějších (Rotches-Ribalta et al. 2015).

Ranunculus arvensis byl typicky nalézán především na ekologických polích (Armengot et al. 2012; Chamorro et al. 2016). Dozrává společně s plodinou a může se tak dostat se sklizní do krmiva zvířat a s aplikací hnoje opět na půdu (Hron et al. 1959).

Thlaspi arvense Kolářová et al. (2015) zmínila mezi 10 nečastějšími v ekologickém zemědělství, a to zvláště ve spojení s pěstováním širokořádkových plodin, jakými mohou být např. okopaniny, ve kterých byly pozorovány především (Jastrzębska et al. 2013). Hyvönen & Salonen (2002) jej uváděli ve spojitosti s pěstováním jarních plodin.

6.4.2 Vytrvalé druhy

Medicago sativa byl typickým druhem pro ekologické zemědělství (Roschewitz et al. 2005; Ulber et al. 2009; Cirujeda et al. 2011).

Plantago major se vyskytoval především na extenzivnějších plochách, jakými byly kraje polí (Gabriel & Tschardtke 2007) a ekologická pole (Edesi et al. 2012). Hyvönen (2007) jej spojoval s jarní orbou a výskytem v ovsu. Rozmnožuje se především generativně. Na rostlině dozrává několik desítek tisíc semen, která si svou klíčivost ponechávají po několik let a bez ztráty klíčivosti mohou projít i zaživacím traktem zvířat (Hron et al. 1959).

Tussilago farfara byl dalším druhem signifikantním pro ekologický způsob hospodaření (Roschewitz et al. 2005; Edesi et al. 2012).

Vicia cracca byl také pozorován ve výrazně větším měřítku v ekologickém zemědělství (Roschewitz et al. 2005; Armengot et al. 2012).

6.5 Vzácné druhy

Vzácné a ohrožené druhy mohou čerpat výhody z ekologického způsobu hospodaření oproti konvenčnímu, což reflektují např. Rydberg & Milberg (2000) v jejichž studii na švédských ekologických polích byla nalezena řada druhů v této zemi považovaných za ohrožené, vzácné nebo ubývající. Mezi nimi *Consolida regalis* a *Buglossoides arvensis*, které byly na švédském červeném seznamu. Dalších 14 druhů, které byly v této studii hojné, bylo uvedeno ve Švédsku jako klesající. I ve studii Chamorro et al. (2016) v ekologických polích severovýchodního Španělska významně zvýšily svou frekvenci vzácné druhy. Byly to *Matricaria recutita*, *Kochia scoparia* a *Asperugo procumbens*. Rotches-Ribalta et al. (2015) uvádí, že při sledování ekologických farem byl na 1162 z 1953 polí nalezen vždy alespoň

1 druh považovaný za vzácný. Nejčastějšími z nich byly *Kickxia spuria* a *Galium aparine* subsp. *spurium*, které ale byly nalezeny na méně než 16 % z celkového počtu ploch. Schumacher et al. (2018) nacházel na ekologických polích v severozápadním Německu ohrožené druhy *Camelina alyssum* a *Ranunculus arvensis*. Počet rostlin však málokdy přesáhl 5–20 jedinců. Ohrožené druhy zaznamenal i na polích konvenčních. Např. *Bromus arvensis*, *Galium spurium* a *Veronica triphyllos* na okrajích konvenčních polí a *Neslia paniculata*, *Bromus secalinus* a *Bromus grossus* na okrajích i uvnitř polí. Ve větším měřítku ale docházelo s používáním agrochemikálií a hnojiv spíše k úbytkům plevelů a jejich zařazení do kategorií ohrožení (Storkey et al. 2012).

6.6 Plodina

Jastrzębska et al. (2013) ve své studii uváděla jako důležitý faktor ovlivňující biodiverzitu plevelů pěstovanou plodinu. Druhovému složení a zejména kvantitativní struktura plevelů zde byly ovlivněny spíše druhem plodiny a kultivačním režimem než systémem hospodaření. Bohatost plevelů byla snížena v porostech jetele červeného se směsí trav a v porostu jarního ječmene podsetého jetelem a travou oproti vyšší biodiverzitě plevelů v okopaninách. Vegetace pod píčí se liší od vegetace pod obilím a okopaninami. Liší se i druhy plevelů pod ozimými plodinami a jarními. Záleží na čase výsevu i sklizně, v případě píče i četnosti sklizně, kdy některé rostliny nestihnou dokončit svůj životní cyklus (van Elsen 2000).

Fried et al. (2008) sice ve své studii plodinu zmínil mezi méně důležitými faktory biodiverzity spolu se systémem orby, teplotou a zeměpisnou délkou, ale byť měla pěstovaná plodina malý dopad na druhové bohatství, měla nejvýznamnější vliv na druhové složení. Např. druhy spojenými s ozimými plodinami byly *Aphanes arvensis*, *Veronica hederifolia*, *Papaver rhoeas*, *Myosotis arvensis*, *Juncus bufonius*, *Alopecurus myosuroides* a *Galium aparine*. S letními plodinami pak byly spojené *Amaranthus retroflexus*, *Echinochloa crus-galli*, *Calystegia sepium*, *Cynodon dactylon*, *Setaria pumila*, *Digitaria sanguinalis* a *Datura stramonium*. Ve studii Kolářová et al. (2015) byly nejčastějšími druhy v ozimých obilninách *Tripleurospermum inodorum*, *Fallopia convolvulus*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Galium aparine*, *Cirsium arvense*, *Viola arvensis*, *Stellaria media*, *Apera spica-venti*, *Elytrigia repens*. V jarních obilninách v obměněné podobě se objevovaly tytéž druhy, jen *Stellaria media* a *Apera spica-venti* byly nahrazeny *Thlaspi arvense* a *Anagalis arvensis*.

Plodiny mohou mít vliv ale nejen na diverzitu a složení druhů plevelů. Také mohou ovlivňovat jejich pokrytí. Genotypy plodin mají různou konkurenční schopnost oproti plevelům, a tedy možnost je různou měrou v poli potlačit. Tyto konkurenční vlastnosti obvykle souvisí s rychlejším vzejitím (Rasmussen & Rasmussen 2000). Různé plodiny mohou mít různý účinek na plevelnou semennou banku. Např. slunečnice, lupiny a ozimé obilniny mohou počty semen v půdě zvyšovat, jak zaznamenal Albrecht (2005), který dále zjistil, že zvýšení podílu víceleté pícniny v rotaci z 1/6 na 1/3 může naopak počet semen značně snížit. Ze 17 320 semen/m² za tři roky poklesla půdní semenná banka na 10 220 semen/m². Jedinými druhy, které zvýšily rezervoár svých diaspor v půdě díky jetelům, byly *Elytrigia repens* a *Taraxacum officinale*. Výsledky studie Wortman et al. (2010) ukázaly, že zařazení víceleté pícniny může dokonce pomoci zvýšit i druhovou diverzitu plevelů. Lundkvist et al. (2008) zase vyhodnotila slabého konkurenta plevelů. Ve srovnání s ovsem a ozimou pšenicí jím byl

hrách, neboť při sklizni měl ve svém porostu výrazně vyšší biomasu plevelů. Podle van Elsen (2000) jsou ale leguminózy dobrým konkurentem plevelů, neboť zejména jednoleté druhy plevelů regulují.

Vlastností rostlin odpovědnou za snižování pokryvu plevelů může být také schopnost vypouštět látky, které plevele omezují. Velké množství herbicidních alelochemikálií je obsaženo i v rostlinách, jen v netoxických formách. Po vystavení stresu nebo odumření tkáně rostliny ale může dojít k uvolnění toxické skupiny (Putnam 1988). Tyto alelochemikálie pak inhibují vzejití a růst plevelů. Studie prováděná na rýži ukázala, že některé kultivary jsou schopné vyvíjet proti plevelům značnou alelopatickou aktivitu (Olofsdotter 2001). Podobně je na tom žito, které má také potenciál uvolňování alelopatických sloučenin (Putnam 1988). Stejně jsou na tom glukosinoláty obsažené v živých a mrtvých tkáních brukve nebo hořčice (Jimenez-Osornio & Gleissman 1987). Záleží však také na tom, jestli je rostlina vylučující alelochemikálie živá nebo odumřelá. Pokud se totiž zbytky krycích plodin nechají rozložit na povrchu půdy, potlačení plevele může být výsledkem spíše fyzikálních účinků mulče než alelochemických účinků nebo živin (Teasdale & Mohler 2000).

V některých případech může snížit výskyt plevele také úprava data, hustoty a struktury výsevu plodin (Mohler 1996). Hustota plodin pak může být ovlivněna použitím krycích plodin. Ty mohou příznivě účinkovat na ochranu půdy, cykly živin v půdě, populace škůdců, patogenů a plevelů. Představují ideální most mezi správou půdy, živin, škůdců a plevele v ekologickém systému, a tak může být jejich využití zásadní pro úspěch systému celého. Účinky krycích plodin na plevele do značné míry závisí na druzích plodin a na systému hospodaření (Barberi & Mazzoncini 2001). Důležitou složkou pro správu a ovlivňování přítomnosti plevele na polích je také meziplodina. Ve studii Bulson et al. (1990) došlo k potlačení plevele a zvýšení výnosu obilovin při využití bobu jako meziplodiny v porostu pšenice.

6.7 Hnojení

Ve studii Rydberg & Milberg (2000) měly druhy plevelů, dominující v konvenčním zemědělství, tendenci být nitrofilnější než druhy charakteristické pro ekologické zemědělství. Ve studii Bischoff & Mahn (2000), která sledovala vliv hnojení dusíkem na plevelové populace, byla celková produkce biomasy větší na pozemcích s vysokými dávkami dusíku. Díky velké biomase rostlin se podstatně snížila propustnost světla. Zároveň byl ale pozorován menší podíl vzešlých plevelů, které by přežily do konce vegetačního období. Vyšší dávkou dusíku byla zvýšena úmrtnost populací *Chenopodium album* a *Lithospermum arvense*. Velký přísun dusíku tak může oddálit regeneraci společenstva plevelů, protože zvyšuje riziko vyhynutí malých počátečních populací. Tyto velké dávky dusíku jsou charakteristické spíše pro konvenční zemědělství, kde jsou dávky hnojení dusíku i 3x vyšší než v ekologickém (Armengot et al. 2011).

Organická hnojiva používaná v ekologickém zemědělství mohou také ovlivňovat růst, reprodukci a přežití plevelů (De Cauwer et al. 2011), ale na rozdíl od minerálních hnojiv mohou být i zdrojem plevelných semen (Sances & Ingham 1997). Jak uvádí Nishida et al. (1998), po průchodu traktem krav bylo v jejich pozorování životaschopných 78 % semen. Ve studii Pleasant & Schlather (1994) bylo v 1kg hnoje nalezeno až 42 životaschopných

semen *Chenopodium album*. Kravský hnůj by tak mohl být významným zdrojem semen plevelů, neboť některá semena úspěšně projdou trávicím traktem dobytka a po aplikaci hnoje na pole jsou schopna života. Může se tedy jevit jako výborný nástroj podpory druhové diverzity. Na druhou stranu, pokud skot dostává krmivo z jiné farmy, mohou jejich traktem projít i plevele exotické, které pak mohou být na poli nežádoucí. Jako příklad uvádí zamoření *Abutilon theoprasti* v 70. letech v New Yorku.

Životaschopnosti plevelných semen v organických hnojivech může zabránit kompostování. Kromě toho, že stabilizuje živiny, snižuje obsah vlhkosti, snižuje zápach a zlepšuje fyzikální vlastnosti hnoje, čímž zvyšuje jeho hodnotu jako hnojiva, také ničí patogeny a semena plevelů (De Luca & De Luca 1997). Životaschopnost plevelných semen při kompostování mohou ovlivňovat 2 faktory – teplota a délka procesu. Nishida et al. (1998) uvádí, že k dosažení významného snížení životaschopnosti semen byla nutná teplota nad 46 °C. Aby nevyklíčila žádná semena v jejich pokusu, musela teplota kompostu dosáhnout 57 °C. Tompkins et al. (1998) zmiňoval jako neméně důležitý faktor pro úplnou ztrátu životaschopnosti semen dobu kompostování. Studoval ztrátu životaschopnosti 12 druhů plevelů při teplotě mezi 55–65 °C. Po 2 týdnech mělo 6 druhů 0% životaschopnost, po 14 týdnech byla 0% životaschopnost u všech sledovaných druhů. Eghball & Lesoing (2000) dokonce hovořili o délce kompostování 4–5 měsíců, která byla nutná, aby byla zničena všechna semena, i když nebyla dosažena teplota 60 °C. Jediným plevelem, který v tomto pokusu nebyl zcela zničen, bylo 14 % semen *Abutilon theoprasti*. Jako důležitý faktor pro snížení životaschopnosti semen uváděli autoři vlhkost kompostu. Pokud byl kompost po většinovou dobu procesu vlhký, mohla být životaschopnost snížena, i když nebylo dosaženo kritické teploty.

Organické formy hnojení ale mohou být důležitým činitelem při zacházení s plevelem, nejen jako médium přenášející životaschopná semena (Pleasant & Schlather 1994). Některá hnojiva mohou podněcovat růst plevelů více než jiná. De Cauwer et al. (2011) zkoumal rozdíly mezi působením kompostů, kompostu se zbytky ovoce, zeleniny a zahradního odpadu, hnoje, kejdy a minerálního hnojiva. Vůbec nejvíce semen po čtyřletém experimentu zaznamenal na poli s aplikacemi kejdy, které mělo v bance skoro 2x tolik semen plevelů než pole, na které byl aplikován hnůj, které skončilo na druhém místě. Početně srovnatelné s polem hnojeným hnojem bylo pole hnojené minerálním hnojivem a všechna pole hnojená komposty měla semen ještě o něco méně. Podobně tomu bylo ve studii Madsen et al. (2020), která u způsobu hospodaření s minerálním hnojením našla počet semen nejvyšší. V rámci ekologického zemědělství s nejvyšším počtem semen skončil nehnojený pozemek, pak hnojený zeleným hnojením a za ním zelené hnojení v kombinaci s kompostovaným hnojem. Posledním byl konvenční způsob hospodaření, ovšem bez minerálního hnojiva. Biodiverzita ale neodpovídala množství semen. Shannon-Wienerův index diverzity byl nejvyšší v ekologickém systému s použitím kompostovaného hnoje, nejnižší v konvenčním bez jakéhokoli hnojení.

Rychlost uvolňování živin je vyšší v systému konvenčního zemědělství než v ekologickém, neboť v konvenčním je povoleno používat minerální hnojiva. Organické hnojení, které je možné využít v ekologickém hospodaření závisí na více faktorech, jakými jsou poměr uhlíku ku dusíku, pedoklimatické podmínky, zdroj hnojiva, hojnost příbuzných

druhů v plevelové komunitě a další (King 1984; Barberi 2002; Miller et al. 2004). Nelze tedy účinky organických hnojiv chápat všeobecně (Barberi 2002).

Pro plevel, které jsou schopny přijímat živiny v dřívější fázi růstu než plodiny, je výhodou rychlejší uvolňování živin (Jørnsgård et al. 1996). Pomalejší uvolňování živin ale může plevel taktéž podpořit. Ten se ve větším množství vyskytne až v pozdní sezóně a může tak doplnit půdní semennou banku a prosadit se v dalších letech (Barberi 2002). Podpora plevelu při pomalém uvolňování živin nebo pozdější aplikaci ale není tak výrazná jako při rychlejších. U *Veronica hederifolia* pozdější aplikace dusíku spíše snížila konkurenční schopnost ve prospěch plodiny (Liebman & Davis 2000).

6.8 Přímá regulace plevelu

Přímé metody regulace plevelů se uplatňují před setím plodiny, po sklizení, ale některé lze uplatnit i během vegetace, pokud se zasahuje mezi řádky. Patří sem mechanické metody, termické metody nebo technika mulčování. Mezi mechanické se řadí orba, vláčení, sečení, plečkování, podmítka (Šarapatka et al. 2006). Výběr metody záleží na morfologii plodiny i kultivovaného plevelu (Bond & Grundy 2001). Průzkum mezi ekologickými farmáři z Velké Británie ukázal, že preventivní metody uplatňovalo pouze 29 % farem. Při přímé regulaci využívali brány, kartáčové plečky, cepové a rotační mulčovače, rotavátory a kultivátory. Dvacet pět procent uvádělo i ruční regulaci (Turner et al. 2007). Čas strávený mechanickou kultivací se v průběhu let nemusí měnit, nezáleží na délce hospodaření, jak uváděla Lundkvist et al. (2008). V prvních letech sice podstatně častěji vláčeli, ale ukázalo se, že čas strávený regulací se během dalších 12 let nezměnil.

6.8.1 Orba

Orba má z hlediska regulace plevelů velký význam. Záleží na její hloubce a době provedení (Šarapatka et al. 2006). Hloubku orby uváděl Fried et al. (2008) po významu krajiny jako druhý prvek nejvíce ovlivňující plevelnou biodiverzitu. Vyšší rozmanitost plevelů byla pozorována v hlubší orbě než v mělké nebo žádné. Sans et al. (2011) ale podotkl, že orba má vliv na druhové bohatství plevelů jen v případě pěstování některých plodin. Sledoval porosty slunečnice, pšenice a pšenice špaldy a pouze ve slunečnici zaznamenal snížení diverzity při redukované orbě, u zbývajících dvou naopak zvýšení.

Fried et al. (2008) tvrdil, že hloubka orby měla větší vliv na druhové bohatství než systém orby. I ten však na plevelovou biodiverzitu vliv má. Např. Ball et al. (2019) vysledovala jako způsob orby pro druhovou diverzitu nejvýhodnější redukovanou orbu. Při ní bylo druhové bohatství nejvyšší – 10,9 druhů/m² v průměru za dva sledované roky. Nejnížší početnost druhů byla na velmi intenzivně regulovaném poli 4 druhy/m². Při orbě totiž může docházet k hromadění semen na povrchu země, důsledkem čehož klesá počet semen v hloubkách větších než 10 cm (Froud-Williams et al. 1983). Pokud v tu chvíli ještě nevychází plodina, mohou být semena z povrchu půdy vyplavena, a tím by se postupně vyčerpávala půdní banka (Ascard 1994). Pokud však plodina vzejde, než se semena vyplaví, může být pokryv plevelů na takto oraných polích vyšší než v bezorebném systému. Anderson (2005) sledoval rozdíly mezi systémy orby a po třech letech, kdy se od přirozeného

zaplevelení pozemků počty plevelů snižovaly, byl výskyt 8x vyšší v oraných polích než v neoraných.

Zcela vynechaná orba nemusí zvyšovat ani počty vzácných plevelů. Ve studii Albrecht & Mattheis (1998) se po přechodu z konvenčního zemědělství na integrovaný způsob snížil počet vzácných druhů. Po přechodu na ekologický nebyl pozorován žádný nárůst, ale ani tak významný pokles. Tím, co oba systémy s vyšším počtem vzácných druhů spojovalo, byla právě orba, kterou narozdíl od integrovaného systému, kde bylo využito minimálního zpracování půdy, využil konvenční i ekologický způsob hospodaření. Druhým důvodem nízkého počtu vzácných druhů v integrovaném systému ale mohla být také zemědělská krajina, která nezahrnovala chudé půdy, které upřednostňují méně konkurenceschopné druhy. Dalším důvodem mohla být vysoká citlivost rostlin na konkrétní herbicidy a šlo tedy o účinnější hubení, neboť integrovaný systém upřednostňuje pečlivější výběr herbicidu před kvantitou.

Orbu pak také jako důležitý faktor uváděl Swanton et al. (1999), kdy přítomnost orby ovlivňovala výskyt konkrétních druhů plevelů. Mezi plevele vyskytující se spíše v systémech s klasickým použitím orby řadil *Chenopodium album* a *Amaranthus retroflexus*. Naopak např. *Hordeum jubatum* byl druhem vyskytujícím se spíše v bezorebném systému (Hume et al. 1991).

6.8.2 Vlácení

Vhodným nástrojem pro snížení biomasy a hustoty plevelů jsou prutové brány, s nimiž lze dosáhnout snížení podílu plevelů a zvýšení podílu plodin při zachování druhové diverzity (Armengot et al. 2013). Do určité míry ale také může poškozovat i plodiny. Jejich účinnost je omezena hloubkou půdy, do které se mohou dostat a charakteristikou plevele a plodiny (Kurstjens & Perdok 2000). Poškození plodiny v pozdním růstovém stadiu se podařilo vyhnout při meziřádkové regulaci pšenice ozimé, u ječmene jarního ale k poškození došlo. Zároveň se v tomto pokusu jednalo o regulaci biomasy plevele srovnatelnou s účinkem herbicidu (Rasmussen & Svenningsen 2012). Použití bran uvádělo jako používanou přímou regulaci plevele 75 % dotazovaných farmářů ve Velké Británii. Jednalo se tak v této studii o nejčastější formu plevelové regulace (Turner et al. 2007).

6.8.3 Mulčování

Technika zakrývání povrchu půdy má různé formy provedení, jakými je zakrývání půdy živými rostlinami nebo částmi organických či anorganických látek. Může zabránit klíčení semen plevelů nebo fyzicky potlačit vzházení. Není však účinná proti vytrvalým plevelům (Bond & Grundy 2001). Velký vliv na snížení klíčení může mít sláma, rašelina a dřevní štěpka. Travní mulč sice může být účinný, ale rychle se rozkládá, a proto se pro účinnější regulaci plevele musí mulčování opakovat (Jodaugienė et al. 2006).

6.8.4 Termická regulace

Účinnost odplevelení pomocí plamene velkou měrou závisí na velikosti a druhu rostliny, síle listu, fázi růstu. Pro rostliny s 0–4 pravými listy byly nutné dávky propanu 10–40

kg/ha, pro rostliny se 4–12 listy bylo zapotřebí 40–150 kg/ha. Některé rostliny (např. *Poa annua*) musely být pro usmrcení ošetřeny opakovaně (Ascard 1995). Na širokolisté plevely má tato regulace silnější účinek než na trávy (Cisneros & Zandstra 2008).

6.9 Krajina

Kromě faktorů ovlivnitelných zemědělcem může mít velký vliv na druhovou diverzitu okolní krajina. Z hodnocení farem různých systémů ve Francii vyplývá, že kromě typu hospodaření měla nejvyšší vliv na biodiverzitu právě krajina, přičemž pozemky nacházející se v terénu mezi smíšenými lesy a pastvinami nebo mezi živými ploty měly vyšší biodiverzitu než otevřené jednotvárné krajiny (Fried et al. 2008). Se zmenšující se velikostí pole roste rozmanitost plevelů (Gaba et al. 2010). Alfa, beta i gama diverzita jsou vyšší spíše v komplexní než jednoduché krajině. Pokles biodiverzity se zvyšující se jednoduchostí je strmější v konvenčním způsobu hospodaření než v ekologickém (Roschewitz et al. 2005). Podobně hodnotí účinek krajiny i studie ze středního Švédska Weibull et al. (2000). Zemědělská praxe se zde dokonce jevila jako méně důležitá než účinky okolní krajiny a bylo prokázáno, že heterogenita krajiny má větší dopad na rozmanitost motýlů, dravého hmyzu a polních rostlin než systémový rozdíl. Heterogenita a krajinná struktura přispívají k biodiverzitě v zemědělských oblastech (Fahrig & Jonsen 1998; Weibull et al. 2000; Benton et al. 2003; Dauber et al. 2003).

Naopak studie José-María & Sans (2011) zmiňovala vysokou heterogenitu krajiny jako prvek, který se zdál být příznivě působícím na biodiverzitu plevelů jen na okrajích polí a nikoli na celém poli. Sledovali konvenčně a ekologicky obhospodařovaná pole a v ekologických našli 125 druhů plevelů na krajích a 83 ve středech polí. V konvenčních polích to bylo 110 na okrajích a 63 ve středech. Rozdílem mezi středy a okraji polí je totiž kromě jiných faktorů (světlo, odlišné mikroklima, zhutnění půdy, odlišná semenná banka, nižší intenzita hospodaření ve srovnání s polem jako celkem) schopnost rostlin napadat sousední pozemky (van Elsen 2000).

Na biodiverzitu plevelů má vliv ale i krajina ve větším měřítku. Armengot et al. (2012) sledovala rozdíl v druhové diverzitě mezi poli v severovýchodním Španělsku a v severním Německu, a to na ekologických i konvenčních pozemcích. Celkem bylo na všech 26 pozorovaných farmách nalezeno 135 druhů plevelů, ale jen 18 z nich se vyskytovalo zároveň ve Španělsku i v Německu.

6.10 Nadmořská výška

Biodiverzita ve studii Fried et al. (2008) byla také spojena s některými faktory prostředí. Počet druhů se zvyšoval s vyšší nadmořskou výškou a za vyšších ročních srážek, jakož i na kyselých půdách a písčitých strukturách. Nejvyšší možný počet druhů na jednom poli byl ve studii pozorován na hluboko obdělávané písčité půdě s kyselým pH, později setými plodinami a relativně vysokými nadmořskými výškami. Naopak podle Jaccardova indexu similarity beta diverzita klesala v nadmořské výšce nad 300 m, při extrémním pH (kyselém nebo zásaditém) nebo v písčitých půdách. Kolářová et al. (2015) také uváděla podmínky, v nichž se vyskytoval největší počet pozorovaných druhů. Bylo to v ozimých obilninách ve 250–350 m. n. m., a to

na ekologických i konvenčních polích. Zmínila však také, že střední výšky byly dobré pro vysoký počet druhů v ekologickém zemědělství, zatímco v konvenčním zemědělství se počet druhů s rostoucí nadmořskou výškou zvyšoval. Důvodem, proč se od sebe systémy v tomto ohledu lišily, mohlo být to, že v této studii byla hodnocena pouze centra polí a nikoli okraje. Tyto části pole se od sebe v konvenčních polích značně liší, zatímco v ekologických podmínkách nebyl podstatný rozdíl (Hald 1999).

Fried et al. (2008) zmiňoval jako faktor zvýšení počtu druhů i srážky. Lundkvist et al. (2008) ale ve své studii nezaznamenala významnou korelaci počasí a klíčení plevelů, i když ohniska plevelů se shodovala s vlhkými a teplými místy, která zvyšují růst plevelů na jaře.

6.11 Plevel a fauna

Ekologické zemědělství a vyšší výskyt plevelů může mít vliv na počty ptáků, opylovačů a jiných bezobratlých (Bengtsson et al. 2005). V ekologických polích, a to především na jejich okrajích, jsou opylovači častější než ve středech (Steffan-Dewenter & Tscharrntke 2001). To může být proto, že nabízejí potravní zdroje a jsou i místem pro reprodukci a přezimování. Čím širší okraje polí jsou, tím vyšší hustota čmeláků se na nich objevuje (Bäckman & Tianien 2002). Pro divoké i kulturní včely jsou plevely zásadním zdrojem potravy. Kulturním včelám vyplňují časové úseky mezi kveteními polních plodin (např. řepka nebo slunečnice) a divokým včelám, které jsou při sběru potravy více selektivní, zajišťují širší výběr (Bretagnolle & Gaba 2015). Mnoho zemědělských plodin a přirozených populací rostlin závisí na opylování a často na službách poskytovaných divokými, nekulturními komunitami opylovačů. Proto pokles druhové diverzity opylovačů silně koreluje s poklesem plevelů (Biesmeijer et al. 2006). Jen není jisté, co je příčina a co důsledek (Bretagnolle & Gaba 2015). Ekologická pole tak mohou být příznivá i pro hmyzosubné rostliny, neboť se zvýšenou hustotou opylovačů rostliny zvyšují množení semen (Steffan-Dewenter & Tscharrntke 1999). Stejně tak se zvyšující se lokální biodiverzitou plevelů roste podíl rostlin opylovaných hmyzem, jak zjistili (Gabriel & Tscharrntke 2007). Studovali ekologická a konvenční pole a v nich podíl rostlin opylovaných hmyzem a rostlin opylovaných jinak. Z celkem 87 druhů našli 85 v ekologickém zemědělství a 56 v konvenčním. Z 85 v ekologickém bylo 34 opylovaných hmyzem a 51 jinak. Z 56 v konvenčním bylo 21 opylovaných hmyzem a 35 jinak. Relativní počet druhů opylovaných hmyzem byl vyšší na ekologicky spravovaných polích než na konvenčních a v rámci polohy v poli vyšší na okraji než ve středu. Relativní pokryv druhy opylovanými hmyzem se mezi systémy hospodaření, ani částí pole nelišilo. V konvenčních oblastech jsou rostliny opylované hmyzem znevýhodněny kvůli nedostatku opylovačů. Proto narušení interakcí mezi rostlinami a opylovači v důsledku intenzifikace zemědělství může způsobit významné posuny ve struktuře rostlinných společenstev. Orné plevely jsou „klíčovými druhy“, jejichž ztráta vede k vážným změnám zbývající biocenózy prostřednictvím stanoviště a řetězových vztahů potravy (Albrecht 2003).

Studie Chamorro et al. (2016) sledovala právě takové ztráty plevelů. Srovnávala pole tří období v Katalánsku (1953–1988, 1996–1999, 2005–2007). První dvě období bylo na polích hospodařeno pouze konvenčně a mezi posledními lety 2005–2007 byla pole rozdělena na konvenční a ekologicky obhospodařovaná. V postupujících letech byl zaznamenán spíše

pokles biodiverzity, klesaly i počty trav a všech dvouděložných druhů rostlin, včetně těch, které jsou zajímavé pro faunu. Tyto ztráty biologické rozmanitosti plevelů změnil poskytování potravy a přístřeší pro ptáky, opylovače a jiné bezobratlé. Pro ptáky jsou velmi důležité čeledi *Asteraceae*, *Papaveraceae*, *Poaceae* a *Polygonaceae*, které v této studii tvořily 62 % z celkového počtu plevelů. Nejvyšší počet druhů důležitých pro opylovače (86 %) byl pozorován jen v období mezi lety 1950–1988, kdy se na polích hospodařilo konvenčním způsobem. Od té doby došlo ke snížení bohatství o 58 % a hojnosti plevelů o 47 %. I tak však studie zmiňuje, že přechod na ekologické zemědělství mezi lety 2005–2007 umožnil částečnou obnovu hojnosti a počtu druhů oproti konvenčnímu zemědělství v tomtéž období.

Určitý prospěch z ekologického zemědělství pro počty hmyzu a ptáků zaznamenala i Winqvist et al. (2011), která sledovala pole na 153 farmách v rámci 5 evropských regionů. Hodnotila vliv ekologického a konvenčního hospodaření a složitosti krajiny na pokrytí a počet druhů rostlin, v návaznosti na ně na počty druhů a početnost hmyzu a ptáků. Výsledky ukázaly zvýšení počtu druhů rostlin a ptáků v ekologickém hospodaření. Střevlíkovití vykazovali stejný počet druhů v ekologii i v konvenci. Stejně tak tomu bylo i při hodnocení složitosti krajiny, kdy různorodější krajina zvyšovala nárůst druhů rostlin i ptáků, na počet druhů střevlíkovitých neměla vliv. Pokryvnost rostlin i ptáků se zvyšovala se snížením pokryvnosti plodiny, u střevlíkovitých tomu bylo opačně. Čím jednodušší krajina byla a čím větší byla pokryvnost plodiny, tím vyšší byl i počet střevlíkovitých. Studie Bengtsson et al. (2005) naopak zaznamenala vyšší počet střevlíkovitých v ekologickém zemědělství. S nimi narostl v ekologickém zemědělství i počet ptáků, půdních organismů a rostlin, zatímco nedravý hmyz a škůdci nevykazovali pozitivní reakci.

Zásahem živých organismů do společenstva plevelů může být i predace semen. Výsledky studií Westerman et al. (2003), Booman et al. (2009), Chauhan et al. (2010) ukázaly, že predace semen v polích ekologických obilnin je důležitým faktorem ovlivňující populační dynamiku plevelů. Cardina et al. (1996) mezi predátory při výzkumu predace semen *Abutilon theophrasti* řadil myši, střevlíky a některé plže.

7 Závěr

Cílem práce bylo zpracovat formou literární rešerše tematiku struktury druhového spektra plevelů z pohledu biodiverzity v režimu ekologického zemědělství. Práce srovnávala výsledky studií zabývajících se druhovým složením plevelů na orné půdě v ekologickém zemědělství. Vliv ekologického zemědělství porovnávala s vlivem konvenčního a integrovaného zemědělství. Studovala vliv některých technik ekologického způsobu hospodaření pro regulaci plevele, jakými bylo hnojení, orba, vláčení, mulčování, termická regulace a výběr pěstované plodiny. Studie se neshodly na nejdůležitějším vlivu na druhovou diverzitu plevelů.

Mezi důležitými byla volba zemědělského systému, kdy ekologický ve srovnání s konvenčním a integrovaným podporoval diverzitu nejvíce, pokud nebyla provedena příliš důkladná mechanická regulace. Podporoval i výskyt některých vzácných a ohrožených druhů. Ukázalo se ale, že přechod k ekologickému zemědělství neovlivní plevelovou diverzitu okamžitě. Záleží také na počtu let hospodařících v ekologickém režimu.

Další důležitou proměnnou byla krajina, ve které se sledovaná pole nacházela. Studovány byly nadmořská výška, typ okolní krajiny a velikost daného pole. Vyšší rozmanitost druhů byla pozorována v diverzifikovanější krajině než v jednodušší a vyšší na okraji než uprostřed pole.

Vliv měly také pěstované plodiny, a to nejen na druhové složení plevelové vegetace, ale i na množství plevelů. To mohlo být ovlivněno konkurenční schopností plodiny, nebo alelopatickými látkami, které některé rostliny obsahují. Druhové složení ovlivňovala skutečnost, zda byly pěstovány okopaniny, pícniny, ozimé či jarní obilniny. Vliv měl ale nejen výběr plodiny samotné, ale také čas výsevu.

Dalším činitelem bylo hnojení, které má schopnost plevele podporovat v růstu, ale také se samo může stát přenašečem semen plevelů. Semena mohou vydržet průchod zaživačím traktem zvířat a dostat se tak na pole znovu s hnojem. Tomuto opětovnému přenosu semen na pole lze ale zabránit, pokud je hnůj zkompostován. Tento proces mnohá semena nevydrží kvůli teplotě a délce průběhu. Záleží tedy i na formě hnojení. Některá hnojiva pak mohou růst plevelů podporovat více než jiná.

Přímá regulace plevele, jakou byla orba, vláčení, mulčování a termická regulace měly vliv na množství plevelů i jejich složení. Některé druhy byly pozorovány spíše na oraném, jiné spíše na neoraném poli. Při orbě mohlo docházet k vyplavování semen z povrchu a snižování tak půdní semenné banky, jiné studie ale zmiňovaly, že vyšší množství i druhová diverzita byly pozorovány na oraném než neoraném pozemku. Jako vhodný nástroj pro regulaci plevele při současném zachování druhového bohatství se zdály být brány. Zmíněny byly i techniky mulčování a regulace plevele plamenem. Mulčování bylo méně účinné na vytrvalé plevele a termická regulace zase více ovlivňovala širokolisté druhy než trávy. U obou ale nebyl zmíněn významný vliv na druhové složení plevelů.

Živým faktorem při studiu druhového spektra plevelů mohl být hmyz, který hmyzosubné rostliny vyžadují pro opylení a hmyz vyžaduje plevele pro potravu. Navzájem se tedy podporují. Nemusí jít ale jen o opylovače. Strukturu plevelového společenstva částečně ovlivňovali i jiní bezobratlí a obratlovci, kteří byli predátory semen.

8 Literatura

- Albrecht H. 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **98**:201–211.
- Albrecht H. 2005. Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. *Weed Research* **45**:339–350.
- Albrecht H, Mattheis A. 1998. The effects of organic and integrated farming on rare arable weeds on the Forschungsverbund Agrarökosysteme München (FAM) research station in southern Bavaria. *Biological Conservation* **86**:347–356.
- Anderson RL. 2005. A Multi-Tactic Approach to Manage Weed Population Dynamics in Crop Rotations. *Agronomy Journal* **97**:1579–1583.
- Armengot L, José-María L, Blanco-Moreno J, Bassa M, Chamorro L, Sans FX. 2011. A novel index of land use intensity for organic and conventional farming of Mediterranean cereal fields. *Agronomy for Sustainable Development* **31**:699–707.
- Armengot L, José-María L, Chamorro L, Sans FX. 2013. Weed harrowing in organically grown cereal crops avoids yield losses without reducing weed diversity. *Agronomy for Sustainable Development* **33**:405–411.
- Armengot L, Sans FX, Fischer C, Flohre A, José-María L, Tschardt T, Thies C, Ohlemüller R. 2012. The β -diversity of arable weed communities on organic and conventional cereal farms in two contrasting regions. *Applied Vegetation Science* **15**:571–579.
- Ascard J. 1994. Dose–response models for flame weeding in relation to plant size and density. *Weed Research* **34**:377–385.
- Ascard J. 1995. Effects of flame weeding on weed species at different developmental stages. *Weed Research* **35**:397–411.
- Bäckman JPC, Tianien J. 2002. Habitat quality of field margins in a Finnish farmland area for bumblebees (Hymenoptera: *Bombus* and *Psithyrus*). *Agriculture, Ecosystems and Environment* **89**:53–68.
- Baessler C, Klotz S. 2006. Effects of changes in agricultural land-use on landscape structure and arable weed vegetation over the last 50 years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **115**:43–50.
- Ball MG, Caldwell BA, DiTommaso A, Drinkwater LE, Mohler CL, Smith RG, Ryan MR. 2019. Weed community structure and soybean yields in a long-term organic cropping systems experiment. *Weed Science* **67**:673–681.
- Barberi P. 2002. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? *Weed Research* **42**:177–193.
- Barberi P, Mazzoncini M. 2001. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. *Weed Science* **49**:491–499.

- Bengtsson J, Ahnström J, Weibull AC. 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* **42**:261–269.
- Benton TG, Vickery JA, Wilson JD. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?. *Trends in Ecology & Evolution* **18**:182–188.
- Biesmeijer J, Roberts S, Reemer M, Peeters R, Schaffers M, Potts S, Kleukers R, Thomas C, Settele J, Kunin W. 2006. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science* **313**:351–354.
- Bischoff A, Mahn EG. 2000. The effects of nitrogen and diaspore availability on the regeneration of weed communities following extensification. *Agriculture Ecosystems & Environment* **77**:237–246.
- Boguzas V, Marcinkeviciene A, Kairyte A. 2004. Quantitative and qualitative evaluation of weed seed bank in organic farming. *Agronomy Research* **2**:13–22.
- Bond W, Grundy AC. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* **41**:383–405.
- Booman G, Laterra P, Comparatore V, Murillo N. 2009. Post-dispersal predation of weed seeds by small vertebrates: Interactive influences of neighbor land use and local environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **129**:277–285.
- Bretagnolle V, Gaba S. 2015. Weeds for bees? A review. *Agronomy for Sustainable Development* **35**:891–909.
- Bulson H, Snaydon R, Stopes C. 1990. Intercropping autumn-sown beans and wheat: effects on weeds under organic farming conditions. *Monograph-British Crop Protection Council* **45**:55–62.
- Bureš P et al. 2001. Černý a červený seznam cévnatých rostlin České republiky (stav v roce 2000). Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Cardina J, Norquay H, Stinner B, McCartney D. 1996. Postdispersal Predation of Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) Seeds. *Weed Science* **44**:534–539.
- Carlsson G, Huss-Danell K. 2003. Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* **253**:353–372.
- CAWS. 2021. CAWS – Council of Australasian Weed Societies. Available from www.caws.org.nz (accessed April 2021).
- Cirujeda A, Aibar J, Zaragoza C. 2011. Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* **31**:675–688.
- Cisneros J, Zandstra B. 2008. Flame Weeding Effects on Several Weed Species. *Weed Technology* **22**:290–295.
- Čapounová K. 2016. Ekozemědělci doplácí na DDT. *Týdeník Zemědělec* **12**:50.
- Dauber J, Hirsch M, Simmering D, Waldhardt R, Otte A, Wolters V. 2003. Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **98**:321–329.

- De Cauwer B, D'Hose T, Cougnon M, Leroy B, Bulcke R, Reheul D. 2011. Impact of the quality of organic amendments on size and composition of the weed seed bank. *Weed Research* **51**:250–260.
- De Luca T, De Luca D. 1997. Composting for feedlot manure management and soil quality. *Journal of Production Agriculture* **10**:235–241.
- Dimitrakopoulos P, Schmid B. 2004. Biodiversity effects increase linearly with biotope space. *Ecology Letters* **7**:574–583.
- Dreslerová D. 2012. Počátky zemědělství na našem území. Český rozhlas Vltava. Available from <https://vltava.rozhlas.cz/pocatky-zemedelstvi-na-nasem-uzemi-5093751> (accessed April 2021).
- Edesi L, Järvan M, Adamson A, Lauranton E, Kuht J. 2012. Weed species diversity and community composition in conventional and organic farming: A five-year experiment. *Žemdirbystė* **99**:339–346.
- Eghball B, Lesoing G. 2000. Viability of Weed Seeds Following Manure Windrow Composting. *Compost Science & Utilization* **8**:46–53.
- El Titi A. 1992. Integrated Farming: an Ecological Farming Approach in European Agriculture. *Outlook on Agriculture* **21**:33–39.
- European Commission. 2021. Aims of organic farming. European Commission. Available from https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/organics-glance_en (accessed April 2021).
- EWRS. 2021. EWRS – European Weed Research Society. Available from www.ewrs.org (accessed April 2021).
- Fahrig L, Jonsen I. 1998. Effect of Habitat Patch Characteristics on Abundance and Diversity of Insects in an Agricultural Landscape. *Ecosystems* **1**:197–205.
- Fried G, Norton LR, Reboud X. 2008. Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **128**:68–76.
- Froud-Williams RJ, Chancellor RJ, Drennan DSH. 1983. Influence of Cultivation Regime Upon Buried Weed Seeds in Arable Cropping Systems. *Journal of Applied Ecology* **20**:199–208.
- Gaba S, Chauvel B, Dessaint F, Bretagnolle V, Petit S. 2010. Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **138**:318–323.
- Gabriel D, Tschardt T. 2007. Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **118**: 43–48.
- Graziani F, Onofri A, Pannacci E, Tei F, Guiducci M. 2012. Size and composition of weed seedbank in long-term organic and conventional low-input cropping systems. *European Journal of Agronomy* **39**:52–61.

- Grulich V, Chobot K, Plesník J. 2017. Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Cévnaté rostliny. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Hald AB. 1999. Weed vegetation (wild flora) of long established organic versus conventional cereal fields in Denmark. *Annals of Applied Biology* **134**:307–314.
- Hiltbrunner J, Scherrer C, Streit B, Jeanneret P, Zihlmann U, Tschachtli R. 2008. Long-term weed community dynamics in Swiss organic and integrated farming systems. *Weed Research* **48**:360–369.
- Hron F, Vodák A, Zejbrlík O. 1959. Polní plevel a boj proti nim. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Hume L, Tessier S, Dyck F. 1991. Tillage and rotation influences on weed community composition in wheat (*Triticum aestivum* L.) in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* **71**:783–789.
- Hyvönen T. 2007. Can conversion to organic farming restore the species composition of arable weed communities?. *Biological Conservation* **137**:382–390.
- Hyvönen T, Salonen J. 2002. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels – a six-year experiment. *Plant Ecology* **154**:73–81.
- Chamorro L, Masalles RM, Sans FX. 2016. Arable weed decline in Northeast Spain: Does organic farming recover functional biodiversity?. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **223**:1–9.
- Chauhan B, Migo T, Westerman P, Johnson D. 2010. Post-dispersal predation of weed seeds in rice fields. *Weed Research* **50**:553–560.
- IFOAM. 2020. Definition of Organic Agriculture. IFOAM – Organics International. Available from <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic> (accessed April 2021).
- IWSS. 2021. IWSS – International Weed Science Society. Available from www.iwss.info (accessed April 2021).
- Jastrzębska M, Jastrzębski WP, Hołdyński C, Kostrzevska MK. 2013. Weed species diversity in organic and integrated farming systems. *Acta Agrobotanica* **66**:113–124.
- Jimenez-Osornio J, Gleissman S. 1987. Allelopathic interference in a wild mustard (*Brassica campestris* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) intercrop agro-ecosystem. Pages 262–274 in Waller GR editor. *Allelochemicals, Role in Agriculture and Forestry*, ACS Symposium Series. American Chemical Society. Washington, DC.
- Jodaugienė D, Pupalienė R, Urbonienė M, Pranckietis V, Pranckietienė I. 2006. The impact of different types of organic mulches on weed emergence. *Agronomy Research* **4**:197–201.
- Jørnsgård R, Rasmussen K, Hill J, Christiansen L. 1996. Influence of nitrogen on competition between cereals and their naturalweed populations. *Weed Research* **36**:461–470.
- José-María L, Sans FX. 2011. Weed seedbanks in arable fields: effects of management practices and surrounding landscape. *Weed Research* **51**:631–640.

- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. Biologie a regulace plevelů. Kurent, s.r.o., České Budějovice.
- King L. 1984. Availability of nitrogen in municipal, industrial, and animal wastes. *Journal of Environmental Quality* **13**:609–612.
- Kolářová M, Tyšer L, Soukup J. 2015. Weed Species Diversity in the Czech Republic Under Different Farming and Site Conditions. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **63**:741–749.
- Kubát K et al. 2002. Klíč ke květeně České republiky. Academia. Praha.
- Kurstjens D, Perdok U. 2000. The selective soil covering mechanism of weed harrows on sandy soil. *Soil and Tillage Research* **55**:193–206.
- Liebman M, Davis AS. 2000. Integration of soil, crop, and weed management in low-external-input farming systems. *Weed Research* **40**:27–47.
- Lundkvist A, Salomonsson L, Karlsson L, Gustavsson AMD. 2008. Effects of organic farming on weed flora composition in a long term perspective. *European Journal of Agronomy* **28**:570–578.
- Madsen H, Talgre L, Kuht J, Alaru M, Eremeev V, Mäeorg E, Loit E, Luik A. 2020. Organic Cropping Systems do not Increase Weed Seed Numbers but do Increase Weed Diversity. *Agri Res & Tech: Open Access Journal* **23**:44–51.
- Marshall EJP, Brown VK, Boatman ND, Lutman PJW, Squire GR, Ward LK. 2002. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* **43**:77–89.
- Martinková Z, Soukup J, Hamouz P, Honěk A, Holec J, Koprdovalá S, Nečasová M, Saska P, Tyšer L. 2008. Biodiverzita plevelových společenstev, její význam a udržitelné využívání: uplatněná metodika. VÚRV. Praha.
- Menalled FD, Gross KL, Hammond M. 2001. Weed aboveground and seedbank responses to agricultural management systems. *Ecological Applications* **11**:1586–1601.
- Mikulka J, Kneifelová M, Martinková Z, Soukup J, Uhlík J. 2005. Plevelné rostliny. Profi Press. Praha.
- Miller AJ, Amundson R, Burke IC, Yonker C. 2004. The effect of climate and cultivation on soil organic C and N. *Biogeochemistry* **67**:57–72.
- Ministerstvo zahraničních věcí. 1999. Sdělení č. 134 o sjednání Úmluvy o biologické rozmanitosti. Pages 2935–2948 in *Sbírka zákonů České republiky*, částka 48. Česká republika.
- Ministerstvo zdravotnictví. 2003. Vyhláška č. 343 ze dne 30. září 2003, kterou se vydává seznam rostlin využívaných pro farmaceutické a terapeutické účely. Pages 5640–5646 in *Sbírka zákonů České republiky*, 2003, částka 113. Česká republika.
- Ministerstvo zemědělství. 2021a. Ekologické zemědělství. Ministerstvo zemědělství. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/> (accessed April 2021).

- Ministerstvo zemědělství. 2021b. Kontrolní systém EZ. Ministerstvo zemědělství. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/kontrolni-system/#kontrolni-organizace> (accessed April 2021).
- Ministerstvo zemědělství. 2021c. Loga pro ekologické zemědělství. Ministerstvo zemědělství. Available from <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/ekologicke-zemedelstvi/dokumenty-statistiky-formulare/loga-a-znaceni/> (accessed April 2021).
- Mohler C. 1996. Ecological bases for the cultural control of annual weeds. *Journal of Production Agriculture* **9**:468–474.
- Morris C, Winter M. 1999. Integrated farming systems: the third way for European agriculture?. *Land Use Policy* **16**:193–205.
- Nishida T, Shimizu N, Ishida M, Onoue T, Harashima N. 1998. Effect of Cattle Digestion and of Composting Heat on Weed Seeds. *JARQ* **32**:55–60.
- Olofsdotter M. 2001. Rice – a step toward use of allelopathy. *Agronomy Journal* **93**:3–8.
- Pleasant JM, Schlather KJ. 1994. Incidence of Weed Seed in Cow (*Bos sp.*) Manure and its Importance as a Weed Source for Cropland. *Weed Technology* **8**:304–310.
- Putnam AR. 1988. Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Technology* **2**:510–518.
- Rada Evropské unie. 2007. NAŘÍZENÍ RADY (ES) č. 834 ze dne 28. června 2007 o ekologické produkci a označování ekologických produktů a o zrušení nařízení (EHS) č. 2092/91. In *Úřední věstník Evropské unie*.
- Rasmussen J, Svenningsen T. 2012. Selective Weed Harrowing in Cereals. *Biological Agriculture & Horticulture* **12**:29–46.
- Rasmussen K, Rasmussen J. 2000. Barley seed vigour and mechanical weed control. *Weed Research* **40**:219–230.
- Romero A, Chamorro L, Sans FX. 2008. Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **124**:97–104.
- Roschewitz I, Gabriel D, Tschardt T, Thies C. 2005. The effects of landscape complexity on arable weed species diversity in organic and conventional farming. *Journal of Applied Ecology* **42**:873–882.
- Rotches-Ribalta R, Blanco-Moreno JM, Armengot L, Chamorro L, Sans FX. 2015. Both farming practices and landscape characteristics determine the diversity of characteristic and rare arable weeds in organically managed fields. *Applied Vegetation Science* **18**:423–431.
- Rydberg NT, Milberg P. 2000. A survey of weeds in organic farming in Sweden. *Biological Agriculture and Horticulture* **18**:175–185.
- Salonen J, Hyvönen T, Jalli H. 2001. Weeds in spring cereal fields in Finland – a third survey. *Agricultural and Food Science in Finland* **10**:347–364.

- Sances FV, Ingham ER. 1997. Conventional and Organic Alternatives To Methyl Bromide on California Strawberries. *Compost Science & Utilization* **5**:23–37.
- Sans FX, Berner A, Armengot L, Mäder P. 2011. Tillage effects on weed communities in an organic winter wheat-sunflower-spelt cropping sequence. *Weed Research* **51**:413–421.
- Schumacher M, Ohnmacht S, Rosenstein R, Gerhards R. 2018. How Management Factors Influence Weed Communities of Cereals, Their Diversity and Endangered Weed Species in Central Europe. *Agriculture* **8**:172.
- Sjursen H. 2001. Change of the Weed Seed Bank during the First Complete Six-Course Crop Rotation after Conversion from Conventional to Organic Farming. *Biological Agriculture & Horticulture* **19**:71–90.
- Statistická šetření ekologického zemědělství: Základní statistické údaje (2019). Ústav zemědělské ekonomiky a informací, Praha.
- Steffan-Dewenter I, Tschardt T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* **121**:432–440.
- Steffan-Dewenter I, Tschardt T. 2001. Succession of bee communities on fallows. *Ecography* **24**:83–93.
- Storkey J, Meyer S, Still K, Leuschner C. 2012. The impact of agricultural intensification and land-use change on the European arable flora. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **279**:1421–1429.
- Swanton CJ, Shrestha A, Roy RC, Ball-Coelho BR, Knezevic SZ. 1999. Effect of Tillage Systems, N, and Cover Crop on the Composition of Weed Flora. *Weed Science* **47**:454–461.
- Šarapatka B et al. 2006. *Ekologické zemědělství v praxi. PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk.*
- Teasdale JR, Mohler C. 2000. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. *Weed Science* **48**:385–392.
- Tompkins DK, Chaw D, Abiola AT. 1998. Effect of Windrow Composting on Weed Seed Germination and Viability **6**:30–34.
- Turner RJ, Davies G, Moore H, Grundy AC, Mead A. 2007. Organic weed management: A review of the current UK farmer perspective. *Crop Protection* **26**: 377–382.
- Ulber L, Steinmann HH, Klimek S, Isselstein J. 2009. An on-farm approach to investigate the impact of diversified crop rotations on weed species richness and composition in winter wheat. *Weed Research* **49**:534–543.
- van Elsen T. 2000. Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **77**:101–109.
- Weibull AC, Bengtsson J, Nohlgren E. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography* **23**:743–750.

- Westerman PR, Wes JS, Kropff MJ, Van Der Werf W. 2003. Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology* **40**:824–836.
- Winqvist C et al. 2011. Mixed effects of organic farming and landscape complexity on farmland biodiversity and biological control potential across Europe. *Journal of Applied Ecology* **48**:570–579.
- Wortman SE, Lindquist JL, Haar MJ, Francis CA. 2010. Increased weed diversity, density and above-ground biomass in long-term organic crop rotations. *Renewable Agriculture and Food Systems* **25**:281–295.
- WSSA. 2021. WSSA – Weed Science Society of America. Available from www.wssa.net (accessed April 2021).
- Zarina L, Gerowitt B, Melander B, Salonen J, Krawczuk R, Verwijst T. 2015. Crop diversification for weed management in organic arable cropping systems. Pages 333–336 in Andersons J editor. 10th International Scientific and Practical Conference on Environment, Technology and Resources. Rezekne Academy of Technologies. Rezekne, Latvia.