

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Jan Středa

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA BIOTECHNICKÉ ÚPRAVY KRAJINY

MONITORING KVALITY ZEMĚDĚLSKÉHO
HOSPODAŘENÍ NA VYBRANÉM ÚZEMÍ NA ZÁKLADĚ
SLEDOVÁNÍ VÝSKYTU POZEMNÍCH BEZOBRATLÝCH



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Bakalant: Jan Středa

2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Aleny Walmsley Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze 14. 04. 2017

.....

Poděkování

Poděkovat bych chtěl především mé vedoucí práce Mgr. Aleně Walmsley Ph.D., za podporu, trpělivost, skvělý přístup, odborné vedení a také za pomoc v praktické části práce. Dále pak děkuji zemědělcům za poskytnutí zkoumaných polí a možnost instalace zemních pastí. Také děkuji své rodině, přítelkyni a známým za pomoc a trpělivost při psaní této bakalářské práce.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Středa

Územní technická a správní služba

Název práce

Monitoring kvality zemědělského hospodaření na vybraném území na základě sledování výskytu pozemních bezobratlých

Název anglicky

Monitoring quality of agricultural management based on examining ground invertebrate presence

Cíle práce

Práce bude zaměřena na vliv různých metod hospodaření na zemědělských půdách na diverzitu a abundanci pozemních bezobratlých živočichů. Součástí práce bude rešerše odborné literatury na toto téma a také experimentální část – zjišťování početnosti vybrané půdní fauny a sledování vybraných biochemických ukazatelů v závislosti na způsobu hospodaření a vztahu zemědělce k půdě.

Metodika

Literární rešerše se bude zabývat degradacemi půdy, obecně zemědělství a jeho vlivem na půdu a také možnostmi využití půdních bezobratlých jako bioindikátorů kvality půdy a způsobu hospodaření.

V praktické části budeme pomocí zemních pastí sledovat početnost a zastoupení jednotlivých skupin pozemních bezobratlých na jednotlivých polích s různými typy hospodaření a různými zemědělci avšak na stejném půdním typu a ve stejné klimatické oblasti. Poté bude vyhodnoceno, zda má způsob hospodaření vliv na početnost a druhovou rozmanitost bezobratlých. Na každém poli bude také odebrán vzorek půdy, ve kterém budou stanoveny vybrané chemické a biochemické parametry a tyto parametry budou poté porovnány mezi jednotlivými poli.

Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran

Klíčová slova

Biologická aktivita, půdní fauna, zemědělství, degradace půdy

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.
- Míkula 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 26. 03. 2017

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou vlivu způsobu zemědělského hospodaření na půdní organismy. Porovnává abundanci a diverzitu půdních organismů u konvenčního a integrovaného zemědělství. Na zkoumaných polích byly rozmístěny zemní pasti, po dobu 14 dnů do nich byli odchytáváni pozemní bezobratlí živočichové. Počty odchycených živočichů z jednotlivých čeledí z konvenčního a integrovaného zemědělství byly vyhodnoceny a pro názornost převedeny do grafu. Dále byly na každém poli změřeny některé biochemické vlastnosti půdy. Tyto hodnoty byly vyhodnoceny a práce se je snaží dát do kontextu k abundanci a diverzitě půdních organismů. Práce se především snaží nalézt spojitosti mezi typem zemědělství a půdními organismy a zkoumá, zda je typ zemědělství důležitý pro organismy žijícími v půdě tak, jak se někdy udává.

Výsledky této práce potvrzují, že způsob zemědělství má značný vliv na organismy žijící v půdě. Dále ukazují, že určité druhy organismů vyhledávají určitý typ zemědělství a neplatí, že by šetrnější způsob hospodaření v podobě integrovaného zemědělství měl vyšší počty u všech zkoumaných druhů živočichů. Tedy na půdní živočichy má velký vliv typ zemědělského hospodaření, ale není to jediný faktor, který ovlivňuje jejich abundanci a diverzitu.

Klíčová slova:

biologická aktivita, půdní fauna, zemědělství, degradace půdy

Abstract

This thesis is focused on the effect of agricultural management on soil fauna. It compares the abundance and diversity of soil fauna on fields with conventional and integrated (chemical-free) agriculture. I placed ground traps on the selected fields and left them there for 14 days to trap ground invertebrates. The numbers of invertebrates from different families from integrated and conventional fields were assessed and graphically presented in graphs. At each field we also measured some biochemical parameters, which were assessed and put into context with the soil fauna abundance and diversity. This work aims to find relationships between management type and soil fauna and it examines, whether the type of agricultural management is important for soil fauna, as is often stated in literature.

The results of this study confirm, that the agriculture type influences soil organisms. It also shows, that certain types of organisms prefer certain type of agriculture and it isn't true (in this case), that more ecologically friendly type of management, represented by integrated production, would support higher numbers of all groups of fauna. We can conclude that agricultural management has effect on soil fauna, however it isn't the only factor that affects their abundance and diversity.

Key words:

biological activity, soil fauna, agriculture, soil degradation

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Půda.....	3
3.2 Půdní edafon	3
3.3 Degradace půdy.....	5
3.3.1 Zábor půdy	5
3.3.2 Dezertifikace	5
3.3.3 Eroze	5
3.3.3.1 Vodní eroze	6
3.3.3.2 Větrná eroze	6
3.3.3.3 Další druhy erozí	7
3.3.4 Ztráta organické hmoty	7
3.3.5 Utužení půdy	8
3.3.6 Ztráta biologické rozmanitosti	8
3.3.7 Chemické znečištění půdy	8
3.4 Hodnocení kvality půdy	9
3.4.1 Indikátor - uhlík.....	9
3.4.2 Indikátor - dusík	10
3.4.3 Biologické indikátory.....	11
3.4.4 Bezobratlí	11
3.4.4.1 Podřád Pancírníci (Oribatida)	11
3.4.4.2 Kmen Hlístice (Nematoda)	12
3.4.4.3 Čeleď Žížalovití (Lumbricidae)	12
3.4.4.4 Řád Pavouci (Araneae)	13
3.4.4.5 Čeleď Střevlíkovití (Carabidae).....	14
3.4.4.6 Čeleď Drabčíkovití (Staphylinidae).....	14
3.4.4.7 Třída Mnohonožky (Diplopoda)	15
3.4.5 Půdní enzymy.....	15
3.4.6 Úrodnost půdy jako indikátor kvality půdy	16
3.5 Zemědělství	17
3.5.1 Konvenční zemědělství	17
3.5.1.1 Pesticidy	18
3.5.1.2 Hnojiva	19
3.5.2 Integrované zemědělství	19
3.5.3 Ekologické zemědělství	20
3.6 Vliv vlastnictví na péči o půdy.....	20
4. Metodika	22
4.1 Popis vybrané lokality.....	22
4.2 Metodika odchytu.....	23
4.2.1 Výroba zemních pastí.....	23
4.2.2 Instalace zemních pastí	23
4.2.3 Roztřídění chycených živočichů	24
4.3 Statistické výpočty	24
4.3.1 Aritmetický průměr	24
4.3.2 Modus.....	24
4.3.3 Medián	25
4.3.4 Simpsonův index diverzity.....	25

4.4 Půdní analýzy	25
4.4.1 Analýza uhlíku a dusíku	26
4.4.2 Analýza půdních enzymů	26
5. Výsledky	27
6. Diskuze	36
7. Závěr	39
8. Přehled literatury a použitých zdrojů	41
9. Přílohy	45
10. Datový nosič - CD	50

1. Úvod

Půdu a její úrodnost řadíme mezi jedno z nejdůležitějších přírodních bohatství, nedá se ničím nahradit, ale lze ji snadno degradovat až zničit. To platí pro zemědělskou půdu, lesní půdu i půdu, na které je travní porost. Jak píše Brtnický a kol. (2012), půda a živiny v ní obsažené jsou základem pro vývoj rostlin. Na půdě závisí existence života na Zemi. Od pradávna byla využívána k pastevectví, které bylo spolu s lovem základním způsobem obživy lidstva, postupem času také k pěstování plodin. Při zvyšujícím se počtu lidí byly kladeny vyšší nároky na půdu zakládáním nových polí na úkor vypalování lesů a také rostly nároky na živiny obsažené v půdě. Na kvalitě půdy závisí objem výnosů pěstovaných plodin. Čím kvalitnější půda, tím lepší výživa rostlin a tím vyšší sklizeň pěstovaných plodin.

S kvalitou půdy jsou pevně spjaty živé složky přírody, čímž myslíme rostliny, půdní organismy jako mikroorganismy a bezobratlé, ale i menší savce. Jejich přínos pro půdu je do určité míry již znám. Dokážeme-li rozpoznat propojenost mezi živými a neživými složkami, můžeme tomu uzpůsobit zemědělské obhospodařování polí a krajiny. Dosáhneme zvýšení výnosnosti těchto subjektů na maximum, ale zároveň tím neporušíme křehkou rovnováhu ekosystému, jejíž opětovná regenerace trvá desetiletí a v horším případě je nevratná.

Právě zemědělská výroba patří mezi činitele, kteří ovlivňují půdu a její okolí nejvíce. Zemědělská výroba se postupně modernizuje, roste váha zemědělské techniky, přichází účinnější chemické látky a hnojiva. Řada vědců varuje, že trend konvenčního zemědělství je dlouhodobě neudržitelný. Jak uvádí mj. Šarapatka a kol. (2006), je to důvod proč se hledají alternativy jako ekologické zemědělství, které by zajistily půdě, její živé složce a zemědělství obecně trvale udržitelný rozvoj, stejnou nebo lepší kvalitu za několik desítek i stovek let.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s problematikou zemědělství a jeho vlivem na diverzitu a abundanci půdních živočichů. Je porovnán vliv konvenčního a integrovaného zemědělství na půdní bezobratlé živočichy, kteří jsou používáni jako indikátory kvality a zdraví půdy. Měřením a analyzováním určitých biochemických ukazatelů v půdě a jejich porovnáním v rozdílných zemědělských postupech lze vyhodnotit dopad typů hospodaření na dané živočichy, kvalitu půdy a místní ekosystém.

3. Literární řešerše

3.1 Půda

Původně se myslelo, že půda je jen neživá složka (směs zvětralých hornin a organických látek). Později se zjistilo, že půda obsahuje i živou část – edafon, neboli organismy žijící v půdě. Definice půdy se liší podle oboru působnosti člověka, který ji definuje. Obecná definice říká že, půda je nejsvrchnější část zemské kůry. Novák (1953) definoval půdu jako každou zemitou povrchovou vrstvu, která se svojí úrodností hodí za stanoviště zemědělských rostlin nebo se k tomuto účelu dá uzpůsobit. Brtnický a kol. (2012) píše, že půda je přirozený, třídímenzionální útvar s definovatelnými hranicemi, které běžně, ale ne vždy tvoří horizonty složené z minerálních a organických materiálů, obsahující organismy schopné podporovat růst vegetace.

Složení půdy a procentuální zastoupení jednotlivých složek se liší podle zkoumané oblasti. Hlavními faktory ovlivňujícími pedogenezi jsou mateční hornina, klima a topografie. Mateční hornina svým zvětráváním vytváří minerální vrstvu půdy, vegetace rostoucí na půdě poté produkuje organické látky, které se mohou transformovat v humusové látky a ty potom spolu se svrchní minerální vrstvou tvoří humusovou vrstvu. Dále půdu tvoří půdní edafon, voda a půdní vzduch. Půdu tedy můžeme rozdělit na živou a neživou část. Obě složky jsou propojeny. Určité druhy organismů se váží na určité neživé prostředí, které pak spoluutvářejí půdní skeletovitost, vlhkost, teplotu půdního prostředí, atd.

3.2 Půdní edafon

Jak uvádí Šarapatka (2014), organismy žijící v půdě, tedy půdní edafon, tvoří zhruba 1-10 % organické složky půdy a jsou pro půdu velmi důležité. Dokáží přeměňovat organickou část i některé minerální prvky provzdušňovat a kypřit půdu. Zpřístupňují rostlinám živiny z odumřelé organické hmoty, čímž částečně vytváří vnitřní uspořádání půd. Jeden gram půdy může podle lokality obsahovat až statisíce organismů. Kalinová a kol. (2007) dělí edafon podle organismů, kteří jej utvářejí na fytoedafon, který tvoří rostlinná část organismů, a zooedafon, který tvoří živočišná část.

Půdní organismy můžeme dělit podle velikosti (Šarapatka, 2014) na:

1. Mikroedafon - tvořen organismy mikroskopické velikosti. Jsou nejdůležitější částí edafonu starající se o rozkladné procesy v půdě. Jejich počet, rozmístění a druhové zastoupení závisí na daných podmínkách v půdě (podílu organické hmoty, vlhkosti, atd.). Někteří zástupci mikroedafonu: bakterie, plísně, houby, prvoci a hlístice.

2. Mezoedafon - tvořen organismy o rozměrech od 0,2 mm do 2 mm. Zástupci: menší členovci, jako jsou např. roztoči a chvostoskoci, měkkýši a roupice.

3. Makroedafon - tvořen organismy o velikosti mezi 2 a 20 mm. Velkou skupinu tvoří hmyz a jeho vývojová stadia. Stejně jako u mikroedafonu jsou počet a druhy závislé na podmínkách v půdě. Zástupci: žížaly, stonožky, mnohonožky, střevlíci, pavouci, atd.

4. Megaedafon - tvoří jej obratlovci úplně nebo částečně žijící v půdě. Prohrabávají a provzdušňují zeminu, přenášejí živiny a látky v půdě. Větší organismy rozmělnují organické látky na menší části, které pak mohou zpracovávat menší část edafonu. Zástupci: myši, hraboši, křečci, atd.

Dále organismy můžeme dělit podle získávání uhlíku na:

1. Autotrofní - jsou schopné přeměňovat látky anorganické na organické a světelnou energii na chemickou. Sem patří některé půdní řasy a prvoci.

2. Heterotrofní - jsou organismy, které nedokáží přeměňovat anorganické látky, a proto jsou závislí na autotrofních organismech. Heterotrofní organismy jsou v půdě početnější než autotrofní. Patří sem zejména půdní fauna, houby a většina bakterií (Šarapatka a kol, 2006).

3. Mixotrofní - mohou současně nebo střídavě být autotrofní i heterotrofní, např. některé druhy řas a prvoků.

Člověk svojí činností ovlivňuje život a počty druhů edafonu. Hlavní vliv má zemědělství a přímá agrotechnická opatření (osevní postupy, orba), použití hnojiv a chemických látek proti škůdcům.

3.3 Degradace půdy

Brtnický (2012), dělí formy degradace půdy na kvantitativní a kvalitativní. Mezi kvantitativní eroze můžeme zařadit zábor půdy a dezertifikaci a mezi kvalitativní řadíme různé eroze, ztrátu organické hmoty atd.

3.3.1 Zábor půdy

Zábor půdy, jak uvádí Brtnický (2012), je zabránění půdy a změna využití půdy, anglicky soil sealing. Konkrétně se jedná zejména o zakládání nových vesnic, rozšiřování měst, budování průmyslových staveb, infrastruktury, ale také přetváření území pro těžbu nerostů atd. V některých případech dochází k zabránění tak velké plochy, že půda nedokáže plnit svoje ochranné funkce jako je například vsakování vody nebo ochlazování přes rostliny. To způsobuje velké povodňové vlny a extrémní výkyvy teplot.

3.3.2 Dezertifikace

Dezertifikace jak uvádí Holý (1978), je degradace půdy v suchých a polosuchých oblastech. Dochází k ní vlivem spásání a udusáním vegetace dobyt看em. Nadměrným odběrem vody vzniká zasolenější půda bez vodního hospodářství, a rapidně se tak snižuje výnosnost z půdní jednotky. Dezertifikací jsou postiženy hlavně země třetího světa, ale i rozvojové země jako Mexiko a další. Vědci upozorňují, že dezertifikace je světový problém globálního rozsahu, protože způsobuje stěhování obyvatelstva, což může přerůst v migrační napětí a ve válečné konflikty.

3.3.3 Eroze

Význam slova pochází z latinského slova erodera a znamená rozhlodávat, rozrušovat, narušovat. Cáblik a Jůva (1963) uvádějí že, narušování půdy způsobuje zejména voda, vítr, led, příp. další erozní činitelé spojené se zemědělstvím. Uvedené druhy činitelů se mohou vyskytovat jednotlivě nebo v kombinacích. Jak píše Holý (1978), rozrušování půdního profilu je doprovázeno přemísťováním uvolněné hmoty působením kinetické energie některých činitelů, zejména vody a větru, a ukládáním hmoty při poklesu energie. Eroze je přirozený přírodní proces, ale antropogenní vliv urychluje její proces až v řádech stovek procent. Ve světovém měřítku působí

nejhorší problémy při hospodaření vodní a větrná eroze, které zvyšuje člověk svým neuváživým až nezodpovědným hospodařením na polích a v jiných částích krajiny.

Důsledky eroze:

- a) Přesun půdních částic
- b) Přesun biologických a chemických látek
- c) Ohrožení ztrátou půdy

3.3.3.1 Vodní eroze

V České republice má na degradaci půd značný podíl eroze vodní. Jak uvádí Janeček a kol. (2002) vodní eroze v první fázi narušuje a rozrušuje horninu kinetickou energií dopadajících kapek z dešťů, ve druhé fázi dochází k odnášení narušené části horniny mechanickou energií. Vodní eroze nepůsobí jen na plošné oblasti, ale způsobuje i obrušování útvarů (skal) či narušování břehů (břehová abraze).

Vodní erozi na zemědělské půdě je možné dělit na erozi plošnou a erozi výmlovou. Přechod mezi nimi je pozvolný a souvisí s přechodem plošného odtoku vody v odtok soustředěný (Brtnický 2012). Plošná eroze působí rovnoměrným smyvem horniny půdního povrchu. Tato forma působí především na jemné frakce půdy, které unáší, a půda tak ztrácí svoji mocnost, mění se zrnitost a vyplavují se živiny z půdy. Tok se postupně soustřeďuje, až dochází k přeměně z plošné eroze na výmlovou, která vytváří zpočátku mělké, ale stále se prohlubující kanálky. Přímý vliv má strmost svahu. Čím strmější svah, tím je půda náchylnější k tvorbě vodních kanálků, zářezů a drážek.

3.3.3.2 Větrná eroze

Větrná eroze je způsobena rušivou činností větru. Působí na půdní povrch mechanickou silou, narušuje částičky půdy a unáší do vzdálenosti, kde síla větru není tak velká. Síla větrné eroze závisí na rychlosti větru, jeho době trvání a četnosti opakování. Dalším důležitým faktorem je stav půdy, její vlhkost, tuhost, zrnitost a pokryv bránícími prvky (stromy, rostliny). Při globálním pohledu na erozi není

větrná eroze tak závažná jako vodní, nicméně je to spíše lokální problematika a v některých oblastech je tomu naopak (Janeček a kol. 2002).

3.3.3.3 Další druhy erozí

Sněhová eroze vzniká sesuvem lavin ze svahu do nížin, probíhá při velkých rychlostech a má velké devastující schopnosti. Často zničí vše, co jí stojí v cestě včetně stromů a ostatních objektů.

Ledovcová eroze vzniká následkem pohybu ledovce, jehož rychlost je mnohonásobně pomalejší než vodní a sněhová eroze.

Zach (1970) popisuje ledovcovou erozi jako erozní činnost suťových proudů, které jsou tvořeny suťovým materiálem prosyceným vodou. Při svém pohybu do údolí rozrušují suťové proudy půdu i její podklad, a vytvářejí tak hluboké rýhy. Tento suťový materiál ohrožuje údolní stavby, obyvatelstvo i zvířata.

Antropogenní eroze je důsledkem působení člověka na přírodu, zejména zemědělskou výrobou. Dokáže půdní erozi zpomalovat, ale bohužel i značně zrychlovat. Člověk a jeho zodpovědnost přístupu k zemědělské výrobě je tím, co má největší vliv na kvalitu půdy.

3.3.4 Ztráta organické hmoty

Ztráta organické hmoty v půdě (dehumifikace) je na mnohých stanovištích příčinou nižších výnosů v hospodaření. Snižuje produkci a schopnost půdy pohlcovat vodu a poutat živiny. Brtnický (2012) píše, že velmi důležitou vlastností organické hmoty je schopnost poutat vodu – a to, až 7krát více než sama váží. Organická hmota je nezbytná k udržení půdní struktury, jako rezervoár živin a jako pufrální medium vyrovnávající např. vliv kyselých hnojiv. Intenzivním zemědělským hospodařením obsah organické hmoty v půdě klesá. Zvýšená aréace tlumí přeměnu organických látek, zpomaluje humifikaci a zvyšuje mineralizaci. Proto periodické dodávání organické hmoty do půdy patří k základním zemědělským opatřením pro zlepšení produkce a udržení dobrého stavu půdy. Mezi tato opatření můžeme zařadit např. zaorávání posklizňových zbytků pěstování meziplodin a hnojení organickými hnojivy.

3.3.5 Utužení půdy

Jak píše Holý (1978), k utužení půdy dochází silnou mechanickou činností, její zhutnění má velký vliv na její celkovou funkčnost. Utužením se sníží půdní pórovitost, dojde k zhoršení propustnosti půdy (i pro externí hnojiva), sníží se infiltrace vody do půdy. Utužená půda brání přístupu vody, vzduchu a živin do hlubších vrstev zeminy a také zvyšuje náročnost na energii při agrotechnických opatřeních. Snižuje se průchodnost pro organismy, zejména mezoedafon a kořeny rostlin, v půdě se vytvoří nepropustná vrstva. Ve zhutněné půdě je aktivita půdního edafonu omezena, nemůže docházet k jeho správné funkci a důsledkem toho klesá kvalita humusu a rychlost rozkladu látek. Utužení způsobuje zvláště těžká zemědělská technika, pojezdy za nevhodných vlhkostních podmínek, nevhodná orební výška či nesprávné dávkování minerálních hnojiv a nadměrná závlaha půdy.

3.3.6 Ztráta biologické rozmanitosti

Organismy v půdě plní mnoho funkcí. Jedna z nejdůležitějších je reducentní (rozkládací), plní ji mikroedafon. Organismy jsou zásadní a nezbytné pro cyklus živin v půdě. Za další vlivy na půdu můžeme považovat fixaci dusíku, ochranu rostlin proti parazitům a také syntézu humusových látek. Pokud je půda zdravá, tak má hojnost půdních organismů. Pokud tomu tak není, tak snížený počet organismů v půdě negativně ovlivňuje recyklaci živin, pufrací schopnost půdy, ale i strukturu půdy. V některých případech narušení funkce jednoho druhu organismu může mít za následek kolaps celého ekosystému.

3.3.7 Chemické znečištění půdy

Silný tlak na využívání půdy jako takové podporuje nadměrné používání pesticidů a ostatních chemických látek a vytváří tím zátěž pro celý ekosystém. Jak uvádí Holý (1978), toxicita jednotlivých látek je dána jejich složením a chemickou reakcí s půdou. U řady chemikálií používaných na polích se v organické vazbě projevuje toxicita těžkých kovů, které se hromadí na místě použití dané látky. Holý (1978) dává za příklad chemické látky jako organomerkuláty (přípravky s organicky vázanou rtuť). Při rozkládání těchto látek jsou rtuť a organické soli přeměňovány

anaerobními organismy v toxickou dimethylrtuť, která se hromadí v tucích a může způsobit otravu u zvířat i u člověka. Jak popisují Urban, Šarapatka a kol. (2003), u některých látek se jejich vliv na prostředí ukáže až po čase, jako tomu bylo třeba u DDT.

3.4 Hodnocení kvality půdy

Dříve se pod pojmem kvalita půdy myslel její produkční faktor. Nyní víme, že půda má nejen produkční vlastnosti, ale i filtrační, transformační a ekologické. Proto musíme kvalitu hodnotit ze širšího hlediska. Doran a kol. (1994) definoval kvalitu půdy jako schopnost půdy fungovat coby součást ekosystému a při daném využití krajiny udržovat biologickou produktivitu a kvalitu prostředí a podporovat zdraví rostlin a živočichů. Měření a hodnocení kvality půdy v praxi je složité hlavně v důsledku její nestálosti, heterogenity a probíhajících procesů.

Mezi indikátory kvality můžeme zařadit podle Pokorného a kol. (2007):

1. Fyzikální indikátory - textura, hloubka půdy, hydraulická vodivost, maximální a retenční vodní kapacita, pórovitost atd.

2. Chemické nebo fyzikálně chemické indikátory - obsah a kvalita humusu, celkového uhlíku, celkového dusíku, pH, kationtová výměnná kapacita, vodivost, obsah živin, nitrátů v půdě atd.

3. Biologické indikátory - biomasa mikroorganismů, potenciální nitrifikace, mikrobiální respirace, aktivita půdních enzymů a přítomnost různých skupin živočichů.

V posledních letech je snaha o komplexní hodnocení půdy spojením jednotlivých indikátorů kvality a vytvořením indexu kvality půdy. Ze zatím publikovaných prací vyplývá, že v praxi tyto systémy hodnocení zatím selhávají.

3.4.1 Indikátor - uhlík

Rychnovská a kol. (1985) uvádí, že jako jeden z nejlepších indikátorů se jeví organický uhlík, neboli půdní organická hmota. Je propojený se všemi třemi aspekty půdy (fyzikálním, chemickým, a biologickým). Je vázán na všechny půdní funkce

a má vliv na celkovou stabilitu procesů, dostupnost živin a objemovou hmotnost. Jak píše Mestdagh a kol. (2005), půdní organická hmota vzniká následkem rozkladu odumřelých těl organismů, jak rostlinného, tak živočišného původu. Následkem složitých chemických přeměn, kterých se účastní především půdní bakterie a houby, ale i půdní živočichové, se tvoří humus – složité makromolekulární látky, které jsou vysoce odolné vůči rozkladu a dávají vzniknout stabilním půdním agregátům. Humusové látky mají také velký specifický povrch – tj. mnoho vazebných míst, na které se váží živiny. Z toho plyne, že půdy s vysokým obsahem humusových látek mají stabilní strukturu a velký potenciál pro zadržení živin.

Němec (1986) uvádí, že organismy můžeme rozdělit podle způsobu přijímání uhlíku na autotrofní a heterotrofní. Autotrofní organismy přijímají uhlík ve formě CO_2 a k procesu přeměny potřebují sluneční záření (tj. fototrofní) nebo oxidaci anorganických látek. Do druhé kategorie přijímání uhlíku patří organismy heterotrofní. V půdě získávají uhlík především z odumřelých těl organismů v půdním humusu, proto se označují za saprofytické organismy. Uhlík, který takto přijímají, začleňují do svých buněk a vytvářejí z něj nezbytné komponenty jako nukleonové kyseliny atd.

3.4.2 Indikátor - dusík

Jak uvádí Šantrůček (2003), v půdě se více jak 97 % celkového objemu dusíku vyskytuje ve formě organických sloučenin. Do těchto forem byl dusík převeden z elementárního vzdušného dusíku díky fixačním procesům. Organickými sloučeninami jsou živočišné, rostlinné a mikrobiální odpady, meziproducty mikrobiálních přeměn. Jak píše Lutze a Gifford (2000), biologická fixace dusíku ze vzduchu je velmi důležitý proces, při němž dochází k asimilování plynného dusíku do živé biomasy. Pro tento proces jsou velmi důležité organismy, které vlastní nitrogenázový enzymatický systém, nezbytný pro vázací proces. Řada z těchto organismů žije v symbiotických spojeních jako třeba bakterie *Rhizobium*, jiné organismy dokáží žít volně v půdě. Stejně tak jako organismy jsou pro poutání dusíku důležité okolní podmínky jako je teplota, pH, vlhkost, ale i kyslík. Menacho a Vega (1989) uvádějí, že proces fixace dusíku je zprostředkován enzymy citlivými na kyslík, proto většina organismů vyvinula obranné mechanismy proti kyslíku. Samotný proces fixace je důležitý pro koloběh dusíku a jeho ukládání do půdy.

3.4.3 Biologické indikátory

Půda a její kvalita přímo ovlivňuje rostliny, ale i živočichy, pro které je zdrojem potravy a úkrytem. Z těchto živočichů můžeme vybrat bio indikátory napříč ekosystémem a využívat je pro určení kvalitativních a kvantitativních vlastností půdy i celého ekosystému. Mezi hlavní faktory nebo vlivy, pro jejich indikaci jsou využívány půdní organismy, patří obsah těžkých kovů (toxických kovů) v půdě, obsah reziduí pesticidů a dalších látek (Paoletti a kol. 1991). Hůrka (1996) také uvádí že, velkou výhodou bioindikátorů je jejich bezprostřední reakce na změny v prostředí, změny podmínek a faktorů, především těch abiotických.

3.4.4 Bezobratlí

Bezobratlí tvoří velkou skupinu organismů žijících nejen v půdě. Vyznačují se absencí obratlů a důsledkem toho i páteře a kostry. Do skupiny bezobratlých můžeme zařadit zejména hmyz, který tvoří nejpočetnější třídu živočichů, kroužkovce, měkkýše, pavouky, korýše, členovce atd. Kratochvíl (1973) upozorňuje, že bezobratlí dokáží žít ve všech prostředích a na tyto prostředí se uzpůsobovat.

Huhta (2006) dokazuje, že přítomnost určitých druhů bezobratlých může zvyšovat úrodnost a celkovou kvalitu půdy. Mezi tyto organismy můžeme řadit například žížaly, které provzdušňují zeminu, zlepšují půdní strukturu a urychlují rozklad mrtvé organické hmoty. I další druhy mají významný dopad na fungování a rovnováhu půdního systému, ať už jsou to dekompozitoři (rozkládající mrtvou organickou hmotu), mykofágové či bakteriofágové (požírající půdní houby a bakterie) nebo predátoři jiných živočichů.

3.4.4.1 Podřád Pancířníci (Oribatida)

Řád roztoči (Acari) patří mezi půdní mezofaunu. Dělí se na dravé roztoče, většinou z podřádu Acaridida, a na detritofágy (druhy požírající opad) – podřád Oribatida.

Pancířníci, jak uvádí Wallwork (1983), tvoří převážnou většinu půdních roztočů. Nachází se především v lesním prostředí, kde dosahují dominance až 50%.

V otevřených prostředích jsou počty pancířníků o něco nižší, ale i tak mají velmi početné zastoupení. Jak uvádí Starý (1999), pancířníci jsou velmi rozšířenou skupinou. K jejich výskytu stačí i nepatrné množství organické hmoty. Hrají významnou roli v koloběhu fosforu a dalších prvků v ekosystému, protože se živí mrtvou organickou hmotou, kterou rozměňují na menší částice a tím urychlují její rozklad; významní jsou i svým vlivem na sukcesi půdních hub. Vzhledem k jejich velkému rozšíření a počtu druhů jsou významným indikátorem kvality různých ekosystémů. Kvalitu ekosystému tak můžeme posuzovat i podle početnosti pancířníků, kteří v něm žijí.

3.4.4.2 Kmen Hlístice (Nematoda)

Podobně jsou pro koloběh živin v půdě důležité hlístice. Jak píše Říhová (2013), hlístice mohou žít volně, ale velká část z nich žije paraziticky, a to i u člověka. Jde o evolučně velmi úspěšné organismy. Předpokládá se, že na světě je víc jak milión druhů hlístic. Nejvíce probádány jsou ty, které žijí paraziticky u zvířat a u člověka. Nicméně nesmírně důležité jsou i parazitické druhy na rostlinách, které mohou přenášet rostlinné virózy. Pro půdu jsou obzvláště významné saprofágní hlístice, které se živí mrtvou organickou hmotou a tím přispívají k její recyklaci, ale i hlístice bakteriofágní a mykofágní, které regulují množství bakterií a hub v půdě a mohou například snižovat množství plísní. Další skupinou hlístic jsou predátoři – hlístice, které se živí jinými druhy hlístic, případně jinými půdními živočichy, a tím regulují jejich početnost. Hlístice krátkodobě dokáží snášet velmi nepříznivé podmínky, obecně jsou však citlivé na změny v půdě, a proto se často využívají k bioindikaci. Tzv. Maturity index popisuje kvalitu půd a míru disturbance v různých ekosystémech pomocí zastoupení jednotlivých skupin/druhů hlístic (Bongers, 1990).

3.4.4.3 Čeleď Žížalovití (Lumbricidae)

Žížaly patří mezi nejznámější živočichy z půdního edafonu. Mají červovitý tvar a růžovou až hnědou barvu. Tuf (2013) uvádí, že žížaly jsou úzce spjaty s půdou, kde zaručují přesouvání živin a tvorbu chodbiček, kterými se do půdy dostávají nové živiny, vzduch, a voda. V útrokách žížal žije velké množství mikroorganismů, takže

jejich výměšky mají daleko vyšší mikrobiální aktivitu. Žížaly se podílejí na tvorbě humusu, který je nezbytný pro správnou funkci půdy.

Jak uvádí Hadosn a kol. (2010), velmi významnou vlastností žížal je snižování toxicity těžkých kovů v půdě. Žížaly dokáží produkovat metalothionein-protein, který obalí částičky toxických kovů jako je třeba arzen, olovo a měď a v této podobě je akumulují ve svém těle.

Tuf (2013) dělí žížaly, které žijí v České republice následovně:

a) epigeické - žijí na povrchu půdního profilu s nadbytkem organické hmoty, nevytváří trvalejší chodby.

b) endogeické - žijí ve svrchní části půdy, kde si tvoří horizontální chodbičky se středně dlouhým trváním. Tyto druhy konzumují směs organické a minerální hmoty, doslova se „prokousávají“ půdou.

c) anetické - tyto žížaly žijí ve spodní vrstvě půdy (desítky centimetrů až metry), vytvářejí si vertikální chodbičky až na povrch půdy, kde si v noci hledají potravu a přenášejí ji do chodbiček. Stěny chodbiček jsou trvalé a žížaly si je vyztužují vlastními výkaly. Takto se podílejí na promíchávání organické a anorganické hmoty a vertikální distribuci živin v půdním profilu.

3.4.4.4 Řád Pavouci (Araneae)

Velikostní rozmezí pavouků je velmi pestré (od několika milimetrů až po množství centimetrů). Kůrka (2003) vyzdvihuje známý fakt, že většina pavouků jsou dravci a živí se živočišnou kořistí. Kořist, kterou chytí, musí důkladně natrávit, protože mají úzký jícn, který jim jiný způsob konzumace neumožňuje. Životní prostředí pavouků je velmi široké. Můžeme je nalézt na stromech, na bylinách, ale i na zemi a v půdě, kde tvoří početnou část bezobratlých. Tuf (2013) říká, že pavouci, kteří žijí v půdním prostředí, loví kořist natažením sítě na povrchu půdy nebo kořist loví sami aktivně, jako např. skákavkovití. Jako predátoři jsou závislí na druhovém složení kořisti, které jsou schopni ulovit. Pokud jimi lovené druhy vymizí z oblasti, tak jsou i pavouci sami silně ohroženi. Na orných půdách plní důležitou funkci, protože regulují počty jiných bezobratlých, mezi něž patří i škůdci rostlin.

3.4.4.5 Čeleď Střevlíkovití (Carabidae)

Střevlíkovití jsou v Evropě zastoupeni ve vysokých počtech. Jak uvádí Hůrka (1996), střevlíkovití ve Střední Evropě mohou dorůstat až 50 mm. Tělo je štíhlé, protáhlé a pohybují se poměrně rychle. Prostředí obývané střevlíkovitými je velmi široké, žijí na povrchu půdy, ale mohou žít částečně pod povrchem, pod kmeny stromů a napadaného listí. Obývají byliny a kmeny stromů, ale dokáží žít i v jeskyních. Prostředí pro život si vyhledávají podle vlhkosti prostředí, teploty, zastínění, okolní vegetace a půdního profilu. Jak píše Segeeva a Grunthal (1988), výběr prostředí závisí na hojnosti potravy. Střevlíkovití jsou většinou predátoři, krom některých druhů, které se částečně adaptovaly na rostlinnou stravu. Vyhledávají i uhynulé živočichy jako žížaly, mnohonožky či slimáky.

Vliv střevlíkovitých na ekosystém je značný. Hůrka (1996) uvádí, že ve velké většině jsou predátory bezobratlých, zejména kroužkoců, členovců a měkkýšů. Mají tak velký vliv na regulaci okolních bezobratlých na polích a dokáží udržovat ekosystém v rovnováze. Na druhou stranu jsou střevlíkovití velmi citliví na nadměrné hnojení organickými hnojivy a na chemizaci v zemědělství pesticidy a herbicidy. Řada z nich je citlivá i na vlhkost a pH v půdě. Proto střevlíkovití patří mezi základní a spolehlivé biologické indikátory kvality půdy.

3.4.4.6 Čeleď Drabčíkovití (Staphylinidae)

Drabčíkovití, jak uvádí Boháč a Kohout (2011), patří mezi největší skupiny brouků. V České republice žije cca 1395 druhů drabčíků. Jejich rozeznání je jednoduché díky zkráceným krovkám, které zasahují jen do půlky zadečku. Drabčíkovití jsou většinou černí, ale můžeme je nalézt i v tmavě hnědé a nažloutlé barvě, ve zvláštních případech mohou být i jinak zbarveni. Lze je najít téměř ve všech ekosystémech, vyjma vodních. Vyskytují se v zastíněných chodbičkách, pod kmeny stromů, kůrou a listím. Aktivní jsou především během dne, jejich aktivita závisí na intenzitě světla. Hůrka (2005) píše, že drabčíci jsou ve valné většině dravci a jsou vázáni na tlející organické zbytky, jen minimum se živí částmi rostlin a hub. Honěk a Kocián (2003) uvádějí, že drabčíci jsou daleko citlivější na změny v prostředí, než střevlíkovití. Přesto se k indikaci používají méně než jiné druhy, protože je obtížnější je determinovat.

3.4.4.7 Třída Mnohonožky (Diplopoda)

Mnohonožky mají válcovité tělo s pravidelným článkováním. Převážně vyhledávají tmavá, stinná a vlhká místa, kde nalézají úkryt. Obývají svrchní vrstvy půdy v lesích, ale najdeme je i v polních a travních ekosystémech. Potravou pro mnohonožky je tlející listí. Jejich trávicí systém obsahuje bohatou střevní mikroflóru. Vylučují exkrementy, které jsou bohaté na minerály a slouží jako výživa pro rostliny. Početnost mnohonožek je dobrým ukazatelem zdravé půdy, a to jak celková početnost populace, tak jednotlivých druhů ve vazbě na změny prostředí (Crawford a kol. 1983).

Při výběru organismů k indikaci (biologického indikátoru) bychom měli dbát na jeho širokou ekologickou valenci, rychlost indikace a jeho přítomnost na různých stanovištích. Jak uvádí Bezkorovaynaya (2014) takzvané sentinelové organismy do svých tkání ukládají polutanty a zachovávají je v tělech po řadu let. Při rozboru těl těchto organismů můžeme s přesností určit, kolik polutantu je v daném prostředí.

3.4.5 Půdní enzymy

Půdní enzymy a jejich měření, jak píše Baldrian (2009), mohou být kvalitním nástrojem, kterým můžeme sledovat biochemické pochody v půdním prostředí. Obsah enzymů v půdě ukazuje míru rozkladu organických látek v půdě, recyklaci biogenních prvků jako např. dusíku či síry. Tyto pochody jsou spojeny s aktivitou organismů žijících v půdě (zejména mikroorganismů), které vytvářejí enzymy. Produkce enzymů organismy může být ovlivněna množstvím organické hmoty v půdě, použitím chemických látek jako jsou pesticidy a herbicidy, pH a přítomností aktivátorů, teplotou, atd.

Kotal (1989) definuje enzymy jako specifické bílkoviny, které produkují organismy ve svých buňkách. Enzymy katalyzují průběh biologických reakcí. Tate (2000) uvádí, že půdní enzymy jsou proteiny jednoduché nebo složené. Mohou být buď vázány na živou buňku, protože jsou syntetizovány při buněčném růstu a dělení, anebo mohou existovat i volně v půdě, navázány na jíly či půdní organickou hmotu.

Tate (2000) dělí půdní enzymy do dvou základních skupin:

a) enzymy konstitutivní - jsou nezávislé na přítomnosti půdy a jsou vždy produkovány buňkou.

b) enzymy induktivní - jsou produkovány pouze za přítomnosti půdního prostředí a pokud je tato aktivita potřebná.

Jak píše Burns (1982), množství enzymů je přímo závislé na půdní struktuře a půdním horizontu. Půdní horizonty se liší svým obsahem organické hmoty, minerálním obsahem. Životnost enzymů tak také závisí na půdním prostředí, ve kterém se vytvářejí. Pro aktivitu enzymů jsou důležité mikroklimatické faktory, jako je vegetační kryt.

Burnse (1982) uvádí, že extracelulární enzymy jsou nezbytné pro koloběh živin, např. koloběh uhlíku, koloběh dusíku a fosforu. Hlavním původem těchto enzymů jsou půdní živočichové, mikroorganismy, hlavně bakterie, a kořeny rostlin. Bakterie jsou jedny z nejpočetnějších organismů v půdě a podílejí se na rozkládání odumřelé organické hmoty. Jak uvádí Sylvia a kol. (1999), mezi nejznámější bakterie, které produkují enzymy, patří bakterie rodu *Pseudomonas* a *Bacillus*. Pokud je půda kyselá, bakterií ubývá a na rozkládání se začnou podílet houby. Do nejvýznamnějších producentů enzymů u hub můžeme zařadit *Fusarium* a *Penicillium*.

3.4.6 Úrodnost půdy jako indikátor kvality půdy

Nezákladnější a nejdůležitější vlastností půdy je její úrodnost, neboli schopnost půdy poskytovat rostlinám takové podmínky, které uspokojují jejich nároky na živiny, vodu a půdní vzduch (Hůla a kol., 2008). Vysoký obsah humusu a přítomnost půdního edafonu příznivě ovlivňují úrodnost půdy. Úrodnost ovlivňuje struktura půdy, zrnitost, pórovitost, obsah vzduchu a vody. Půdní úrodnost musíme brát ze širokého hlediska, jedna slabší část nám může snížit celkovou kvalitu půdy. Správným chováním a hospodařením na půdě můžeme úrodnost udržet, ale i zlepšit. Na druhou stranu špatnou péčí o půdu můžeme půdu nenávratně poškodit i zničit.

3.5 Zemědělství

Zemědělství je základní způsob lidské obživy a nejrozšířenější způsob výroby na světě. Většina světa je na něm závislá, pro zemědělství se využívá 36 % světové souše, zaměstnává 37,5% obyvatel planety a podílí se na 6 % světového HDP. Gliessman (1997) definoval zemědělství jako praxi, vědu a umění pěstovat plodiny a chovat zvířata na organizovaných farmách.

Zemědělství má přímý dopad na krajinu, ve které se nachází. V dřívějších dobách bylo běžnou praxí při získávání nové zemědělské půdy vypalovat lesy, což v některých zemích pokračuje i v dnešní době. Díky technickému pokroku se zemědělství významně posunulo, došlo k zvýšení produktivity a zrychlení výroby. Docházelo k tvorbě velkých lánů polí bez remízků a předělů, které dříve sloužily jako ochrana pro různé druhy živočichů. Dochází k půdní erozi, která nenávratně poškozuje pole a ovlivňuje i chování vody v krajině. Tyto nedobré změny potvrzují mnohé vědecké studie. V současnosti nevládní organizace upozorňují na vypalování pralesů a zakládání plantáží s palmami na produkci palmového oleje, které zásadně mění klima na planetě.

Zemědělství můžeme dělit podle šetrnosti obhospodařování a tlaku na produkci:

1. Intenzivní konvenční zemědělství - snaha o maximalizaci výtěžku z půdy
2. Integrovaná produkce - předělová teorie mezi konvenčním a ekologickým hospodářstvím
3. Ekologické zemědělství - šetrné způsoby hospodaření, při kterých se půda dále nepoškozuje

3.5.1 Konvenční zemědělství

Intenzivní zemědělství se začalo rozvíjet ve druhé polovině 20. let za pomoci moderních technologií, hnojiv a pesticidů. Došlo k výraznému zvýšení efektivnosti zemědělské výroby. Konvenční zemědělství se vyznačuje snahou o maximalizaci zemědělské produkce a snížení nákladů. Tento způsob hospodaření má na půdu neblahý vliv, zejména kvůli utužování zeminy těžkými stroji, pěstování širokořádkových plodin (např. kukuřice), které vede ke zvýšené erozi, zhoršení retenční schopnosti půdy a úbytku organické hmoty v půdě. Nadměrné používání hnojiv způsobuje eutrofizaci v nádržích a jezerech. Vysoušení půdy a snížení procentuální vlhkosti má za následek vymírání některých druhů flory i fauny.

Při extrémním konvenčním zemědělství se půda přeměňuje v "mrtvou půdu", tedy půdu bez živin a přirozených procesů nutných pro život půdy. Na takové půdě se nedá bez externího dávkování hnojiva produkčně pěstovat. Konvenční zemědělství je také silně závislé na těžbě nerostných surovin, ze kterých se získávají minerální hnojiva, pesticidy a palivo pro zemědělské stroje a tím dochází k dalšímu tlaku na životní prostředí.

3.5.1.1 Pesticidy

Pesticidy jsou chemické přípravky, které se používají k ochraně kulturních rostlin proti škůdcům, plísním a jiným nežádoucím organismům. Jsou významným pomocníkem v zemědělském hospodaření a díky nim se zvýšila výnosnost a "kvalita potravin". Na druhou stranu, jak uvádí Fusek a kol. (2003), při jejich intenzivním používání dochází k masivní kontaminaci půdy, vody, ovzduší i samotných rostlin. Řada z nich zůstává dlouho v půdě, může se postupně uvolňovat, působit na okolní prostředí, vnikat do podzemních vod, které je přenášejí a tak mohou působit daleko od místa aplikace. Navíc zůstávají rezidua látek používaných v zemědělství v potravinách, ve stopovém až větším množství, které přesahuje normy pro bezpečnou konzumaci. Jak píše Švehla a kol. (1991), příkladem jsou rezidua dříve užívaného DDT, která se objevila dokonce i v tělech vysokohorských pstruhů a v kostní dřeni nejsevernějších Eskymáků. Pesticidy mohou negativně působit na zdraví člověka, např. vyvolávat alergické reakce a problémy s dýcháním. Podílejí se vedle jiných látek na tzv. civilizačních nemocech, části z nich jsou karcinogenní a mohou vyvolávat rakovinné nádory. Extrémní vlastnosti dokazuje Fusek a kol. (2003), kdy byly herbicidy zneužity Američany k vedení chemické války ve Vietnamu a způsobily zde obrovské ekologické a zdravotní škody. Proto nakládání s pesticidy je v každé zemi řešeno zákonnými opatřeními.

Podle způsobu použití pesticidy můžeme rozdělit na:

- a) insekticidy - k hubení hmyzu
- b) fungicidy - ničení hub a plísní
- c) herbicidy - k hubení plevelů
- d) rodenticidy - k hubení hlodavců atd.

3.5.1.2 Hnojiva

Hnojivem je látka, která se přidává externě do půdy pro výživu pěstovaných rostlin a navýšení jejich výtěžnosti. Hnojiva můžeme rozdělit na organická hnojiva a minerální hnojiva.

Při správném použití a dávkování hnojiv můžeme docílit vysokých výnosů a maximalizaci zisku z hospodaření. Zato při nadměrném hnojení rostliny nestíhají dodávané hnojivo zpracovat, čímž dochází buď k jeho uvolňování do atmosféry (denitrifikace) nebo k vyplavování do vodních toků, kde pak dochází k bujení řas a mikroorganismů, je zvýšena biochemická spotřeba kyslíku, v průběhu rozkladných procesů se vyčerpává veškerý rozpuštěný kyslík a vzniká mrtvá voda (Švehla 1992). Celý proces obohacení vody o živiny se nazývá eutrofizace.

Dalším důsledkem nadměrného hnojení může být zvýšený obsah nitrátů v plodinách, které se redukuje na toxické dusitany, které jsou zdraví škodlivé.

3.5.2 Integrované zemědělství

Integrované zemědělství je chápáno jako předělová teorie mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím. Snaží se o trvalou udržitelnost ekosystému a bere si to dobré z obou typů zemědělství. Snaží se používat hnojiva na základě úvahy a diagnostických metod. Pesticidy v integrovaném zemědělství se používají do míry, kdy ještě není ohrožen ekosystém a nepůsobí negativně.

Integrované zemědělství se snaží zlepšit kvalitu půdy úpravou druhů pěstovaných hospodářských plodin, pěstováním úzkořádkových plodin, snížením chemických zátěží na půdu a zabráněním vázání imisí na půdu. Jako příklad jednoduchého pozitivního zásahu lze uvést pěstování víceletých i jednoletých jetelovin, které zaručí přísun živin do půdy a zabraňují vodní erozi, velkému problému některých oblastí.

Jak píše Konečný a kol. (2004), k integrovanému zemědělství se přiklání hlavně zemědělci, kteří nedokáží dodržet a naplňovat přísné limity ekologického zemědělství a zároveň nechtějí vyčerpávat půdu konvenčním typem obhospodařování půdy.

3.5.3 Ekologické zemědělství

Ve světovém měřítku se stále více zemědělců přiklání k trvale udržitelnému přístupu a ekologickému zemědělství. Podle zákonů a norem Ministerstva zemědělství a EU mohou pouze ekologicky hospodařící zemědělci své suroviny a výrobky označovat značením BIO nebo EKO (Šarapatka a kol. 2003). Toto hospodaření je náročnější než konvenční, proto je pro něj upravena vyšší dotační politika než pro konvenční zemědělství (avšak bio výrobky jsou i přes toto opatření kupodivu dražší). Stejně tak má pozitivní vliv na zemědělskou půdu i okolní krajinu a nevyčerpává její přírodní zdroje v takové míře. Jak uvádí Moudrý a kol. (1993), principy ekologického zemědělství spočívají v šetrném přístupu k půdě a ve zvýšení její přirozené úrodnosti při co nejuzavřenějším koloběhu živin v půdě, co nejnižším používání chemických přípravků a postupů, které mohou působit negativně na půdu k šetrnému pěstování plodin.

Urban, Šarapatka a kol. (2003) uvádí, že hlavní idea ekologického zemědělství je propojenost zemědělství s přírodou a co největší snížení externích vstupů. Zemědělství je chápáno jako jeden celek propojený s přírodou. Navzájem se pozitivně ovlivňují. Člověk nemá násilně ovládat přírodu, ale konat v souladu s přírodou a využít jejího potencionálu k zlepšení kvality produkce.

3.6 Vliv vlastnictví na péči o půdy

Jak uvádí Batysta a kol. (2015) v České republice v nájmu 74,3 % půdy. Nejvyšší podíl pronajímané půdy vykazují Slovensko (78,8%) a Francie (78,1%). Naopak nejmenší podíl pachtované (pronajaté) půdy mají země jako Irsko (16,1%), Polsko (16,5%) a Portugalsko (20,5%). Podíl pachtované půdy ovlivnil zemědělský vývoj v dané zemi. V dnešní době mají na pachtování půdy hlavní vliv zemědělské dotace, což vede k tomu, že zemědělci, kteří opouštějí aktivní činnost, si půdu ponechávají ve vlastnictví.

Jak píše Sklenička a kol. (2013), nízký podíl vlastnictví půdy má negativní dopad na celou krajinu, protože nájemci mají nižší motivaci dobře se starat o půdu. Rozhodnutí o případném prodeji půdy vlastníkem ovlivňuje mnoho vnějších faktorů, zejména neefektivní trh s pozemky nebo vysoké hodnoty nájmu. Vlastník preferuje

vyšší výdělek ve formě nájemného než samotný prodej půdy. Fragmentace vlastnických parcel vede zvyšováním počtu vlastníků, zejména v důsledku dědictví, k postupnému zmenšování části parcel. Tím se snižuje tržní hodnota původně celistvého pozemku, který se stává problémově prodejním a roste pravděpodobnost toho, že bude pronajat (Sklenička a Salek, 2008).

4. Metodika

4.1 Popis vybrané lokality

Zkoumaná pole se nachází v Královéhradeckém kraji. Pole byla vybrána podle stejných klimatických i půdních podmínek, ale s rozdílným zemědělským typem hospodaření. Zkoumaná pole tvoří hnědozem a byla na nich vysazena v době umístování zemních pastí ozimá pšenice. Odlišná specifika pro jednotlivé pole jsou zaznamenána v tabulce č. 4.1.

Označení pole	Půdní blok	Typ zemědělství	Výška nad mořem [m.n.m.]	Sklonitost pole [°]	Výměra pole [ha]
Pole A	9001/8(630-1030)	konvenční	274,0	2,34	30,2
Pole B	0001/0(640-1030)	konvenční	298,3	3,19	18,3
Pole C	1802/3(640-1020)	konvenční	291,2	2,21	16,3
Pole D	3908/2(640-1030)	integrované	250,7	0,93	11,9
Pole E	3803/3(640-1030)	integrované	276,5	2,56	3,7

Tab. č. 4. 1: Charakteristika zkoumaných polí, v tabulce jsou zaznamenány informace o jednotlivých polích, na které byli umístěny zemní pastí (URL 1).

Pole s označením A, B a C jsou obhospodařována konvenčním zemědělstvím. Na těchto polích tvoří osevní postup pšenice, kukuřice, řepka olejka, atd. Některé plodiny nebyly ani střídány a používaly se více let po sobě, např. ozimá pšenice. Na zmíněná pole byly velmi obdobně užívány vysoké dávky minerálních hnojiv, řada druhů pesticidů a ostatních chemických látek. Zemědělci mají tato pole v pronájmu a suroviny na nich vypěstované velkoobchodně prodávají.

Integrované zemědělství probíhá na polích označených D a E. Tyto pole obdělávají rodinné farmy s dlouhou tradicí. Osevní postup je zde pestřejší než u konvenčního zemědělství a obsahuje pšenici, brambory, řada druhů kořenové zeleniny, více druhů salátu atd. Na polích jsou převážně používána organická hnojiva z vlastní výroby a ve velmi malém množství chemické látky, velmi podobně. Vypěstované produkty zemědělci prodávají sami přímo na farmě nebo na farmářských trzích a část plodin předávají do vlastní živočišné produkce. Zemědělci hospodaří na vlastních pozemcích, které se dědí z generace na generaci.

4.2 Metodika odchyty

Metodika sběru byla vybrána s ohledem na zkoumanou živočišnou skupinu, tj. bezobratlé, a proto byly zvoleny zemní pasti. Pasti byly umístěny liniově na pole v počtu 5 kusů na každé pole. První zemní past byla umístěna kolmo na hranici pole, od hranice byla vzdálena 10 metrů. Ostatní byly od sebe vzdáleny 5 metrů (obrázek č. 4.1). Pasti byly pro jednoduchý přístup živočichů pečlivě zahrabány až po hrdlo a byly zakryty stříškou, která zabraňovala vniknutí deště do pasti a následné vyplavení chycených živočichů ven. Jako médium byl použit roztok vody (65%), octa (30%) a soli (5%), které sloužilo jako konzervant chycených živočichů. Celkově bylo rozmístěno 25 zemních pastí na 5 polích.

Zemní pasti byly umístěny 29. 3. 2016 a vybrány po 14 dnech od data instalace, tedy 12. 4. 2016. Během této doby nebyly pasti kontrolovány a nebylo z nich nic vybíráno.

4.2.1 Výroba zemních pastí

Použité zemní pasti byly vyrobeny ručně z dostupných dvou litrových PET lahví. PET lahev byla rozpůlena ve 2/3 od spodku lahve. Spodní část lahve sloužila pro odchyt živočichů. Vrchní část sloužila jako zákryt spodní části a byla po okraji zubovitě sestříhnuta, aby umožnila průchod do spodní odchytové části lahve. Takto vyrobená zemní past je vidět na obrázku číslo 4.2.

4.2.2 Instalace zemních pastí

Na polích se odměřily rozměry vzdáleností pastí od sebe a následně se do zeminy vyhloubila jamka. Vyhloubení bylo tak hluboké, aby spodní díl převyšoval okolní zeminu o 0,5 cm. Po vložení spodního dílu do jamky byl díl upevněn kameny a dosypán zeminou až po hrdlo, kde byl udělán pozvolný spád k okolní zemině. Poté do byl 2/5 spodního dílu nalit konzervační roztok. Následně byla umístěna do země stříška, která se zasunula mezi zeminu a spodní díl, jak je vidět na obrázku 4.3.

4.2.3 Roztřídění chycených živočichů

Při výběru zemních pastí byli chycení živočichové přemístěni do sklenic, které byly označeny místem a číslem zemní pasti. Sklenice byly převezeny do laboratoře, kde byli bezobratlí přendáni a zakonzervováni do 75% roztoku ethanolu. Z roztoku byli živočichové dále odebráni na Petriho misku, kde byla provedena analýza. V analýze byly identifikovány determinační znaky jednotlivých živočichů, podle kterých byli zařazeni do taxonomických skupin. Některé živočichy šlo identifikovat pouhým okem, u řady menší živočichů byla použita lupa. Celkové výsledky odchycených živočichů můžeme vidět ve výsledné tabulce Počty odchycených živočichů (příloha), kde jsou rozřazeny do kategorií podle odchycených taxonů, jednotlivých zemních pastí a lokalit, kde byly umístěny.

4.3 Statistické výpočty

Hodnoty z tabulky Počty odchycených živočichů (příloha) byly použity pro statistické výpočty. Počítán byl aritmetický průměr, modus, medián a Simpsonův index. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v grafech v kapitole Výsledky.

4.3.1 Aritmetický průměr

Aritmetický průměr je základní statistická veličin. Je definován jako součet hodnot a znaků všech statistických jednotek daného souboru dělený jeho počtem.

Aritmetický průměr můžeme definovat jako:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Obr. 4.4: Rovnice aritmetického průměru (URL 2)

4.3.2 Modus

Strádalová a Kubátová (1997) píší, že modus můžeme definovat jako hodnotu, která se v souboru vyskytuje nejčastěji a je pro tento soubor charakteristická. Modus

je hodnota znaku, který dokáže mít v daném souboru absolutní četnost znaku. Pokud modus je jen jeden, jedná se o typickou hodnotu znaku.

4.3.3 Medián

Medián definujeme jako hodnotu znaku, která stojí přesně uprostřed souboru, který je uspořádán podle velikosti jednotlivých hodnot znaků a soubor znaků rozděluje na dvě stejně početné skupiny. Výpočet mediánu u lichých hodnot provádíme seřazením hodnot podle velikosti a nalezením středu těchto hodnot. Pokud má soubor sudý počet znaků, je medián průměr dvou sousedních středních hodnot (Strádalová a Kubátová (1997)).

4.3.4 Simpsonův index diverzity

Jak uvádí Jarkovský a kol. (2012), Simpsonův index patří mezi základní statistické výpočty v ekologii. Je závislý na nejpočetnějším druhu a méně citlivý k druhům, které jsou vzácné. Udává pravděpodobnost, s jakou budou dva náhodně nalezení jedinci patřit k odlišným druhům.

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2 \text{ tedy } D = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Obr. č. 4.5: Rovnice Simpsonova indexu diverzity (URL 3)

4.4 Půdní analýzy

Na každém místě, kde byla instalována zemní past, byla odebrána zemina, z níž se v laboratorních podmínkách za pomoci vedoucí práce dr. Aleny Walmsley určily půdní vlastnosti jako obsah uhlíku a dusíku. Dále bylo určeno pH půdy a některé z vybraných enzymů. Výsledné hodnoty jsou v kapitole 5. Výsledky.

4.4.1 Analýza uhlíku a dusíku

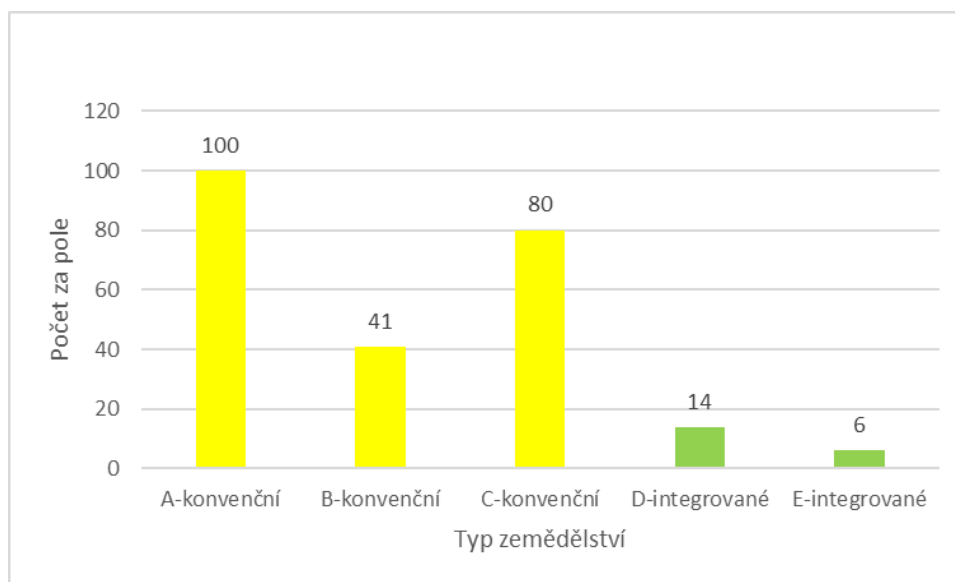
Pro analýzu uhlíku a dusíku byl použit analyzátor NA1500 (Carlo Erba-Thermo Fisher Scientific). Před použitím analyzátoru byly vzorky půdy usušeny, nadrceny a přesety přes síto s propustností 1 mm a menší. Poté byly naváženy na přibližně 2 gramy. Přesná váha vzorku byla zadána do analyzátoru. Vzorky půdy byly vloženy v cínových nádobách do analyzátoru, kde byl spuštěn proces analýzy uhlíku a dusíku. V analyzátoru dochází ke spotřebě kyslíku za vysokých teplot (1800°C). Uvolňují se plyny jako N₂, NO_x, H₂O a CO₂, které jsou přenášeny pomocí plynu (helium) do sloupku. Oxidy dusíku jsou redukovány na elementární dusík a O₂, podobně tak i další plyny. V sloupcích jsou pomocí detektoru (TCD), který převádí tepelnou vodivost na elektrický signál, měřeny a analyzovány koncentrace uhlíku a dusíku ze vzorku.

4.4.2 Analýza půdních enzymů

Při měření enzymů byl napipetován substrát na bázi p-nitro-fenol-4-methylumbelliferonu v roztoku dimethyl sulfoxidem do jamek na destičce. K substrátu bylo přidáno 200 µl půdy v octanovém pufru. Poté byla destička uložena na inkubaci při teplotě 40°C. Po 5 minutách a 125 minutách byla měřena fluorescenční aktivita na destičce u jednotlivých vzorků.

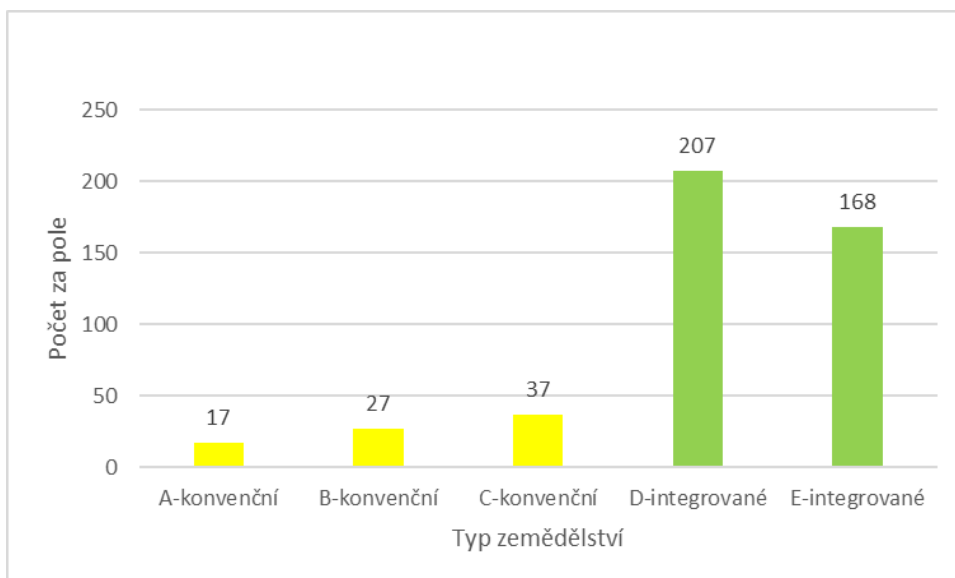
5. Výsledky

Výsledky jsou pro lepší názornost uvedeny v grafech. V každém grafu je pět sloupců, z toho 3 s konvenčním zemědělstvím (žlutě zbarvené) a 2 s integrovaným zemědělstvím (zeleně zbarvené). Nad sloupci je číselně vyjádřen počet odchycených organismů na jednu oblast.



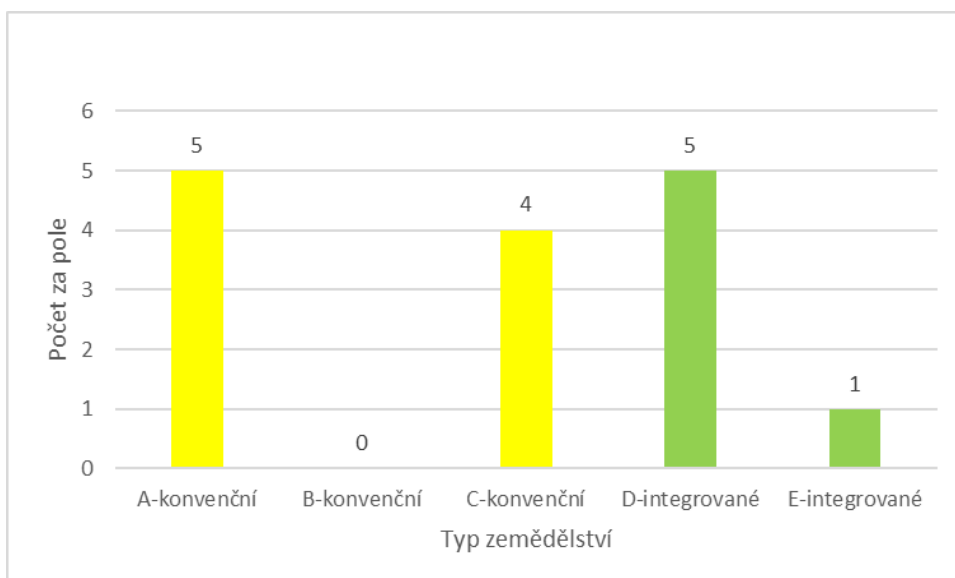
Obr. č. 5.1: Výsledky střevlíkovitých (Carabidae), jsou zde vidět výsledky za jednotlivá pole a typ zemědělství, ten je v grafu vyznačen barevně (autor, 2017).

Výsledky čeledi střevlíkovitých (Carabidae) vidíme v grafu č. 5.1. Nejvíce jich bylo chyceno na místě s označením A (100 ks), kde probíhalo konvenční zemědělství, méně na místě C a B. Nejmenší počet byl chycen na místě E (6 ks) s integrovaným zemědělstvím. Aritmetický průměr vyšel 48,2 ks a medián 41 ks.



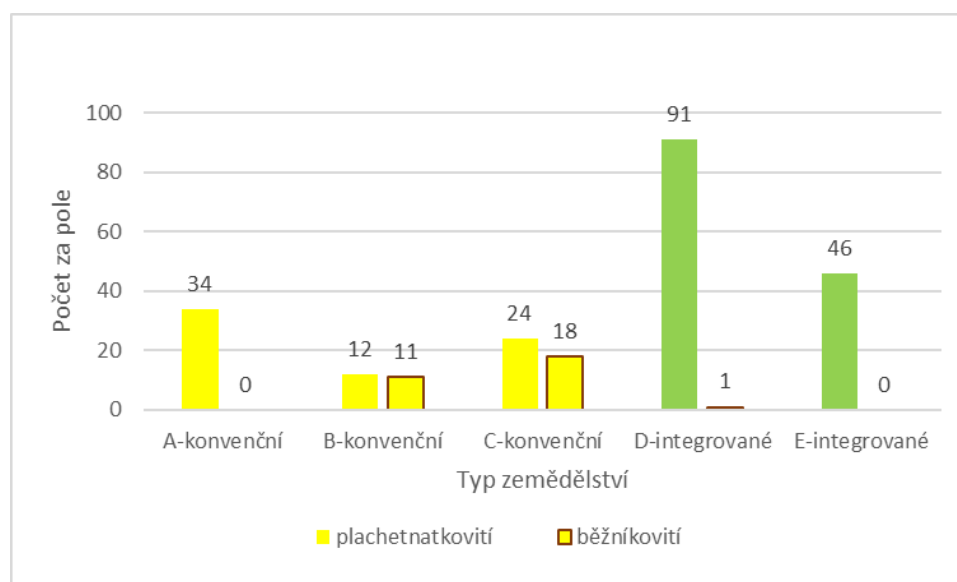
Obr. č. 5.2: Výsledky drabčikovitých (*Staphylinidae*), jsou řazeny do sloupců za jednotlivá pole, každý sloupec označuje počet odchycených drabčikovitých (autor, 2017).

Zastoupení drabčikovitých na jednotlivých polích vidíme v grafu č. 5.2. Nejvíce chycených jedinců bylo na místě D (207 ks) a E (168 ks), oboje z integrovaného zemědělství. Značně méně jich bylo na místech konvenčního zemědělství C (37 ks), B (27 ks) a A (17 ks). Aritmetický průměr je 91,2 ks a medián 37 ks.



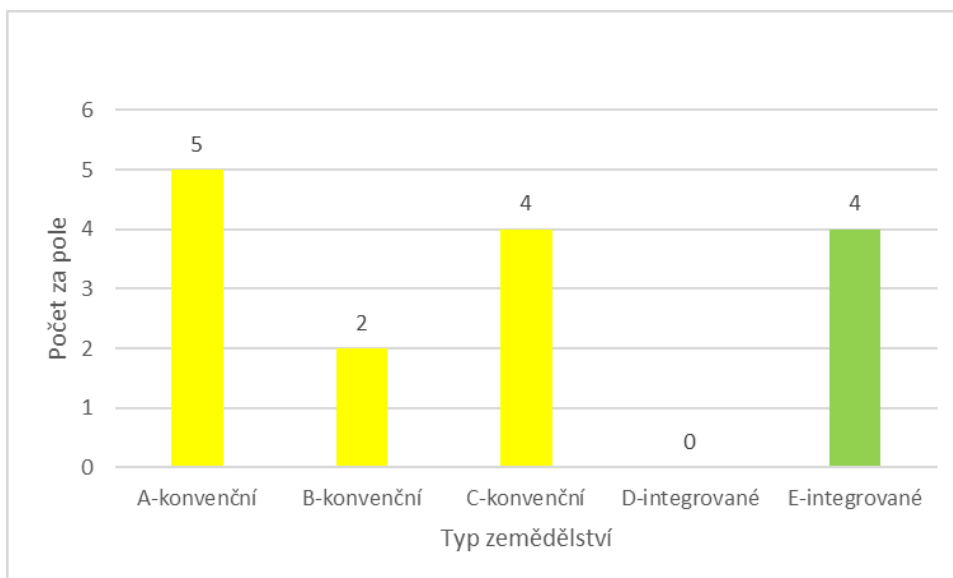
Obr. č. 5.3: Výsledky lesknáčkovití (*Nitidulidae*), graf sloupcově znázorňuje počty jednotlivých organismů. Na konkrétních polích, typy zemědělství jsou odlišeny barevně (autor, 2017).

U leskáčkovitých, (Nitidulidae), které ukazuje obrázek č. 5.3, je shodný modus pro integrované a konvenční zemědělství na místě A a D (5 ks), na místě B nebyl odchycen žádný lesknáčkovitý brouk. Aritmetický průměr vyšel 3 ks na jedno pole a medián 4 ks.



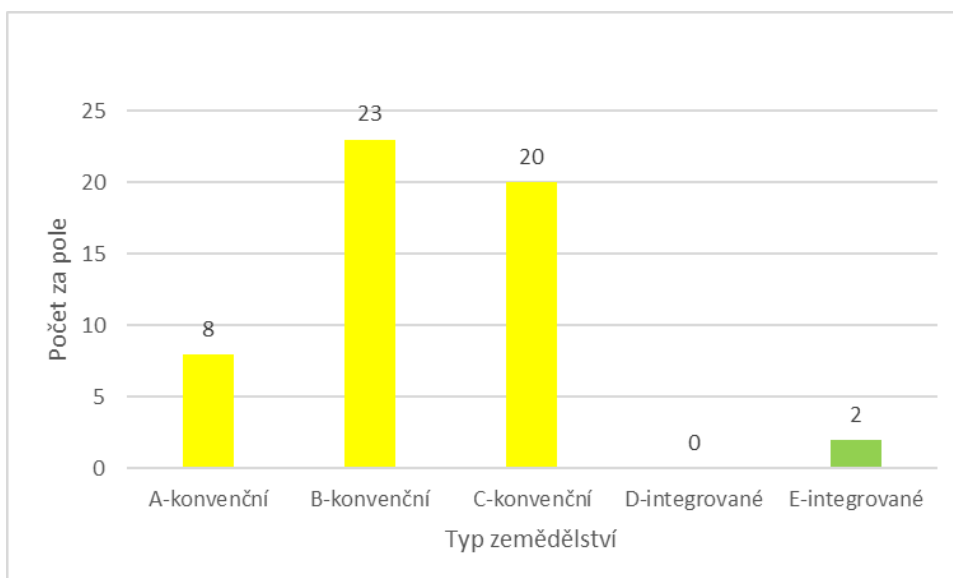
Obr. č. 5.4: Výsledky pavoukoviců (Araneae), jsou rozděleny na plachetnatkovité (Linyphiidae) a běžníkovité (Thomidae) mají hnědý rámeček u sloupců (autor, 2017).

V grafu č. 5.4 jsou pavoukovití rozděleni na plachetnatkovité a běžníkovité. Jiné čeledě pavouků jsme na polích nenašli. Jak je v grafu vidět, na každém místě bylo nalezeno více plachetnatek jak běžníků. Největší rozdíl byl na místě D (rozdíl 90 ks) a nejmenší na místě B (1 ks). Největší počet plachetnatek byl zachycen na poli D (91 ks), a nejméně běžníků na poli A a E (0 ks). Pro plachetnaky vyšel aritmetický průměr 41 ks a medián 34 ks na pole, u běžníků je aritmetický průměr 6 ks, medián 1 ks.



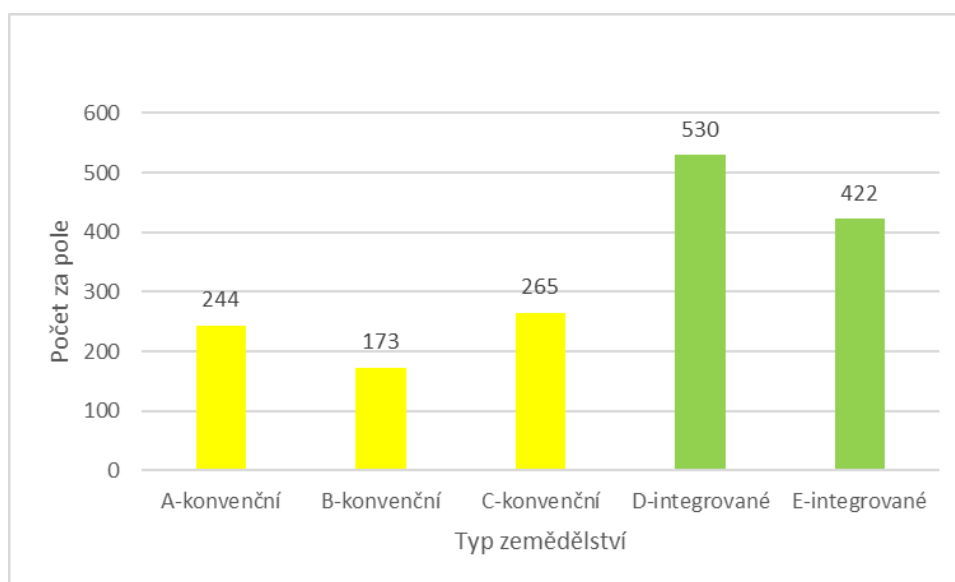
Obr. č. 5.5: Výsledky pro mnohonožky (*Diplopoda*) jsou uvedeny ve sloupcových grafech, které uvádějí počet odchycených jedinců na pole, barevně jsou vyznačeny odlišné typy hospodaření. (autor, 2017)

Zastoupení mnohonožek na jednotlivých místech je uvedeno v grafu č. 5.5. Nejvyšší počet odchycení byl na místě A (5 ks), modus byl na místě C a E (4 ks), na místě D nebyl odchycen žádný jedinec. Aritmetický průměr jdou 3 ks na pole a medián 4 ks.



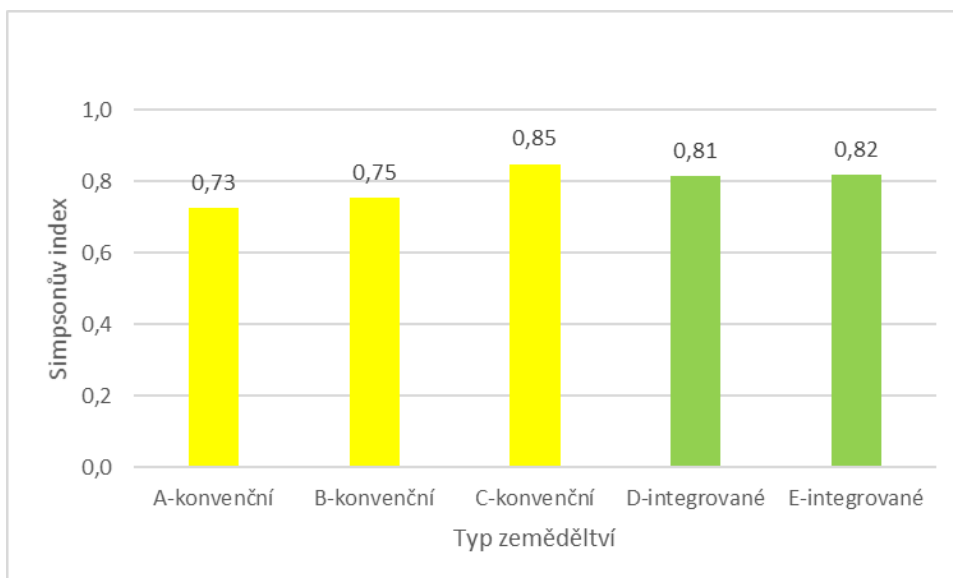
Obr. č. 5.6: Výsledky ostatního hmyzu názorně ukazují počty zástupců hmyzu, kteří nebyli blíže zařazeni. Sloupce grafu ukazují jednotlivá sběrná pole každé, barevně jsou odlišeny typy zemědělství (autor, 2017).

V grafu číslo 5.6 jsou uvedeny výsledky ostatního hmyzu, který nebyl zařazen do předešlých kategorií. Nejvyšší zastoupení a modus má místo B s konvenčním zemědělstvím (23 ks), na místě D s ekologickým zemědělstvím nebyl nalezen žádný nezařazený hmyz. Aritmetický průměr je 10,6, medián je 8.



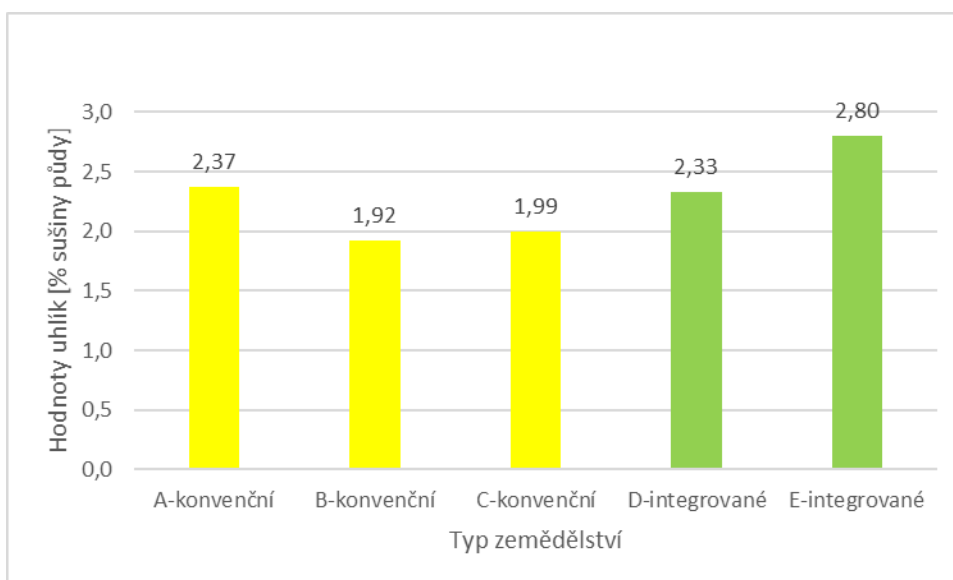
Obr. č. 5.7: Výsledky celkové počty živočichů, graf ukazuje celkové výsledky všech odchycených živočichů za jednotlivá pole (autor, 2017).

Celkové počty jednotlivých živočichů jsou vidět v grafu č. 5.7. Jsou zde zahrnuti i živočichové, kteří měli celkový počet odchyty 1 ks na všechny zemní pasti (jako myš). Graf uvádí přehled o celkových živočiších na jednotlivých polích. Nejvíce bylo chyceno na místě D (503 ks) a poté na místě E (422 ks). Nejméně na místě B (173 ks). Celkový aritmetický průměr je 326,8 ks na pole a medián je 265 ks na pole.



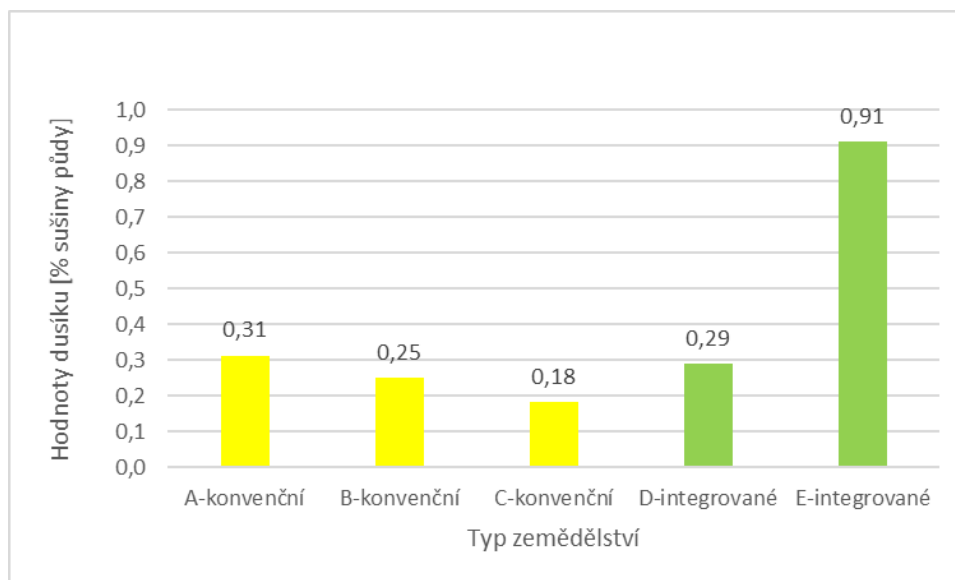
Obr. č. 5.8: Výsledky Simpsonova indexu, ve sloupcích jsou vyznačeny hodnoty Simpsonova indexu a nad sloupci jsou číselně uvedeny číselnou hodnotou, typy zemědělství jsou označeny barevně (autor, 2017).

Výsledky Simpsonova indexu vidíme v grafu číslo 5.8. Nejvyšší hodnota vyšla v místě C, kde probíhalo konvenční zemědělství. A nejnižší v místě A, zde také probíhalo konvenční zemědělství.



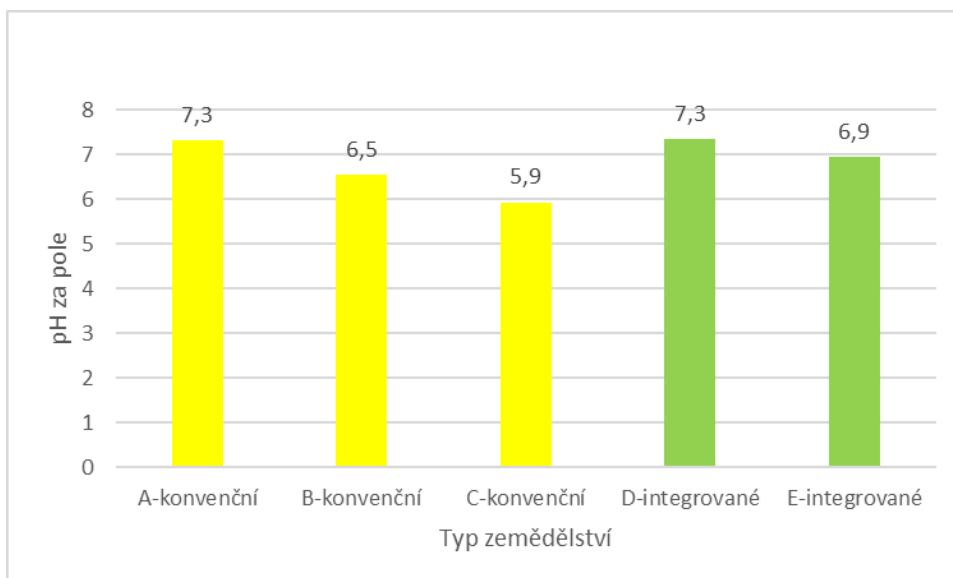
Obr. č. 5.9: Výsledky obsahu uhlíku, graficky jsou vyznačeny zjištěné hodnoty uhlíku měřeného na jednotlivých polích. (autor, 2017)

Nejvíce uhlíku, jak ukazuje graf č. 5.9, je v místě E s integrovaným zemědělstvím (2,80), nejméně v místě B (1,92) a C (1,99). Průměrný aritmetický obsah uhlíku je 2,282 a medián vyšel 2,33.



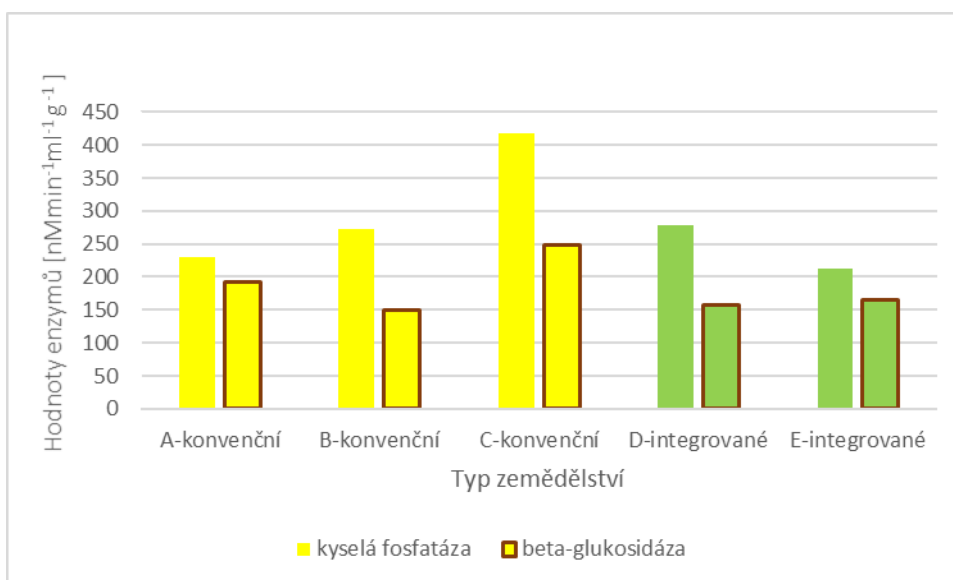
Obr. č. 5.10: Výsledky obsahu dusíku ukazují celkový obsah dusíku měřený na jednotlivých polích, přesné hodnoty jsou uvedeny číselně nad sloupcem (autor, 2017).

Jak ukazuje výsledný graf měření dusíku (obrázek č. 5.10), nejvíce dusíku bylo naměřeno na místě E s integrovaným zemědělstvím (0,91). Ostatní místa měla menší podíl obsaženého dusíku a nejméně dusíku mělo místo C s konvenčním zemědělstvím (0,18). Aritmetický průměr je 0,388 a vypočítaný medián 0,29.



Obr. č. 5.11: Výsledky hodnoty pH půdy na jednotlivých polích, typy zemědělství jsou vyznačeny barevně (autor, 2017).

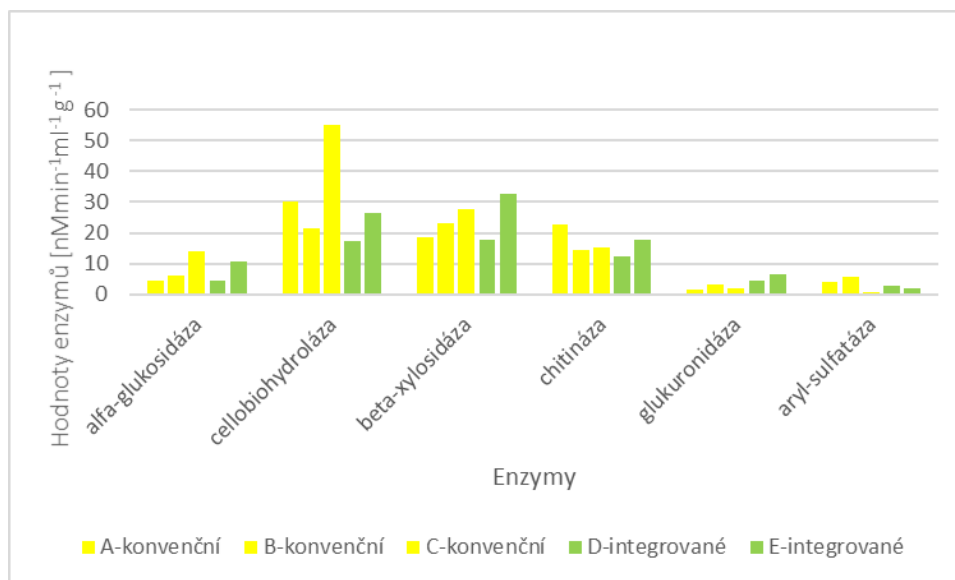
Výsledky měření pH půdy jsou uvedeny v grafu č. 5.11. Modus stejný mají dvě místa A a D (7,3) a nejkyselější pH je v místě C (5,9), medián je 6,9 a aritmetický průměr hodnot 6,78.



Obr. č. 5.12: Výsledky půdních enzymů (kyselá fosfatáza, beta-glukosidáza), měřené na jednotlivých polích a vyznačené druh hospodaření na polích (autor, 2017).

V grafu č. 5.12 jsou graficky zobrazeny výsledné hodnoty dvou enzymů. Nejvyšší naměřená kyselá fosfatáza byla v místě C s konvenčním hospodařením, její

nejnižší hodnota byla naměřena v místě E s integrovaným zemědělstvím. Nejvyšší hodnoty beta- glukosidázy mělo místo C a nejnižší místo B.



Obr. č. 5.13: Výsledky půdních enzymů (alfa-glukosidáza, cellobiohydroláza, beta-xylosidáza, chitináza, glukuronidáza, aryl-sulfatáza), měřené na jednotlivých polích a vyznačené druhy hospodaření na polích (autor, 2017).

Obrázek č. 13 ukazuje graficky znázorněné hodnoty dalších měřených enzymů. Enzym alfa-glukosidáza vyšel nejvyšší na místě C a nejnižší na místě D. Enzym cellobiohydroláza vyšel opět nejvýše v místě C a nejnižší hodnota tohoto enzymu byla naměřena v místě C. U beta-xylosidázy byly hodnoty nejvyšší na místě D a nejnižší na místě C.

6. Diskuse

Z dosažených výsledků (kapitola Výsledky) je vidět, že není úplně jednoznačné, který druh zemědělství je celkově šetrnější k půdním organismům. Přesněji se to dá určit u jednotlivých organismů, kde výzkum vyšel poměrně přesvědčivě. Ve valné většině převládají výsledky hovořící pro konvenční nebo integrované zemědělství. Jen u lesknáčkovitých a mnohonožek jsou výsledky pro jednotlivá zemědělství nevypovídající. To, které zemědělství tyto taxony ovlivňuje více, může být způsobeno nízkým odchytům těchto živočichů ve zkoumaných lokalitách nebo celkovou vyrovnaností a netečností organismů na druh zemědělského hospodaření. Pro přesnější výsledky by bylo potřeba vyšších odchytů těchto druhů na jednotlivých polích a místech.

Střevlíkovití vykazují převahu na konvenčně obhospodařovaných polích. Výsledky se liší od očekávaných, kdy byl předpoklad vyšší početnosti v integrovaném zemědělství. Mnoho odborných článků se zabývá střevlíkovitými, kde popisují jejich vysokou citlivost na chemické látky v půdě, a proto se mohou využívat jako indikátory kvality půdy. To potvrzuje i Komp (1999) a jeho studie, kde poukazuje na vyšší početnost střevlíků v integrovaném zemědělství. Hůrka (1996) poukazuje, že střevlíkovití mají nízké počty při hnojení organickými hnojivy. Organická hnojiva byla používána na obou polích, kde bylo integrované zemědělství. To může také vysvětlovat nižší počty střevlíkovitých na těchto polích. Hole a kol. (2005) uvádí některé studie, kdy vliv zemědělství na početnost organismů nemá tak velký význam. Jeho studie uvádí, že v jednom roce vyšla vyšší početnost u integrovaného a v druhém roce u konvenčního hospodaření na poli. Hůrka (1996) popisuje střevlíky jako nesespecializované predátory, proto je možné, že na konvenčně obhospodařovaném místě mají více přirozené potravy. Jejich potrava nemusí být tak náchylná k chemickým vlivům, dokonce je může preferovat.

Drabčíkovití vykazují převahu na poli obhospodařovaném integrovaným zemědělstvím. Tyto výsledky potvrdily očekávání. Jak uvádí Hůrka (1996), stejně jako střevlíkovití i drabčíkovití jsou velmi citliví na chemické látky. Dokonce Honěk a Kocián (2003) uvádějí, že drabčíkovití jsou daleko citlivější na druhy pesticidů než střevlíkovití. Boháč (1999) uvádí, že počet druhů drabčíkovitých bývá daleko

vyšší než u střevlíkovitých. Jejich velké rozšíření a přenos indikace drabčíkovité řadí mezi nejpřesnější indikátory kvality.

Lesknáčkovití výsledky neukazují ani na jedno hospodářství, kde by byla prokazatelná vyšší početnost.

Pavoukovité lze rozdělit na dvě části. Plachetnatky (Linyphiidae) vykazují vyšší početnost u integrovaného zemědělství, zato běžníci u konvenčního. Jedním z důvodů může být fakt, že plachetnatkovití pavouci vyskytující se na zemědělských půdách jsou převážně půdní druhy, které si budují síť na/pod povrchem půdy a jsou tudíž více ovlivněny managementem a aplikací chemikálií na půdu. Běžníci naproti tomu síť nebudují a jsou celkově mobilnější, proto se mohou škodlivému vlivu chemických látek snáze vyhnout (Brichta, 2009). Celkově vychází vyšší početnost u integrovaného zemědělství. Stejně tak Hole a kol. (2005) ukazují na vyšší početnost pavoukovitých v integrovaném zemědělství. Honěk (1988), poukazuje na vyšší početnost pavoukovitých na polích o nižší hustotě rostlin, bohužel toto tvrzení nemůžeme potvrdit.

Mnohonožkovití nevyšli přesvědčivě. Jak uvádí například Crawford a kol. (1983), vyšší abundanci mnohonožkovitých vykazují pole s integrovaným hospodařením. To uvádí i Pokorný a kol. (2007) - v jejich studii integrovaně obhospodařované půdy vykazují signifikantně vyšší aktivitu mnohonožek. Naše nejisté výsledky podle řady literárních článků mohla způsobit volba zemních pastí. Chytání mnohonožkovitých do zemních pastí je obtížnější než chytání ostatních půdních organismů. Mnohonožka má dlouhé tělo, a pokud rychle zareaguje, dokáže ze zemní pasti vycouvat. Tento procentuální efekt nedokážeme přenést do výsledků.

Celkové počty organismů ukazují na vyšší abundanci u polí, kde bylo integrované zemědělství. Tento výsledek byl očekáván a potvrzuje ho většina zdrojů, jako např. Hůrka (1996). Jak uvádí Gaighera a Samways (2010), abundance bezobratlých je největší v přirozeném prostředí, dále pak v integrovaném zemědělství a poté až v konvenčně obhospodařovaných plochách.

Simpsonův index diverzity neprokázal výrazně vyšší diverzitu na úrovni čeledí,

na které jsem se pohyboval při svém výzkumu. Pokorný a kol (2007) uvádějí, že vyšší druhovou diverzitu má integrované zemědělství. Předpokládám tedy, že kdybych určoval živočichy do nižších taxonomických jednotek, byla by rozmanitost vyšší, i kvůli tomu že počet odchycených čeledí byl poměrně nízký.

Obsah uhlíku v půdě vyšel lépe pro integrované zemědělství. Jak potvrzuje Pokorný a kol. (2007), řada výzkumů ukazuje vyšší koncentrace uhlíku u integrovaného zemědělství ve srovnání s konvenčním zemědělstvím.

Obsah dusíku byl nejvyšší na poli E, což přisuzuji tomu, že se zde hnojí hnojem z živočišné výroby a pole bylo pohnojeno v předcházející sezóně. Obsah dusíku v půdě je poměrně stálý, jak uvádí Šantrůčková (2001) jeho vysoké hodnoty v půdě můžeme nalézt i po řadě let.

Dle hodnocení Pokorného a kol. (2007) vyšlo pH neutrální na všech místech, vyjma místa C, které padá do kategorie slabě kyselá půda.

Aktivita vybraných půdních enzymů se příliš nelišila mezi vzorky, jen na poli C byla výrazně vyšší než na ostatních polích. Na stejném poli bylo také nejnižší pH, což mohlo být příčinou vyšší aktivity kyselé fosfatázy, která má optimum při mírně kyselé půdní reakci.

Výsledky do jisté míry mohl ovlivnit vlastnický stav půdy. Konvenčně obhospodařovaná pole mají zemědělci v dlouhodobém nájmu. Dlouhodobý nájem by měl zemědělce motivovat k šetrnějším přístupům k půdě. Integrovaně obhospodařovaná pole patří zemědělcům, kteří na nich hospodaří. V práci jsem neprokazoval hlubší vlastnický vliv a vazby na jednotlivá pole. Všeobecně platí, že pokud půda patří zemědělci, který na ní hospodaří, ten většinou preferuje šetrnější způsoby obdělávání a péči o ni, i jen proto, aby mu vydržela dlouhodobě výnosná. Není to však paušálním pravidlem.

7. Závěr

Tato práce měla za cíl posoudit vliv typu zemědělství na abundanci a diverzitu půdních organismů. Z výsledků vyplývá, že typ zemědělství má značný vliv na půdní organismy. Ovšem není to jediný faktor, který ovlivňuje jejich abundanci a diverzitu. Tato práce se shoduje s výzkumem jiných autorů, kteří dokazují, že různé druhy živočichů preferují různé typy zemědělského obhospodařování půdy. Můžeme to vidět na střevlíkovitých (Carabidae), kde byl vyšší výskyt na poli, kde probíhalo konvenční zemědělství. Myslím si, že pokud bych členil zkoumané živočichy do nižších taxonomických skupin, ukázala by se vyšší druhová diverzita u integrovaného zemědělství. A u konvenčního by byly případné vysoké počty dominantní taxonomické skupiny.

Dále tato práce dokazuje, že mezi nejspolehlivější indikátory kvality půdy patří drabčíkovití (Staphylinidae), kteří měli velkou dominanci na polích s integrovaným zemědělstvím, a tento výsledek se shoduje s většinou publikovaných prací. Dalším spolehlivým indikátorem jsou plachetnatkovití (Linyphiidae), kteří také měli nejvyšší početnost u integrovaného zemědělství. Vysokou spolehlivost indikátoru jsem očekával i u střevlíkovitých (Carabidae), ale ta se nám nedokázala prokázat a výsledky jsou v rozporu s pracemi jiných autorů.

Výsledné biochemické hodnoty se v této práci nepodařilo dát do souvislosti s abundancí a diverzitou půdních organismů. Ani jednotlivé hodnoty nevypovídají o propojenosti a vazbě s jednotlivými druhy organismů. Pouze u kyselých fosfatázy se nám potvrdilo, že má vyšší hodnoty na kyselejších půdách. U ostatních typů enzymů nebyly nalezeny spolehlivé souvislosti.

Tato práce prokázala vliv zemědělského hospodaření jen u určitých taxonů. Domnívám se, že pokud by se půdní živočichové dělili do nižších taxonů, prokázaly by se souvislosti u více živočišných druhů. Dále by bylo vhodné v případě dalších navazujících prací změnit metodiky odchyty jako typ zemičích pastí nebo prodloužit dobu instalace zemičích pastí. Příkladem třeba u mnohonožek (Diplopoda), kde jsou výsledky nevypovídající kvůli malému počtu odchycených jedinců.

Jsem přesvědčen, že tato práce může sloužit jako vodítko nebo opěrný bod v řadě navazujících nebo podobných prací, které se budou zabývat vlivem typu zemědělství na půdní organismy.

8. Přehled literatury a použitých zdrojů

Baldrian P., 2009: Microbialenzyme– catalyzed processes in soils and their analysis, *Plant Soil Environ* 55. S. 370 – 378.

Batysta M. a kol., 2015: Situační a výhledová zpráva Půda. Ministerstvo zemědělství, Praha, 134 s.

Bezkorovaynaya I. N., 2014: Forest– tundra soil invertebratecommunities under conditions of technogenic pollution. *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal* 6. S. 708 – 713.

Boháč J., 1999: Staphyloid beetles as bioindicator. *Agriculture, Ecology and Environment* 74. S. 357-372.

Boháč J., Kohout P., 2011: Metody studia biodiverzity v porostech energetických rostlin- půdní a epigeičtí brouci. *Acta Pruhoniciana* 97. S. 85-96.

Bongers T., 1990: The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83. S. 14-19.

Brichta M., 2009: Distribuce a pohyb pavouků (Araneae) na ekotonu lesa a louky. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Brtnický M., Vopravil J., Vrabcová T., Hladký J., Khel T., Novák P., Vlček V., Kynický J., 2012: Degradace půdy v české republice. Mendělejova univerzita v Brně, Brno, 91 s. ISBN 978-80-87361-20-7.

Burns R. G., 1986: Enzyme activity in soil: local and a possible role in microbial ecology. *Soil Biology and Biochemistry* 14. S. 423 – 427.

Cáblík J., Jůva K., 1963: Protierozní ochrana půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 324 s.

Craford C. S., Minion G. P., Boyers M. D., 1983: Intima morphology, bacterial morphotypes, and effects of annual molt on microflora in the hindgutof the desert millipede, *Doplopa. Morphol Embryol* 12. S. 301-312.

Doran J. W., Parkin T. B., 1994: Defining and assessing soil quality. *SSSA Special Publication Number 35*. S. 3-21.

Fusek J., Měrka V., 2003: Nebezpečné herbicidy. *Vojenské zdravotnické listy* 6. S. 263-264.

Fusek J., Měrka V., 2003: Nebezpečné herbicidy. *Vojenské zdravotnické listy* 6. S. 269-270.

- Gaigher R, Samways . J.M, 2010: Surface active arthropods in organic vineyards integrated vineyards and natural habitat in Cape Floritic Region. *Jurnal of Insect Conservation* 17. S. 595-605.
- Gliessman S. R., 1997: *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Sleeping Bears Press, Chelsea, 400 s.
- Hadson M. E., 2010: The need for sustainable remediation. *Elements* 6. S. 363-368.
- Hole D. G., Perkins A. J., Wilson J. D., Alexander I. H., Grice P. V., Evans a. D., 2005: Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv* 122. S. 113-130.
- Holý M., 1978: *Protierozní ochrana*. Nakladatelství technické literatury, Praha, 288 s.
- Honěk A. 1988: The effect of cropdensity and microclimate on pitfall trap catches of Carabidea, Staphylonidea (Coleoptera) and Lycosidea (Araneae) in cereal Fields. *Pedobiologia* 32: S. 233-242.
- Honěk A., Kocian M., 2003: Importance of woody and grassy areas as refugia for field Carabidea and Staphylinidea (Coleoptera). *Acta Soc. Zool Bohem Czech Republic* 67. S. 71-81.
- Huhla V., 2007: The role of soil fauna in ecosystems: A historical Review. *Pedobiologia* 6. S. 489 – 495.
- Hůla J., Procházková B., a kol., 2008: *Minimalizace zpracování půdy*, Profi Press s.r.o., Praha, 248 s. ISBN978-80-86726-28-1.
- Hůrka K., 2005: *Brouci České a Slovenské republiky*. Kabourek, Zlín, 390 s.
- Hůrka K., 1996: *Carabidea České a Slovenské republiky*. Kabourek, Zlín, 565 s.
- Janeček M., Bohuslávěk J., Dumbrovský M., Gergel J., Hrádek F., Kovář P., Kubátová E., Pasák V., Pivcová J., Tippl M., Toman F., Tomanová O., Váška J., 2002: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ISV nakladatelství, Praha, 201 s.
- Jarkovský J., Littnerová S., Dušek L., 2012: *Akademické nakladatelství cerm s.r.o.*, Brno, 77 s.
- Kalinová J., 2007: *Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství: odborná monografie*. Jihočeská zemědělská univerzita, zemědělská fakulta, České Budějovice, 41 s. ISBN 978-80-7394-029-4.
- Konečný M., 2004: *Ekologické dopady polečné zemědělské politiky a vstup do EU v českém zemědělství*. Hnutí Duha, Brno, 87 s.
- Kotal V., 1989: *Enzymy v zemědělství*. SZN, Praha, 99 s.
- Kratochvíl J., 1973: *Použitá zoologie: Bezobrtlí*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 442 s.

- Kromp B, 1999: Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74. S. 187-228.
- Kůrka A., 2003: Pavouci a další bezobratlí. Euromedia Group k.s, Praha, 152 s.
- Lutze J. L., Gifford M. R., 2000: Nitrogen accumulation and distribution in *Donthonia richardsonii* swards in response to CO₂ and nitrogen supply over four years of growth. *Global Change Biology* 6. S. 1-12.
- Menacho A., Vega J. . M., 1989: Effect of nitrogen starvation on ammonium assimilation by *Chlamydomonas reinhardtii*. *Physiologia Plantarum* 75. S. 285-289.
- Mestdagh I., Sleutel S., Lootens P., Van Cleemput O., Carlier L., 2005: Soil organic carbon stocks in verges and urban areas of Flanders. *Belgium Graz and Forage Science* 60. S. 151-156.
- Moudrý J., Bedrna Z., Burin M., Diviš J., Jílková J., Rozsypal R., Vrcholová V., Zídek T., 1994: *Ekologické zemědělství v praxi*. Nadace pro organické zemědělství FOA, Praha, 476 s.
- Němec M., 1986: *Ekologie mikroorganismů*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 201 s.
- Novák V., 1953: *Jak se tvoří a měří půda*. Orbis, Praha, 26 s.
- Paoletti M. G., Favretto M. R., Marchiorato A., Bressan M., Babetto M., 1993: *Biodiversita negli Agroecosistemi*. Osservatorio Agroambientale. Centrale Ortofrutticola, Froli, 159 s.
- Pokorný E., Šarapatka B., Hejátková K., 2007: *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. ZERA-Zemědělská a ekologická regionální agentura, a. s., Náměstí nad Oslavou, 28 s.
- Rychmovská M., Tučková E., Úlehlová B., Pelikán J., *Ekologie lučních porostů*. Academia, Praha. 192 s
- Říhová D., 2013: *Půdní bezobratlí: Zoologická zahrada pro každého*. Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 43 s.
- Sergeeva T. K., Grunthal S. Ju., 1988: Seasonal trophic dynamic of *Pterostichus olongopunctatus* (Coleoptera, Carabidea). *Zoo žurnal* 4. S. 548-556.
- Starý J., 1996: *Panciřníci (Acari: Orbatida) v sekundární sukcesní řadě hnědých půd v jižních Čechách*. Sborník Jihočeského muzea, přírodní vědy 33. S. 25-33.
- Strádalová J., Kubátová K., 1997: *Vybrané kapitoly ze statistiky I*. Karolinum, Praha, s. 250 s.

Sylvia D. M., Fuhrmann J. J., Hartel P. G., Zubener D. A., 1999: Principles and applications of soil microbiology. Prentice Hall, Ney Yersy, s. . 550.S

Šantrůčková H., 2001: Ekologie půdy, BF jihočeská univerzita, České Budějovice, 113 s.

Šarapatka B., 2014: Pedologie a ochrana půdy. 1. vyd. Univerzita Palackého v Olomouci , Olomouc. 232 s. ISBN 978-80-244-3736-1.

Šarapatka B., Bubeníková I., 2005: Vývoj a využití biopreparátů a organominerálních hnojiv podporujících rozklad organických látek a zvyšující supresivitu půdy. Průběžná zpráva za rok 2004. Vydavatelství UP Olomouc, Olomouc, 21 s.

Šarapatka B., Urban J., 2006: Ekologické zemědělství v praxi. Nakladatelství PRO-BIO, Šumperk, 502 s. ISBN 80-870-8000-9

Švehla F., Vaňous M., 1991: Organizace a ochrana půdního fondu. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 143 s.

Tate R. L., 2000: Soil microbiology. Nev Yourk: Wiley 12. S. 159 – 188.

Tuf I. H., 2013: Praktika půdní zoologie. Univerzita palackého v Olomouci, Olomouc, S. 91.

Urba J., Šarapatka B., a kol., 2003: Ekologické zemědělství. Ministerstvo životního prostředí a PRO BIO Svaz ekologických zemědělců, Praha, 280 s.

Wallwork J. A., 1983: Oribatids in forest ecosydtems. Annual review of Entoology 28. S. 109-130.

Zachar D., 1970: Erózia pódy. Vydavatelstvo Slovenské akademie vied, Bratislava, 528 s.

Internetové zdroje:

Šandruček a kol., 2004: Rámcové rozpracování návrhu zásad využívání trvalých travních a lesních pozemků v zónách diferencované ochrany půdy podle zón zranitelnosti (online) [cit. 2017.02.09], dostupné z <www.agrokrom.cz>.

Obrázky a tabulky:

URL 1: data z <<http://eagri.cz>> [cit. 2017.01.04.]

URL 2: <<https://cs.wikipedia.org/>> [cit. 2017.03.11.]

URL 3: <<https://www.enviwiki.cz/>> [cit. 2017.03.12.]

9. Přílohy

Příloha 1: Obrázek č. 4.1



Obrázek č. 4.1: Znázorňuje rozmístění zemních pastí na poli. Kolečkem jsou vyznačeny body v kterých byly zemní pastí umístěny a číselně jsou označeny rozestupy mezi pastmi. Obrázek je v měřítku 1: 400 a podklad byl přejat z <http://www.cuzk.cz>.

Příloha 2: Obrázek č. 4.2



Obrázek č. 4.2: na obrázku je vidět vyrobená zemní past (autor, 2017).

Příloha 3: Obrázek č. 4.3



Obrázek č. 4.3: na obrázku je vidět zemní past, která je usazena v zemi (autor, 2017).

Příloha 4: Tabulka č. 4.2

	střevlíkovití	drabčíkovití	mnohonožky	lesknáčkovití	plachetnatkovití	běžníkovití	ostatní	suma
A-konvenční	5	0	0	0	0	0	5	10
A-konvenční	23	4	3	2	18	0	9	59
A-konvenční	30	7	2	1	14	0	35	89
A-konvenční	42	6	0	2	2	0	34	86
B-konvenční	3	0	0	0	0	0	11	14
B-konvenční	4	5	0	0	1	7	16	33
B-konvenční	9	15	1	0	1	0	30	56
B-konvenční	16	1	1	0	6	3	8	35
B-konvenční	9	6	0	0	4	1	15	35
C-konvenční	28	10	2	0	3	6	26	75
C-konvenční	23	8	1	2	4	7	25	70
C-konvenční	19	15	0	2	6	3	27	72
C-konvenční	10	4	1	0	11	2	20	48
D-integrované	2	19	0	5	16	0	19	61
D-integrované	6	52	0	0	20	0	53	131
D-integrované	0	33	0	0	15	0	33	81
D-integrované	5	72	0	0	23	0	75	175
D-integrované	1	31	0	0	17	1	32	82
E-integrované	1	49	0	1	15	0	75	141
E-integrované	0	59	1	0	15	0	59	134
E-integrované	0	16	0	0	6	0	16	38
E-integrované	0	34	2	0	5	0	35	76
E-integrované	5	10	1	0	5	0	12	33

Tabulka č. 4.2: V tabulce jsou zaznamenány počty odchycených pozemních bezobratlých živočichů za jednotlivá pole (autor, 2017).

	kyselá fosfatáza	beta-glukosidáza	alfa-glukosidáza	cellobiodydroláza	beta-xylosidáza	chitináza	glukuronidáza	aryl-sulfatáza
A-konvenční	229,796	192,258	4,468	30,087	18,676	22,672	1,392	4,014
B-konvenční	272,031	150,168	6,278	21,467	23,162	14,426	3,146	5,724
C-konvenční	416,932	247,652	14,088	54,935	27,778	15,082	1,969	0,839
D-integrované	278,323	156,743	4,496	17,232	17,825	12,342	4,464	2,688
E-integrované	212,308	164,651	10,782	26,509	32,558	17,565	6,638	2,042

Tabulka č. 4.3: Tabulka ukazuje výsledky průběžných enzymů [nMmin⁻¹ml⁻¹g⁻¹] za jednotlivá pole (autor, 2017).

	pH	uhlík	dušik
A-konvenční	7,32	2,37	0,31
B-konvenční	6,54	1,92	0,25
C-konvenční	5,94	1,99	0,18
D-integrované	7,34	2,33	0,29
E-integrované	6,94	2,80	0,91

Tabulka č. 4.4: V tabulce vidíme výsledné hodnoty pH, uhlíku a dusíku [% sušiny půdy] za jednotlivá pole (autor, 2017).

10. Datový nosič - CD