

**Česká zemědělská univerzita**

Fakulta životního prostředí

Katedra biotechnických úprav krajiny



**Výskyt vybraných skupin půdních bezobratlých  
na orných půdách s různými typy hospodaření**

Occurrence of selected invertebrate soil fauna in arable soils  
under different types of management

**Bakalářská práce**

Vedoucí práce: Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

Autor práce: Lukáš Gipfl

© 2017 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lukáš Gipfl

Územní technická a správní služba

Název práce

**Výskyt vybraných skupin půdních bezobratlých na orných půdách s různými typy hospodaření**

Název anglicky

**Occurrence of selected invertebrate soil fauna in arable soils under different types of management**

---

### Cíle práce

Práce bude zaměřena na vliv různých metod hospodaření na zemědělských půdách na diverzitu a abundanci vybraných půdních živočichů. Součástí práce bude rešerše odborné literatury na toto téma a také experimentální část – zjišťování početnosti vybrané půdní fauny v závislosti na způsobu hospodaření (ekologické x konvenční x bezorebné zemědělství) ve vybrané oblasti na polích se stejnými podmínkami a stejnou plodinou.

### Metodika

Literární rešerše se bude zabývat zhodnocením různých způsobů zemědělského hospodaření z hlediska jejich vlivu na půdu, významem vybraných skupin půdní fauny pro půdu a možnostmi jejich využití jako bioindikátorů kvality půdy a způsobu hospodaření.

V praktické části budeme sledovat početnost a druhové zastoupení dvou skupin půdních bezobratlých – členovců pomocí zemních pastí a žížal pomocí kopaných sond – na jednotlivých polích s různými typy hospodaření. Poté bude vyhodnoceno, zda má způsob hospodaření vliv na početnost a druhovou rozmanitost bezobratlých.

**Doporučený rozsah práce**

30 – 50 stran

**Klíčová slova**

Biologická aktivita, půdní fauna, zemědělství

---

**Doporučené zdroje informací**

- Doran M.W. a Zeiss M.R., 2000: Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3–11
- Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U., 2002: Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.
- Mikula J., 2012: Využití půdních bezobratlých jako indikátorů kvality půdy. Disertační práce, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Schlöter M., Dilly O., Munch J., 2003: Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 255-262.
- Šarapatka B., 2010: Agroekologie : východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Olomouc: Bioinstitut. ISBN 978-80-87371-10-7.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2016/17 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2017

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2017

## **Abstrakt**

Ve své práci se zabývám problematikou měření biologické aktivity zemědělských půd v závislosti na způsobu hospodaření. V teoretické části čerpám z odborné literatury, kde se zabývám základními pojmy, které definují jednotlivé způsoby hospodaření: konvenční, ekologické a bezorebné (minimální). Dále se ve své práci věnuji půdním bezobratlým, členovcům, žížalám a jejich vlivu na kvalitu půdy.

V praktické části se zaměřuji na odchyt půdních bezobratlých na jednotlivých typech hospodaření. Zkoumám složení početnosti společenstva žížal pomocí ručního výběru z půdních sond a složení populace pozemních bezobratlých pomocí odchytu do zemních pastí. Dále jsme v laboratoři měřili další ukazatele kvality půdy (obsah uhlíku, dusíku a pH půdy). Z výsledků tohoto výzkumu je vidět, že ekologické zemědělství, provozované správným způsobem podporuje největší počty živočichů a nejvyšší obsah organické hmoty v půdě, což je známkou vysoké kvality půdy. Na závěr této práce byla provedena diskuze, kde byly srovnávány výsledky mého výzkumu s výsledky jiných studií.

**Klíčová slova:** Biologická aktivita, půdní fauna, zemědělství

## **Abstract**

This thesis is focused on measuring the biological activity of agricultural soils in relation to the management type. In the theoretical part I compiled the literature about the individual types of agricultural management: conventional, organic and with reduced tillage and also about the soil invertebrates and their effect on soil quality.

In the practical part I focused on capturing the soil fauna in fields with different types of management. I examined the abundance and composition of earthworm population from soil blocks and abundance of different groups of ground invertebrates by capturing them into ground traps. We also measured some soil chemical parameters in the lab. From results of this research I conclude that organic (ecological) farming has the best effect on soil faun and on organic matter in soil, which is an indicator of high soil quality in general. In the Discussion I compare my results with results from other studies.

**Keywords:** Biological activity, soil fauna, agriculture

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně. Dále prohlašuji, že jsem všechny použité zdroje správně a úplně citoval a uvádím je v příloženém seznamu použité literatury.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této závěrečné práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících, s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Praze dne: 26.3.2017

Podpis:

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D. za to, že jsem měl možnost psát bakalářskou práci pod jejím vedením, dále za její trpělivost, informace a cenné rady, které mi byly poskytnuty.

Poděkování patří také všem svým blízkým za trpělivost, kterou se mnou při psaní práce měli.

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce .....	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Povaha půdy.....	3
3.2 Klasické konvenční zemědělství.....	4
3.2 Ekologické zemědělství .....	6
3.3 Minimální orba .....	8
3.4 Porovnání ekologického a konvenčního zemědělství.....	10
3.5 Látky využívané v zemědělství.....	11
3.5.1 Pesticidy .....	11
3.5.2 Herbicidy.....	12
3.5.3 Minerální a organická hnojiva.....	13
3.6 Úloha půdních organismů v půdě .....	15
3.7 Význam půdních organismů jako indikátorů kvality prostředí .....	16
3.8 Působení zemědělského managementu na půdní faunu a její společenstva .....	18
3.8.1 Působení zemědělského managementu na jednotlivé skupiny půdních členovců:.....	19
3.8.1.1 společenstva brouků .....	19
3.8.1.2 společenstva pavouků.....	19
3.8.1.3 společenstva stonožek .....	19
3.8.1.4 společenstva mnohonožek.....	20
3.8.1.5 společenstva sekáčů.....	20
3.9 Půdní kroužkovci (žížaly).....	21
3.9.1 Rozdělení žížal“ .....	21
3.9.2 Podmínky pro výskyt žížal v půdě a velikost jejich populace.....	22
3.9.3 Význam žížal na kvalitu půdy .....	24
4. Metodika .....	25
5. Výsledky výzkumu.....	28
5.1 Početnosti pavouků (Araneae) .....	28
5.2 Početnosti ostatních půdních bezobratlých.....	30
5.2.1 Brouci.....	30
5.2.2 Ostatní .....	31
5.3 Početnosti žížal (Lumbricidae) .....	33
5.4 Výsledky vlastností půdy.....	34
6. Diskuze.....	35
7. Závěr .....	36

Literatura .....	37
Seznam tabulek .....	41
Seznam obrázků .....	42
Seznam grafů.....	43



## 1. Úvod

Půda se obecně skládá ze živých organismů a neživé látky, které společně tvoří složitý a vzájemně spjatý heterogenní komplex. Literatura uvádí, že na jeden kubický centimetr spadá mnoho druhů rostlin, kořenů rostlin a stovky metrů vláken hub, desetitisíce prvoků, miliony bakterií, hlístic a dalších živočichů.

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů (společně se vzduchem a vodou), protože je nezbytná pro zelené rostliny, které jsou základem potravní pyramidy v terestrických ekosystémech (Duvigneaud 1988).

Zemědělství může být definováno jako věda a praxe v chování zvířat a pěstování plodin na organizované farmě (Gliessman, 1997). Jedná se o nejrozšířenější formu výroby ve světě, která poskytuje lidstvu zdroje obživy. Lidstvo je na této formě výroby závislé a jedná se o nejběžnější obhospodařování povrchu Země (Boháč a kol., 2006). Během posledních 50 let dochází díky nárůstu populace obyvatel Země, k nárůstu tlaku na produkci potravin, ke značné intenzifikaci zemědělství. To se projevuje vysokými dávkami pesticidů, minerálních hnojiv a využíváním těžké mechanizace (Tillman a kol., 2001 in Mikula J., 2012), což má často vliv na půdu a může vést k její degradaci.

Gliesmann (1997) rozlišuje tři základní typy zemědělství, s ohledem na jeho intenzitu:

- „zemědělství bez dodatku energie“ – to znamená, že se jedná o pastvu, nebo sklizeň rostlinných produktů
- „zemědělství s malým dodatkem energie“ – zde dochází k průběhu cíleného pěstování rostlin a jejich ochrany před škůdci či pleveli (nejčastěji se používá mechanická ochrana)
- „zemědělství s vysokými dodatky energie“ – zde se jedná o intenzivní konvenční zemědělství, které využívá pesticidy s intenzivním managementem, průmyslová hnojiva,
- V současné době ve světě převažuje zemědělství s vysokými dodatky energie, které je kvůli zvýšeným požadavkům na těžbu nerostných surovin a negativnímu vlivu na kvalitu půdy považováno za ekologicky neudržitelné.

## 2. Cíle práce

Cílem rešerše je zhodnocení způsobů zemědělského hospodaření a jejich vlivu na půdní živočichy a také zhodnocení úlohy půdní fauny jako bioindikátorů kvality půdy.

Cílem praktické části je zhodnocení vlivu bezorebného, konvenčního a ekologického zemědělství na žížaly a pozemní bezobratlé a porovnání těchto zemědělských systémů mezi sebou.

### 3. Literární rešerše

#### 3.1 Povaha půdy

Hlavním významem půdy pro lidský organismus je, že půda je médiem, který umožňuje růst rostlin. Slouží jako zdroj a továrna na přeměnu mnoha živin (Alexander, 1977). Studium biologického potenciálu půdy a její úrodnosti ve stěžujících podmínkách je klíčové jak z čistě vědeckého, tak i z praktického hlediska (Hofman, 1996).

Parkinson a Coleman (1991) došli k tomu, že půdní ekologie poskytuje nejcennější informace v rámci celého ekosystému planety, který zahrnuje biosféru a globální změny. Vzhledem k tomu, že půda není vůči svému okolí uzavřeným systémem, její stav a oživení je spjato se stavem celého ekosystému. Za pomoci sledování stavu původní bioty, může být posuzován stav kompletního terestrického ekosystému, z čehož vyplývá, že se na stresové faktory dá upozornit obvykle dříve, než když se například sleduje stav rostlinných společenstev (Parkinson, Coleman, 1991 in Hofman, 1996).

Velmi dobrým ukazatelem stavu půdní bioty je její hlavní složka, mikrobiální společenstvo (tzn. houby, bakterie a půdní řasy). Tento typ společenstva má klíčovou roli v cyklech živin a při rozkladu organické hmoty. V terestrických ekosystémech se nachází na začátku potravních řetězců. Mikrobiální společenstvo může být označeno za vynikající indikátor potenciálu půd, a to i za existence nepříznivých činitelů v půdním prostředí. Mikroorganismy dávají rychlou zpětnou vazbu na výskyt nepříznivých činitelů v půdě. Jedná se především o změnu parametrů mikrobiální biomasy (například kinetika nitrifikace, metanogeneze, aj.) Kterákoli změna může upozornit na hrozící snížení produktivity systému, zapříčiněním nepříznivých činitelů, jakými mohou být například nevhodné zemědělské zásahy (Škoda, Brokees a kol., 1985 in Ondrášek, 1994). Mikroorganismy tvoří největší část živé biomasy v půdě. Dostupnost mnoha živin závisí na metabolické aktivitě mikrobiálních společenstev, s tím je spojena i celková kvalita půdy. Tyto organismy mohou dále ovlivňovat přeměňování chemických látek v půdě změnami vlastností prostředí přímo i nepřímo. Ačkoli je povaha mikrobiálního společenstva různorodá, děje rozkladu látek jsou v podstatě totožné.

V současnosti dochází k nárůstu významu půdní mikrobiologie. Hlavním důvodem jsou možnosti hodnocení efektivit lesní a zemědělské rekultivace, hnojení, zemědělského obhospodařování, nebo vlivu genetických zásahů do organismů, které jsou vpraveny do půdy. Dále je pomocí ní možné monitorovat vlivy odlesňování, zasolování, eroze, nebo dalších antropogenních zásahů (Hofman, 1996).

## 2.2 Klasické konvenční zemědělství

Ve druhé polovině 20. století došlo ke globálnímu procesu, který je v zemědělství označován jako zelená revoluce. Za pomoci využití hnojiv, pesticidů a moderních technologií dochází k výraznému zvýšení efektivity produkce v zemědělské výrobě. Intenzivní zemědělství má nejen pozitiva (např. zvýšení produkce, snížení nákladů), ale i negativa (snižování diverzity) (VÚMOP, 2001). Dále web [www.vumop.cz](http://www.vumop.cz) uvádí, že vodní erozí je v České republice ohroženo až 42 % zemědělské půdy. Mezi další negativní vlivy intenzivního zemědělství patří například utužení, na které má vliv pojezd těžké mechanizace. S tímto souvisí i zhoršení schopnosti půdy v zadržování vody, změna její struktury. Intenzivní orba, zejména v teplých obdobích, má za následek rychlou mineralizaci organické hmoty, při níž dochází k úniku skleníkových plynů a úbytku živin a humusu v půdě.

Dalším příkladem může být kontaminace půdy či vody za použití průmyslových hnojiv a dalších agrochemických přípravků. Pěstování velmi nízkého počtu druhů plodin je hlavním znakem intenzivního zemědělství. Monokultury způsobují, že dochází ke snižování výrobních nákladů, a tím i ke snížení cen u zemědělských komodit na trhu. Škůdci jsou přitahováni poli s jednou, nebo dvěma plodinami. Jejich vyhubení vyžaduje velmi velké dávky herbicidů, pesticidů, insekticidů, apod. Ve světě se ročně vyrobí přibližně 2,5 miliony tun pesticidů, v České republice bývá použito více než 10 tisíc tun ročně. Z toho vyplývá, že se jedná přibližně o jeden kilogram pesticidů na osobu. V intenzivním zemědělství je spotřebováno velké množství hnojiv, protože půda ztrácí schopnost zadržovat živiny, a díky tomu také dochází ke splachování živin z polí do vodních toků, dochází k eutrofizaci, a v důsledku toho také k přemnožení sinic a zelených řas, které mohou být škodlivé jak pro život ve vodních nádržích a tocích, tak pro lidské zdraví. Insekticidy a herbicidy se také hromadí v půdě a v povrchových vodách a mohou negativně působit na necílové skupiny organismů, v některých případech i na člověka. Kromě insekticidů a hnojiv moderní zemědělství vyžaduje také velké množství energie a vody, které je nutné získávat z externích zdrojů, a to vede k dalším negativním důsledkům mimo zemědělské pozemky (Václavík T., 2003).

## Důsledky intenzivního zemědělství

Světová organizace pro výživu a zemědělství (FAO) zaznamenala, že za poslední století bylo ztraceno zhruba 75 % genové diverzity v zemědělství.

Do hlavních následků, které jsou spojeny s intenzivním zemědělstvím v krajině, se řadí:

- „Úbytek počtu druhů půdních mikroorganismů“ – je způsoben nedostatkem mezí, remíz-  
ků a stromů v krajině a naopak, nadbytkem chemikálií a nešetrným zpracováním půdy,  
dochází ke snížení úrodnosti půdy
- „Utuzení půd těžkými stroji“ – zde dochází k tomu, že voda se špatně vsakuje do země a  
odtéká, to vede k vodní erozi, povodním a problémům v období sucha
- „Snížení rozmanitosti života v krajině“ – zemědělství kvůli intenzifikaci je poznamenáno  
úbytkem mnoha druhů ptáků (například dudek, chřástal polní, koroptev) a hmyzu, dochá-  
zí k výraznému úbytku zajíců, někdejší bujné plevele se staly ohroženými, a u jiných do-  
šlo k přemnožení
- „Kontaminace vody a půdy“ – v USA bylo zaznamenáno, že u 90 % použitých pesticidů  
nedojde nikdy k zásahu cíle (Václavík T., 2003).

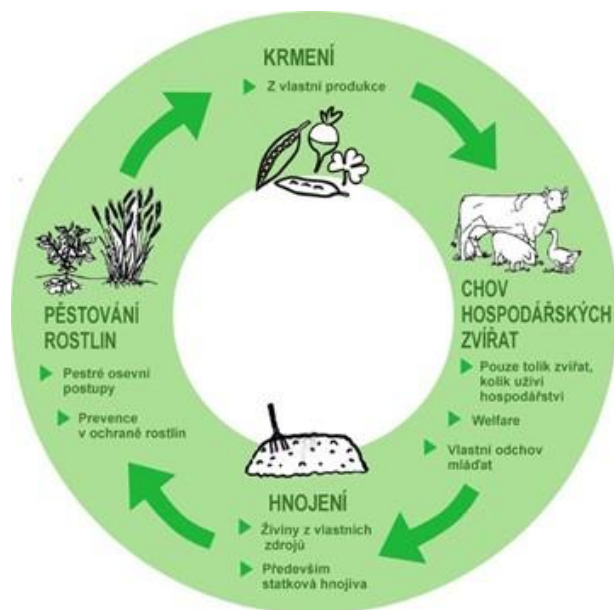
### 3.2 Ekologické zemědělství

Původní název ekologického zemědělství před rokem 1990 v České republice bylo alternativní, poté organické. Vznik tohoto zemědělství podnítila negativa zprůmyslněného zemědělství, které škodilo přírodě, a vyznačovalo se také špatným zacházením s hospodářskými zvířaty, ohrožovalo zdraví obyvatel a snižovalo kvalitu potravin (Urban J. a kol., 2005). Jedná se o moderní způsob obhospodařování půdy, kde se nepoužívají žádná umělá hnojiva, postřiky, hormony, umělé látky, ani jiné chemické přípravky. Zde není hlavním cílem kvantita produkce, ale naopak je zde prioritou kvalita. Toto zemědělství je založeno na ochraně životního prostředí, na etickém přístupu k chovaným zvířatům, na zachování a rozvoji biodiverzity, a jiné (Pfiffner, Balme, 2009). Mezi další může spadat například udržení zaměstnanosti v zemědělství a na venkově, ochrana zdraví populace, a podobně (Šarapatka a kol. 2006). Zdravá půda je základem pro ekologické hospodaření. Zlepšení kvality půdy lze docílit za pomoci organického hnojení, mezi ně patří například statková hnojiva, a tzv. zelené hnojivo (bobovité rostliny, svazenka), které se zpracovává do půdy. Dalším způsobem jsou šetrné zpracování půdy, anebo pestré osevní postupy (Mikula J., 2012).

Pretty (1998) formuluje, že mezi základní charakteristiky udržitelného zemědělství, patří:

- největší možné využití místních zemědělských praktik;
- nejmenší možné doplňující vstupy energie do systému;
- nejvyšší využití, kde patří například koloběh prvků, nebo regulace škůdců predátory;
- rovnováha mezi charakteristikou životního prostředí (např. klima) a produkcí;
- obsazení lokálních zemědělců a obyvatel ve všech procesech zemědělské produkce;
- kladení důrazu na sociální únosnost pro místní obyvatele (např. ceny produktů, míra zaměstnanosti, aj.).

Podle webu [www.nazeleno.cz](http://www.nazeleno.cz) je cílem ekologického zemědělství využití místních zdrojů a práce s uzavřeným koloběhem látek v přírodě. Jedná se tedy o koloběh: „zdravá půda → zdravé rostliny → zdraví lidí → nenarušená krajina“.



Obrázek 1 – Ekologie zemědělství, uzavřený koloběh (zdroj: Šánová P., 2013)

Za posledních několik desítek let se ekologické zemědělství stalo vhodnou alternativou ke klasickému zemědělství. Ekologicky ošetřovaná půda je významně zastoupena například v Číně, Austrálii, nebo Oceánii. Její rozloha neustále roste. V Evropě má ekologicky obdělávaná půda 21 % zastoupení z celkového množství (De Quincey, Eaton T., 1803).

### 3.3 Minimální orba

Minimalizace obdělávání půdy je v současnosti velmi probíraným tématem a názory na ní nejsou shodné. Příznivci minimalizační technologie kladou důraz na jejich pozitiva, mezi které patří například zvýšená schopnost půdy zadržet vodu, vyšší ochrana půdy před erozi, snížení nákladů na pohonné hmoty, nebo úspora pracovních sil či času. Naproti tomu odpůrci kritizují nedostatečné provzdušňování půdy v humidních oblastech, dále vyšší zaplevelení půdy s velkou spotřebou herbicidů a inhibiční dopad produktů na rozkládající posklizňové zbytky na mladé rostliny. Bez ohledu na odlišné názory v této problematice setí do neobdělané nebo lehce obdělané půdy v zahraničí je používáno několik desetiletí. V současné době se zvyšuje počet příznivců i u nás, ke kterým patří i řada zemědělců v námi vybrané oblasti (Budyně nad Ohří).

V tomto systému je zapotřebí zvýšit výsevky o 10 %, protože bez použití orby nebývá všechno osivo správně zapraveno a jeho části zůstávají ležet na povrchu. K eliminaci nedostatečného zapravení slouží například cambridžské válce, které slouží k odsunu většiny zbytků z řádků. Rostislav Jones má s tímto typem technologie kladné zkušenosti při setí pšenice, a zvažuje tuto technologii i k pěstování kukuřice. Jones se vyjadřuje k využití této technologie: *„Okolní zemědělské podniky sejí tímto způsobem kukuřici bez problémů. Protože sám nemá pro setí kukuřice potřebné technologie, nechal si letos, pouze kvůli srovnání, zasít specializovanou firmou část výměry kukuřice bezorebně. Kvůli neobvyklému roku, který neumožnil považovat dosažené výsledky za odpovídající, ale ve prospěch minimalizace mluví rozhodně nižší náklady.“* (Jones in Fuka, 2003). Odpověď na otázku, proč je bezorebné setí tak výhodné, není tak rozšířené, a je následující – jedná se o vysoké pořizovací náklady na technologii. Tento ekonomický a půdoochranný efekt bezorebného setí je z hlediska dlouhodobého charakteru pro půdu velmi žádoucí (Fuka, 2003).



## **Minimalizační technologie (bez orby)**

S tímto pojmem jsou spojeny následující postupy:

- Přímé setí;
- Půdoochranné zpracování půdy;
- Minimalizace s kypřením půdy do malé hloubky.

### **Přímé setí**

Jinak řečeno setí do nezpracované půdy – po sklizni předplodiny odpadá zpracování půdy, k setí je zapotřebí použít speciální secí stroje, seje se do pruhů nebo rýh. U tohoto způsobu není většina půdy mechanicky zasažena.

### **Půdoochranné zpracování půdy**

Jedná se o zpracování půdy, kde u této technologie zůstává po zasetí 30 % plochy půdy pokryto rostlinnými zbytky meziplodiny, nebo předplodiny. Hmotnost této biomasy se obecně uvádí zhruba  $1,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  v suché hmotě.

### **Minimalizace s kypřením půdy do malé hloubky**

Mělké kypření se provádí do hloubky 12–15 cm.

Pokud dojde k výskytu příznaku zhutnění, může se ornice jednorázově prokypřit hlouběji bez obracení (Hůla a kol., 2010).

### 3.4 Porovnání ekologického a konvenčního zemědělství

Ekologický zemědělec musí brát ohled na základní odlišnosti vůči konvenčním podmínkám. Obzvlášť v době konverze jsou porosty pod velkým tlakem škodlivých činitelů (hlavně plevelů). Jejich likvidace je zdlouhavá a obtížná. Dochází k pomalému uvolňování živin, (především dusíku), z půdy a je méně regulovatelné. Proces pěstování je více závislý na vlivech biotických faktorů a na stavu počasí (Urban J. a kol., 2003).

Ekologické zemědělství se od konvenčního liší v následujících bodech:

- Omezení ztráty živin při aplikaci;
- dochází k častějšímu pěstování jetelotráv pro omezení plevelů na orné půdě;
- využití co nejrozsáhlejší škály přirozených nepřátel pro likvidaci škodlivých činitelů;
- dochází k důkladnému a častému sledování porostu;
- každé pěstební opatření musí být správně načasováno;
- musí se dbát na zvýšenou pozornost a pečlivost při sklizni;
- hnojí se častěji a cíleně v menších dávkách organických hnojiv, která jsou doplněna o schválená minerální hnojiva. Jsou používána zelená hnojiva, mezi která patří hořčice, vojtěška nebo svazenka, dalším hnojivem může být hnůj z ekologických chovů;
- volí se vhodné druhy a odrůdy polních plodin, které jsou vhodné ke klimatickým a půdním podmínkám stanoviště, největší zastoupení mají plevele a jiní škodliví činitelé;
- střídání orby a minimalizačních technologií podle stavu zaplevelení půdy;
- důsledkem agrotechnických opatření je, že dochází ke zlepšení struktury půdy, za pomoci vyšší oživenosti a sorpce (Urban J. a kol., 2003).

## 3.5 Látky využívané v zemědělství

### 3.5.1 Pesticidy

Jedná se o chemické látky, které slouží k zamezení ztrát na zásobách potravin i krmiv a na kulturních rostlinách. Základní rozdělení podle biologické účinnosti je: insekticidy, herbicidy, fungicidy, rodenticidy, aj. S častým užíváním pesticidů vzniklo však i velmi mnoho potíží. Často se jedná o látky toxické pro organismy, nebo látky s jiným škodlivým působením na životní prostředí. Použití pesticidů, nebo jiných cizorodých látek v nadměrném množství, způsobuje zvýšenou zátěž organismu a ke zhoršení fyziologických procesů. V současnosti se pesticidy používají na 95 % zemědělské půdy. Účinek těchto látek má dopad na všechny složky biosféry – půda, vzduch, voda, ale i živočichové a rostliny (Arnika.org, 2014).

#### **Základní rozdělení pesticidů podle typu škůdce:**

- „*Akaricidy*“ – slouží k hubení roztočů;
- „*Algicidy*“ – slouží k hubení řas;
- „*Arborocidy*“ – slouží k hubení stromů a keřů;
- „*Avicidy*“ – slouží k hubení ptáků;
- „*Fungicidy*“ – ty slouží k ochraně před houbovými chorobami;
- „*Herbicidy*“ – jedná se o pesticidy, které slouží k hubení rostlin;
- „*Insekticidy*“ – slouží k hubení hmyzu;
- „*Molluskocidy*“ – k hubení měkkýšů;
- „*Piscicidy*“ – jedná se o přípravky k hubení ryb;
- „*Rodenticidy*“ – přípravky k hubení hlodavců (Řehořová, 2010).

#### **Základní požadavky, které musí být splněny:**

- 1) Dostatečná biodegradabilita;
  - 2) Endokrinní systém savců nesmí být ovlivňovaný;
  - 3) Rozdíl mezi toxicitou pro necílové a cílové organismy je vysoký;
- současné zemědělství se neobejde bez použití pesticidů, způsobuje, že dochází k zajištění vyšších výnosů, technickou, nutriční a senzorickou jakost produktů (cit.vfu.cz, 2014).

### 3.5.2 Herbicidy

Jedná se o přípravek, který je používán pro eliminaci nežádoucích rostlin, jako jsou invazivní rostliny, nebo plevel. Rozdělujeme je do dvou základních skupin: širokospektrální a selektivní herbicidy. S použitím selektivních herbicidů se likvidují pouze úzké skupiny rostlin. Totální herbicidy, jinak řečeno širokospektrální, likvidují z velké části vše, co roste na pozemku (selektivni-herbicidy.cz, 2016).

Pokud dojde k záměně totálního herbicidu za selektivní, následky záměny bývají fatální, neboť následky se nedají omezit ani zastavit. Dle zákona o ochraně rostlin je nutné používat pouze evidované herbicidy. Existuje seznam, který používá Státní rostlinolékařská správa, a uvádí se zde, jaký typ herbicidů může být použit na který typ porostů. Podle „*§ 46a odst. 3 písm. g) zákona je fyzická nebo právnická osoba při distribuci přípravků nebo dalších prostředků na ochranu rostlin povinna distribuovat přípravky povolené k profesionálnímu použití (zejména velkobalení) pouze osobám, které zajistí, že se přípravky bude nakládat pouze držitel osvědčení druhého nebo třetího stupně*“ (selektivni-herbicidy.cz, 2016). Znamená to, že tyto přípravky, které spadají do skupiny přípravků, které se používají k profesionálnímu použití, nesmí být prodány mezi běžné spotřebitele. Existují aktualizovaná balení v menším provedení, na které se daný paragraf nevztahuje.

### 3.5.3 Minerální a organická hnojiva

#### **Minerální hnojiva**

Jsou to látky, které vznikají v chemickém, báňském, hutním a stavebním průmyslu. Mají vysoký obsah živin, jedná se o koncentrovaná hnojiva. Jejich poměr živin je upravený. Dělí se do dvou základních skupin – jednosložková a vícesložková (kombinovaná, smíšená) (Černý J., 2011).

#### **Význam používání minerálních hnojiv v půdě**

- Zachování půdní úrodnosti;
- Doplnění živin;
- Zabraňování ztrátám živin (Černý J., 2011).

#### **Jednosložková minerální hnojiva**

Jsou to hnojiva, která obsahují dusík, fosfor, vápník a draslík.

Dusíkatá – jsou průmyslově vyráběná, v České republice se nejčastěji používá močovina (46 %), DAM (30 %), ledek amonný s vápencem (27 %), síran amonný (21 %) a ledek vápenatý (15 %);

Fosforečná – jsou to minerály, které se upravují v průmyslu, řadí se sem superfosfáty;

Draselná – pochází z draselných solí, jsou vytěženy a mechanicky upraveny, nejčastěji se používá – draselná sůl, kamex, kainit 11, síran draselný (jeho využití je hlavně u rajčat, cibule, vinné révy, okurek, apod.);

Vápenatá – získávají se také těžbou, po níž následuje mechanické úprava, tzv. „mletí vápenců“, využívají se tyto látky – Cukrovarnická šáma, Dolomit, Dolomitický vápenec, vápenec, v rozmezí od 18–35 % Ca, 0–13 % Mg (Černý J., 2011).

#### **Vícesložková minerální hnojiva**

U těchto hnojiv je typické, že obsahují více než jednu hlavní živinu (N, P, K). Tato hnojiva jsou jinak označována jako kombinovaná (sloučeniny, homogenní směsi), a smíšená (zde dochází k míchání hnojiv jednosložkových). U kombinovaných dochází k použití více živin, je to dáno z důvodu snížení nákladů na aplikaci. Zároveň jsou charakterizovány vyšším množstvím živin. Jejich aplikace je založena na používání granulí. Hlavní nevýhodou je vyšší cena těchto hnojiv a konstantní podíl jednotlivých živin (Černý J., 2011).

## Organická hnojiva

Jedná se o produkty vnitřního koloběhu v zemědělském podniku. Jsou to hnojiva obsahující vysoký podíl vody, mají velký objem a nízkou koncentraci živin. Zdrojem živin jsou zde organické látky (makroprvky a mikroprvky). Obsahují dostatečné množství stimulačních a růstových látek (Černý J., 2011).

### Význam používání organických hnojiv v půdě

- Recyklace živin v rámci zemědělského podniku;
- lepší transport a zadržování vody v půdě;
- vyšší schopnost pufrace;
- zlepšují fyzikální vlastnosti půd;
- kvalitnější iontová výměna a sorpce živin;
- zvyšují mikrobiální činnost (Černý J., 2011).

Organická hnojiva se dělí na stájová a ostatní.

#### Stájová hnojiva

Močůvka – zkvašená moč, která se nezachytí ve stelivu, často s rozpuštěnými výkaly;

Hnůj – vzniká zráním na hnojišti z chlévské mrvy;

Hnojůvka – tekutina, která je vyplavována z hnoje;

Kejda – směs pevných výkalů a moče se zbytkem technologické vody a zbytků krmiv;

#### Ostatní:

Vedlejší produkty – například nať, sláma, chrást;

Komposty – směs minerálních a organických látek, obsahující půdní mikroflóru;

Zelené hnojení – pěstování rychle rostoucích rostlin a pozdějšímu zaorávání do půdy;

Kompostovaná chlévská mrva – směs pevných výkalů, moče, steliva, zbytku krmiv a vody (Černý J., 2011).

Organická hnojiva jsou pro půdu zpravidla lepší než minerální, protože obsahují velké množství uhlíku, ale může dojít k úniku živin do vzduchu nebo vody, k čemuž dochází například při ponechání hnoje na povrchu půdy.

### 3.6 Úloha půdních organismů v půdě

Mezi hlavní zdroje organické hmoty vstupující do půdy patří rostliny, a to jak odumřelé části, tak kořenové výměšky. Dochází k rozkladu organické hmoty činností půdních bakterií, hub. Mikroskopičtí živočichové žijící v půdě, se zúčastňují vlastní dekompozice méně, jsou však považováni za významné predátory mikroflóry a jsou schopni ovlivnit její populační dynamiku, a zároveň i dekompoziční účinnost. Půdní makrofauna neboli velcí živočichové, kteří jsou vidět pouhým okem, mají malou asimilační účinnost, a nejsou schopni využít velkou část použité organické hmoty, kterou pouze přetransformují do exkrementů (které poté spoluutváří humus). Makrofauna je také známa tím, že může nepřímo podstatně ovlivnit přeměnu organické hmoty tak, že způsobí změnu životních podmínek pro půdní mikroflóru, a tím ovlivní i její aktivitu. Vzájemné působení mezi makrofaunou a mikrofaunou, včetně jejich významu při transformaci organické hmoty, je v současnosti v centru pozornosti půdních biologů a ekologů (Frouz, 2010, s. 490–492).

#### **Edafon**

Tento pojem poprvé zmínil v roce 1913 Němec Raul Heinrich Francé, který vydal knihu „Das Edaphon. Untersuchungen zur Oekologie der bodenbewohnenden Mikroorganismen.“ V českém překladu Edafon znamená „živěna půdní“. V současnosti se jedná o soubor organismů, které se volně vyskytují v půdě. Neřadí se sem semena ani kořeny vyšších rostlin.

Základní rozdělení těchto půdních organismů je na fytoedafon a zooedafon. Do fytoedafonu spadají příslušníci hub, nižších rostlin, bakterií a Archeí. Do zooedafonu patří zástupci živočichů a prvoků. Zooedafon se dále dělí dle místa výskytu.

**Epigeon** – jedná se o souhrnné označení druhů, které jsou na povrchu půdy a hrabanky. Mezi typické zástupce patří slíd'áci, stínky, střevlíci a štírci;

**Hemiedafon** – jedná se o souhrnné označení druhů, kteří se nachází na svrchní vrstvě půdy. Patří sem menší druhy mnohonožek a stonožek, nebo řada druhů stonožek a chvostostoků;

**Euedafon** – toto označení je pro druhy, kteří jsou nálezáni hluboko v půdě. Jedná se o takzvané anektické žížaly, krtky, zemivky, a podobně (Tuf, 2013).

### 3.7 Význam půdních organismů jako indikátorů kvality prostředí

Základní podmínky, které musí splňovat bioindikační organismy jsou – musí být splněna vysoká ekologická valence organismu, výskyt na různých typech stanovišť, úzká vazba na prostředí a senzitivita na změny. Mezi další nároky patří například snadná determinovatelnost organismu, známé geografické rozšíření a ekologické nároky (Vávrová a kol., 2003). Bioindikátory jsou využívány jak pro kvalitativní, tak i kvantitativní definování faktorů životního prostředí, nebo ke stanovení celého komplexu (Bick, 1982). Pro bioindikační organismy je typické, že mají schopnost vylučovat v různém prostředí různé situace (jako je například znečištění, změna krajiny) (Giampietro a kol., 1997). Dalším typem indikátorů znečištění jsou sentinelové organismy. Tento druh organismu ve svém těle hromadí polutanty z prostředí. Pomocí analýzy jejich tkání je umožněno relevantně odhadnout obsah polutantů v prostředí. Dále musí splňovat podmínku silné korelace mezi obsahem polutantu v těle a prostředí. Musí snášet maximální zatížení a být schopný rozmnožování (Helawell, 1986).

V poslední době dochází k velkému ohrožení biologické rozmanitosti a kvality půdy, způsobené především intenzifikací zemědělství. V současnosti je mnoho diskuzí na téma vliv zemědělských systémů na biologickou rozmanitost, například se vedou spory o tom, zda má ekologického zemědělství pozitivní vliv na životní prostředí (Hole a kol., 2005). Ke zjištění vlivu zemědělského obhospodařování na půdu se využívají někteří půdní živočichové (Paoletti, 1999). Mezi základní faktory indikace, pro které lze využít půdních bezobratlých, patří obsah reziduí pesticidů v půdě, obsah těžkých kovů, či zemědělský management (Paoletti a kol., 1991).

Z jednoduchých organismů se používají prvoci (Protozoa) (Foissner, 1999). Foissner (1999) dále uvádí, že „měňavky (*Amoebina*) jsou velmi citlivé na způsob, jakým se na daném území hospodaří“ Počet měňavek je významně menší na plochách obhospodařovaných konvenčním způsobem v porovnání s plochami, kde se využívá ekologický způsob hospodaření. Zároveň nebyl ve stejném pokusu zjištěn negativní dopad konvenčního vůči ekologickému způsobu hospodaření na společenstvo žížal (*Lumbricidae*). Žížaly jsou často používány jako indikační skupina živočichů, na které mohou silně působit různé typy zemědělských opatření. Jedná se například o hnojení, použití pesticidů, a jiné (Paoletti, 1999). Pro indikaci znečištění těžkými kovy se používají suchozemští stejnonožci (*Isopoda: Onoscoidea*). Úhyn suchozemských stejnonožců, nebo snížení počtu jedinců, je často způsobeno kontaminací půdy těžkými kovy (Paoletti a kol., 1993 in Jones and Hopkin, 1996). Dále jsou často využívány organismy, které se vyskytují na vrcholu trofického řetězce, jako jsou pavouci (*Aranea*) nebo střevlíkovití (*Carabidae*). Pavouci jsou používáni jako



ukazatelé biologické kvality, neboť jejich výskyt je podmíněn počtem a kvalitou živočichů, jež jsou jejich kořistí (Paoletti a kol., 1991).

Půdní organismy jsou přímo odpovědnými za děje, které probíhají v půdním ekosystému, a to hlavně v koloběhu živin, nebo při rozkladu organické hmoty v půdě (Wardle a Giller, 1997). Je tedy patrné, že z celkového složení půdních bezobratlých, u kterých není zapotřebí znalosti stanoviště, kde byli tyto bezobratlí vzorkováni, tak díky jejich ekologickým nárokům a biondikační schopnosti v asociaci, snadno určíme vlastnosti stanoviště, kde došlo k jejich odchytu. Pokud dojde k absenci těchto živočichů v nějaké lokalitě, lze usuzovat na nějakou ekologickou zátěž prostředí (Mikula J., 2012).

### 3.8 Působení zemědělského managementu na půdní faunu a její společenstva

Jak již bylo zmíněno, použití odlišných typů zemědělských managementů rozvíjí širokou škálu možností ke zkoumání dopadů druhů hospodaření na půdní faunu. Není pochyb, že jednotlivá agrotechnická opatření, jako je používání pesticidů, statkových hnojiv, mechanická likvidace plevelů a hnojení minerálními hnojivy, může značně ovlivnit složení společenstva půdních bezobratlých kvůli jejich citlivosti na uskutečněná opatření. Fyzikální disturbance, kterou je například orba, je hlavním faktorem, který ovlivňuje druhovou diverzitu a biotickou aktivitu v agrosystémech (Altieri, 1999). U členovců je diverzita vysoce korelována s množstvím druhů, kvetoucích rostlin (Duelli a Obrist, 1998).

Jednotlivé studie, které se zabývají vlivem zemědělského managementu na biodiverzitu, se ve výsledcích odlišují, ačkoliv metaanalýza shrnující poznatky z mnoha studií dokládá pozitivní vliv ekologického zemědělství (Hole a kol., 2005 in Mikula J., 2011). Ač v některých jednotlivých studiích se uvádí, že neexistuje rozdíl mezi oběma typy obhospodařování, nebo dokonce poukazují na pozitivní vliv konvenčního zemědělství. Existuje rozdíl mezi jednotlivými zemědělskými managementy u brouků (Coleoptera), kde došlo k tomu, že v jednom roce byla společenstva početnější ve zemědělství konvenčním a ve druhém roce v ekologickém. Z toho je zřejmé, že zemědělský management není pro tato společenstva jediným faktorem, který je ovlivňuje (Fuller a kol., 2005). Dále Fuller a kol. (2005) uvádí, že *„velký počet ekologických farem je izolovanou jednotkou uprostřed konvenčně obhospodařované krajiny, s poměrně nízkou heterogenitou, ta významně ovlivňuje druhovou kolonizaci těchto ekologických farem“* (Fuller a kol., 2005).

### 3.8.1 Působení zemědělského managementu na jednotlivé skupiny půdních členovců:

#### 3.8.1.1 společenstva brouků

Brouci, latinsky Coleoptera, jsou jedním z dominantních společenstev hmyzu v zemědělských půdách. Mají vysoký bioindikační potenciál – např. čeledi slunéčkovitých (Coccinellidae) (Iperti, 1999) drabčíkovitých (Staphylinidae) (Bohac, 1986, 1990 in Bohac a Ruzicka 1988, Bohac, Ruzicka 1994) a střevlíkovitých (Carabidae), jenž, jsou nejvíce studované v agrosystémech (Paolletti, 1999). Vyšší rozmanitostí střevlíkovitých brouků na ekologických variantách se zabývají dvě studie. První studie se jmenuje Langmaack a kol. 2001 a druhá studie Kromp 1999. Obě se vyskytují i ve zmíněné metaanalýze (Hole a kol., 2005 in Mikula J., 2011). Z celkových 21 vědeckých studií, které se zabývají problematikou vlivu konvenčního a ekologického zemědělství na biodiverzitu v letech 1981 – 2005 u 13 studií byl oznámen pozitivní efekt ekologického zemědělství, u pěti konvenčního zemědělství a u tří studií nedošlo k prokázání rozdílu mezi managementy (Fuller a kol., 2005).

#### 3.8.1.2 společenstva pavouků

Pavouci, latinsky Aranea, jsou zajímavým taxonem. Existuje mnoho studií, zabývajících se vlivem zemědělského managementu na životní prostředí, které se zaměřují na společenstva pavouků. Sedm studií poukazuje na pozitivní efekt ekologického zemědělství na hojnost pavouků (Hole a kol., 2005 in Mikula J., 2011). Naproti tomu Berry a kol. (1996) poukazuje na existenci pouze malých, nebo žádných rozdílů v početnosti pavouků v závislosti na managementu. U dvou studií nebyl nalezen žádný rozdíl mezi jednotlivými managementy (Berry a kol., 1996).

#### 3.8.1.3 společenstva stonožek

Stonožky, latinsky Chilopoda, patří do jedné ze skupin, u kterých je známo, že nejsou taxonem citlivým na způsob zemědělského hospodaření (Berry a kol. 1996, Blackburn a Arthur 2001). Byla provedena studie, kde bylo odchyceno celkem 54 jedinců, z čehož se v ekologické variantě odchytily 28 jedinců v ozimé pšenici, 4 jedinci v ekologické variantě byli odchyceni v ozimé řepce. Z celkových 54 jedinců stonožek, byly zastoupeny pouze 2 druhy – *Geophilus flavus* (DeGeer, 1778 in Mikula J., 2011) vyskytující se pouze v půdních vzorcích, a *Lithobius microps*. (Meinert, 1868 in Mikula J., 2011), a tito se vyskytovali nejen v půdních vzorcích, ale i v zemních pastech. Tuf a Tufová (2008) zařazují oba tyto druhy, které mají rozsáhlou ekologickou valenci, a často je člověk nalézá na biotopech, které byly ovlivněny lidskou činností, jako jsou například pole. Z celkových počtů 54 jedinců měl dominantní zastoupení *Lithobius microps*

(41). Tento druh byl odchycen na všech typech půdy. *Geophilus flavus* nalezen pouze na ekologické ozimé řepce, což bylo zapříčiněno celkově malým množstvím stonožek, které se podařilo odchytit (Tuf a Tufová, 2008).

#### 3.8.1.4 společenstva mnohonožek

Mnohonožky, latinsky Diplopoda, zpravidla nejsou ovlivněny zemědělským managementem. Protože jsou mnohonožky konzumenti odumřelých hmot, jejich početnost je významně ovlivněna výskytem mrtvé organické hmoty (Berg a Hemerik, 2004, Ožanová 2001). Byl proveden výzkum, kde bylo odchyceno 1113 jedinců. Většina pocházela ze zemních pastí (1037). Na polích, kde byla vyseta ozimá řepka, bylo odchyceno 547 jedinců. Na polích s ozimou pšenicí bylo 490 jedinců, tento údaj se shoduje s údaji o množství organické hmoty a následné početnosti mnohonožek. V ekologickém hospodaření bylo odchyceno 408 jedinců, naproti tomu v konvenčním hospodaření se jednalo o 629 jedinců (Mikula, 2012). Tento výsledek se však neshoduje se studií Klingera (1992), jenž uvádí: „*mnohonožky dosahují vyšší početnosti na polích s ekologickým způsobem hospodaření, na kterých se nepoužívají pesticidy*“ (Klinger, 1992).

#### 3.8.1.5 společenstva sekáčů

Sekáči, latinsky Opiliona, jsou zřídka studovanou skupinou ve vztahu k vlivu zemědělského managementu na půdu. Mikula (2009) prokázal pozitivní působení ekologického zemědělství na společenstva sekáčů. Celkem bylo odchyceno 55 jedinců, kde převládajícím druhem byl *Opilio parietinus* (51), tento je v ČR obvyklým druhem a je vyskytuje se po celém území (Šilhavý, 1956). Mezi další zaznamenané patří *Phalangium opilio* (jednalo se o 3 jedince) a *Leiobunum rupestre* (Herbst, 1799) a jednalo se pouze o 1 jedince. Co se týká druhové diverzity, nejvyšší byla konvenčně obhospodařované pšenici, jen *Opilio parietinus* měl větší zastoupení v prostorech řepky než v porostech pšenice (Herbst, 1799).

### 3.9 Půdní kroužkovci (žížaly)

Žížaly hrají důležitou roli v životě lidí a bývají také často označovány jako ekologičtí inženýři (Double and Brown, 1998). V současné době je známo přes 2500 druhů žížal a odhaduje se, že dalších 2000 druhů je nepopsáno (Pižl, 2002). Žížaly jsou bezobratlí živočichové, kteří většinu svého života stráví pod zemí, protože ultrafialové paprsky pro ně bývají často smrtelné. Vyskytují se na všech kontinentech (Pižl, 2002, Kula a Švarc, 2011).

#### 3.9.1 Rozdělení žížal

Žížaly se rozdělují do třech základních skupin, je to dáno stravou a částí půdního profilu, kde žijí:

- Epigeické – které žijí na povrchu;
- Endogeické – které žijí pod povrchem;
- Anektické – které žijí v hlubinnách;

Epigeické patří mezi nejmenší druhy. Nevytváří chodbičky, žijí na povrchu v malé hloubce, vylézají na povrch. Jsou chráněny tmavě růžovým až hnědým zbarvením proti ultrafialovým paprskům, ale stejně dokáží přežít pouze po dobu 15 minut na světle. Čelí vysokému predančnímu tlaku, a proto žijí krátce, zhruba jen 1-3 roky. Dokáží přežít období sucha ve stadiu kokonu (Römbke a kol., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche a kol., 2007).

Endogeické žížaly žijí v hlubších vrstvách půdy. Vytváří horizontální chodby, které jsou krátké a mají krátkou životnost. Mají průsvitnou pokožku, která má bělavou barvu. Na světle přežijí několik málo minut. Jejich pohyb je velice pomalý. Nemají, tak silný predanční tlak, jako druhy epigeické. Živí se organickými zbytky, které se nacházejí pod zemí. Ze země vylézají jen v době páření nebo, jsou-li vyplaveny deštěm. Pokud nastane období sucha, upadnou do diapauzy (Römbke a kol., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche a kol., 2007).

Anektické jsou schopné vytvářet až 3 metry dlouhé systémy chodeb, budují je vertikálně a do hloubky. Těla mají dlouhá, přední konec těla a hřbet je tmavě zbarvený, ostatní části světle růžové. Pomocí tmavé části těla pátrají po potravě, kterou později vtahují do chodbiček. Tento jev je proto významný, protože pomocí organických zbytků dochází k tomu, že je půda obohacována o humus i v hlubších vrstvách. Pokud dojde k období sucha, pak tyto žížaly upadají do klidového stádia (Römbke a kol., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche a kol., 2007).

### 3.9.2 Podmínky pro výskyt žížal v půdě a velikost jejich populace

Jakýkoli druh má své vlastní specifické požadavky na vybrané charaktery a kvalitu půdy. Mezi nejdůležitější požadavky patří teplota, vhodná vlhkost, kvalita potravních zdrojů a jejich množství, půdní textura a půdní reakce (Pižl, 2002). Velikost populace u žížal bývá velice proměnlivá (Edwards and Bohlen, 1996) a je závislá na řadě faktorů. Mezi faktory ovlivňující velikost populace patří například půdní typ, teplota, pH, vlhkost, ale nejdůležitějším je snadný přístup k organickým látkám. Potrava pro žížaly je také utvářena činností mikroorganismů a jejich interakcí s organickou hmotou (Edwards, 2004).

Velikost populace se vyjadřuje číselně (abundance) nebo hmotnostně (biomasa). Používání číselného vyjádření může být někdy zavádějící, protože zde nerozlišujeme velikost jedinců, která by mohla hrát důležitou roli v půdě. Vhodnější je tedy vyjádření pomocí biomasy, ale i to může vést k mylným závěrům. Populace se tedy nejlépe vyjadřuje, jak pomocí biomasy, tak abundance (Edwards and Bohlen, 1996).

Žížaly mají veliký okruh predátorů, zejména to jsou zástupci obratlovců. Bývají také napadeny různými druhy patogenů a parazitů. Loví je především různé druhy ptáků, jako mohou být například špačci, drozdi, vrány, kosi atd. Existují druhy ptáků, kteří jsou ohroženi a živí se žížalami. Klíčem pro jejich zachování bývá ponechání vhodného stanoviště, kde se vyskytují žížaly v hojném počtu. Dalšími predátory mohou být savci. Nejčastěji to jsou to rejsci, ježci, jezevci a nejčastěji to bývají krtek, ti jedí poměrně velké množství žížal (Sims and Gerard, 1999).

Mezi další limitující faktory patří půdní vlhkost. Existují ideální vlhkostní podmínky, které jsou 40-60 % maximální kapacity vody v půdě. Tolerance je možné vypočítat v různých geografických oblastech (Pižl, 2002).

Teplota dokáže značně ovlivnit například dýchání, rozmnožování i růst žížal (Lee, 1985; Edwards and Bohlen, 1996). Jako ideální teploty se uvádí v intervalu od 10-15 °C, vyšší teploty pouze u epigeických druhů žížal. Teplota, stejně jako vlhkost je závislá na zeměpisné šířce. U většiny žížal existuje spodní hranice, která se pohybuje kolem bodu mrazu (Pižl, 2002).

Dalším limitujícím faktorem je pH. Existují druhy, kterým vyhovuje kyselé prostředí, zatímco jiným vyhovovat nemusí a mohou ho nesnášet (Edwards and Bohlen, 1996). Valná většina jich je však neutrofilních. Jako ideální rozpětí se udává 6-7 pH. Velké množství druhů však dokáže tolerovat široký rozsah pH (Pižl, 2002).

Textura půdy také významně ovlivňuje velikost populace žížal a druhové složení. U většiny druhů bývá upřednostňována hlinitopísčité až hlinitá půda. Například u štěrkovitých typech půd je jejich vyskytování limitováno z důvodu abraze (rozrušení povrchu půdy a její následné uvolňování jednotlivých částí) a vyschnutí. Žížaly chybí také v silně jílovitých půdách, protože se zde vyskytují zejména po dešti a záplavách anaerobní podmínek (Pižl, 2002).

Další faktory, které nepatří mezi nejdůležitější, nicméně mohou být za určitých podmínek pro žížaly také limitující, je to například: koncentrace solí, utužení půdy, obsah CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, světelné záření atd (Pižl, 2002).

### 3.9.3 Význam žížal na kvalitu půdy

Žížala je pomocník, kterým žádný zemědělec nepohrdne. Pomocník, za kterého nemusí platit, který pracuje zdarma. Důsledně zpracovává půdu, podporuje růst rostlin, zlepšuje dosažitelnost živin pro rostliny a živí se zbytky rostlin. Žížaly se obecně živí organickým materiálem, kterým může třeba být chlévský hnůj nebo rostlinné zbytky a také části půdy. Přispívají k dobré struktuře ornice díky tomu, že jejich výkaly mají vysoký obsah živin. Důležitou činností žížal je také zatahování organické hmoty do hlubších vrstev a transport živiny. Žížaly jsou schopné při budování chodbiček zpracovat každoročně na jednom hektaru tunu zeminy. Jejich chodby jsou vyhledávaným prostorem pro kořeny rostlin a vývoj půdních mikroorganismů, které tam mají snadný přístup k živinám. Je tu tedy vztah mezi houbami, kořeny rostlin, mikroorganismy a žížalami. V České republice můžeme nalézt kolem 300 žížal na 1m<sup>2</sup> zemědělsky využívaných pozemcích, to představuje zhruba 3 miliony jedinců žížal na hektar. Pokud to přepočteme na biomasu, hmotnost žížal se pohybuje od 500 do 1000 kg na jeden hektar (Pommeresche a kol., 2007).

Mimo jiné dokáží zlepšit strukturu půdy, zlepšit její produktivitu a zvýší úrodnost půdy tím, že urychlují rozklad organické hmoty a rostlin, ze kterých se následně uvolňují živiny, které mají k dispozici rostliny (Lee, 1985). V řadě výzkumů je uvedeno, že druhové složení společenstva žížal může sloužit jako indikátor daného půdního typu (Edwards and Bohlen, 1996).



## 4. Metodika

### **Popis oblasti**

Byl proveden výzkum v okolí města Budyně nad Ohří, které patří do nížinaté oblasti, kde převažuje zemědělská činnost. Půdním typem zde jsou černozemě, tedy vysoce úrodné půdy. Oblast Budyně patří do řepařské oblasti.

### **Hospodaření na jednotlivých polích**

V rámci výzkumu jsem se zaměřil na zkoumání způsobu hospodaření u více druhů zemědělství. Výzkum byl proveden na polích s ekologickým, konvenčním a bezorebným (minimalizačním) způsobem hospodaření. Výzkum byl prováděn na polích s ozimou pšenicí v průběhu března a dubna 2016.

U konvenčního hospodaření se každý rok využívá orba s radličným pluhem, biomasa meziplodin, rostlinné zbytky předplodin a nadzemní části plevelů jsou při orbě zaneseny do půdy. Co se týká osevních postupů, ty jsou následující: pšenice ozimá a jarní, mák, kukuřice, řepka, ale není použita žádná meziplodina.

Osevní postupy u ekologického zemědělce jsou odlišné, střídá tyto plodiny: pšenice ozimá, pšenice špalda, žito, mák, vojtěška a každé 3 roky zařadí zelené hnojení. V tomto osevním postupu se jako meziplodina používá svazenka nebo hořčice.

Bezorebné hospodaření používá následující plodiny: kukuřice, pšenice a řepka. Nevyužívá žádné meziplodiny. U tohoto systému dochází k orbě jednou za 3-4 roky (před zasetím kukuřice), mezitím se používá jen mělké zpracování půdy, posklizňové zbytky zůstávají na povrchu půdy.

### **Sběr živočichů**

Za pomoci zemních pastí byly odchytávány bezobratlí živočichové, dále bylo na každém poli vykopáno pět půdních sond, 25 x 25 x 25 cm, které sloužily k sběru žížal.

Žížaly jsme z každé sondy vybrali ručně a roztřídili je do ekologických skupin – endogeické, epigeické a anektické.

Zemní pasti byly vyrobeny z plastových lahví, kde jsme odstříhli spodních 15 cm, poté i vršek. Do každé nádoby jsme nalili 0,5 l 30% roztoku octa ve vodě a nasypali zhruba 10g kuchyňské soli, aby byli odchycení živočichové zakonzervováni. Po uplynutí 1 měsíce byly zemní pasti vyzvednuty, následně došlo ke spočítání bezobratlých v jednotlivých zemních pastech a jejich roztřídění do skupin – řádů nebo čeledí.

## **Laboratorní analýzy**

V laboratoři bylo měřeno pH půdy a obsah celkového uhlíku a dusíku. pH jsme měřili laboratorním pH-metrem, v půdním výluhu v destilované vodě.

### **CN analýza**

Vzorky jsme usušili, nadrtili a přeseli na 1 mm sítu, navážili přibližně 2g (přesná váha byla zaznamenána přímo do programu) a dali do CN analyzátoru, který měří obsah prvků uhlíku a dusíku tím, že vzorek spálí za vysoké teploty a poté chromatograficky stanoví koncentraci jednotlivých prvků. Správná příprava vzorků je nezbytná pro analýzu obsahu uhlíku a dusíku. Tři důležité kroky pro analýzu: sušení, mletí a vážení.



Obrázek 2 Město prováděného výzkumu (zdroj: <https://mapy.cz/zakladni>)



Obrázek 3 Oblast prováděného výzkumu (zdroj: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>)

## 5. Výsledky výzkumu

### 5.1 Početnosti pavouků (Araneae)

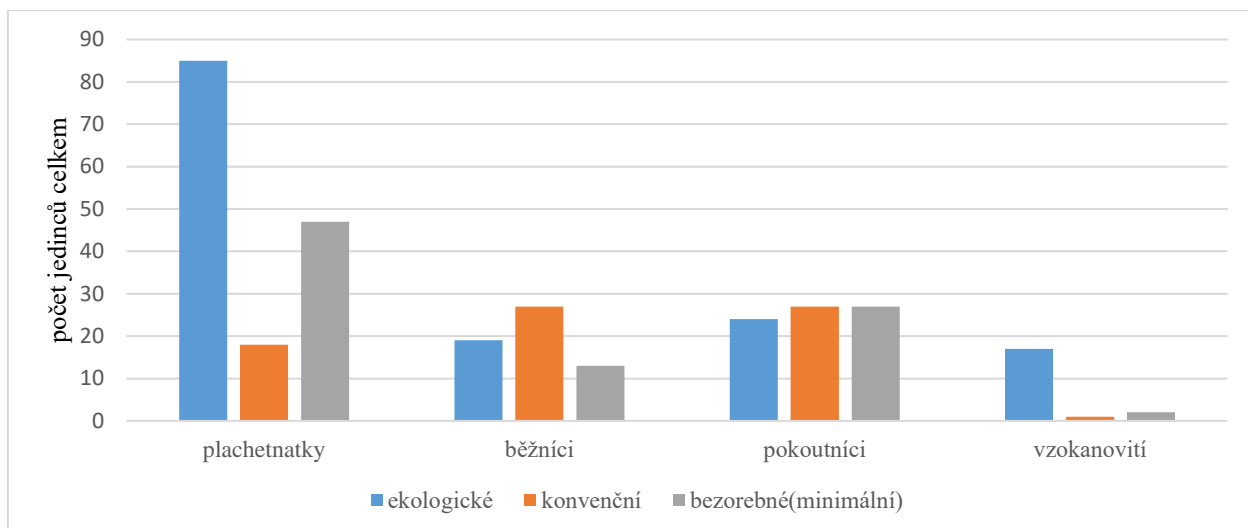
Na konvenčně obhospodařovaném poli, byly odchyceny 4 čeledě pavouků – běžníkovití (Thomisidae), pokoutníkovití (Afalenidae), plachetnatkovití (Linyphiidae) a vzokanovití (Qonopidae). Nejvíce zastoupeni byli běžníci a pokoutníci, kde jejich počet dosahoval u obou čeledí 27 kusů. Další odchycenou skupinou byly plachetnatky, kterých se povedlo odchytit 18. Nejméně bylo vzokanovitých, kde se odchytil pouhý jedinec.

Na ekologicky obhospodařovaném poli se odchytily taktéž 4 čeledě pavouků, kteří byli zastoupeni následovně. Vůbec nejpočetnější skupinu tvořili plachetnatky, kterých se podařilo odchytit 85 jedinců. Následovali pokoutníci, kterých bylo 24. Nejméně početné skupiny byly skupiny běžníkovití, kterých bylo 19 jedinců a vzokanovití s 17 jedinci.

U bezorebného způsobu hospodaření se do zemních pastí odchytily rovněž 4 čeledě pavouků, kde největší část tvořily stejně jako u ekologického zemědělství plachetnatky, kterých bylo odchyceno 47 jedinců. Druhou nejpočetnější skupinou byli pokoutníci s 27 jedinci. Mezi méně početné skupiny patřili běžníci se 13 jedinci a vzokanovití se 2 jedinci.

Ekologické		Konvenční		Bezorebné (mini-mální)	
Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců
plachetnatky	85	plachetnatky	18	plachetnatky	47
běžníci	19	běžníci	27	běžníci	13
pokoutníci	24	pokoutníci	27	pokoutníci	27
vzokanovití	17	vzokanovití	1	vzokanovití	2

Tabulka 1 Zastoupení pavouků (zdroj: vlastní)



Graf 1 Zastoupení jednotlivých čeledí pavouků v polích s různými typy hospodaření (zdroj: vlastní)

## 5.2 Početnosti ostatních půdních bezobratlých

### 5.2.1 Brouci

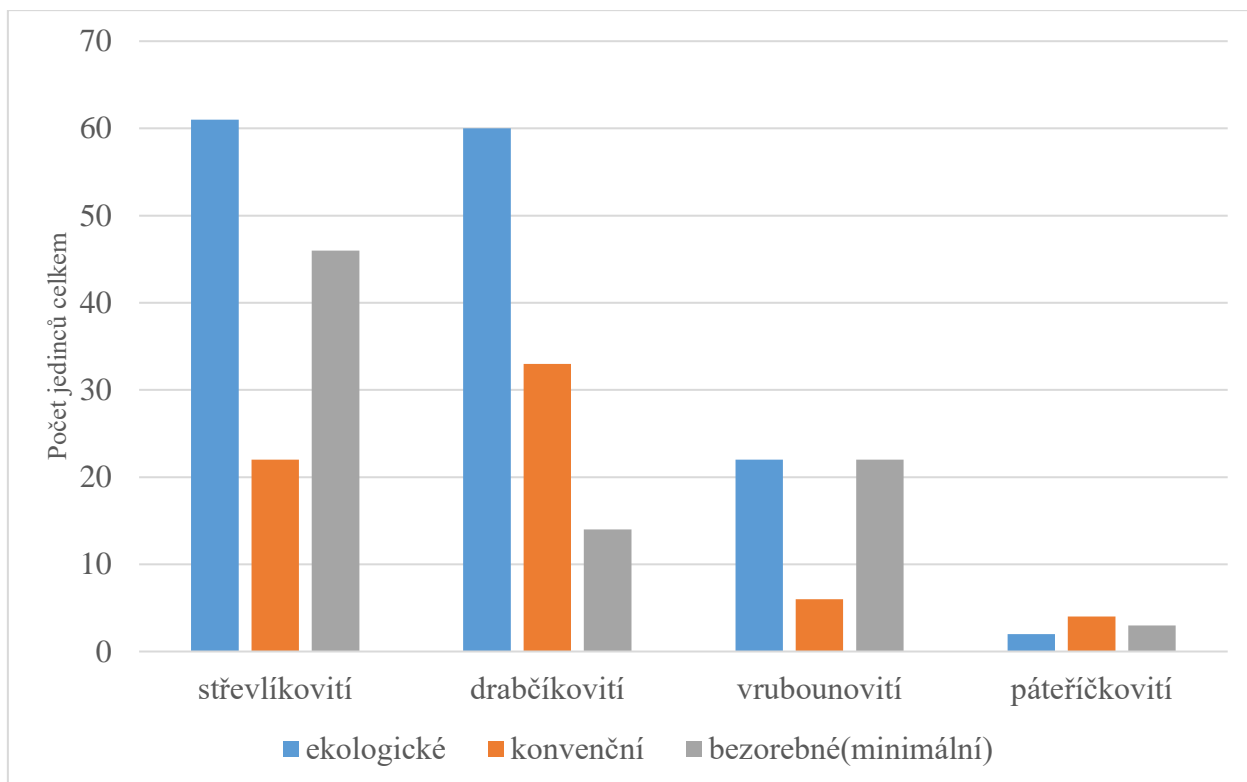
Nejvíce zástupců brouků v klasickém konvenčním hospodaření měli drabčící s 33 jedinci. Jako další více početné skupiny patří střevlíkovití, kterých bylo 22 jedinců, nejméně početné zastoupení v zemních pastech měli zástupci vrubounovitých s 6 jedinci a páteříčkovitých se 4 jedinci.

Nejvíce zastoupenou čeledí půdních bezobratlých v ekologickém způsobu hospodaření byli střevlíkovití, kterých se odchytilo 61 jedinců a drabčikovití s 60 jedinci. Vrubounovití byli zastoupeni v počtu 22 jedinců. Dále se zde vyskytli páteříčkovití po 2 jedincích.

Na bezorebném způsobu hospodaření byly odchyceny též 4 druhy brouků, přičemž nejpočetnější skupinu tvořili střevlíkovití se 46 jedinci. Vrubounovití měli zastoupení v počtu 22 jedinců, drabčící 14 jedinců. Nejméně početnou skupinu tvořili jako u předešlých typů hospodaření páteříčkovití se 3 jedinci.

Ekologické		Konvenční		Bezorebné (minimální)	
Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců
střevlíkovití	61	střevlíkovití	22	střevlíkovití	46
drabčikovití	60	drabčikovití	33	drabčikovití	14
vрубounovití	22	vрубounovití	6	vрубounovití	22
páteříčkovití	2	páteříčkovití	4	páteříčkovití	3

Tabulka 2 Zastoupení brouků (zdroj: vlastní)



Graf 2 Zastoupení nalezených čeledí brouků v polích s různými druhy hospodaření. (zdroj: vlastní)

### 5.2.2 Ostatní

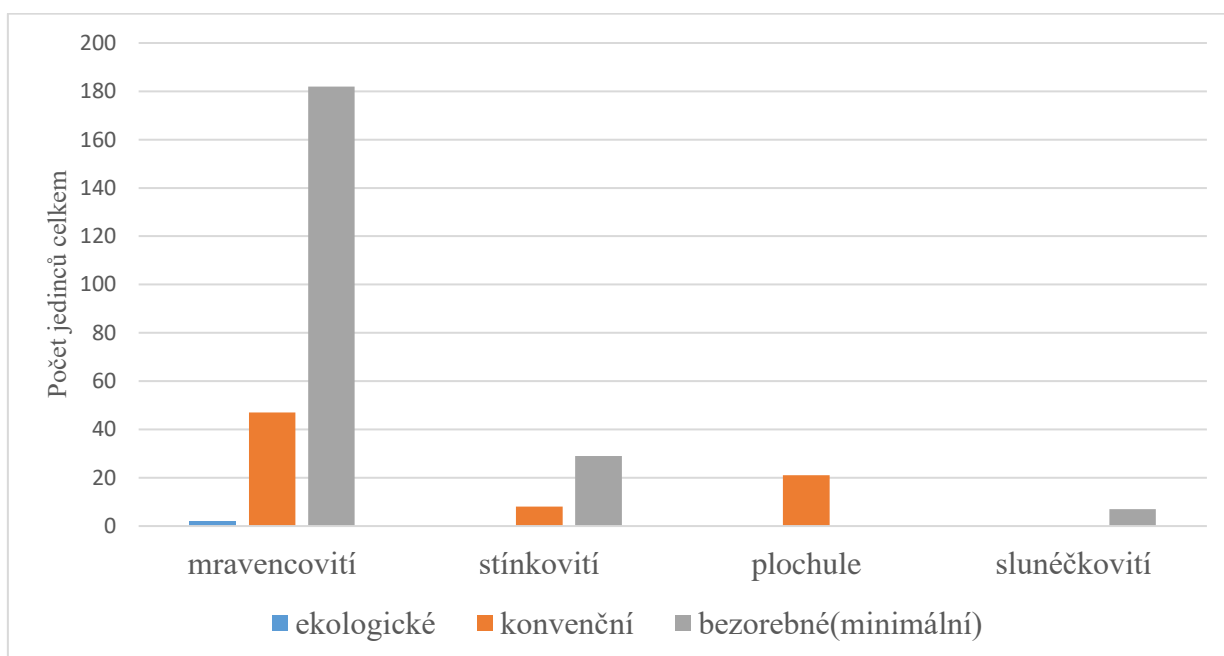
Nejvíce zástupců ostatního hmyzu v klasickém konvenčním hospodaření měli mravenci, kterých bylo odchyceno 47 jedinců, 21 plochulí a nejméně početnou skupinou byli stínkovití, kterých se podařilo odchytit 8 jedinců.

U ekologického hospodaření můžeme hovořit pouze o jedné čeledi a to mravencovitých, kde se odchytli pouze 2 jedinci.

Vůbec největší počty jedinců zaznamenalo bezorebné hospodaření. U něho bylo nejvíce zástupců čeledi mravencovitých se 182 jedinci, stínkovitých 29 jedinců. Nejméně početnou skupinou byli slunéčkovití se 7 jedinci.

Ekologické		Konvenční		Bezorebné (minimální)	
Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců
mravencovití	2	mravencovití	47	mravencovití	182
		stínkovití	8	stínkovití	29
		plochule	21	slunéčkovití	7

Tabulka 3 Zastoupení ostatního hmyzu (zdroj: vlastní)



Graf 3 Zastoupení ostatního hmyzu (zdroj: vlastní)



### 5.3 Početnosti žížal (Lumbricidae)

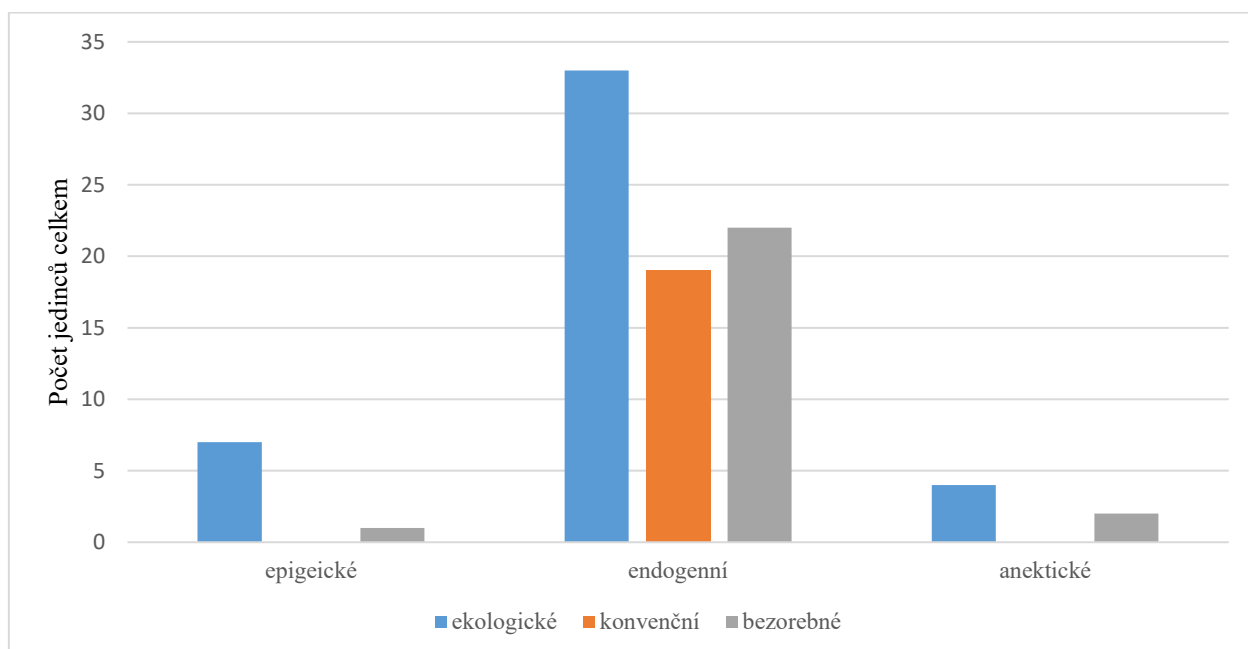
V konvenčním způsobu hospodaření, co se týče žížal, se dá hovořit pouze o endogenních, které byly zastoupeny 19 jedinci. Druhy epigeické a anektické se neodchytily žádné.

U ekologického způsobu hospodaření byl nejvyšší počet zástupců žížal, kde tvořily nejpočetnější skupinu endogenní, kterých se odchytilo 33 jedinců. Epigeických bylo 7 jedinců, a jako poslední, nejméně početné byly zastoupeny žížaly anektické 4 jedinci.

Nejpočetnější skupina v bezorebném hospodaření byla opět endogenní s 22 jedinci, dále pak anektické se 2 jedinci a epigeické s 1 jedincem.

Ekologické		Konvenční		Bezorebné (minimální)	
Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců	Čeď	Počet jedinců
epigeické	7	epigeické	0	epigeické	1
endogenní	33	endogenní	19	endogenní	22
anektické	4	anektické	0	anektické	2

Tabulka 4 Zastoupení žížal (zdroj: vlastní)



Graf č. 4 Průměrná zastoupení jednotlivých ekologických skupin žížal ve 3 druzích hospodaření, zdroj: vlastní

## 5.4 Výsledky vlastností půdy

Hospodaření	Žížaly/ha	pH	Uhlík %	Dusík %
ekologické	2812500	7.70	2.3	0.41
bezorebné	2625000	7.30	1.89	0.11
konvenční	1187500	7.47	1.55	0.28

Tabulka 5 Vlastnosti půdy (zdroj: vlastní)

Na všech třech způsobech hospodaření, kde byl prováděn výzkum, je podobné pH. Jedná se o mírně zásadité pH, což je známka toho, že jsou zde úrodné půdy (půdní typ: černozemě).

Obsah uhlíku v půdě byl nejvyšší u ekologického zemědělství (průměrně 2,3 % sušiny), stejně jako obsah dusíku (0,41 % sušiny).

## 6. Diskuze

Většina studií, která se zabývá problematikou ekologického zemědělství a jeho vlivu na půdu (Hole a kol., 2005) dokumentuje pozitivní vliv ekologického zemědělství na bezobratlé živočichy, ale existují práce, které tvrdí opak. Důležitým faktorem může být půdní typ (Irmeler, 2003), heterogenita krajiny, klimatické podmínky a izolovanost. Je nutné tyto faktory hodnotit komplexně, jednotlivé faktory působí na ostatní a může ovlivnit nebo dokonce změnit jejich výsledek. Narušení povrchu půdy nesvědčí některým bezobratlým, o čemž svědčí fakt, že na půdách obhospodařovaných bezorebně, je jich více než na polích se standardním konvenčním hospodařením. Důležitý je správně zvolený osevní postup, na kterém je zařazena například jetelotráva, která nemá pouze pozitivní vliv na půdu, ale i na biodiverzitu (Pfiffner a Balme, 2009).

Mezi nejdůležitější vlastnosti půdy patří obsah organické hmoty (uhlík), díky kterému se dá zjistit, jaké množství organické hmoty se v půdě nachází. Čím vyšší množství uhlíku je v půdě, tím je obecně vyšší kvalita půdy, a tím jsou lepší i podmínky pro život půdních organismů. Nejvyšší obsah uhlíku a dusíku byl u ekologického zemědělství, což koreluje s vyšší početností žížal i dalších bezobratlých. Mezi další důležité faktory spadá pH faktor, který byl však u všech půd neutrální až lehce zásaditý (7,3 – 7,7), což jsou ideální hodnoty, typické pro černozemě bohaté na karbonáty.

Menší zastoupení půdních bezobratlých u klasického konvenčního zemědělství je pravděpodobně dáno, tím, že jsou zde používána umělá minerální hnojiva a pesticidy, které nejsou vhodné pro život daných organismů. Z důvodu menšího obsahu organické hmoty není konvenční způsob hospodaření dostatečně vyhovující pro tyto jedince, na rozdíl například od ekologického hospodaření.

V bezorebném způsobu hospodaření nebylo tak bohaté zastoupení půdní fauny jako u zemědělství ekologického. Souvisí to pravděpodobně s tím, že v půdě není obsaženo takové množství organické hmoty. Avšak tvoří vhodnější podmínky pro život než klasické konvenční.

Výsledky mého výzkumu jsou téměř shodné se studií Mikuly, ve které uvádí největší zastoupení půdních bezobratlých taktéž u ekologického zemědělství. Dále říká, že klimatický vliv je jeden z limitujících faktorů, který ovlivňuje růst plevelů a rostlinný pokryv (Mikula, 2012)

## 7. Závěr

Cílem výzkumu bylo porovnat vliv jednotlivých typů hospodaření na výskyt půdních bezobratlých. Z výsledku je patrné, že u konvenčního způsobu hospodaření je nejméně početné zastoupení jedinců všech čeledí, zatímco u ekologického zemědělství nejvyšší. Půda v ekologickém zemědělství také obsahuje nejvyšší množství organické hmoty.

Produkce na polích s ekologickým zemědělstvím nikdy nebude dosahovat takové výše jako u konvenčního. Nižší výnosy jsou ovšem kompenzovány vysokou biodiverzitou, zdravým životním prostředím a udržitelností produkce. Především je zde důraz na životní prostředí nejen živočichů, rostlin, ale i člověka (Hrabalová, 2011).

Dosažené výsledky nám potvrdily naši hypotézu, kterou jsme měli na začátku, že ekologické zemědělství je pro půdní bezobratlé nejpríznivější a má pozitivní vliv i na další ukazatele kvality půdy.

Dle mého názoru je ekologické zemědělství nutno podporovat, to se momentálně v České republice na spoustu územích děje.

## Literatura

### Knihy a články

- Alexander M. (1977): *Introduction to soil mikrobiology*. John Wiley & Sons, Inc. Pp. 467.
- Altieri, M. A., 1999. *The ecological role of biodiversity in agroecosystems*. *Agriculture, Ecosystems a Enviroment* 74: 19 – 31
- Berry, N. A., Wratenn, S. D., Mcerlich, A. a Frampton, C., 1996: *Abundance and diversity of benefical arthropods in conventional and organic carrot crops in New Zealand*. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24: 307 – 313.
- Berg M. P., Hemerik L., 2004: *Secondary succession of terrestrial isopod, centipede and millipede communities in grasslands under restoration*. *Biology and Fertility of Soils* 40: 163 – 170.
- Bick, H., 1982: *Bioindikatoren und Umweltschutz, Decheniana – Beihefte (Bonn)* 26, 2- 5.
- Blackburn, J. Arthur W., 2001: *Comparative abundance of centipedes on organic and conventional farms and its possible relation to declines in farmland bird populations*. *Basic and Applied Ecology* 2: 373- 381.
- Bohac, J., 1986: *Kurzfluglerkafer als Bioindikatoren fur okologische Gleichgewichte einer Landschaft und menschlichen Einfluss*. In: *Paukert, J., Ruzicka, V., Bohac, J., (Eds.), Proc. 4th Int. Conf. Bioindicatores Deteriorisationis Regionis*, Institute of Landscape Ecology CAS, České Budejovice, pp. 23-24.
- Bohac, J., 1990: *Numerical estimation of the impact od terrestrial ekosystém by using the staphylinid beetles communities*. *Agrochem. Soil Sci.* 39, 565- 568.
- Boháč, J., Moudrý, L., Desetová, 2006: *Biodiversity and Agriculture*. Život. Prostr, N.1
- Double, B. M., Brown, G. C. 1998. *Life in a complex community: fiction interactions between earthworms, organic matter, microorganisms and plants*. In: *Edwards, C. A. (ed), Earthworm Ecology*. CRC Press. Boca Raton. FL: 179-212.
- Duelli, P., Obrist, M. K., 1998: *In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas*. *Biodivers. Conserv.* 7, 297 – 309.
- Edwards, C. A., Bohlen P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman & Hall. p. 426. ISBN: 0412561603
- Edwards, C. A. 2004. p. 456. *Earthworm ecology*. CRC Press. ISBN: 084931819X.
- Foissner, W., 1992. *Comparative studies on the soil life in ecofarmed and conventionally farmed fields as grasslands of Australia*, *Agric. Ecosyst Environ.* 40, 207 – 218.
- Foissner, W., 1999: *Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74 (1-3), 95-112.
- Förster B., Murova K., Garcia M., 2006: *Plant growth and microbial aktivty in a tropical soil amanded with faecal pellets from millipedes and woodlice*. *Pedobiologia* 50: 281 – 290.
- Fuller, R. J., Norton, L. R. Feber, R. E., Johson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C., Mathews, F., Stuart, R. C., Townsend, M. C., Manley, W. J. Wolfe, M. S. Macdonald, D. W., Firbank, G.

- 2005: *Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa*, Biol. Lett. 2005, 1, 431 – 434.
- Giampietto, M., Paoletti, M. G. Bukkens, S. G. F., Hand Chunru, H., 1997: *Predace. Biodiversity in agriculture for a sustainable future*. Agric Ecosyst. Environ. 62 (2,3) 77 – 79.
- Gliessman, S. R., 1997: *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Chelsea: Sleeping Bears Press.
- Helawell, J. M., 1986: *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Pollution monitoring. Elsevier, Amsterdam, 446 pp.
- Hofman J. (1996): *Ekotoxikologicky významné parametry mikrobiálních společenstev ve stresových půdách*, Bakalářská práce, MU Brno
- Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, Alexander I. H., Grice P. V., Evans, A. D., 2005, *Does organic farming benefit biodiversity?* Biological Conservation, 122, 113 - 130.
- Hrabalová, A., 2011: *Ročenka ekologické zemědělství v České republice 2010*. ÚKZÚZ Brno, 46 pp.
- Iperti, G., 1999: *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74 323 – 342
- Jones, D. T., Hopkins, S. P., 1996: *Reproductive allocation in the terrestrial isopods Porcellio scaber and Oniscus asellus in a metal-polluted environment*. Functional Ecol, 10, 741- 750.
- Klinger K., 1992: *Diplopods and Chilopods of conventional and alternative (biodynamic) fields in Hesse (FRG)*. Berichte des Naturwissenschaftlich- medizinischen Vereins in Innsbruck Supplement 10: 243- 250.
- Kula, E., Švarc, P. 2011. *Žížaly (Lumbricidae) lesních ekosystémů narušených imisemi a ovlivněných rekompensačním vápněním v Krušných horách*. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 99 s. ISBN: 978-80-7375-482-2.
- Lee, K. E. 1985. *Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press. New York. p. 411. ISBN: 0124408605.
- Mikula, J. (2012) *Využití půdních bezobratlých jako indikátorů kvality půdy*. Disertační práce, Univerzita Palackého v Olomouci
- Ondrášek L' (1994): *Produkcia CO<sub>2</sub> a mikrobiálnej biomasy v pôde trvalého, obnoveného a prisievaneého trávneho porastu*. Rostlinná výroba, 1067 – 1076 s.
- Ožanová, J., 2001: *Utilization of grass traps for the study of millipedes*. Myraipodologica CzechoSlovaca 1: 69-71. (In Czech, with English abstract)
- Parkinson D. and Coleman D. C. (1991): *Methods for assessing soil microbial populations, activity and biomass*. Microbial communities, activity and biomass. Agriculture, Ecosystem and Environment 34:3 – 33.
- Paoletti, M. G., 1999: *The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators*. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 137 – 155.
- Paoletti, M. G., Favretto, M. R. Stinner, B. R., Purrington, F. F., Bate, J. E., 1991: *Invertebrates as bioindicators of soil use*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 34: 341-362.

- Paoletti, M. G., Favretto, M. R., Marchiorato, A., Bressan, M., Babetto, M., 1993: *Biodiversity in pescheti forlivesi*. In: Paoletti M. G. et al. (Eds.) *Biodiversità negli Agroecosistemi*. Osservatorio Agroambientale. Centrale Ortofrutticola, Forti, pp. 20-56.
- Pretty, J. N., 1998: *The Living Land: Agriculture, Food and Community Regeneration in Rural Europe*. London : Earthscan.
- Pižl, V. 2002. *Žížaly České republiky (Earthworms of the Czech Republic)*. – Sborník přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti. Supplementum 9. Agentura NP v.o.s., Staré Město. 154 s. ISBN: 80-86485-04-8.
- Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A. K., Sveistrup, T. 2010. *Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy*. Bioinstitut. Olomouc. 22 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.
- Poser, T., 1988: *Chilopoden als Prädatoren, in einem Laubwald*. Pedobiologia 31: 261-281.
- Römbke, J., Jänsch, S., Didden, W. 2005. *The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts*. *Ecotoxilology* □ *Environmental Safety*. 62:249:265.
- Růžička, V. 1988: *The longtimely exposed rock debris pitfalls*. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae* 52: 238- 240.
- Ruzicka, V. Bohac, J., 1994: *The utilization of epigeic invertebrate communities as bioindicators of terrestrial enviromental quality*. In: Salanki, J., Jeffrey, D., Hughes, G. M. (Eds.), *Biological Monitoring of the Enviroment: A Manual of Methods*, CAB International, Wallingford, pp. 79-86
- Sims R. W., Gerard B. M. 1999. *Earthworms. Published for The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Science Association by Field Studies Council*. Shrewsbury. p. 171. ISBN: 9004075828.
- Šarapatka, B. Urban, J. a kol. *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO- BIO, 2006. 502 s. ISBN 978-80-903583-0-0.
- Škoda M. (1995): *Mikrobiální biomasa a její aktivita v různé antropogenně zatížených a kontaminovaných půdách*. Diplomová práce. MU Brno, 94 s.
- Šihlavý, V., 1956: *Sekači – Opilioneida*. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Tuf, I. H., Tufová, J., 2008: *Proposal of ecological classification of centipede, millipede and terrestrial isopod faunas for evaluation of habitat quality in Czech Republic*. *Časopis Slezkého muzea v Opavě (A)* 57: 37 – 44.
- Tuf, Ivan H. *Praktika z půdní zoologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN 978-80-244-3479-7.
- Urban, J. Šarapatka, B. a kol. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi. 2. díl*. Praha: MŽP, 2005. 334s. ISBN 80-903583-0-6
- Urban, J. Šarapatka, B. a kol. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi. 1. díl*. Praha: MŽP, 2003. 280s. ISBN 80-7212—274-6.
- Vávrová, M., Zlámalová Gargošová, H., Šucman, E., Večerek, V. Kořínek, P., Zukal, J., Zejda, J., Sebestiánová, N., Kubištová, I., 2003: *Game animal and small terrestrial mammals – suitable*

*bioindicators for the pollution assessment in agrarian ecosystems. Fresen. Environ. Bull.*; 12(2): 165- 172

### **Internet**

Černý, Jindřich. *Minerální a organická hnojiva* [online]. 2011 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://home.czu.cz/cernyj/publikace/>

De Quincey, Thomas, Eaton, Horace A., ed. *A diary of Thomas de Quincey*, 1803. London: Noel Douglas, [19].

Frouz, Jan. *Vesmír 89: Půda - živý systém*. 2010, (7), 492.

Pesticidy: *Výskyt pesticidů v potravinách* [online]. 2014 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/toxpotr/soubory/pesticidy.pdf>

Selektivni-herbicity.cz. *Agro Partner* [online]. [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <https://www.selektivni-herbicity.cz/>

Toxické látky: *Pesticidy* [online]. 2014 [cit. 2017-02-06]. Dostupné z: <http://arnika.org/pesticidy>

Václavík T. *Průmyslové zemědělství a naše zdraví*. Webová stránka. [online]. Dostupný na <http://www.pro-bio.cz> 5.2.2017

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i [online]. 2001, 2017 [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.vumop.cz/>



## Seznam tabulek

Tabulka 1 Zastoupení pavouků .....	28
Tabulka 2 Zastoupení brouků.....	30
Tabulka 3 Zastoupení ostatního hmyzu.....	32
Tabulka 4 Zastoupení žížal .....	33
Tabulka 5 Vlastnosti půdy.....	34

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Ekologie zemědělství, uzavřený koloběh .....	7
Obrázek 2 Město prováděného výzkumu .....	27
Obrázek 3 Oblast prováděného výzkumu .....	27

## Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení pavouků .....	29
Graf 2 Zastoupení brouků .....	31
Graf 3 Zastoupení ostatního hmyzu .....	32
Graf 4 Zastoupení žížal .....	33