



**Porovnání vlivu aplikace biologického odpadu ze  
zpracování *Jatropha curcas* L. a kompostu na vybrané  
půdní ukazatele a pěstovanou rostlinu**  
Diplomová práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Ivan Tůma, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Bc. Anna Foltýnová

ZDE SE NACHÁZÍ ZADÁNÍ PRÁCE

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci „Porovnání vlivu aplikace biologického odpadu ze zpracování *Jatropha curcas* L. a kompostu na vybrané půdní ukazatele a pěstovanou rostlinu“ vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Chtěla bych touto cestou poděkovat panu Ing. Ivanu Tůmovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a cenné rady poskytnuté při zpracování mé diplomové práce. Velké poděkování bych chtěla vyjádřit panu Ing. Jakubovi Elblovi a dalším pracovníkům Ústavu agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin za vedení, pomoc, trpělivost, rady a připomínky poskytnuté nejen při praktickém experimentu a statistickém vyhodnocení dat. Dále bych ráda poděkovala rodině a blízkým za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu mého vysokoškolského studia.

## ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou moderního zemědělství. Dnešní zemědělství se potýká s mnoha problémy, které již přesahují oblast výroby. Jde především o degradaci půdy způsobenou nevhodnou zemědělskou praxí, erozními jevy, apod. S těmito problémy mají zkušenosti, jak státy rozvinuté, tak i rozvojové. K této degradaci půdy dochází především díky nedostatku obsahu půdní organické hmoty. Současné zemědělství tedy čelí otázce, jak tento problém řešit. Nabízí se jednoduché řešení, a to zvýšení obsahu organické hmoty v orné půdě.

Diplomová práce v teoretické části popisuje jednotlivé problémy moderního zemědělství a zároveň navrhuje možnosti jejich řešení. V návaznosti na obsah půdní organické hmoty je v diplomové práci navrženo řešení ve formě aplikace kompostu do půdy. Vedle kompostu, práce představuje i alternativní organické hnojivo, *Jatropha seed cake*. *Jatropha seed cake* vzniká jako odpad po zpracování semen rostliny *Jatropha curcas* L. olejovou extrakcí. V teoretické části diplomové práce jsou oba tyto substráty blíže popsány, spolu s charakteristikou rostliny *Jatropha curcas* L.

Cílem diplomové práce bylo porovnat hnojivé účinky *Jatropha seed cake* s kompostem. Za tím účelem byl realizován nádobový pokus v kontrolovaných laboratorních podmínkách. Vliv *Jatropha seed cake* a kompostu na půdu a rostlinu byl sledován na vybraných půdních ukazatelích.

Získané výsledky popisují vliv aplikace *Jatropha seed cake* a kompostu na produkci rostlinné biomasy, míru půdní hydrofobicity, mobilitu minerálního dusíku a aktivitu půdních mikroorganismů.

**Klíčová slova:** půdní úrodnost, *Jatropha seed cake*, kompost, aktivita půdních mikroorganismů, minerální dusík

## ABSTRACT

This Master's thesis is focused on problems of modern agriculture. Current agriculture is facing many problems that already exceed the production area. Among these belong soil degradation caused by inappropriate agricultural practices, erosion phenomena, etc. Both developed and developing countries have experienced these problems. This soil degradation is mainly caused due to lack of soil organic matter content. Current agriculture therefore faces the issue of how to solve this problem. A simple solution is based on increasing the content of the soil organic matter in arable land.

In the first part, this thesis describes various problems of modern agriculture and also suggests possible solutions. Regarding to content of soil organic matter, the thesis proposes solutions in the form of compost application into the soil. Besides compost, thesis presents an alternative organic fertilizer *Jatropha* seed cake. *Jatropha* seed cake is produced as waste after oil extraction from seeds of *Jatropha curcas* L. In the first part both of these substrates are further described, along with characterization of *Jatropha curcas* L.

The aim of this thesis was to compare the fertilizing effects of *Jatropha* seed cake with compost. For this purpose, a pot experiment was conducted under controlled laboratory conditions. Application effect of *Jatropha* seed cake and compost on soil and plants was monitored at selected soil indicators.

The results describe the impact of *Jatropha* seed cake and compost application on production of plant biomass, soil hydrophobicity rate, mineral nitrogen mobility and soil microbial activity.

**Key words:** soil fertility, *Jatropha* seed cake, compost, microbial activity, mineral nitrogen

## OBSAH

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2 CÍL</b> .....	<b>11</b>
<b>3 LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>12</b>
3.1 PROBLÉMY MODERNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ .....	12
3.1.1 <i>Eroze půdy</i> .....	15
3.1.2 <i>Zhutnění půd</i> .....	18
3.1.3 <i>Ztráta půdní úrodnosti</i> .....	18
3.1.4 <i>Kontaminace půd polutanty</i> .....	20
3.1.5 <i>Znečištění vod dusičnany</i> .....	23
3.2 ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ MODERNÍHO ZEMĚDĚLSTVÍ .....	26
3.2.1 <i>Ekologické zemědělství</i> .....	26
3.2.2 <i>Změna osevních postupů</i> .....	27
3.2.3 <i>Alternativní způsoby zpracování půdy</i> .....	28
3.2.4 <i>Aplikace organické hmoty do půdy</i> .....	31
3.3 KOMPOST .....	32
3.3.1 <i>Vlastnosti kompostu</i> .....	33
3.3.2 <i>Proces kompostování</i> .....	36
3.3.3 <i>Technologie kompostovacího procesu</i> .....	38
3.4 <i>JATROPHA CURCAS L.</i> .....	41
3.4.1 <i>Charakteristika rostliny</i> .....	41
3.4.2 <i>Využití <i>Jatropha curcas L.</i></i> .....	44
3.4.3 <i>Jatropha seed cake</i> .....	48
<b>4 PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>50</b>
4.1 SCHÉMA LABORATORNÍHO EXPERIMENTU .....	50
4.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH SUBSTRÁTŮ .....	51
4.3 SESTAVENÍ POKUSNÝCH NÁDOB .....	54
4.4 PŘÍPRAVA IONTOMĚNIČŮ PRO POKUSNÉ NÁDOBY .....	55
4.5 PROVOZ LABORATORNÍHO EXPERIMENTU .....	57
4.6 UKONČENÍ LABORATORNÍHO EXPERIMENTU .....	58

4.6.1	<i>Rozebrání pokusných nádob</i> .....	58
4.6.2	<i>Zpracování rostlinné biomasy</i> .....	59
4.6.3	<i>Analýza iontoměníčů</i> .....	59
4.6.4	<i>Měření infiltrace</i> .....	59
4.6.5	<i>Mikrobiální respirace</i> .....	60
4.6.6	<i>Stanovení mykorhizní kolonizace kořenů</i> .....	62
4.7	STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT .....	63
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>64</b>
5.1	PRODUKCE ROSTLINNÉ BIOMASY .....	64
5.2	KONDUKTIVITA .....	65
5.3	VYPLAVOVÁNÍ MINERÁLNÍHO DUSÍKU .....	66
5.4	MIKROBIÁLNÍ RESPIRACE .....	68
5.4.1	<i>Bazální respirace</i> .....	68
5.4.2	<i>Substrátem indukovaná respirace</i> .....	70
5.5	MYKORHIZNÍ KOLONIZACE KOŘENŮ .....	70
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>73</b>
<b>7</b>	<b>PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>86</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>88</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>89</b>



# 1 ÚVOD

V moderním zemědělství se objevuje řada problémů, se kterými se potýká mnoho zemí světa. Nejen rozvojové, ale i vyspělé státy mají s těmito nesnázemi zkušenosti. Mezi nejvýznamnější problémy dnešního zemědělství můžeme řadit především snižování úrodnosti půdy, její degradaci, ztrátu ornice erozními jevy a mnoho dalších.

Zemědělství je jedním z nejstarších řemesel lidstva, jehož princip – nasycit lidi se do dnešní doby příliš nezměnil. Udržitelnost tohoto řemesla je proto jednou z nejdůležitějších otázek dnešní doby. Správná zemědělská praxe je klíčovým faktorem pro udržení kvality a zdraví půdy, která se neustále snižuje a půda tak degraduje [1].

Hlavním ukazatelem kvality a zdraví půdy je její úrodnost, která je závislá na obsahu organické složky v půdě. Tento obsah lze upravit přidáním organických látek, například ve formě kompostu. Je všeobecně známo, že kompost obsah půdní organické hmoty zvyšuje, čímž přispívá ke správnému průběhu procesů probíhajících v půdě, jako jsou mineralizace a humifikace. Snadno mineralizovaná půdní organická hmota zásadně ovlivňuje a podporuje celý půdotvorný proces, slouží jako zdroj minerálních živin a CO<sub>2</sub>, podporuje rozvoj mikroedafonu a v neposlední řadě zlepšuje fyzikální a mechanicko-fyzikální vlastnosti půdy [1].

Tato diplomová práce se však nevěnuje pouze kompostu a jeho pozitivním účinkům na kvalitu a zdraví půdy, ale mou snahou je představit v naší zemi doposud nepříliš známou rostlinu *Jatropha curcas* L. a biologicky rozložitelný odpad z ní, známý jako *Jatropha* seed cake (JSC), který lze využívat jako organické hnojivo.

Rostlina *Jatropha curcas* L. je v zahraničí známá především jako energetická plodina. Olej pocházející z jejích semen se využívá pro výrobu biopaliv. Tato rostlina má však všestranné využití a její pěstování za účelem výroby biopaliva je pouhým zlomkem toho, co *Jatropha curcas* L. může nabídnout. Zbytky semen po olejové extrakci, tzv. výlisky, se nazývají *Jatropha* seed cake a jsou bohaté na jednoduché organické sloučeniny uhlíku a dusíku. Díky obsahu těchto rychle rozložitelných sloučenin se nabízí možnost využití JSC jako organického hnojiva.

V návaznosti na zmiňované problémy moderního zemědělství se věnuji možnosti využití *Jatropha* seed cake jako organického hnojiva a prostředku pro zlepšení kvality půdy. Za tímto účelem bude proveden nádobový pokus v kontrolovaných laboratorních

podmínkách. K posouzení účinků JSC nejen na výživu rostliny použijeme právě kompost, jehož pozitivní účinky na kvalitu a zdraví půdy byly již mnohokrát zmiňovány. Tyto účinky budeme pozorovat na vybraných parametrech, kterými jsou produkce rostlinné biomasy, půdní hydrofobicita, pohyb minerálního dusíku v půdě, mikrobiální aktivita půdy a mykorrhizní infekce kořenů indikační rostliny.

V práci vycházíme z předpokladu, že účinek těchto dvou organických hnojiv, kompostu a JSC, bude rozdílný. Naší snahou tedy nebude určit, jaké z těchto organických hnojiv je pro výživu rostliny lepší, ale pouze zjistit, zda lze tyto dva substráty vůbec mezi sebou porovnat.

Vzhledem k neustále se zvyšujícímu množství vznikajícího biologicky rozložitelného odpadu a přísnějším legislativním předpisům o ukládání tohoto odpadu na skládky, je třeba nakládat s tímto druhem odpadu tak, aby byl plně využit jeho potenciál. Je nanejvýš důležité uvědomit si provázanost všech složek a systémů životního prostředí. Produkce kompostu přináší společnosti jako celku příležitost uzavřít koloběh živin (C a N). Kompost vzniklý zemědělskou činností je žádoucí opět vpravit do půdy, nejen pro jeho půdu obohacující vlastnosti, ale i pro udržitelné a ekologicky šetrné nakládání s tímto materiálem [1].

V ekonomicky rozvinutých zemích ne všechen biologicky rozložitelný odpad je zpracováván na kompost. V posledním desetiletí se rozvíjely technologie energetického využití tohoto odpadu procesem anaerobní fermentace v bioplynových stanicích. Nicméně v rozvojových státech Afriky, Asie a Jižní Ameriky, kde zemědělci nemají možnost budovat tyto finančně náročné technologie, přichází alternativa pěstování víceúčelových plodin, jakou je právě *Jatropha curcas* L.

## 2 CÍL

Cílem diplomové práce je v literární části popsat a zhodnotit problematiku moderního zemědělství a navrhnout možná řešení těchto problémů. V druhé části literárního přehledu předkládané diplomové práce následně popsat a charakterizovat kompostovací proces a produkt z něj vycházející, tedy kompost. Současně se v této části zaměřím na popis a charakteristiku nejen samotné rostliny *Jatropha curcas* L., ale i biologicky rozložitelných odpadů vznikajících po jejím zpracování, tzv. *Jatropha* seed cake, a jejich následné využití.

V praktické části diplomové práce je popsáno založení nádobového experimentu v kontrolovaných laboratorních podmínkách za účelem porovnání hnojivých vlastností *Jatropha* seed cake a kompostu dle zvolených variant.

Po ukončení laboratorního experimentu a následném statistickém vyhodnocení získaných dat, je cílem práce zhodnotit účinky použitých substrátů a v závěrečné části tyto výsledky vhodně zformulovat.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Problémy moderního zemědělství

Zemědělská praxe nejen v České republice, ale napříč celým světem, se v dnešní době potýká s mnoha problémy. Dopady spojené s využíváním zemědělské půdy již přesahují oblast výroby. Fakt, že je zemědělská činnost nejdominantnějším způsobem využívání půdy v Evropě, naznačuje závažnost těchto problémů [2].

Podle Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) v roce 2013 tvořila zemědělská půda 53,51 % výměry z celkové rozlohy České republiky. Na 1 obyvatele ČR připadala výměra zemědělské půdy 0,4013 ha, orné půdy potom 0,2839 ha. ČÚZK uvádí také vývoj podílu zemědělské a orné půdy v ČR na 1 obyvatele (Tab. I), ze kterého je patrné, že se výměra zemědělské a orné půdy neustále snižuje [3].

**Tab. I** Vývoj podílu zemědělské a orné půdy v ČR na 1 obyvatele v letech 1936 – 2013 (upraveno podle: ČÚZK, 2014) [3].

Rok	Výměra na 1 obyvatele	
	Zemědělské půdy [ha]	Orné půdy [ha]
1936	0,4710	0,3640
1950	0,5660	0,4330
1960	0,4790	0,3530
1970	0,4497	0,3340
1980	0,4251	0,3201
1990	0,4137	0,3106
2000	0,4164	0,2999
2010	0,4029	0,2863
2013	0,4013	0,2839

Z historického hlediska byla část nynějších nesnází zemědělských systémů zapříčiněna rychlými změnami především v poválečném období. Nejprve docházelo k tzv. extenzifikaci zemědělství, tj. rozšiřování zemědělsky obdělávané půdy, následovalo období kolektivizace zemědělství zahrnující homogenizaci a intenzifikaci systému. Zmíněné změny zemědělských systémů sice umožnily nevídané zvýšení zemědělské produktivity, které bylo v těžkém poválečném období vítaným řešením,

avšak současně tyto konverze zapříčinily narušení ekologických vlastností agroekosystémů, jako jsou sekvestrace uhlíku, koloběh živin, půdní struktura, očišťování (tzv. purifikace) vody a opylování. Tyto schopnosti ekosystémů, které lidstvu přináší užitek, se spoléhají na biologickou rozmanitost, tzv. biodiverzitu. Zemědělství v Evropě má zásadní význam v zachování biodiverzity jako takové, jelikož se odhaduje, že 50 % všech druhů v Evropě je závislých na zemědělských stanovištích (tzv. biotopech), včetně řad endemických a ohrožených druhů [2].

V důsledku bývalého politického režimu u nás došlo na konci 40. let a během 50. let minulého století k tzv. kolektivizaci zemědělství. Tento proces zahrnoval vyvlastnění všech zemědělských pozemků. Soukromí zemědělci museli povinně vstoupit do státních Jednotných zemědělských družstev (JZD), ve kterých se uplatňovalo centrálně řízené hospodářství. Toto neuvážené hospodaření se zemědělskou půdou negativně ovlivnilo nejen životní prostředí a ekologické vlastnosti agroekosystému, ale mělo i sociologický dopad na obyvatelstvo venkova.

S procesem kolektivizace je spojena i homogenizace zemědělské půdy. Proces homogenizace představoval rozorávání mezí, likvidaci remízků, atp., což vedlo k dlouhodobým změnám početností některých druhů ptáků. Tyto úpravy v krajině zapříčinily například vymizení tůňka menšího i rudohlavého, mandelíka hajního. V ohrožení jsou také drop velký nebo koliha velká. Abundance se značně snížila i u druhů, které se na našem území nacházely v hojném počtu (např. koroptev polní, skřivan polní) [4].

Proces kolektivizace zemědělství významně zasáhl i do vodního režimu krajiny. Často byly rozorány travní porosty říčních niv za účelem odvodnění zemědělské půdy. Těmito zásahy a nástupem těžké mechanizace zapříčiňující zhutňování půdy, se významně omezila schopnost krajiny zadržovat vodu [5].

Jako další příčinu problémů dnešního zemědělství můžeme označit tzv. intenzifikaci zemědělství, ke které docházelo taktéž po druhé světové válce a po celou dobu minulého režimu u nás. Smyslem tohoto procesu je zvětšení výnosů kulturních plodin a s tím také souvisí aplikace velkého množství průmyslových hnojiv a pesticidů. Ovšem na úkor kvality půdy, která následně degraduje a ztrácí své produkční schopnosti. V delším časovém měřítku pak dochází ke snižování obsahu a kvality půdní organické hmoty, což má za následek nejen ekonomický dopad na výnos, ale i negativní vliv na životní prostředí.

Změny v hospodaření na zemědělské půdě nastaly až po roce 1989, kdy došlo ke změně politického režimu. Jednotlivé zemědělské plochy byly navraceny zpět svým původním majitelům, v mnoha případech jejich dědicům, a státní zemědělské podniky byly privatizovány. Avšak většina z nových majitelů pozemků se již k zemědělské činnosti nevrátila a proto tyto pozemky nadále nechala spravovat novými nástupci v zemědělských podnicích. V 90. letech minulého století došlo ke znatelnému poklesu stavů hospodářských zvířat, výnosu většiny plodin a stavu zaměstnanců v tomto odvětví, což následně negativně ovlivnilo ekonomiku zemědělských podniků [6].

Po vstupu České republiky do Evropské unie v roce 2004 bylo do našeho právního systému začleněno velké množství nových norem. V rámci jednotného trhu se naše republika stala součástí společné zemědělské politiky (SZP) a získala tak přístup na evropský trh. Začaly se řešit hlavní problémy českého zemědělství, např. nízké hektarové výnosy a malá užitkovost zvířat, technická a technologická zaostalost, špatný management zemědělských procesů, nízká motivace zaměstnanců v zemědělství, nestabilní legislativa pro zemědělské podnikání, nízká ochrana vnitřního trhu před ostatními zeměmi a malé podpory pro zemědělce v porovnání s dalšími zeměmi Evropské unie [7].

Česká republika se před vstupem do EU ve srovnání s ostatními kandidátskými zeměmi vyznačovala a stále vyznačuje nižším podílem zemědělství na zaměstnanosti i na tvorbě HDP. Východiskem by měly být evropské dotační programy (většinou částečně kofinancované ze státního rozpočtu ČR) doplněny o národní dotační programy (plně hrazeny ze státního rozpočtu ČR). Nařízení vlády č. 47/2007 Sb. ve znění pozdějších předpisů upravující podmínky poskytování podpory v rámci jednotné platby na plochu (SAPS – angl. Single Area Payment Scheme) umožňuje zemědělcům rozhodnout se, co chtějí produkovat, přičemž jim bude zaručena stejná výše podpory nezávisle na tom, co produkují. Díky tomu se mohou zemědělci lépe přizpůsobovat poptávce [7,8,9].

V současné době se zemědělci v ČR potýkají s rozsáhlými environmentálními problémy, které vedou ke snížení kvality a zdraví zemědělských půd, jedná se především o erozní jevy, zhutňování půdy a vyplavování živin z orné půdy do povrchových a podzemních vodních zdrojů. V následující části diplomové práce budou jednotlivé problémy popsány.

### 3.1.1 Eroze půdy

Eroze půdy je přirozený proces způsobující změny zemského povrchu, kdy mechanickým působením dochází k rozrušování půdního povrchu. Dochází k uvolňování půdních částic, které jsou přemístovány a následně zpětně usazovány. Eroze půdy může být způsobena vodou, ledovci, sněhem, pohybem vzduchu (větrem) a dále organismy, tedy rostlinami, živočichy a člověkem. Přirozená eroze půdy se někdy také nazývá geologická eroze [10].

Jednotlivé eroze rozlišujeme podle převládajícího exogenního činitele na:

- vodní erozi,
  - o mořskou erozi,
  - o suchozemskou erozi,
    - dešťovou erozi,
    - říční erozi,
    - jezerní erozi,
- ledovcovou erozi,
- sněžnou erozi,
- větrnou erozi,
- organickou erozi,
  - o fyto­genní erozi,
  - o zoogenní erozi,
  - o antropogenní erozi [10].

V našich klimatických podmínkách se setkáváme především s erozemi způsobovanými větrem a vodou. Nejčastěji dochází k větrným erozím na rovinných plochách nechráněných vegetací, zatímco k vodním erozím dochází především na svažitéch plochách. V obou případech mají tyto procesy negativní vliv na strukturu a vlastnosti půdy, jelikož dochází k odnosu svrchní, nejúrodnější části půdy, tzv. ornice.

Tento za normálních podmínek pozvolný geologický proces je urychlován lidskou činností, zejména nevhodným způsobem hospodaření. Řada faktorů a jejich vzájemné kombinace ovlivňují erozi půdy. Patří mezi ně zejména sklon a délka svahu, charakter klimatu, využití půdy, vegetační kryt a půdní vlastnosti (textura, struktura, mocnost organických horizontů, obsah organické hmoty) [11].

V posledních letech se stále častěji setkáváme s prudkými přívalovými dešti, které riziko vodní eroze zvyšují. Na svažitéch polích s širokořádkovými plodinami (např. kukuřicí, brambory, atp.) pak dochází k odnosu ornice v podobě bahna (Obr. 1). Často se tyto nánosy dostávají až do ulic obcí ležících na okrajích těchto ploch. Kromě škody způsobené na orné půdě splavením ornice tak dochází i k majetkovým škodám obyvatel těchto obcí. V případě, že je poblíž vodní tok, dochází k zanášení jeho koryta a omezení průtoku vody, čímž se zvyšuje riziko povodní.



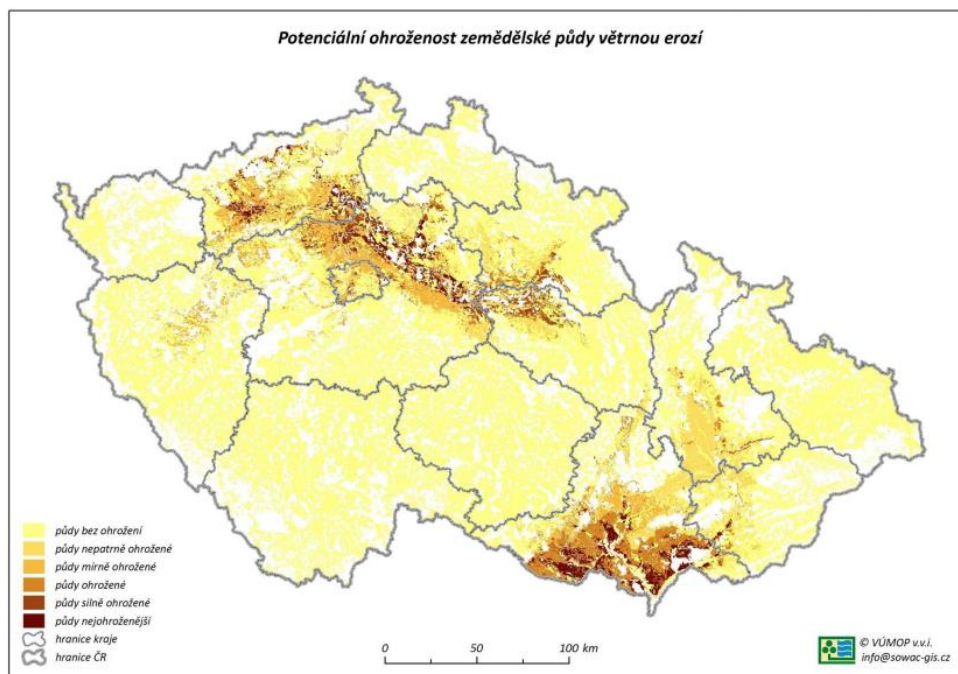
**Obr. 1 Ukázka vodní eroze na zemědělské ploše s širokořádkovou plodinou (originál: Dostál *et al.*, 2012; převzato: Elbl, 2014) [12].**

Na základě těchto zkušeností bylo přijato nařízení vlády č. 309/2014 Sb. o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor ve znění pozdějších předpisů. Toto nařízení obsahuje seznam kontrolovaných požadavků, s jehož pomocí hodnotí Státní zemědělský intervenční fond zemědělce žádající o dotace, a podle dodržování těchto požadavků pak stanoví případné snížení dotace. V tomto seznamu je jako protierozní požadavek zahrnut zákaz pěstování erozně nebezpečných plodin (kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok) na pozemcích se sklonitostí převyšující 7 °, jejichž jakákoliv část se nachází ve vzdálenosti menší než 25 m od útvaru povrchových vod [13].

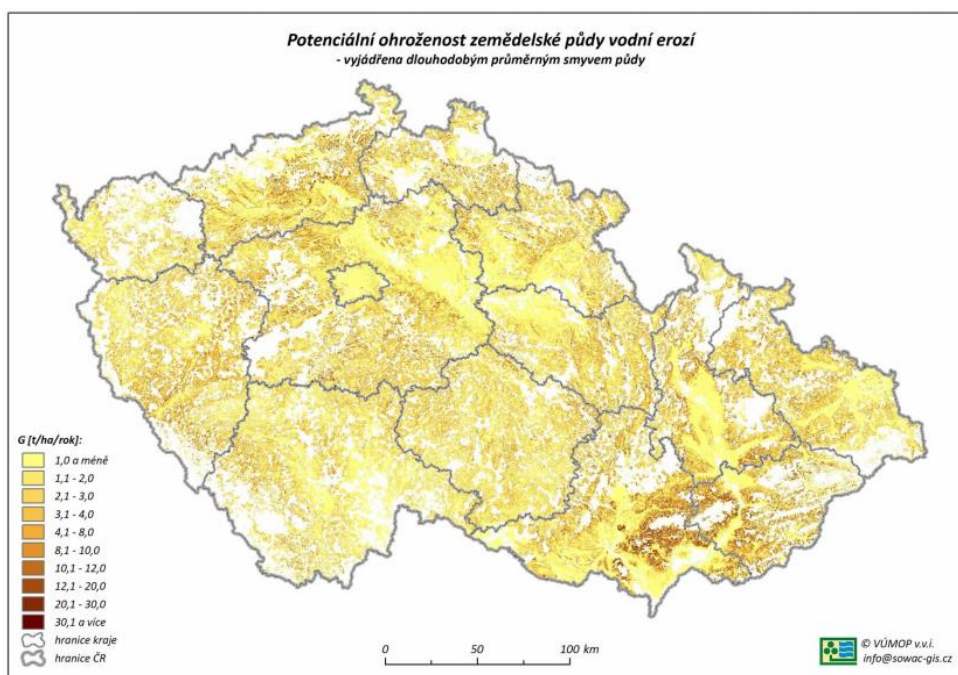
Na Obr. 2 a Obr. 3 jsou znázorněny mapy ČR potenciálně ohrožených zemědělských půd větrnou a vodní erozí.



V rámci protierozních opatření je třeba faktory ovlivňující erozi půdy při volbě způsobu hospodaření zohlednit a zvolit takový systém hospodaření, který by poškození půdy erozí trvale snížil.



**Obr. 2** *Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí* (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) [14].



**Obr. 3** *Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí* (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) [15].

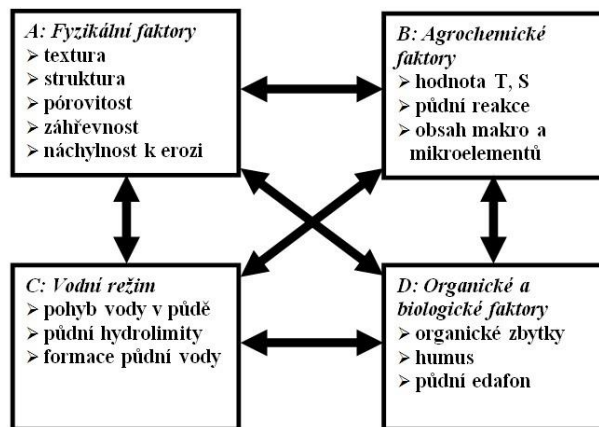
### **3.1.2 Zhutnění půd**

V mnohých místech je zhutnění půd příčinou zhoršení úrodnosti a produkční schopnosti půdy. Tento stav omezuje plné využívání genetického potenciálu výkonných odrůd a snižuje efektivitu vstupů organického a minerálního hnojení do produkčního procesu pěstovaných plodin. Současnou situaci ovlivnil v minulosti především proces intenzifikace zemědělství využívající neúměrných dávek a nesprávného sortimentu minerálních hnojiv, nedostatečného přísunu organické hmoty do půdy, používání těžké mechanizace apod. Můžeme tedy konstatovat, že hlavní příčiny zhutnění půd, ať už současné nebo ty v minulých letech, jsou antropogenního charakteru [16].

Zhutnění půdy má jednoznačně negativní vliv na životní prostředí. Nepříznivě ovlivňuje půdní prostředí zvýšením objemové hmotnosti půdy, snížením pórovitosti a při vyšším stupni způsobuje destrukci půdních agregátů. Negativně působí i na relaci mezi obsahem vzduchu (deficit kyslíku v kořenovém prostoru) a teplotou půdy. Současně ovlivňuje infiltraci vody do půdy, kdy dochází k omezené propustnosti půdy pro vodu, změnám v obsahu vody v rámci půdního horizontu a omezení jejího pohybu v půdě. Tím je podporován povrchový odtok a následná vodní eroze půdy se všemi jejími důsledky. Snižuje se retenční (zádržná) schopnost půdy a současně se urychluje a zintenzivňuje její vysychání (výpar vody). Zhutňování půdy škodlivě působí na rostliny i na půdní edafon. Zhoršuje využití živin rostlinami, čímž nepříznivě ovlivňuje výši produkce a jakost plodin [16].

### **3.1.3 Ztráta půdní úrodnosti**

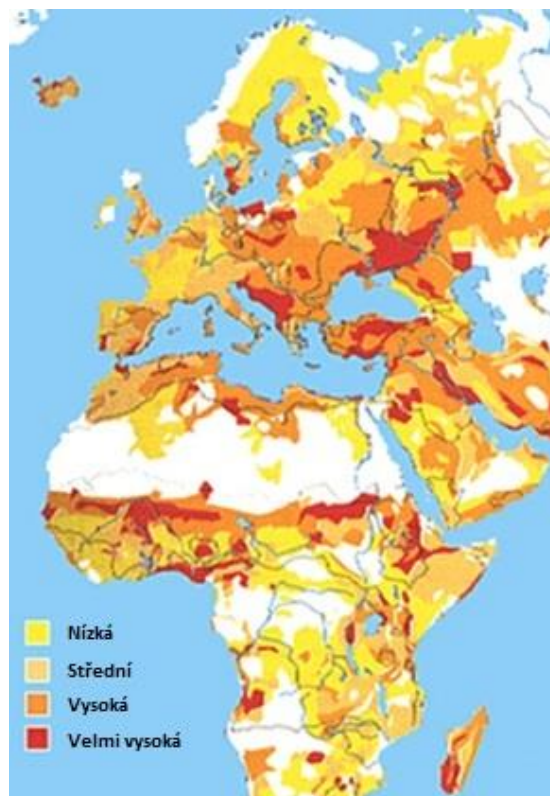
Půdní úrodnost je základní vlastností půdy. Půda slouží jako přirozené stanoviště pro rostliny. Poskytuje jim podmínky k růstu a rozvoji. Půdní úrodnost můžeme charakterizovat jako složitý soubor specifických znaků vztahujících se k pěstovaným rostlinám a k jejich výživě. K optimálnímu růstu a vývinu rostlin je zapotřebí vhodné prostředí, dostatek živin a vody. Jednotlivé specifické znaky úrodnosti se ovlivňují a mohou se vlivem okolních podmínek měnit. Tyto vzájemně se ovlivňující faktory lze rozdělit do 4 podskupin: fyzikální faktory, agrochemické faktory, vodní režim, organické a biologické faktory (Obr. 4) [17,18].



**Obr. 4 Prvky půdní úrodnosti (Balík, 2010) [18].**

Také člověk svými činnostmi, především aplikací organických a minerálních hnojiv, zpracováním půdy, apod., působí na všechny prvky půdní úrodnosti. Půdní úrodnost je třeba chápat vždy pro určité konkrétní půdně-ekologické podmínky [18].

Mapa na Obr. 5 znázorňuje míru degradace půd v Evropě, Africe a na Blízkém východě. Z mapy (Obr. 5) je zřejmé, že s problémem degradovaných půd se Evropa potýká celoplošně.



**Obr. 5 Úroveň degradace půd (originál: Schlaghamerský, 2006; převzato a upraveno podle: Elbl, 2014) [12].**

Udržení dobré půdní úrodnosti je předpokladem pro dlouhodobé a setrvalé zemědělství zajišťující dostatečné množství kvalitních potravin pro lidstvo. Díky nadměrné a často neuvážené chemizaci došlo v minulých letech k velmi vážnému poškození stávajících zemědělských půd. Podstatně se omezil život v půdě, poklesl obsah humusu a vlivem toho se mnohde zhroutila úrodnost půd, zvýšily se ztráty živin vyplavováním a zhoršila se struktura půd. Pro zachování půdní úrodnosti je nutné pravidelné navracení odebraných živin z půdy včetně dostatečného přísunu organických látek do půdy [17,19].

### **3.1.4 Kontaminace půd polutanty**

Jeden z nejzávažnějších degradačních faktorů půdy je její poškození kontaminací.

Termínem kontaminace se rozumí interakce potenciálního polutantu a např. půdy nebo vody (kontaminace půdy, kontaminace vody atp.). Kontaminant je tedy v daném prostředí přítomen, avšak nemusí působit viditelné (prokazatelné) škody. Zatímco znečištění je definováno jako vnášení látek nebo energie, které může ohrozit zdraví člověka, poškodit jiné organismy, způsobit ekologické škody nebo zabraňovat běžnému využívání prostředí. Za znečištění je potom považována kontaminace, která nabyla škodlivého charakteru. Znečišťující látka, tzv. polutant, může být prvek, přírodní nebo syntetická látka, jejíž koncentrace byla lidskou činností nebo přírodními procesy navýšena natolik, že se stala škodlivou [10].

Nejvíce kontaminovaných ploch se nachází v blízkosti rozsáhlých průmyslových aglomerací. V minulosti zde docházelo k vyššímu zatížení životního prostředí, a to v důsledku neznalostí či nedostatečných znalostí o rizicích neřízeného šíření produktů a meziproductů do okolí. Vedle depozice (mokrě a suchě) z ovzduší se na kontaminaci zemědělských půd podílela i aplikace čistírenských kalů pocházejících především z průmyslových závodů. Dalšími zdroji znečištění může být zavlažování, úniky z úložišť popílku, skládek, apod. [20,21].

Jak již bylo uvedeno, polutantem se může stát jakýkoliv prvek, látka ale i organismus. Mezi ty nejzávažnější abiotické polutanty pak patří plyny, polévatý prach a jiné částice, minerální sloučeniny dusíku, fosforu, síry a jiných prvků, těžké kovy, anorganické látky, organické sloučeniny, radionuklidy, apod. Stockholmská konvence z roku 2001 uvádí polutanty, u nichž je potenciální nebezpečí zvláště velké.

Jsou to tzv. persistentní organické polutanty (POPs – angl. Persistent Organic Pollutants) [10,21].

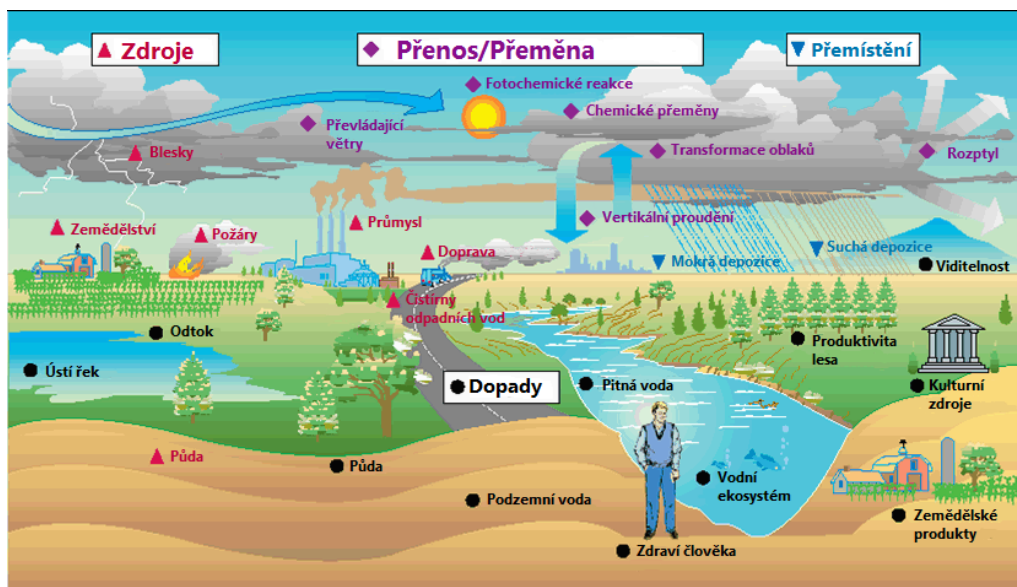
Stockholmská konvence definuje POPs jako látky vykazující toxické vlastnosti, persistenci a bioakumulaci. Cílem této mezinárodní dohody o POPs, ke které přistoupila i Česká republika, je omezování, snižování nebo vylučování vypouštění, emisí a úniků těchto látek do životního prostředí. Především z důvodů, že u nich dochází k dálkovému přenosu v ovzduší přesahující hranice států, a následně k jejich depozicím. Je pravděpodobné, že mají významný škodlivý vliv na lidské zdraví a životní prostředí [21].

Stockholmská konvence o POPs z roku 2001 upravuje výrobu (zamýšlenou i nezamýšlenou), použití, dovoz a vývoz dvanácti vybraných látek nebo skupin látek, mezi které patří aldrin (nebo také dieldrin), chlordan, dichlordifenyltrichlorethen (DDT), endrin, mirex, heptachlor, toxafen, hexachlorbenzen - pesticid (HCB), polychlorované bifenyly (PCBs), hexachlorbenzen – průmyslová chemikálie (HCB), polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDDs) a polychlorované dibenzofurany (PCDFs). Na základě konference smluvních stran Stockholmské úmluvy v roce 2009 bylo přijato rozhodnutí o rozšíření příloh úmluvy o 9 nových látek (skupiny sloučenin  $\alpha$ -hexachlorcyklohexan,  $\beta$ -hexachlorcyklohexan, chlordekon, a další) [21,22].

Jedná se převážně o pesticidy, průmyslové chemikálie a nežádoucí vedlejší produkty (dioxiny a furany). POPs se poměrně silně váží na půdní organickou hmotu, a to tím více, čím je půda bohatší na humus. Proto se poměrně zřídka dostávají průsaky půdními vrstvami do podzemních vod (výjimkou jsou pouze písčité půdy). Některé pesticidy tak v půdě přetrvávají roky až desítky let [21].

Půdní mikroorganismy hrají v odbourávání POPs velkou roli. Částečně mohou být POPs odnášeny z povrchu větrem nebo může docházet k jejich rozkladu slunečním zářením, z půdy se mohou také vypařovat nebo být splachovány dešťovou vodou. V menší míře mohou být i přijímány vegetací, avšak rostliny nemají schopnost tyto látky ve velké míře koncentrovat [21].

Prvotní složkou životního prostředí, do kterého se POPs dostávají, je ovzduší, odkud se mohou přesouvat do dalších složek životního prostředí a kontaminovat tak potravní řetězce včetně toho lidského (Obr. 6). POPs vytváří v prostředí ustálený koloběh, který ovlivňuje živé organismy včetně člověka [21].



Obr. 6 Vlivy znečištění ovzduší (upraveno podle: scienceunraveled) [23].

Problematiku kontaminace půd upravuje řada legislativních předpisů. Zákon č. 334/1992 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu ve znění pozdějších předpisů v § 3 tohoto zákona stanovuje vlastníkům nebo nájemcům pozemků hospodařit na zemědělském půdním fondu tak, aby neznečišťovali půdu a tím potravní řetězec a zdroje pitné vody škodlivými látkami ohrožujícími zdraví nebo život lidí a existenci živých organismů, nepoškozovali okolní pozemky a příznivé fyzikální, biologické a chemické vlastnosti půdy a chránili obdělávané pozemky podle schválených projektů pozemkových úprav [24].

Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech ve znění pozdějších předpisů v § 73 tohoto zákona uvádí jako preventivní opatření zabraňující kontaminaci půd kontroly dodržování povinností při používání upravených kalů na zemědělské půdě, které provádí Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský koordinovaný Ministerstvem zemědělství [25].

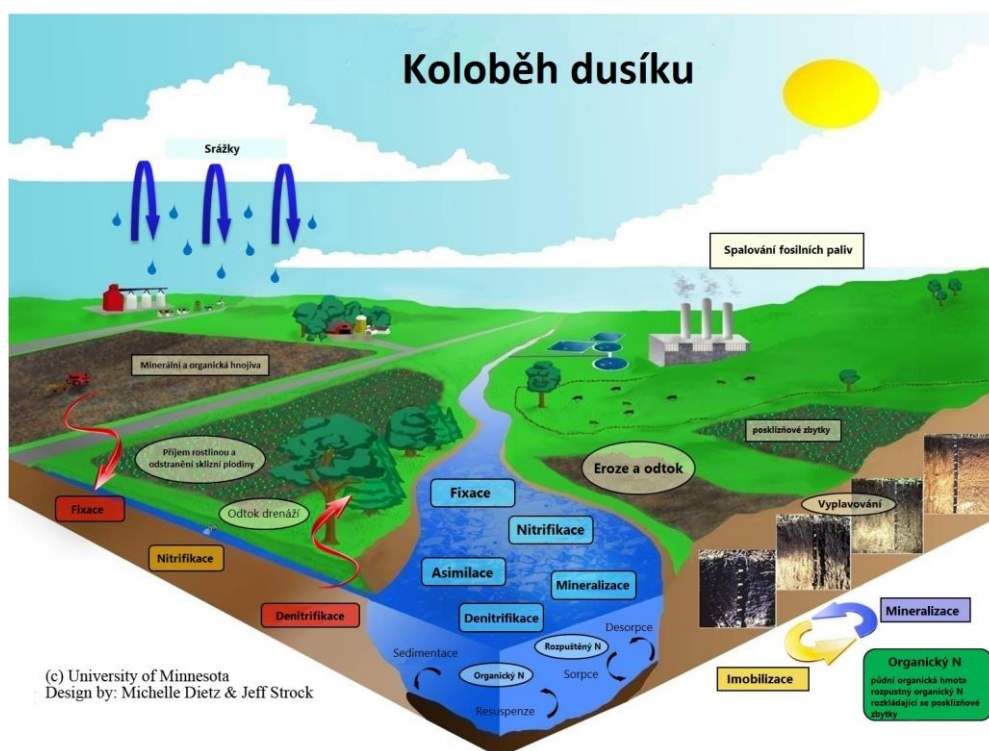
Prováděcím předpisem k zákonu č. 156/1998 Sb. o hnojivech ve znění pozdějších předpisů je vyhláška č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů, která stanovuje limitní hodnoty koncentrací rizikových prvků v hnojivech. Hnojiva, která příslušné limity nesplňují, nemohou být registrována [26,27].

Kontaminovaná půda má řadu omezení. Ovlivněna je nejen zemědělská produkce. Může dojít k ohrožení zvířat, člověka i okolního prostředí. Je tedy nutné kontaminovanou půdu sanovat [20].

### 3.1.5 Znečištění vod dusičnany

Dusík (N) je klíčovým nutričním prvkem všech forem života na Zemi. Nalezneme jej v atmosféře, která je jeho hlavním zdrojem, dále pak ve vodě a tělech všech živých organismů na planetě. Patří mezi biogenní prvky, je tedy pro život organismů stěžejní. Spolu s fosforem, draslíkem a sodíkem tvoří hlavní půdní živiny. Je naprosto nezbytný pro tvorbu biomasy a životní funkce půdních organismů. Přeměny dusíku probíhající v půdě jsou zásadní pro úrodnost půdy [28].

Živé organismy nutně dusík potřebují jako nezbytnou složku biomasy, využívají jej k tvorbě celé řady komplexních organických sloučenin, jako jsou aminokyseliny, nukleové kyseliny, proteiny a chitin. Dusík je zároveň součástí chlorofylu, zeleného pigmentu rostlin, který je zodpovědný za fotosyntézu [10,29].

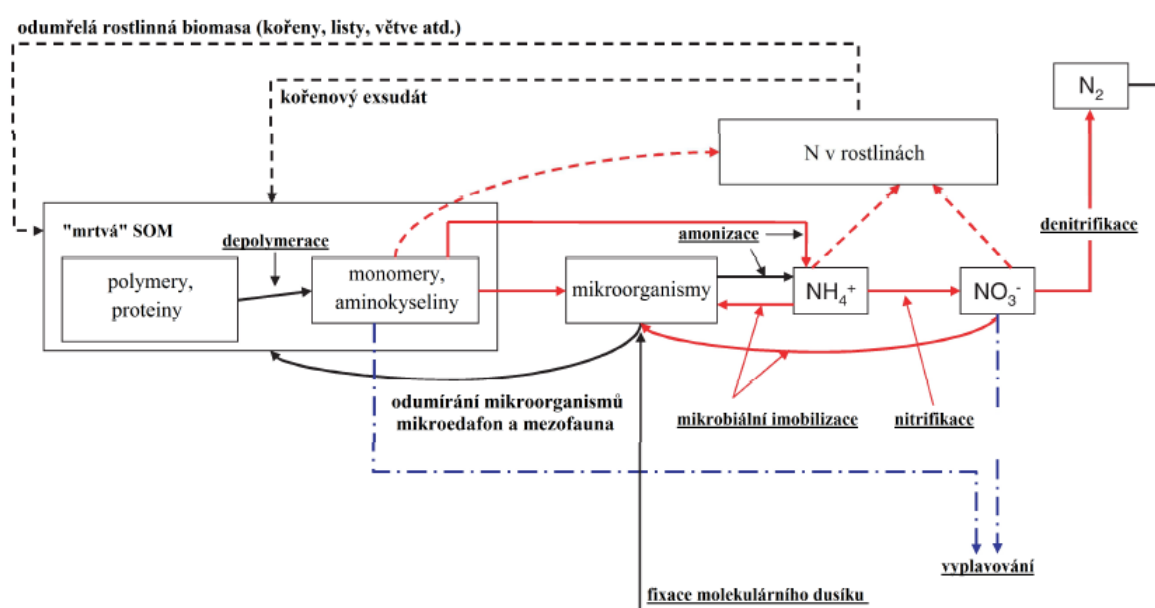


Obr. 7 Koloběh dusíku (upraveno podle: Strock, 2015) [30].

Koloběh dusíku v zemských ekosystémech (Obr. 7) je komplexní a zahrnuje mikrobiální procesy, jako jsou mineralizace, nitrifikace, denitrifikace, fyziologické

procesy rostlin (např. příjem dusíku a jeho asimilace) a fyzikálně chemické procesy (vyplavování a vypařování). Průběh tohoto cyklu je silně ovlivněn podmínkami daného prostředí, tzn. klimatem, půdní vlhkostí, vegetačním typem, mikrobiálními procesy a antropogenními vlivy. Právě člověk v poslední době tento koloběh narušuje. Intenzivní zemědělská činnost a rostoucí emise plyných sloučenin dusíku z dopravy a průmyslu urychlují celý koloběh dusíku v biosféře, čímž se zvyšuje riziko jeho saturace v ekosystémech [28,29].

V neporušených terestrických ekosystémech je dusík faktorem limitujícím přirozenou primární produkci ekosystému. Nicméně tato situace se v posledních desetiletích dramaticky změnila a ve většině oblastí Evropy je jen malá část produkce biomasy tímto prvkem limitována. To je způsobeno právě intenzivní zemědělskou výrobou a zvyšujícími se depozicemi dusíku do přírodních a přírodě blízkých systémů. Abychom lépe porozuměli problémům spojených s obsahem dusíku v životním prostředí, je třeba vysvětlit celý proces koloběhu dusíku v ekosystémech [29].



**Obr. 8 Koloběh dusíku v terestrickém ekosystému – detail významu interakce půdy a rostlin.**  
(originál: Rennenberg *et. al.*, 2009; upravil a převzato z: Elbl, 2014) [12].

Převážná část dusíku v půdě je vázána v organických látkách (vazba R-NH<sub>2</sub>) jako součást půdní organické hmoty. Dusík v této podobě je vesměs nepřístupný pro rostliny a mikroorganismy, musí tedy dojít k jeho mineralizaci – amonizaci. Tento proces, který



je zprostředkován půdními mikroorganismy, spočívá v rozkladu organického dusíku na iontovou formu amoniaku  $\text{NH}_4^+$ . Tento iont následně projde procesem nitrifikace, při kterém je oxidován na dusičnanový aniont  $\text{NO}_3^-$ , neboli nitrát. Dusík ve formě dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) je již pro rostliny snadno přístupný. Nitrát v půdě může být přijat buďto rostlinami nebo v případě, kdy je v půdě nedostatek kyslíku, dojde k jeho rozkladu, tzv. denitrifikaci. Tento proces je realizován při anaerobních podmínkách a mikroorganismy tak využívají kyslík nitrátů. Díky velmi dobré pohyblivosti nitrátového dusíku však může dojít i k jeho vyplavování z půdy [10,28].

Ztráta dusičnanů ( $\text{NO}_3^-$ ) vyplavováním do vodních zdrojů může zapříčinit eutrofizaci vod, tj. jev, kdy dochází k obohacování vod živinami, nejčastěji dusíkem a fosforem. Eutrofizace vod má za následek nadměrný růst vodních plevelů a řas, které mohou snížit populaci ryb a rekreační hodnoty vodních ploch [31].

Jednou z velkých hrozeb vyplavování nitrátového dusíku z orné půdy je kontaminace podzemních zdrojů pitné vody, jelikož tato kontaminace představuje zdravotní rizika. U dětí se může vyskytovat fyziologická porucha funkce hemoglobinu, tzv. methemoglobinémie, kontaminace vod dusičnany je spojována i s rakovinou a onemocněními srdce [31].

I dusík ve formě  $\text{NH}_4^+$  se ze systému půda – rostlina může ztrácen prostřednictvím vypařování, tzv. volatilizací. Tyto emise amoniaku do ovzduší přispívají ke kyselým dešťům a představují nepřímý zdroj emisí oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – skleníkový plyn přispívající k úbytku ozonové vrstvy a ke změnám klimatu [31].

Jak již bylo zmíněno výše, ztráty dusíku z půdy negativně ovlivňují další složky životního prostředí, zároveň však těmito jevy dochází ke snižování úrodnosti půdy a výnosu rostlinné produkce.

K omezování ztrát dusíku z půdy bylo navrženo legislativní opatření, tzv. nitrátová směrnice, která byla do českého právního systému implementována v zákonu č. 254/2001 Sb. o vodách ve znění pozdějších předpisů, v nařízení vlády č. 262/2012 Sb. o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu ve znění pozdějších předpisů a v zákonu č. 156/1998 Sb. o hnojivech ve znění pozdějších předpisů [26,32,33,34].

## **3.2 Řešení problémů moderního zemědělství**

Předchozí kapitola uvádí nejčastější problémy dnešního zemědělství, které jsou celosvětového charakteru.

Česká republika svým vstupem do Evropské unie přijala tzv. Společnou zemědělskou politiku (SZP), která je závazná pro všechny členské státy. Poslední reforma SZP, která se uskutečnila v roce 2013, klade důraz na ekologicky udržitelné zemědělství. Jedním z hlavních témat SZP je i v tomto období zlepšení či alespoň zachování stavu životního prostředí a klimatu omezením negativních vlivů některých zemědělských činností. SZP se zaměřuje i na zabezpečení kvality potravin, zdraví lidí, zvířat a rostlin včetně zajištění dobrých životních podmínek zvířat. V novém programovém období 2014 – 2020 nadále pokračuje podpora environmentálních opatření v rámci Programu rozvoje venkova (PRV), jehož součástí jsou tzv. Agroenvironmentálně – klimatické operace (AEKO) [35,36].

Na základě reformy SZP byl iniciován systém tzv. kontroly podmíněnosti (angl. Cross Compliance), který je klíčovým prvkem k vyjednávání o zachování evropských podpor pro zemědělství. Vyplácení přímých plateb a dalších evropských podpor zemědělcům je podmíněno právě tímto systémem. Žadatelé o finanční podpory jsou povinni plnit např. Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC – angl. Good Agricultural and Environmental Conditions), Povinné požadavky na hospodaření (SMR – angl. Statutory Management Requirements), apod. Prostřednictvím těchto nástrojů jsou zemědělci motivováni finančně. Přesto je však potřeba změnit celkový přístup k hospodaření na zemědělské půdě, např. formou dalšího vzdělávání a informovanosti zemědělských subjektů [36].

### **3.2.1 Ekologické zemědělství**

Jednou z alternativ udržitelného hospodaření na zemědělské půdě je ekologické zemědělství (EZ), které je ohleduplné k životnímu prostředí. Počátky vzniku EZ ve střední a západní Evropě můžeme datovat do období po první světové válce, kdy se začaly vytvářet různé metody a směry ekologicky šetrného zemědělství, jež v podstatě splynuly v jednu, kterou dnes označujeme jako ekologické zemědělství, případně zemědělství organické („organic farming“ – v anglicky mluvících zemích) nebo zemědělství biologické („biologischer Landbau“ – v německy mluvících zemích) [4].

Komise pro Kodex Alimentarius definuje ekologické zemědělství jako holistický systém řízení produkce, který podporuje a zlepšuje celkový stav agroekosystému, včetně biodiverzity, biologických cyklů a půdní biologické aktivity [37].

Ekologické zemědělství klade důraz na využití postupů řízení preferující používání přirozených vstupů s přihlédnutím k tomu, že regionální podmínky vyžadují místně přizpůsobené systémy. Toho se dosáhne použitím agronomických, biologických a mechanických metod pro plnění jakýchkoliv specifických funkcí v rámci agroekosystému na rozdíl od použití syntetických materiálů. Zjednodušeně řečeno, ekologické zemědělství se zaměřuje především na kvalitu produktů s maximální ohleduplností k životnímu prostředí na rozdíl od konvenčního zemědělství hledícího pouze na kvantitu [37].

### **3.2.2 Změna osevních postupů**

Jedním z rozhodujících faktorů úspěšného hospodaření na zemědělské půdě se považuje vhodně zvolená skladba plodin, jelikož výrazně přispívá k vysokému využití potenciálu jak stanoviště pěstovaných plodin, tak i agrotechnických opatření. K dosažení předpokládaných výnosů a tím pádem i dobrému ekonomickému výsledku podniku nepomůže ani intenzivní hnojení nebo pěstování nejvýkonnějších odrůd, pokud není vhodně zvolena struktura plodin [38].

Vzhledem k tomu, že v současné době dochází k podstatným změnám ve způsobech hospodaření, např. hospodaření bez chovu hospodářských zvířat, přechod na užší specializaci pěstování pouze lukrativních tržních plodin nebo i z různých jiných ekonomických důvodů, jsou zanedbávána ekologická hlediska, což ve výsledku znamená nedodržení biologické vyváženosti zastoupení plodin na orné půdě [38].

V důsledku dlouhodobého nerespektování biologických zásad a porušování ekologických principů ve strukturální skladbě plodin dochází k řadě problémů, mezi které můžeme zařadit např. vznikající problémy s reprodukcí půdní úrodnosti, růst potřeby agrotechnických vstupů do rostlinné výroby, zvýšení výskytu a kumulace škodlivých činitelů, zvýšené riziko obsahu toxických látek v půdě a vodě a s tím související pokles produkce a kvality pěstovaných plodin [38].

Maximální možné zastoupení některých plodin v osevním postupu uvádí Tab. II.

**Tab. II Maximální zastoupení některých plodin na orné půdě a jejich odstup v osevním postupu**  
(originál: Vach, Šimon, 2006; upraveno a převzato z: Vach, Javůrek, 2008) [38].

<b>Plodina</b>	<b>Maximální zastoupení na orné půdě [%]</b>	<b>Odstup v zařazení v osevním postupu po sobě [počet let]</b>
Vojtěška setá	30 - 33	3
Jetel luční	20	5
Hrách setý	20 - 25	4 – 5
Sója luštinatá	35 - 50	2 – 3
Řepka olejka	12,5 (výjimečně 15)	8
Hořčice bílá	15	8
Slunečnice roční	20	5
Mák setý	20 (výjimečně 25)	5
Cukrovka	25	4
Brambory	25 (výjimečně 33)	4

Osevní postup, který je vhodně zvolený dle stanoviště, se stává velmi účinným a přitom nejlevnějším agrobiologickým intenzifikačním opatřením. Příznivě ovlivňuje využití živin přijatých do půdy z minerálních a organických hnojiv a současně nepřímo ovlivňuje ochranu porostů před škodlivými činiteli. Následně má vliv nejen na výši hospodářských výnosů pěstovaných plodin, ale i na půdní úrodnost [38].

Pouze při důsledném uplatnění biologicky vyvážené struktury plodin v osevním postupu lze naplnit požadavky kladené na ekologickou optimalizaci. Vhodně zvolený osevní postup tedy představuje důsledné využití půdních a klimatických podmínek stanoviště současně s produkčním potenciálem výkonných odrůd. Uplatněním tohoto agroekologického přístupu lze dosáhnout vyšší nezávadnosti produkce a zároveň snížení rizika poškození životního prostředí [38].

### **3.2.3 Alternativní způsoby zpracování půdy**

Konvenční způsoby zpracování půdy zahrnující její časté a nadměrné obdělávání způsobují často destrukci struktury půdy, čímž dochází k jejímu rozrušování a případně i přesychání. Tyto tradiční agrotechnické zásahy lze nahradit využitím minimalizačních technologií zpracování půdy a půdo-ochrannými, neboli konzervačními, systémy [39].

Tyto metody zahrnují hlavně snížení hloubky a intenzity zpracování půdy, což má příznivý vliv na strukturní stav půdy, především pak zlepšení fyzikálních a biologických vlastností ornice. Ke změnám těchto kvalitativních parametrů však dochází pomalu

a proto je zapotřebí využívat tyto půdo-ochranné metody obdělávání půdy kontinuálně více let. Pouze takto lze dosáhnout předpokládaného účinku [39].

Je prokázáno, že využitím těchto metod dochází ke zvýšení biologické aktivity půdních mikroorganismů a následně ke zvýšení obsahu C a N v půdě, což vede k jejich následným přeměnám na vysokomolekulární látky, které zlepšují úrodnost půdy. Využívání konzervačního zpracování půdy se po určité době projeví statisticky významným nárůstem produkce pěstovaných plodin, které lze zaznamenat i při změnách počasí v jednotlivých ročnících [39].

Velký význam mají tyto metody i při ochraně půdy proti erozním jevům. Půda, která je nekypřená či minimálně zpracovávána je více rezistentní proti účinkům větrné a zejména vodní eroze než půda, která je obdělávána tradičními konvenčními postupy. V rámci konzervačních metod se pro ochranu půdy proti erozi využívají postupy, kdy se půda ponechává pokryta mulčem z rostlinných zbytků, nebo účinněji rostlinným porostem. Těmito postupy lze docílit relativně vysoké ochrany půdy vůči erozi a předejít tak destrukci a ztrátě ornice [39].

Důležitým faktorem uplatnění půdo-ochranných technologií v praxi je nutnost vybavení zemědělských podniků vhodnými mechanizačními prostředky. Využívá se strojů konstruovaných pro zjednodušené způsoby založení porostů plodin, které musí splňovat nároky kladené na vysokou kvalitu zpracování půdy a na vytvoření kvalitního seťového lůžka. Jedná se především o kypřiče pro mělké i hluboké kypření, kombinované kypřiče s možností zvolení si různých pracovních nástrojů, secí stroje s možností volby různého typu botek a dále kombinace strojů spojující předseťovou přípravu se setím v jednom technologickém celku [39].

Mezi alternativní metody obdělávání půdy můžeme zahrnout i zvyšující se trend omezování minerálního hnojení, případně i jeho úplné vyloučení. Je totiž prokazatelné, že vysoká úroveň minerálního hnojení se negativně projeví na ekonomické efektivnosti zemědělské výroby. Výnosy takto hnojených plodin totiž neodpovídají předpokládaným výsledkům po vynaložení veškerých prostředků. Postupně dochází i k poklesu kvality sklizně. K těmto negativním dopadům dochází důsledkem stupňovaných dávek minerálních hnojiv. Aplikace vysokých dávek minerálních hnojiv vyvolává u rostlin tzv. minerální stres, projevující se zvýšením aktuální koncentrace prvků v půdním roztoku, dochází k zasolení půd a k narušení optimálního poměru mezi minerálními živinami a organickými látkami v půdě [40].

Dnešní zemědělství podléhá tlaku trhu, a proto je třeba výrobu ekonomicky zefektivnit a dosáhnout tak kýženého úspěchu a s tím spojené vysoké produktivnosti systému. Otázkou není tedy, zda minerálně hnojit či nehnojit, ale jakým způsobem účinnost minerálních hnojiv zvýšit. K tomu, abychom dosáhli předpokládané efektivnosti použití minerálních hnojiv je nutný zvýšený přísun organických materiálů do půdy za účelem zvýšení obsahu půdní organické hmoty. Tohle vše závisí zejména na sorpční a iontovýměnné schopnosti půdy, jelikož hnojení vysokými dávkami živin, které půda není schopna výměnným způsobem poutat, se pak stává ekonomicky neefektivním a zároveň nebezpečným pro životní prostředí. Řešením může být využití kombinace organominerálního hnojení. K udržení ekologické rovnováhy mezi rostlinou a jejím prostředím významně přispívá použití humusových preparátů [40,41].

Jako příklad humusového preparátu můžeme uvést lignohumáty. Lignohumáty jsou huminová hnojiva vznikající hydrolyticko-oxidačním rozkladem technických lignosulfonátů. Lignosulfonáty vznikají jako odpadní produkty při výrobě papíru. Základní surovinou k výrobě lignohumátů je tedy dřevní hmota. Technologický postup výroby lignohumátů lze popsat jako organickou syntézu, při které vznikají složité organické meziprodukty dále upravované do finální podoby. V podstatě se jedná o cíleně urychlený proces humifikace v uzavřené oxidační atmosféře, kdy po okyselení sulfitového výluhu lze přidáním dusíku získat roztok tmavě hnědé barvy podobající se roztoku humusových látek. Výsledný produkt, lignohumát, je vysoce koncentrovaný preparát tvořený směsí huminových a fulvových kyselin (v poměru 1:1) a jejich solí, v minimálním zastoupení 60 % (výrobci však uvádí obsah huminových solí v roztoku až 90 %) [42].

Lignohumát lze také definovat jako komplex vysokomolekulárních a nízkomolekulárních produktů s určitým obsahem nízkomolekulárních huminových látek rozpustných ve vodě, které se vyznačují zvýšeným obsahem kyslíku a tudíž i zvýšenou biologickou aktivitou. Je prokázáno, že lignohumát podporuje růst a vývoj mnoha skupin bakterií jako jsou např. *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Flavobacterium*, *Bacillus* a *Arthrobacter*. Rozvojem těchto bakterií dochází k rychlejšímu rozkladu organické hmoty v půdě a tvorbě humusu, což ve výsledku pozitivně ovlivní úrodnost půdy [42,43].

Použití lignohumátu v kombinaci s minerálními hnojivy představuje východisko, jak ulevit intenzivně obdělávaným půdám, které jsou zatíženy nadměrnou aplikací

minerálních hnojiv. Lignohumáty taktéž působí přímo na rostlinu. Zvyšují obsah chlorofylu a, b, karotenoidů, čímž zvyšují účinnost fotosyntézy [42,44].

Lignohumáty se aplikují buďto postřikem na půdu nebo foliárně. Foliární aplikací dochází ke zlepšení foliární výživy rostlin, zvýšení produkce, kvality, kapacity a energie pro klíčení rostlin. Zlepšuje růst a vývoj rostliny, převážně pak kořenů. Podporuje odnožování a větvení rostliny, a zvyšuje příjmovou kapacitu rostliny pro minerální živiny [42,44].

### **3.2.4 Aplikace organické hmoty do půdy**

Organická hmota v půdách je neobyčejně heterogenní a její obsah není výrazně specifický pro jednotlivé půdní kategorie podle půdního typu ani podle půdního druhu. V literatuře lze nalézt mnoho různých definic půdní organické hmoty (SOM – angl. Soil Organic Matter) [45].

Jedna z nich definuje SOM jako jakýkoliv materiál produkovaný původně žijícími organismy (rostlinami nebo živočichy), který je navrácen do půdy a prochází procesem rozkládání. Skládá se z řady materiálů vznikajících z neporušených původních tkání rostlin a živočichů podstatně rozložených až na směs látek známých jako humus. Většina půdní organické hmoty pochází z rostlinných tkání. Rostlinné zbytky obsahují 60 – 90 % vlhkosti. Zbývající sušina obsahuje uhlík, kyslík, vodík a malé množství síry, dusíku a hořčíku. Přesto, že jsou přítomny v malém množství, jsou tyto živiny velmi důležité z hlediska půdní úrodnosti [46].

Půdní organická hmota se skládá z mnoha složek, mezi které patří v různém množství a stupni přeměny aktivní organický podíl zahrnující mikroorganismy (10 – 40 %) a stabilní organickou hmotu (40 – 60 %). Zjednodušeně řečeno SOM je tvořena živými organismy (kořeny rostlin, mikroorganismy, odumřelé mikro a makroorganismy a jejich části), rozpustnými organickými látkami, humusovými látkami jako jsou huminové kyseliny, fulvokyseliny, humin, a konečně zuhelnatělými organickými látkami [46].

Význam půdní organické hmoty je dlouhodobě známý a oceňovaný. SOM příznivě ovlivňuje fyzikální a chemické vlastnosti půdy, je základním faktorem půdní úrodnosti a v převážné míře je podmínkou existence velmi bohaté a diversifikované půdní bioty (funkce biotopu). Stejně významná je také role SOM pro stabilitu výnosů. Půdy dobře

zásobené organickou hmotou mají vyšší schopnost vyrovnávat se s výkyvy počasí, nebo jinými biotickými a abiotickými faktory [45].

Aplikace organické hmoty do půdy hraje důležitou roli v regulaci erozních pochodů tím, že podporuje flokulaci jílových minerálů, což je nezbytnou podmínkou pro agregaci půdních částic. Drobné půdní částice se dohromady spojují do větších půdních agregátů, čímž se zvyšuje pórovitost půdy mající vliv na cirkulaci vzduchu v půdě a současně i na rozvoj rostlin a mikroorganismů [47].

V posledních letech se mimo agronomického významu půdní organické hmoty oceňuje i její vliv na ochranu životního prostředí, zejména z hlediska akumulace organického C, jeho sekvestrace do půdy a mimo jiné i z hlediska zachování ekologických funkcí půdy [45].

V uplynulých letech došlo na zemědělských a zvláště na orných půdách ke změnám v hospodaření, které mají mnoho příčin, zejména ekonomických a majetkoprávních, a jejich projevy mají bezprostřední vliv na množství a kvalitu půdní organické hmoty. Součástí správného hospodaření na orné půdě je podpora a udržení půdních biologických procesů a minimalizace vstupů fosilních paliv ve formě hnojiv, pesticidů a mechanických kultivací. Je třeba dosáhnout a udržovat optimální hladinu a vysokou kvalitu SOM. Obsah organické hmoty v půdě lze zvýšit aplikací kompostu, použitím krycích plodin, které se posléze zaorají do půdy, správnými osevními postupy, pěstováním víceletých píceňin, omezením či odejmutím zpracování půdy. Tyto činnosti napomáhají vytvářet nové rovnováhy v agroekosystémech. Čím rozmanitější a komplexní budeme vytvářet zemědělský systém, tím více bude stabilním a udržitelným a snáz bude odolávat nepředvídatelným výkyvům klimatických a tržních podmínek [45,46].

V našich klimatických podmínkách je vhodné k udržení úrodnosti půdy aplikovat do zemědělské půdy organickou hmotu ve formě kompostu. Současně v diplomové práci představuji alternativní organický materiál, a to biologicky rozložitelné odpady ze zpracování rostliny *Jatropha curcas* L., tzv. *Jatropha* seed cake.

### **3.3 Kompost**

Kompost vzniká jako jediný produkt procesu kompostování. Během tohoto řízeného biodegradčního procesu se za přítomnosti mikrobiálních společenstev v aerobních podmínkách rozkládají organické substráty. Kompost může být definován jako



stabilizovaný a hygienicky nezávadný produkt kompostování, kompatibilní a prospěšný pro růst rostlin. Výsledný produkt – zralý kompost – obsahuje vysoký podíl humusových látek. Jde tedy o stabilizované organické hnojivo. Živiny v něm obsažené se do půdy uvolňují velmi pomalu a nehrozí jejich vyplavení do podzemních vod [1].

Transformace organické hmoty do čerstvého kompostu se provádí hlavně ze tří důvodů, tj. překonat fytotoxicitu čerstvé nestabilizované organické hmoty s cílem snížit přítomnost původců (virů, bakterií, hub, parazitů), které jsou patogenní pro člověka, zvířata i rostliny na úroveň, která již nepředstavuje zdravotní rizika; produkovat organické hnojivo; a recyklovat tak odpady rostlinného původu [1].

Výsledný produkt procesu kompostování může mít různé podoby, tzn. složení a obsah živin v kompostu závisí na vstupních surovinách, kterými mohou být např. travní fytomasa, odpady ze zahrad, vinic nebo také čistírenské kaly, průmyslové bioodpady či tuhý biologicky rozložitelný komunální odpad, apod.

Aplikací kompostu navracíme energii zpět do půdy. Ta může být opět využita pro růst rostlin, čímž se vytváří přirozeně optimální podmínky pro jejich důležitou roli, kterou je produkce kyslíku. Je obecně známo, že kompost v půdě umožňuje zlepšení fyzikálních, chemických a biochemických půdních vlastností – zlepšuje zpracovatelnost půdy, pozitivně ovlivňuje kvalitu sorpčního komplexu, nakypřuje utužené a těžké půdy, může redukovat choroby rostlin i působení škůdců, snižuje kyselost půd a stabilizuje hodnotu pH, zvyšuje vodní jímavost a vodní kapacitu, snižuje vodní erozi na svazích, snižuje spotřebu vody, zabraňuje vysychání půd, dlouhodobě zásobuje rostliny důležitými živinami, zvyšuje vzcházivost osiv i sadby, regeneruje narušené půdy a podporuje život v půdě [47,48].

### **3.3.1 Vlastnosti kompostu**

Jak již bylo zmíněno, složení a obsah živin v kompostu závisí na surovinách, které do procesu výroby vstupují. Rozlišujeme totiž komposty statkové, průmyslové a komposty vzešlé z komunitních kompostáren obcí. Z toho důvodu jsou vlastnosti, které následně uvádím pouze orientační [48].

Výsledný produkt procesu kompostování je bohatý na obsah živin. V 1 Mg kompostu je přibližně 5 - 16 kg dusíku, 2,5 - 13 kg fosforu a 3 - 13 kg draslíku. V sušině se pak dusík pohybuje v rozmezí 0,5 - 2,5 %, fosfor 0,25 - 2,0 % a draslík 0,3 - 2,0 %. Převážná část dusíku (více než 90 %) je v kompostu vázána v organických látkách,

jedna až dvě třetiny celkového množství dusíku je v kompostu přítomna v huminových kyselinách. Z toho důvodu není velká část dusíku okamžitě přístupná rostlinám a až po její mineralizaci může být rostlinami využita. Organický dusík pocházející z rostlinných pletiv mnohem lépe odolává mineralizaci. Jinak je tomu u organického dusíku z živočišných tkání. Vybrané parametry organického kompostu vyrobeného z biologicky rozložitelných odpadů shrnuje Tab. III [48].

**Tab. III Vybrané parametry organického kompostu - vztážno na obsah sušiny (upraveno podle: Šrefl, 2012; Weber *et al.*, 2007) [48,49].**

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota [hm. %]</b>
Vlhkost půdy	> 40
Celkový obsah dusíku (N)	0,5 – 2,5
Celkový obsah fosforu (P)	0,25 – 2
Celkový obsah draslíku (K)	0,2 – 2
Celkový obsah organického uhlíku (C), včetně ligninu a huminových látek	13 – 20

Příjem dusíku polními plodina závisí nejen na požadavcích rostlin na dusík, ale i na dynamice příjmu dusíku. Pouze 5 - 20 % dusíku lze považovat za dostupný pro rostliny v průběhu prvního roku po aplikaci. Zatímco 20 - 40 % fosforu obsaženého v kompostu je okamžitě přístupný pro rostliny. Tento organický fosfor z rostlinných pletiv je snadno rozložitelný. Je uvolňován ve formě orthofosforečnanu, který je rostlinami snadno přijatelný. Fosfor obsažený v kompostu se stane pro rostliny dostupným v průběhu tří vegetačních období po aplikaci a celkový obsah fosforu v kompostu může zcela nahradit minerální hnojení fosforem. Kompost vzniklý ze zelených rostlin se často vyznačuje zvýšeným obsahem draslíku. Z důvodu jeho vysoké rozpustnosti ve vodě hrozí jeho vyluhování v případě, že je kompost vystaven dešti. Množství okamžitě dostupného draslíku pro rostliny přesahuje 58 % z celkového obsahu draslíku přítomného v kompostu. Zbytek draslíku pak podléhá mineralizaci [48].

Kompost, který je výsledným produktem procesu probíhajícího v průmyslových kompostárnách, podléhá požadavkům na něj kladených podle ČSN EN 46 5735. Podle této normy má výsledný kompost podobu hnědé, šedočerné až černé homogenní hmoty, drobtovité až hrudkovité struktury. Současně nesmí obsahovat žádné nežádoucí látky a musí splňovat kvalitativní požadavky na něj kladené [12,50].

Požadavky na jakost kompostu dle ČSN EN 46 5735 uvádí Tab. IV.

**Tab. IV Požadavky na jakost kompostu dle ČSN EN 46 5735 (Elbl, 2014) [12].**

<b>Znak jakosti</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Hodnota</b>
Vlhkost	[%]	40 – 60
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku	[%]	min. 25
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek	[%]	min. 0,6
Poměr C:N	[-]	max. 30:1
Hodnota pH	[-]	6,5 – 8,5
Nerозložitelné příměsi	[%]	max. 2,0

Kromě fyzikálně-chemických parametrů kvality kompostu, které uvádí Tab. IV, je u výsledného produktu kompostování sledována fytotoxicita, mikrobiologické složení a obsah těžkých kovů. Test fytotoxicity představuje biologickou metodu hodnocení fytotoxicity výluhu vzorku indexem klíčivosti citlivé rostliny (řeřichy seté), která byla vypracována ve Vědeckém ústavu rostlinné výroby (VÚRV) Praha pro použití v kompostářské praxi. Tento důležitý parametr částečně eliminuje chyby, které mohou vznikat při zjišťování stability kompostu pouze prostřednictvím teploty. Mikrobiologické hodnocení kompostu se provádí podle ČSN ISO 10381-6. Při odběru vzorků pro tento rozbor je nezbytné dodržovat pokyny stanovené ČSN EN 46 5735. Tato analýza sleduje přítomnost indikátorových mikroorganismů, tj. termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky, salmonela [12,50,51].

Přípustné množství kolonie tvořících jednotek (KTJ) uvedených mikroorganismů v 1 g kompostu uvádí Tab. V.

**Tab. V Mikrobiologická kritéria - jakostní znaky kompostu (Elbl, 2014) [12].**

<b>Kompost</b>	<b>Přípustné množství KTJ v 1 g kompostu</b>		
	<b>Termotolerantní koliformní bakterie</b>	<b>Enterokoky</b>	<b>Salmonela</b>
Volně loženy	$10^3$	$10^3$	Nestanovuje se
Balený	$10^2$	$10^2$	0 (negativní nález)

Uvádění kompostu a pěstebních substrátů do oběhu prodejem se řídí zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech ve znění pozdějších předpisů. Výrobci a dodavatelé mohou podle tohoto zákona uvádět do oběhu pouze ty komposty, které prošly registrací podle zákona. O registraci hnojiv rozhoduje Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ) na základě žádosti podané výrobcem oprávněným k podnikání. Spolu

s žádostí je žadatel o registraci hnojiva povinen poskytnout vzorky potřebné pro rozbor, nebo umožnit jejich odběr, uhradit správní poplatek spolu s náklady na rozbor vzorků a poskytnout další podklady a informace, které jsou nezbytné pro registrační řízení [12,26].

### 3.3.2 Proces kompostování

V přirozených podmínkách se degradační procesy organických sloučenin vyskytují obvykle v půdách a sedimentech, na povrchu půd i ve vodních útvech. To vše za přítomnosti mikroorganismů. Technologie aerobního kompostování zabezpečuje mikrobiologickou přeměnu organických látek odpadů na stabilní humusové látky. Jde o analogické procesy, jako při přeměně organické hmoty v půdě. Pro správný rozvoj mikroorganismů je nutno zabezpečit optimálních podmínek procesu. Jen tak je možné dosáhnout až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou a získat tak humusové látky rychleji. Takový proces pak indukuje vysoké metabolické aktivity mikroorganismů při vysokých hustotách (až  $10^{12}$  buněk·g<sup>-1</sup>) [1,52].

Jednou z nejdůležitějších podmínek pro rozvoj mikroorganismů v řízeném kompostovacím procesu je zejména správný poměr uhlíku a dusíku (C:N). Toho dosáhneme vhodnou surovinovou skladbou čerstvého kompostu. Poměr C:N by v čerstvém kompostu měl být v rozmezí 30 - 35:1 a ve vyzrálém kompostu 25 - 30:1. Příliš široký poměr C:N prodlužuje samotný proces zrání kompostu, při poměru menším než 15:1, bude sice rozklad rychlý, avšak množství dusíku převažuje metabolickou potřebu mikroorganismů a může dojít k jeho ztrátám v amonné formě [53,54].

Sestavení správné surovinové skladby čerstvého kompostu rozhoduje o úspěšném průběhu procesu a o výsledné kvalitě produktu. Dosáhneme toho mimo jiné i úpravou vlhkosti, zabezpečením minimální přítomnosti fosforu (0,2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v sušině), úpravou pH, zrnitosti a homogenity substrátu, provzdušňováním substrátu a regulací teploty během průběhu procesu. Všechny tyto parametry napomáhají rozvoji aerobních mikroorganismů zabezpečujících přeměnu organicky nestabilních látek na stabilní humusové látky. Je nutné tyto parametry monitorovat a v případě jejich odchýlení od optimálních hodnot, provést vhodný zásah [52,55].

Proces kompostování vede k finální produkci oxidu uhličitého, vody, minerálů a stabilizované organické hmoty, tzn. kompostu. Během procesu dochází k dočasnému uvolnění fyto toxinů (sekundární metabolity, amoniak, atd.). Na konci procesu

kompostování je tato fytotoxicita zcela překonána a konečný produkt se tak stává přínosným pro růst rostlin [1].

Z technického hlediska je proces kompostování zastaven ve fázi, kdy je stále přítomno relativně velké množství organické hmoty (více než 50 % ze vstupního množství). Pokud však okolní podmínky dovolí, může proces dále pokračovat až do momentu, kdy jsou všechny organické složky zcela mineralizovány [1].

Kompostování je čtyřfázový proces:

První, tzv. mezofilní fáze tohoto procesu je doprovázena teplotami v rozmezí 25 - 40 °C. Za pomoci hub, aktinobakterií a bakterií, obecně označovaných jako primární rozkladači, jsou degradovány snadno rozložitelné látky, jako jsou cukry a bílkoviny. Při této degradaci dochází k vzrůstu teploty v zakládce a zároveň k uvolňování velkého množství energie. Za předpokladu, že mechanické vlivy (např. překopávání kompostovací zakládky) jsou malé, dochází k rozvoji i dalších organismů mezofauny (edafon), tj. červi, roztoči, stonožky, atd. [1].

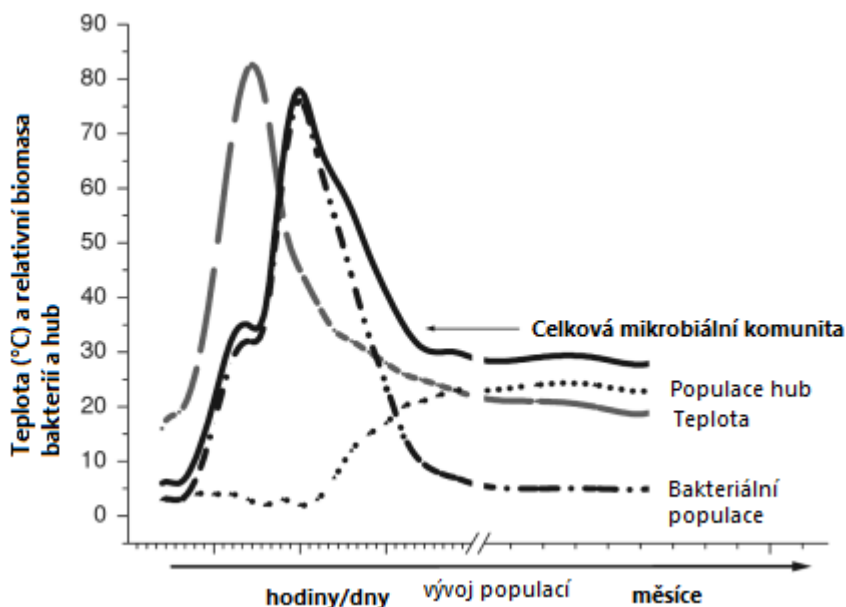
V druhé, tzv. termofilní fázi dochází k rozvoji termofilních organismů. Je to způsobeno nárůstem teploty, která se pohybuje v rozsahu 35 - 65 °C. Dříve prosperující mezofilní organismy odumírají. Rozkládací proces rychle pokračuje až do momentu, kdy teplota dosahuje 62 °C. Růstové maximum termofilních hub se pohybuje v rozmezí teplot od 35 do 55 °C, přičemž vyšší teploty obvykle brání růstu hub. Termotolerantní a termofilní bakterie a aktinobakterie jsou aktivní i při vyšších teplotách. Navzdory zničení většiny mikroorganismů při teplotě vyšší než 65 °C může teplota i nadále stoupat a překročit 80 °C. Pravděpodobně je toto konečné zvýšení teploty zapříčiněno abiotickými exotermními reakcemi způsobenými teplotně stabilními enzymy aktinobakterií. Nicméně těchto teplot není dosaženo ve všech částech kompostovací zakládky. Proto je velice důležité pravidelné překopávání zakládky. Současně dochází v termofilní fázi k hygienizaci, kdy jsou zničeny lidské a rostlinné patogeny. Taktéž dochází k zahubení semen plevelů a larev hmyzu. Není to však jenom teplota, na které proces hygienizace závisí. Důležitá je také přítomnost aktinobakterií, které prostřednictvím produkce antibiotik přispívají k hygienizaci kompostovací zakládky [1].

Třetí fáze, tzv. druhá mezofilní fáze (nebo také fáze ochlazování), se vyznačuje zánikem termofilních organismů, ke kterému dochází především díky vyčerpání substrátu. Dochází k poklesu teploty a následnému osídlení mezofilními organismy.

Na rozdíl od první mezofilní fáze, při které dochází k rozkladu cukrů, oligosacharidů a bílkovin, v druhé mezofilní fázi jsou zastoupeni především organismy rozkládající polysacharidy, tzn. škrob a celulózu. Mezi tyto organismy patří jak bakterie, tak houby [1].

Během poslední, čtvrté fáze dochází ke zrání kompostu. Při této fázi kompost získává stále více zemitou strukturu. Složení mikrobiální komunity se zcela změní. Obvykle dochází k růstu podílu hub, zatímco počet bakterií klesá. Nejdůležitějším znakem této fáze je vznik humusových látek, lignin-humusových komplexů, které již nepodléhají dalšímu rozkladu. Tyto látky vytváří kvalitní a stabilní humus [1,12,54].

Vývoj společenstev bakterií a hub v závislosti na teplotě v průběhu kompostovacího procesu uvádí graf na Obr. 9.



Obr. 9 Vývoj populace bakterií a hub v průběhu kompostovacího procesu v závislosti na teplotě (upraveno podle: Diaz et. al., 2007) [1].

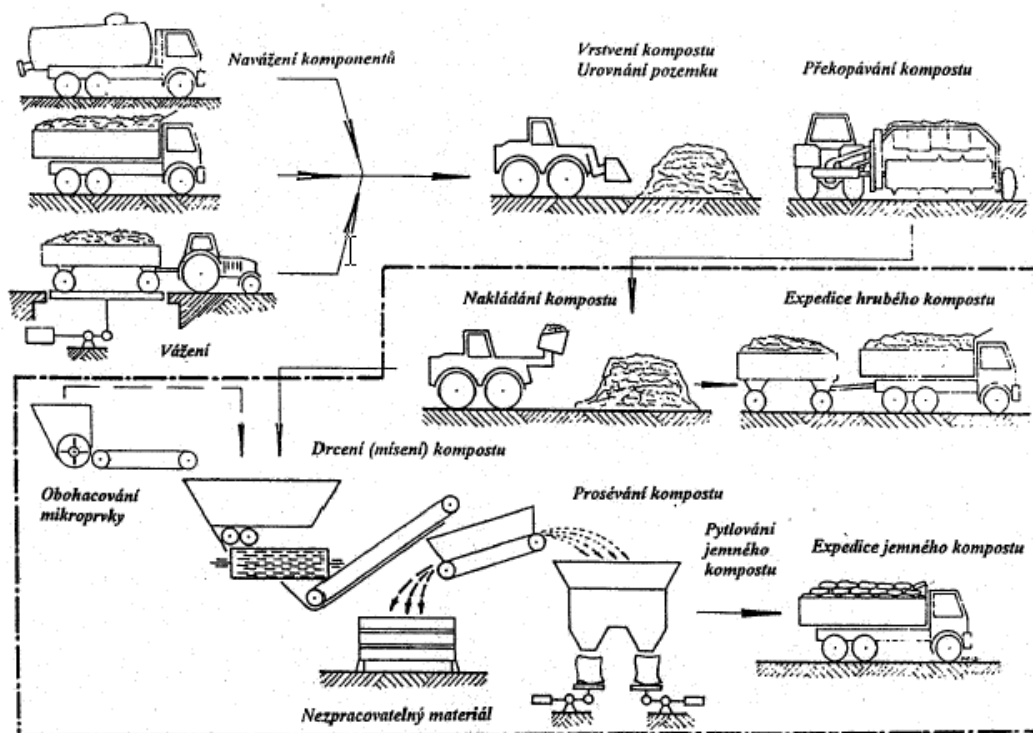
### 3.3.3 Technologie kompostovacího procesu

Technologie procesu kompostování má celou řadu variant využívající různých technických metod a prostředků. Opomeneme-li domácí kompostování v kompostérech, můžeme jednotlivé varianty průmyslových technologií využívaných v procesu kompostování rozdělit na:

1. kompostování na volné ploše,
  - a. kompostování v plošných hromadách,

- b. kompostování v pásových hromadách,
- 2. kompostování v uzavřeném, resp. polouzavřeném zařízení (intenzivní kompostovací technologie),
  - a. kompostování v bioreaktorech,
  - b. kompostování v boxech nebo žlabech,
- 3. kompostování ve vacích (AgBag kompostování),
- 4. vermikompostování (zpracování žížalami *Eisenia foetida*) [56].

Uvedené technologie jsou realizovány ve specializovaných zařízeních – kompostárnách, které jsou vybaveny kompostovací linkou (Obr. 10) [12].



Obr. 10 Schéma kompostovací linky (Kára et. al., 2002) [54].

Ať už je pro proces kompostování využito jakékoliv technologie, zásadním předpokladem pro správný průběh procesu je dodržení několika podmínek. Vytvořením těchto optimálních podmínek je zajištěn řádný rozvoj mikroorganismů [52,53].

Rozhodujícím parametrem při sestavování materiálové skladby kompostovací základky je zejména poměr uhlíku a dusíku, C:N, který se u čerstvého kompostu pohybuje v rozmezí 30 - 35:1 a ve zralém kompostu 25 - 30:1 [53].

Pro rozvoj aerobní mikroflóry v kompostovací zakládce je důležitým faktorem optimální vlhkost materiálu a s ní související množství kyslíku. Při zakládání kompostu je vhodnější volit nižší vlhkost, jelikož se tato nižší vlhkost snadno reguluje např. závlahou kompostovací zakládky. Optimální vlhkost u zemitých kompostů je přibližně 55 %, zatímco u kompostů s převažujícím obsahem dřevní štěpky nebo stromové kůry se optimální vlhkost pohybuje okolo 65 - 70 %. Příliš nízká vlhkost v zakládce zapříčiňuje vývoj nevhodné mikroflóry, především plísní a aktinomycet. V důsledku nadbytečné vlhkosti dochází k poklesu kyslíku v zakládce, s čímž je spojen vývoj anaerobních mikroorganismů [53,54].

Teplota kompostovací zakládky má zásadní vliv na průběh procesu. Hodnota teploty je dána aktivitou přítomných mikroorganismů a lze z jejího průběhu určit dobu zralosti kompostu. Teplota v kompostovací zakládce se ve fázi s převažujícími mezofilními mikroorganismy pohybuje v rozmezí 10 - 40 °C. Při teplotě přesahující 40 °C začínají v zakládce převažovat termofilní aerobní mikroorganismy. Na optimální teplotu procesu kompostování můžeme nahlížet dvěma různými úhly pohledu. Jedním z nich je teplota potřebná pro rozklad organických látek, která je dána surovinovým složením, jelikož každý materiál se rozkládá při různých teplotách. Tato teplota se uvádí v rozmezí 50 - 60 °C, někdy i v širším, 43 - 65 °C. Zatímco druhou důležitou teplotou v procesu kompostování je teplota potřebná k likvidaci patogenních mikroorganismů, parazitů, semen plevelů či larev much. Pro zneškodnění patogenů se uvádí teplota přibližně 55 °C, k likvidaci semen plevelů pak 63 °C. Kromě samotné teploty je důležité zohlednit i dobu, po kterou je potřeba tuto teplotu v kompostovacím procesu udržet. V momentě, kdy teplota klesne na úroveň okolního prostředí, lze předpokládat útlum aktivity mikroorganismů a kompost můžeme považovat za vyzrálý [55].

Během procesu kompostování je důležité sledovat hodnotu pH. Obecně lze konstatovat, že hodnota pH se na začátku procesu pohybuje mírně pod hodnotou 5, a to v důsledku aktivity kyselinotvorných bakterií, které rozkládají složité uhlíkaté komplexy na organické kyseliny. V momentě, kdy jsou tyto organické kyseliny zcela mineralizovány, hodnota pH roste, až se na konci procesu ustálí na hodnotě 8 - 8,5 [1].

K dosažení řádného průběhu kompostovacího procesu je zapotřebí pravidelného provzdušňování kompostovací zakládky. To je prováděno nejčastěji překopáváním kompostu, ale lze také využít tlakové aerace nebo odsávání vzduchu nasyceného



oxidem uhličitým přes vzdušný filtr. Díky intenzivnímu provzdušňování je zabezpečeno rychlejší zrání kompostu [53].

### **3.4 *Jatropha curcas* L.**

Klesající zásoby fosilních paliv a také fakt, že rostoucí emise CO<sub>2</sub> přispívají ke změnám klimatu, zvýšily pozornost světa na potřebu snížit závislost na fosilních palivech a nahrazovat je obnovitelnými zdroji energie. Zde také vznikl zájem o podporu biopaliv a pěstování energetických plodin, mezi které patří i *Jatropha curcas* L. Zájem o tuto rostlinu jako zdroj oleje k výrobě bionafty vznikl jako důsledek její vnímané schopnosti růst v polosuchých (semiaridních) oblastech s nízkými požadavky na výživu a péči. *Jatropha curcas* L. se však pěstuje i za jinými než komerčními účely. Lze ji využít jako prevenci erozních jevů, při rekultivacích půd a jako živý plot ohraničující zahrady a hospodářské usedlosti chránící je před divokou zvěří. Tyto i další způsoby využití *Jatropha curcas* L. budou v práci ještě popsány [57].



Obr. 11 *Jatropha curcas* L., Andhra, Pradesh, India (Brittaine, 2010) [57].

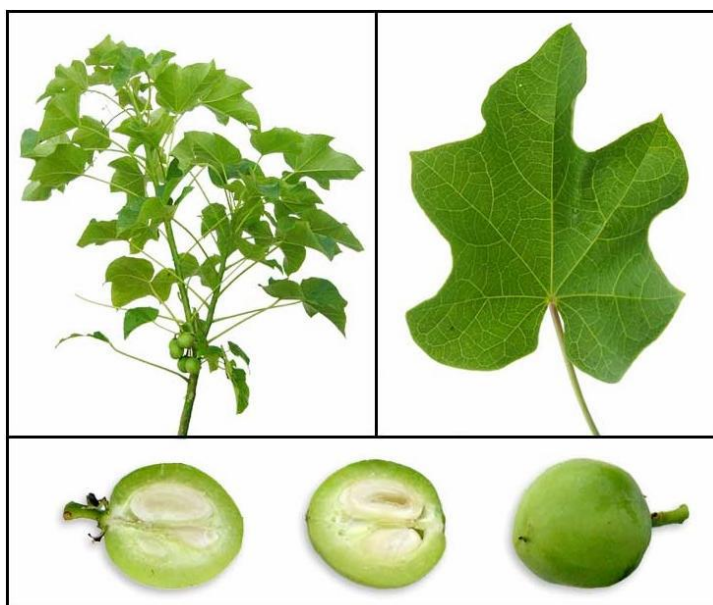
#### **3.4.1 Charakteristika rostliny**

Rod *Jatropha* patří do čeledi pryšcovitých (Euphorbiaceae) a zahrnuje přibližně 170 známých druhů. *Jatropha curcas* L. (český název dávicec černý) byla poprvé popsána švédským botanikem Carlem Linné roku 1753 v díle Species Plantarum (Rostlinné druhy). Jméno rodu pochází z řeckého slova jatrós (lékař) a trophé (jídlo), což znamená, lékařské účely. Původním stanovištěm *Jatropha curcas* L. je Střední Amerika a Mexiko. Rozšíření této rostliny se přisuzuje portugalským námořníkům, kteří ji přes

Kapverdské ostrovy přivezli do Guinea-Bissau. Poté se její výskyt rozšířil do ostatních zemí tropického a subtropického pásma. Dnes ji můžeme nalézt v semiaridních oblastech Jižní Ameriky, Afriky, Asie, ale i Evropy (např. Španělsko). V hojném počtu je *Jatropha curcas* L. pěstována v Indii a Číně [57,58].

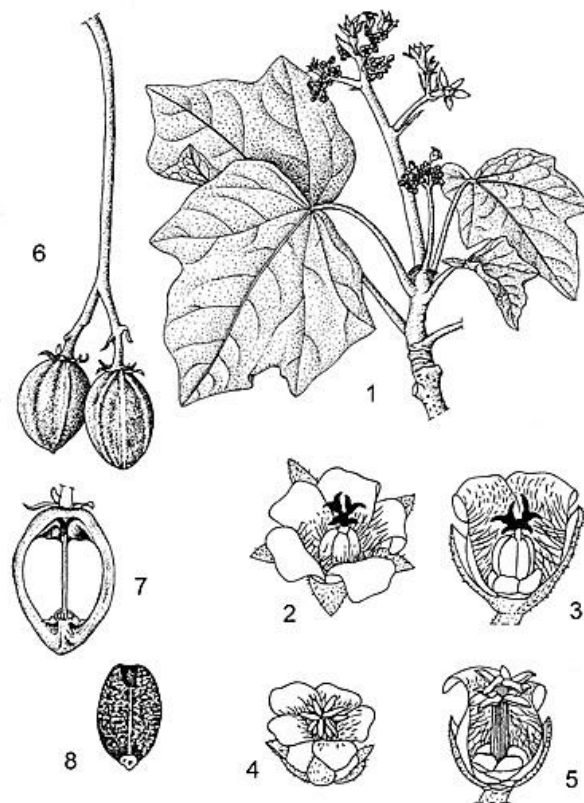
*Jatropha curcas* L. je trvalá, sukulentní rostlina keřovitého vzrůstu dosahující výšky až 5 metrů v závislosti na podmínkách pěstování. Sazenice obecně tvoří centrální kořen, čtyři postranní a mnoho sekundárních kořenů. Listy na stonku střídavě postavené jsou dlaniť laločnaté s mělkými, špičatými laloky. Nicméně se velikostí a tvarem liší odrůda od odrůdy. Větve a stonky *Jatropha curcas* L. jsou duté a jejich vodivá pletiva obsahují bílý latex [57].

Větvení, list a plody rostliny *Jatropha curcas* L. jsou zobrazeny na Obr. 12.



Obr. 12 *Jatropha curcas* L. - list a plod (Brittaine, 2010) [57].

*Jatropha curcas* L. je jednodomou rostlinou, což znamená, že nese jak samčí, tak i samičí květy, přičemž samčích květů je více než samičích. Samičí květy vyrůstají na vrcholu květenství, početnější samčí květy pak rostou níže. Poměr samčích a samičích květů se uvádí v průměru 29:1, ale tento poměr je velmi variabilní a může být v rozmezí 25 – 93 samčích květů na 1 – 5 samičích na každém květenství. Bylo zjištěno, že tento poměr klesá se stárnutím rostliny, což naznačuje, že s rostoucím věkem se zvyšuje i plodnost jedince. Květy *Jatropha curcas* L. spolu s květenstvím a ukázkou plodu jsou znázorněny na Obr. 13 [57].



**Obr. 13** *Jatropha curcas* L. (1 – kvetoucí větev, 2 – samičí květ, 3 – otevřený samičí květ, 4 – samčí květ, 5 – otevřený samčí květ, 6 – plod, 7 – podélný řez plodu, 8 – semeno) (Prota, 2007) [59].

Jednopohlavné (diklinické) květy *Jatropha curcas* L. jsou závislé na opylení hmyzem, včetně včel, much, mravenců a trásněnek. Jedno květenství za normálních podmínek produkuje 10 a více plodů. Vzniklé plody jsou výsledkem křížového opylení s dalšími jedinci, samčí květy totiž vypráší pyl dříve, než jsou samičí květy na stejném jedinci pylu přístupné. V případě, že nedojde k opylení prostřednictvím jiného jedince, má *Jatropha curcas* L. schopnost tzv. autogamie, tedy samoopylení, což usnadňuje kolonizaci nových stanovišť [57].

Plody jsou elipsoidní, zelené a dužnaté, stárnutím žloutnou, až nakonec zhnědnou. Plody jsou zralé a připravené ke sklizni přibližně 90 dnů po odkvětu. Každý plod obsahuje dvě nebo tři černá semena, velikosti asi 2·1 cm. Semena obsahují v průměru 35 % nejedlého oleje. Následující obrázek (Obr. 14) znázorňuje zelenožluté květenství a zrající plody *Jatropha curcas* L. [57].



Obr. 14 *Jatropha curcas* L. - květenství (vlevo) a plody (originál: P. Latham; převzato: Prota, 2007) [59].

*Jatropha curcas* L. snadno roste ze semen klíčící cca 10 dní, nebo z kmenových řízků. Růst je rychlý, sympodiální. Při tomto větvení hlavní stonek omezí svůj růst a nově vzniklá boční větev následně původní hlavní stonek přeroste. Vegetativní růst nastává během období dešťů, kdy po skončení tohoto období dochází k tvorbě semen. Při dobrých srážkových podmínkách může jedinec vzrostlý ze sazenice plodit již po prvním období dešťů, jedinec vzrostlý ze semena pak po druhém období dešťů. Obecně dosahuje *Jatropha curcas* L. zralosti po čtyřech až pěti letech. Životnost *Jatropha curcas* L. se uvádí 30 – 50 let i více [57,58,60].

### 3.4.2 Využití *Jatropha curcas* L.

Využití rostliny *Jatropha curcas* L. představuje širokou škálu možností.

Už samotný keř zlepšuje infiltraci vody do půdy a prokazatelně plní funkci protierozního opatření. Hlavní kořeny *Jatropha curcas* L. kotví rostlinu v zemi, zatímco její mělké, postranní kořeny udržují horní horizont půdy pevný a odolný vůči silným dešťům. V případě, kdy je *Jatropha curcas* L. vysazena jako linie kopírující vrstevnici, napomáhá vsakování dešťové vody do půdy namísto jejího splavování po povrchu [57].

Zároveň přispívá ke snižování důsledků větrných erozí, a to tehdy, kdy je *Jatropha curcas* L. pěstována ve formě živých plotů. Svým uspořádáním snižuje rychlost větru. Nicméně tento protierozní efekt je omezen obdobím sucha, kdy se rostlina zbavuje listů. Díky opadu listů jsou v tomto období nejsilnějších větrných erozí s následujícími silnými dešti protierozní účinky rostliny *Jatropha curcas* L. omezeny. Lze se tomu však vyvarovat pěstováním půdopokryvných meziplodin odolných vůči suchu jako je např. agáve (Obr. 15) [57].



Obr. 15 *Jatropha curcas* L. pěstována spolu s agáve (Brittaine, 2010) [57].

*Jatropha curcas* L. se vyznačuje svými lehkými alelopatickými vlastnostmi, tzn. negativními vlivy na životní prostředí ostatních organismů díky schopnosti vypouštění chemických látek do půdy [57].

V mnoha tropických a subtropických zemích se *Jatropha curcas* L. také využívá jako ochranný živý plot zahrad a polí před potulnou zvěří. Hospodářská zvířata by nikdy zralé listy *Jatropha curcas* L. nejedla, to by dříve zemřela hladu. Proto se také často využívá těchto živých plotů k označení hranic usedlostí. Rostliny zasazené velmi blízko sebe (5 cm) tvoří hustou bariéru, kterou neprojdou ani kuřata [57].

Použití *Jatropha curcas* L. jako palivového dřeva není pro její vlastnosti příliš vhodné. Drobní zemědělci na Madagaskaru a v Ugandě využívají *Jatropha curcas* L. jako stínící podpurnou mezplodinu při pěstování vanilky [57].

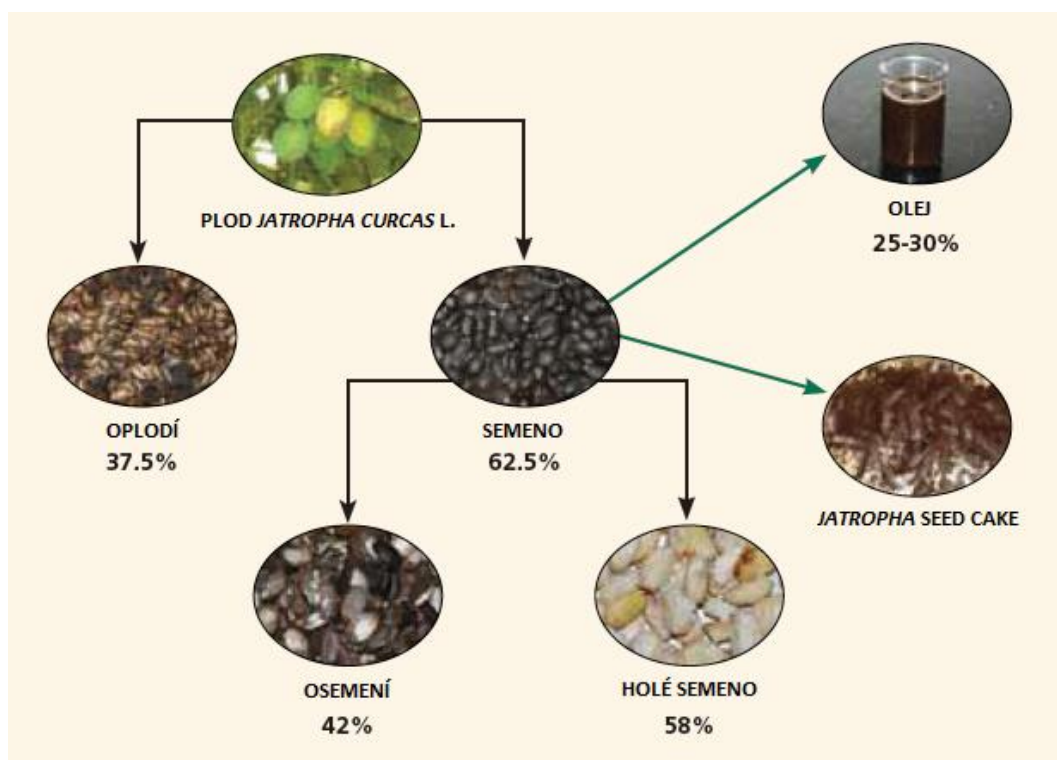
Důležitou vlastností *Jatropha curcas* L. je schopnost získávat minerály z nižších vrstev půdy a poté je navracet zpět prostřednictvím opadu listů a ostatních organických zbytků, což pomáhá obohacovat degradované půdy [57].

Sušený latex *Jatropha curcas* L. podobající se šelaku se využívá jako inkoust. Pro barvení tkanin slouží listy a kůra rostliny. *Jatropha curcas* L. má také léčivé účinky, kterých tradiční společenstva využívají dodnes. Vyznačuje se svými antimikrobiálními vlastnostmi a dobrým vlivem na srážlivost krve. V tradiční medicíně i pro veterinární použití se uplatňují všechny části rostliny. Latex obsažený ve stonku našel využití pro hojení ran, zastavení krvácení, léčbu různých kožních problémů, proti bolesti a léčbě žahnutí včel a vos. Žvýkání čerstvých výhonků posiluje dásně a léčí jejich onemocnění. Z kořenů rostliny se připravuje odvar, který se používá při léčbě průjmu a kapavky. Listy *Jatropha curcas* L. se přikládají na rány, míza z listů se pak používá k léčbě

hemoroidů. Z listů se připravuje odvar, který se využívá k léčbě malárie, vysokého krevního tlaku a např. také kašle. Olej ze semen plodů se používá jako projímadlo. Vnější aplikací oleje na tělo se léčí revmatické potíže a kožní infekce [57].

Největší potenciál využití však mají plody *Jatropha curcas* L., a to především díky vysokému obsahu oleje uloženého v semenech plodů. Plod *Jatropha curcas* L. se skládá z oplodí, ve kterém je uloženo semeno. Samotné semeno se pak skládá z vnější slupky – osemení a vnitřního jádra – holého semena [57].

Jednotlivé části plodu a jejich hmotnostní zastoupení jsou uvedeny na Obr. 16.



Obr. 16 Části plod *Jatropha curcas* L. a jejich hmotnostní zastoupení (upraveno podle: Brittain, 2010 ) [57].

Plody jsou připraveny ke sklizni asi 90 dnů po odkvětu, kdy oplodí změnilo barvu ze zelené na žlutohnědou. Při vlhčích klimatických podmínkách lze sklízet plody kontinuálně po celý rok, zatímco v polosuchých oblastech je sklizeň omezena na dva měsíce v roce. Semena vyjmuta z oplodí jsou následně sušena, buďto ve stínu (určená k setí), anebo na slunci. Semena určená k extrakci oleje jsou sušena na slunci a to z důvodu snížení obsahu vlhkosti na 6 – 10 %. Díky vnější slupce semen (osemení) lze v suchých a větraných prostorech semena skladovat až 12 měsíců bez ztráty klíčivosti nebo obsahu oleje [57].

Obsah nejdleho oleje v semenech se pohybuje v rozmezí od 30 do 35 %. Uvádí se, že ve vnitřním jádře semene je obsah surového oleje okolo  $47,25 \pm 1,34$  %, přičemž zbytek tvoří proteiny ( $24,60 \pm 1,40$  %), voda ( $5,54 \pm 0,20$  %), vláknina ( $10,12 \pm 0,52$  %), popeloviny ( $4,50 \pm 0,14$  %) a sacharidy (cca 7,99 %). Pro srovnání jádra podzemnice olejné obsahují 42 % oleje, semena brukve řepky asi 37 %, semena sóji pak 14 % a slunečnicová semena 34 % [57,58].

Olej získaný ze semen *Jatropha curcas* L. je považován za perspektivní surovinu pro výrobu bionafty. Jeho vlastnosti, mezi které patří zejména nízká kyselost, dobrá oxidační stabilita v porovnání se sójovým olejem, nízká viskozita ve srovnání s ricinovým olejem a lepší vlastnosti při chlazení oproti palmovému oleji značí fakt, že extrakcí získaný olej je potenciálně nejčennějším produktem *Jatropha curcas* L. Tento olej lze snadno převést na kapalné biopalivo, které splňuje americké i evropské normy [62].

Vlastnosti biopaliva vyrobeného z *Jatropha curcas* L. v porovnání s fosilní naftou uvádí Tab. VI.

**Tab. VI Parametry biopaliva z *Jatropha curcas* L. a motorové nafty (upraveno podle: Pandey et al., 2012) [62].**

Parametry	Jednotka	Biopalivo z <i>Jatropha curcas</i> L.	Motorová nafta
Relativní hustota při 15 °C	[-]	0,860 – 0,933	0,82 – 0,86
Obsah síry	[hm. %]	0,13	1,2
Viskozita při 38 °C	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	$37,00 \cdot 10^{-6} - 54,80 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6} - 4,1 \cdot 10^{-6}$
Bod tuhnutí	[°C]	-3	-33 – -15
Bod zákalu	[°C]	2	-15 – -5
Bod vzplanutí	[°C]	210 – 240	60 – 80
Cetanové číslo	[-]	38 – 51	40 – 55
Výhřevnost	[MJ·kg <sup>-1</sup> ]	37,83 – 42,05	42

Kromě výroby biopaliva má olej ze semen *Jatropha curcas* L. i další uplatnění. Lze jej využívat jako palivo ve speciálně navržených kuchyňských kamnech, případně jako palivo do svítících lamp, či svíček. V oblastech, kde není zavedena elektrická síť, je toto využití oleje vítaným řešením. Přidáním roztoku hydroxidu sodného do oleje *Jatropha curcas* L. se vyrábí mýdlo. Tato jednoduchá technologie výroby nabízí možnost drobného podnikání v rozvojových zemích. Mýdlo z oleje *Jatropha curcas* L. je

oceňováno jako léčivé, především pro léčbu kožních onemocnění. Emulgovaný olej nachází uplatnění také jako pesticid. Přesto, že toto využití oleje není příliš známé, lze jej využít jako ochranu před některými škůdci, např. před černopáskou bavlníkovou nebo některými druhy nadčeledi nosatců. Díky svým muloskocidním vlastnostem lze použít olej jako prostředek proti šíření parazitických organismů rodu *Schistosoma* způsobujících onemocnění schistosomóza. Tento rod využívá ve svém vývojovém cyklu jako mezihostitele těla plžů [57].

Olejovou extrakcí semen vzniká kromě samotného oleje i vedlejší produkt ve formě výlisků označovaných jako *Jatropha seed cake*.

### 3.4.3 *Jatropha seed cake*

Po olejové extrakci zůstane asi 50 % původní hmotnosti semen v podobě výlisků, tzv. *Jatropha seed cake* (JSC), který je tvořen především bílkovinami, lipidy a sacharidy. Množství oleje v JSC závisí na použité technologii extrakce [57].

JSC má široké využití. Může být použit jako vstupní substrát při výrobě bioplynu anaerobní fermentací v bioplynových stanicích. Výsledky experimentů ukázaly, že použitím JSC v bioplynových stanicích je dosaženo vyšších výnosů bioplynu (až o 60 %) než při použití hnoje skotu. Díky své vysoké výhřevnosti (až 25 MJ·kg<sup>-1</sup>) lze JSC využívat jako palivo ve formě briket. JSC obsahuje forbolestery, které jsou toxické jak pro člověka, tak i pro zvířata. Projde-li však JSC detoxikací, nebo v případě, že jsou použity netoxické odrůdy, lze JSC použít i jako krmivo pro hospodářská zvířata [57].

*Jatropha seed cake* obsahuje vysoký obsah živin, především jednoduchých sloučenin uhlíku a dusíku, a právě z toho důvodu se tento vedlejší produkt nejčastěji využívá jako organické hnojivo. Navrácení těchto živin zpět do degradované půdy, na které jsou keře *Jatropha curcas* L. pěstovány, přispívá ke zvyšování prospěšnosti této rostliny a zlepšování stavu půdy. Uvádí se, že hnojivé účinky JSC jsou podobné, ne-li vyšší než účinky statkového hnoje [57].

Přibližné hodnoty obsahu chemických látek v JSC uvádí Tab. VII a Tab. VIII.



**Tab. VII Hodnoty obsahu některých prvků obsažených v JSC (upraveno podle: Brittain, 2010) [57].**

<b>N [hm. %]</b>	<b>P [hm. %]</b>	<b>K [hm. %]</b>	<b>Ca [hm. %]</b>	<b>Mg [hm. %]</b>
4,4 – 6,5	2,1 – 3,0	0,9 – 1,7	0,6 – 0,7	1,3 – 1,4
<b>S [hm. %]</b>	<b>Fe [mg·kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Mn [mg·kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Zn [mg·kg<sup>-1</sup>]</b>	<b>Cu [mg·kg<sup>-1</sup>]</b>
0,2 – 0,35	800 – 1000	300 – 500	30 – 50	18 – 25

**Tab. VIII Chemické složení vzorků JSC - vztaheno na obsah sušiny (upraveno podle: Hidayat *et al.*, 2014) [63].**

	<b>Oplodí <i>Jatropha curcas</i> L.</b>	<b><i>Jatropha</i> seed cake</b>
<b>Celkový obsah polysacharidů [hm. %]</b>	<b>44,21</b>	<b>33,40</b>
- arabinóza	0,66	1,27
- xylóza	12,11	7,34
- manóza	1,30	0,96
- galaktóza	0,97	1,01
- glukóza	28,85	22,60
- rhamnóza	0,31	0,23
<b>Celkový obsah ligninu [hm. %]</b>	<b>44,04</b>	<b>28,84</b>
- nerozpustný lignin	43,71	28,25
- rozpustný lignin	0,33	0,59

Právě široké uplatnění rostliny *Jatropha curcas* L. nabízí perspektivu k vývoji udržitelnosti rozvojových zemí tropického a subtropického pásma.

## 4 PRAKTICKÁ ČÁST

Součástí diplomové práce byla příprava nádobového pokusu v kontrolovaných laboratorních podmínkách. Účelem tohoto pokusu bylo porovnat hnojivé vlastnosti biologicky rozložitelných odpadů ze zpracování rostliny *Jatropha curcas* L., neboli *Jatropha seed cake*, a kompostu.

### 4.1 Schéma laboratorního experimentu

Hlavním cílem diplomové práce bylo založení vlastního experimentu za účelem porovnání hnojivých účinků *Jatropha seed cake* a kompostu. Experiment byl realizován v kontrolovaných laboratorních podmínkách, v tzv. fytotronu (růstové komoře). Pro laboratorní pokus bylo použito 21 experimentálních nádob (květináčů). Bylo zvoleno 7 variant s různým obsahem substrátů (zeminy – zkr. P, kompostu – zkr. C<sub>p</sub>, *Jatropha seed cake* – zkr. J), ve třech opakováních (V1a, V1b, V1c, atp.). Množství použitých substrátů odpovídá hnojivé dávce na hektar (25, 50 nebo 100 t). Hnojivou dávku kompostu jsme odvodili z doporučení české státní normy ČSN EN 46 5735 a dávku *Jatropha seed cake* jsme upravili podle takto zvolené dávky kompostu<sup>1</sup>. Jednotlivé dávky jsme přepočítali na množství odpovídající pro námi zvolené pokusné nádoby [50].

Varianty a množství jednotlivých substrátů v experimentálních nádobách uvádí Tab. IX.

Tab. IX *Varianty a množství použitých substrátů v experimentálních nádobách.*

Varianta	Označení varianty	Množství zeminy [g]	Množství kompostu [g]	Množství <i>Jatropha seed cake</i> [g]
V1	kontrola	1100	0	0
V2	P+C <sub>p</sub> (50 t)	1066,8	33,2	0
V3	P+C <sub>p</sub> (100 t)	1033,6	66,4	0
V4	P+J (50 t)	1076,6	0	23,4
V5	P+J (100 t)	1053,2	0	46,8
V6	P+C <sub>p</sub> +J (25 t)	1071,7	16,6	11,7
V7	P+C <sub>p</sub> +J (50 t)	1043,4	33,2	23,4

<sup>1</sup> Na základě doporučeného dávkování uvedeného v ČSN EN 46 5735, uvádím množství dávky použitých substrátů v jednotce t·ha<sup>-1</sup> přesto, že tato jednotka není součástí Mezinárodní soustavy jednotek SI.

Připravené experimentální nádoby byly uloženy do fytotronu s předem nastavenými podmínkami. Nádoby ve fytotronu byly uloženy po dobu 48 dní, od 1.2.2014 do 20.3.2014. Po celou dobu experimentu byly pokusné nádoby zavlažovány demineralizovanou vodou 3× týdně.

Jako indikační rostlina byla použita *Lactuca sativa* L. – locika setá. Po vzejití semínek byla v květináči ponechána vždy jedna rostlina.

## 4.2 Charakteristika použitých substrátů

Pro laboratorní experiment jsme použili následující substráty: zemina, kompost a *Jatropha* seed cake.

Zeminu jsme odebrali 25.11.2013 z oblasti OPVZ II. stupně Březová nad Svitavou. Odběr vzorků zeminy proběhl v souladu s českou technickou normou ČSN ISO 10 381-6 [51].

Kompost použitý v laboratorním experimentu pocházel z Centrální kompostárny Brno, a.s. Jeho vzorky byly odebrány 27.11.2013 v souladu s českou technickou normou ČSN EN 46 5735. Použili jsme speciální typ kompost, Černý drak, který je registrovaným kompostem pro zemědělské použití podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech [50].

*Jatropha* seed cake pro náš experiment pocházel ze Zambie, kde byl 18.11.2012 zakoupen od zemědělce a 22.11.2012 převezen do České republiky.

Všechny použité substráty byly prosety přes síto o velikosti mřížky 2 mm. Vzorky půdy a kompostu byly před uložením inkubovány v laboratoři při teplotě 18,5 °C po dobu 30 dní. Následně byly všechny tyto substráty skladovány v termostatu při teplotě 3,5 °C.

U všech použitých substrátů byly v laboratoři měřeními zjištěny vybrané parametry. Tyto parametry byly zjištěny s využitím následujících metodických pokynů: pro stanovení pH bylo využito normy ČSN ISO 10390; metodou Mehlich III. jsme stanovovali obsah P, K, Ca a Mg; podle NF X 31-109 a Cai *et al.* (2011) byl zjištěn organický uhlík  $C_{org}$ ; celkový uhlík  $C_{tot}$  byl stanoven pomocí metody Nelson & Sommers (1996); metody Bremner (1996) jsme využili při stanovování celkového dusíku  $N_{tot}$  a poměru C:N; a norma ČSN ISO 10693 nám umožnila v substrátech stanovit obsah  $CaCO_3$ , Cd, Pb a Zn [64,65,66,67,68,69,70].

V následující tabulce (Tab. X) jsou uvedeny hodnoty vybraných parametrů substrátů, kterých jsme pro laboratorní experiment využili.

Tab. X Hodnoty vybraných parametrů použitých substrátů.

	ČSN ISO 10390		Mehlich III			
	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P [mg · kg <sup>-1</sup> ]	K [mg · kg <sup>-1</sup> ]	Ca [mg · kg <sup>-1</sup> ]	Mg [mg · kg <sup>-1</sup> ]
<b>zemina</b>	6,32	5,84	180,61	167,80	1449,00	52,50
<b>kompost</b>	8,06	7,41	565,23	6422,00	11235,00	1255,00
<b>JSC</b>	6,81	6,67	353,73	9818,00	829,00	3301,00
	NF X 31-109, Cai <i>et al.</i> (2011)		Nelson & Sommers (1996)			
	C <sub>org</sub> [g · kg <sup>-1</sup> ]		C <sub>tot</sub> [g · kg <sup>-1</sup> ]			
<b>zemina</b>	11,08		13,00			
<b>kompost</b>	141,92		158,31			
<b>JSC</b>	-		-			
	Bremmer (1996)		ISO 10693			
	N <sub>tot</sub> [g · kg <sup>-1</sup> ]	C:N	CaCO <sub>3</sub> [g · kg <sup>-1</sup> ]	Cd [mg · kg <sup>-1</sup> ]	Pb [mg · kg <sup>-1</sup> ]	Zn [mg · kg <sup>-1</sup> ]
<b>zemina</b>	1,41	9,19	1,05	0,84	6,96	28,73
<b>kompost</b>	15,00	10,56	73,39	0,89	1,85	3139,06
<b>JSC</b>	-	-	2,88	0,62	19,99	32,70

### 4.3 Sestavení pokusných nádob

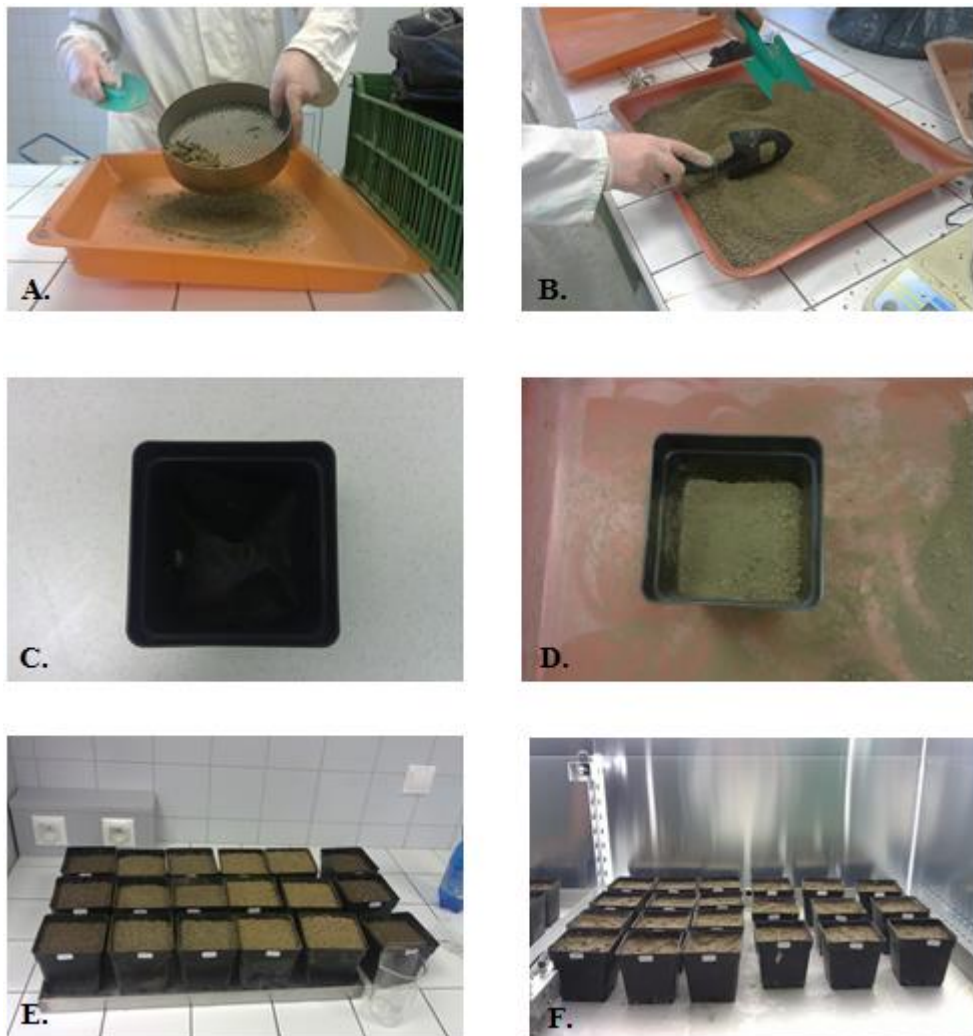
Laboratorní experiment byl realizován v nádobách, květináčích o výšce 11 cm a průměru 11,5 cm.



Obr. 17 Detail experimentální nádoby (zdroj: autor).

V první části byly přichystány jednotlivé substráty, které byly prosety přes síto s oky o průměru 5 mm (A.) a jednotlivé dávky substrátů byly promíchány (B.). Tím bylo docíleno homogenity substrátů. Dno květináčů jsme vystlali propustnou geotextilií (C.). Jednotlivé květináče jsme plnili připravenými substráty, dohromady vždy v množství 1100 g (D.). Všechny květináče jsme zalili 250 cm<sup>3</sup> demineralizované vody. Na povrchu zeminy jsme v každém květináči vytvořili 5 důlků, do kterých jsme vložili po 2 semínkách *Lactuca sativa* L. (E.).

Takto připravené nádoby jsme pak uložili do fytotronu s předem nastavenými podmínkami (F.).



Obr. 18 Sestavení pokusných nádob (zdroj: autor).

#### 4.4 Příprava iontoměníčů pro pokusné nádoby

Pro stanovení vyplavování minerálního dusíku z půdy bylo využito měničů iontů neboli ionexů, iontoměníčů. Aplikací těchto iontoměníčů byl sledován pohyb amonného ( $\text{NH}_4^+$  - N) a nitrátového ( $\text{NO}_3^-$  - N) dusíku v experimentálních nádobách. Tyto dva ionty byly zachyceny v iontoměníči prostřednictvím pryskyřicových zrn, které jsou dvojího typu – katex a anex. V našem případě jsme využili směsného iontoměníče, katex s anexem, při poměru 1:1. Použitý iontoměníč byl dodán firmou Purolite (Francie) – silně bazický anex A520E, silně kyselý katex C100E.

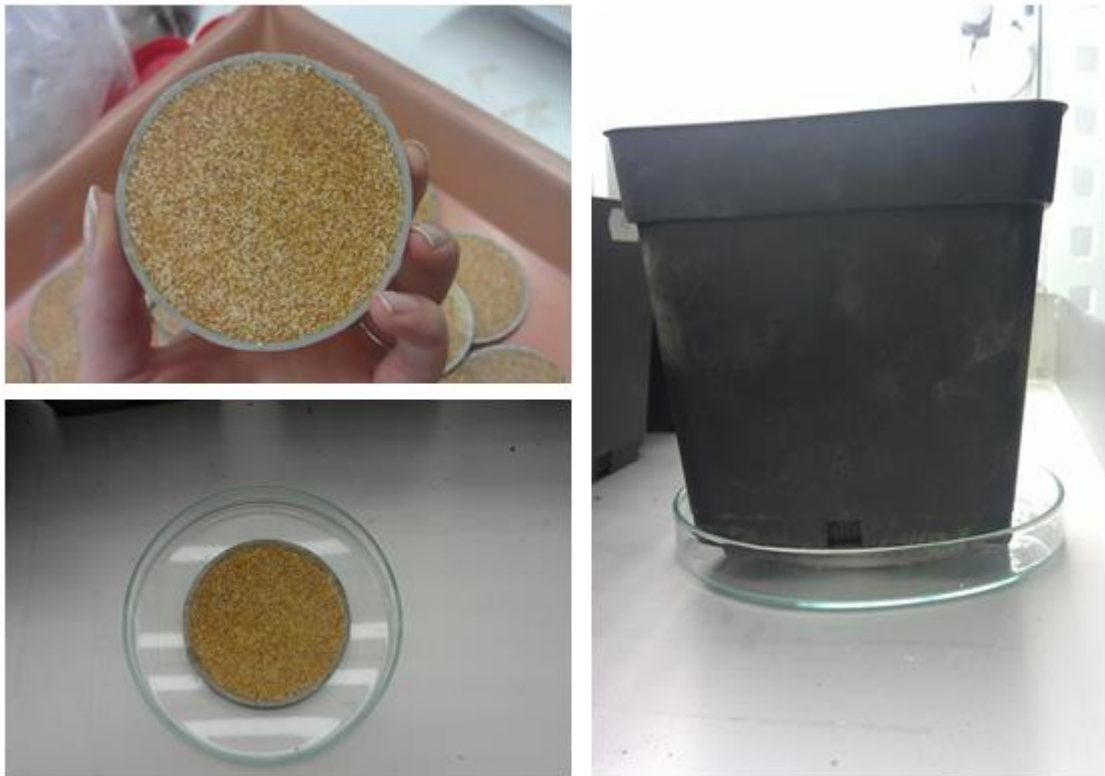
Anex – jeho funkční skupina má kladný náboj, díky čemuž může vázat do své struktury záporně nabití ionty (např.  $\text{NO}_3^-$ ). Aby však tyto ionty mohl vázat, musí ze své struktury uvolnit iont jiný, tzv. proti-iont. Jako nejčastější proti-ionty se používají

aniony hydroxidové ( $\text{OH}^-$ ) nebo chloridové ( $\text{Cl}^-$ ). Rozlišujeme anexy silně a slabě bazické. Pro náš experiment jsme využili silně bazického anexu [71].

Katex – jeho funkční skupina nese záporný náboj. Má tedy schopnost vázat kladně nabitě ionty (např.  $\text{NH}_4^+$ ). Předtím než tyto ionty do své struktury naváže, musí uvolnit jiný kladně nabitý proti-iont, nejčastěji vodíkový ( $\text{H}^+$ ) nebo sodíkový kation ( $\text{Na}^+$ ). Katexy rozlišujeme silně a slabě kyselé. V našem případě jsme využili silně kyselý katex [71].

Před samotnou aplikací iontoměniče je potřeba jednotlivá zrna připravit. Směs anexových a katexových zrn byla kondiciována 10% roztokem NaCl. Zrna tak získala tzv. proti-ionty, na anexových zrnech se umístily ionty  $\text{Cl}^-$ , na katexových pak ionty  $\text{Na}^+$ . Po tomto zkondicionání byla směs důkladně promykat destilovanou vodou, čímž došlo k odstranění volných iontů  $\text{Na}^+$  a  $\text{Cl}^-$ , které se na zrnech neuchytily. Následně byla touto směsí plněna předem připravená novodurová pouzdra neboli disky. Tyto disky o výšce 5 mm a průměru 75 mm byly z obou stran opatřeny polyamidovou sítí (o velikosti mřížky 0,1 mm). Takto připravené disky byly umístěny do skleněné Petriho misky a uloženy pod každou z experimentálních nádob. Do Petriho misky byly disky uloženy z toho důvodu, aby byl kontakt mezi půdním roztokem a iontoměničem, co nejdelší.





Obr. 19 Ukázka disků – iontoměničů (zdroj: autor).

#### 4.5 Provoz laboratorního experimentu

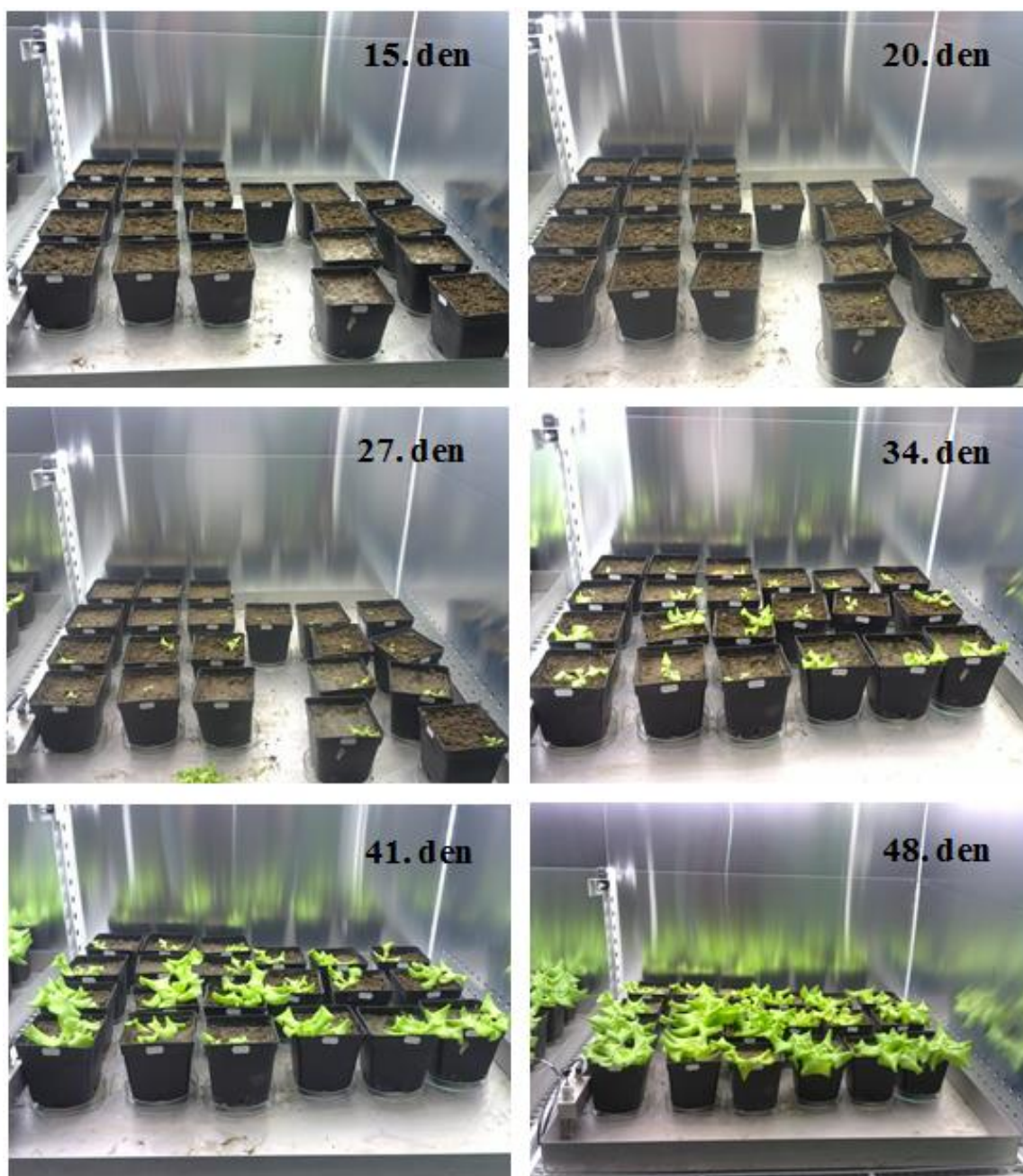
Sestavené experimentální nádoby byly umístěny do fytotronu. Následující den byly přidány k nádobám i smíšené iontoměniče v novodurových discích. Experimentální nádoby byly ponechány ve fytotronu po dobu 48 dní. Podmínky, které byly po celou dobu experimentu ve fytotronu nastaveny, uvádí Tab. XI.

Tab. XI Podmínky nastavené ve fytotronu.

Parametr	Hodnota
Denní teplota	22,5 °C
Denní relativní vlhkost	67 %
Noční teplota	18 °C
Noční relativní vlhkost	72 %
Denní perioda	12 hodin (6:00 – 18:00)
Intenzita světla	350 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$

Po celou dobu experimentu byly nádoby zavlažovány 3× týdně demineralizovanou vodou.

Na následujícím obrázku (Obr. 20) je uvedena fotodokumentace laboratorního experimentu ve vybraných dnech.



**Obr. 20** Fotodokumentace laboratorního pokusu v jednotlivých dnech (zdroj: autor).

## **4.6 Ukončení laboratorního experimentu**

### **4.6.1 Rozebrání pokusných nádob**

Po uplynutí doby, po kterou byly nádoby ponechány ve fytotronu, byl pokus ukončen a nádoby byly rozebrány. Respektive jsme oddělili nadzemní část rostliny, kterou jsme

uschovali pro její další zpracování. Taktéž jsme opatrně vyjmuli podzemní část, kořeny jsme omyli a vhodnou část kořenů jsme odebrali do skleněných vzorkovnic k následnému stanovení mykorhizní infekce. Zbylou část kořenů jsme uschovali pro další zpracování stejně jako u nadzemní části. Z každé nádoby byla odebrána zemina, kterou jsme uschovali pro další analýzy v termostatu při teplotě 4 °C. Současně jsme vyjmuté iontoměniče označili příslušným popisem varianty a na filtračním papíře jsme tyto iontoměniče nechali vysušit.

#### **4.6.2 Zpracování rostlinné biomasy**

Nadzemní část rostlin jsme oddělily nad zeminou, zvážili a uschovali do papírových sáčků popsanych dle variant. Podzemní část rostliny jsme opatrně vyjmuli z nádob, očistili od zbytku zeminy a promyli destilovanou vodou. Vhodnou část kořenů jsme oddělili a uložili do skleněných vzorkovnic ke stanovení mykorhizní infekce. Zbylou část kořenů jsme stejně jako nadzemní část zvážili a uložili do papírových sáčků označených dle variant. Takto připravená biomasa v papírových sáčcích byla uložena do laboratorní sušárny, kde se při teplotě 65 °C sušila do konstantní hmotnosti.

#### **4.6.3 Analýza iontoměničů**

Po rozebrání pokusných nádob byly jednotlivé iontoměniče označeny dle variant a uloženy na filtrační papír. Po dobu 7 dní byly tyto iontoměniče sušeny při teplotě přibližně 18 °C, volně na vzduchu v laboratoři. Po jejich vysušení, byly z disků zrna přesypány do plastových prachovnic (pro každý disk jedna prachovnice). Obsah byl spolu s prachovnicí zvážen, ovlhčen destilovanou vodou (10 cm<sup>3</sup>), aby došlo k nabobtnání iontoměničových zrn. Následně byla prachovnice doplněna 10% roztokem NaCl do objemu 100 cm<sup>3</sup>. Prachovnice jsme uzavřeli zátkou a vložili do třepačky po dobu 45 min. Tímto způsobem byl připraven výluh. Díky aplikaci 10% roztoku NaCl byly z porézních pryskyřicových zrn iontoměniče vytěsněny ionty (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

Stanovení amonných a nitrátových iontů ve výluhu bylo provedeno destilačně titrační metodou podle Peoples *et al.* (1989) [72].

#### **4.6.4 Měření infiltrace**

V průběhu laboratorního pokusu jsme za účelem zjištění úrovně půdní hydrofobicity měřili infiltraci vody do půdy. Míra půdní hydrofobicity je přímo úměrná nenasycené hydraulické konduktivitě, která byla určena na základě infiltrace vody do půdy.

Hydraulická konduktivita představuje rychlost infiltrace vody do půdy. Měřením této infiltrace byl zjištěn objem vody pronikající do půdy za jednotku času. Pro měření jsme využili Mini-disk Infiltrometru (MDI) jako nástroje k rychlému stanovení infiltrační kapacity. V měření jsme postupovali podle metodiky Robichaud *et al.* (2008), výpočet byl proveden podle Elbl *et al.* (2014) [73,74].

Určením infiltrace vody, resp. hydraulické konduktivity, lze stanovit stupeň půdní hydrofobicity. Půdní hydrofobicita je důležitým ukazatelem vodního režimu v půdě. Vysoká půdní hydrofobicita zpomaluje infiltraci vody do půdy – hydraulická konduktivita je nízká, což představuje zvýšené riziko povrchového odtoku a erozních jevů. Úroveň půdní hydrofobicity je však proměnlivá, nejsilnější je v obdobích suchých letních měsíců [73,74,75].



Obr. 21 *Mini-Disk Infiltrometr* (zdroj: autor).

#### 4.6.5 Mikrobiální respirace

Půdní mikrobiální respirace představuje významný indikátor zdraví půdního ekosystému. Mikrobiální respirace je nejčastěji používaným měřítkem mikrobiální aktivity v půdě. Je významným indikátorem koloběhu uhlíku a potenciálu půdního prostředí pro rozklad organické hmoty. Respirace představuje množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub> půdní mikroflórou ve stanoveném čase. Rozeznáváme dva druhy

respirace, bazální a substrátem indukovanou respiraci. V našem experimentu jsme stanovovali obě tyto respirace [28].

#### *Bazální respirace (BAS)*

Bazální respirace představuje aktuální respirační aktivitu půdních mikroorganismů. Tato respirace je indikátorem fyziologického stavu a působení vnějších faktorů na půdní mikroorganismy.

Postup podle Šimek *et al.* (2011): z každé pokusné nádoby byl po jejím rozebrání odebrán vzorek zeminy, který byl následně uložen v termostatu při teplotě 8 °C. Z těchto jednotlivých vzorků zeminy jsme odebrali 15 g do skleněných lahví. Tyto skleněné lahve jsme uzavřeli zátkami z butylové pryže a nechali jsme je inkubovat při teplotě 25 °C. Po 3 a 24 hodinách byl odebrán vzorek vnitřní atmosféry (0,5 cm<sup>3</sup>) skleněných lahví a tento vzorek byl analyzován plynovou chromatografií (Agilent Technologies 7890A GC Systém doplněný o tepelně vodivostní detektor). Respirace byla následně vypočtena z rozdílu produkce CO<sub>2</sub> po dobu mezi prvním a druhým odběrem vzorku (po 21 hodinách). Na konci měření jsme zjistili celkový objem skleněných lahví naplněním lahve vodou až po okraj [76].

#### *Substrátem indukovaná respirace (SIR)*

Jak již název napovídá, substrátem indukovaná respirace odpovídá respirační aktivitě půdních mikroorganismů po přidání snadno rozložitelných živin, v našem případě glukózy. Substrátem indukovaná respirace představuje potenciální mikrobiologickou aktivitu v případě, kdy by mikroorganismy nebyly limitovány dostupností živin a energie.

Postup podle Šimek *et al.* (2011): postup přípravy vzorků pro analýzu substrátem indukované respirace je obdobný jako u bazální respirace, jen s rozdílem, že do skleněných lahví jsme přidali spolu se zeminou (5 g) i 2 cm<sup>3</sup> roztoku glukózy (4 mg C·g<sup>-1</sup> suché půdy). Lahve jsme následně uzavřeli zátkami z butylové pryže a nechali inkubovat při teplotě 25 °C. Po 2 a 4 hodinách byl odebrán vzorek vnitřní atmosféry (0,5 cm<sup>3</sup>) skleněných lahví a tento vzorek byl analyzován plynovou chromatografií. Následující postup je shodný s postupem u měření bazální respirace [76].

#### 4.6.6 Stanovení mykorhizní kolonizace kořenů

Pro stanovení přítomnosti mykorhizních organismů na kořenech rostliny je třeba pečlivého zpracování a obarvení kořenů. Přítomnost mykorhizních hub na kořenech rostliny představuje velmi dobrou spolupráci mezi těmito mikroorganismy a rostlinou. Nejčastějším typem mykorhizy je mykorhiza arbuskulární. Mikroorganismy schopné této symbiózy pronikají prostřednictvím hyf do kortikálních buněk kořenů hostitelské rostliny a vytvářejí zde typické útvary – arbuskuly a vezikuly. Celkově lze tuto symbiózu hodnotit jako velmi prospěšnou, jelikož zlepšuje příjem živin pro rostlinu a zvyšuje její odolnost vůči suchu a případným patogenům [77].

Jelikož tyto mikroorganismy nezpůsobují na kořeni patrné tvarové změny, a zároveň díky jejich přirozenému zbarvení a neprůhlednosti kořenů je nelze přímo pozorovat, je nutné zviditelnit tyto mykorhizní houby projasněním a následným obarvením. Nejčastěji se využívá metoda barvení kořenů trypanovou modří.

Postup: nejprve jsme kořeny očistili od zbytků zeminy a důkladně je omyli pod vodou. Z takto omytých kořenů jsme odebrali reprezentativní vzorky, které jsme promyli pod vodou z vodovodu a před samotným stanovením mykorhizní infekce jsme je uložili do roztoku FAA (50% etanol, kyselina octová, formaldehyd). Kořenové vzorky jsme opět promyli a projasnili v 10% roztoku KOH a okyselili v 1% roztoku HCl. Následně se kořenové vzorky obarvili 0,05% trypanovou modří v laktoglycerolu.

Stanovení rozsahu kolonizace kořenů mykorhizními houbami se provádí mikroskopicky. Pro sledování kolonizace kořenů pod mikroskopem je zapotřebí vzorky připravit. Využívá se preparátové metody.

Postup: kořeny se propláchnou pod vodou a skalpelem se z kořenů nařežou segmenty dlouhé asi 1 – 1,5 cm. Z každé varianty se připraví 10 takových segmentů, které se položí na podložní sklíčko a zalijí se glycerol-želatinou. Poté se přikryjí krycím sklíčkem a nechají se zaschnout.

Kolonizace je následně pozorována na mikroskopu, při zvětšení 200× (okulár 10, objektiv 20). Každý segment kořene se rozdělí na 10 zorných polí, ve kterých se pozoruje kolonizace mykorhizních hub. V případě, že je v zorném poli tato kolonizace viditelná, označí se zorné pole jako plus (VAM+). V případě, že se v zorném poli kolonizace neobjevuje, označí se mínus (VAM-). Vše je zaznamenáváno do protokolu a z výsledků pozorování se pak vypočítá celkové procento kolonizace vzorků mykorhizními mikroorganismy.

Výše zmíněné postupy stanovení mykorhizní infekce kořenů byly prováděny podle metod Giovanneti *et al.* (1980); Koske *et al.* (1989) [78,79].

#### **4.7 Statistické zpracování dat**

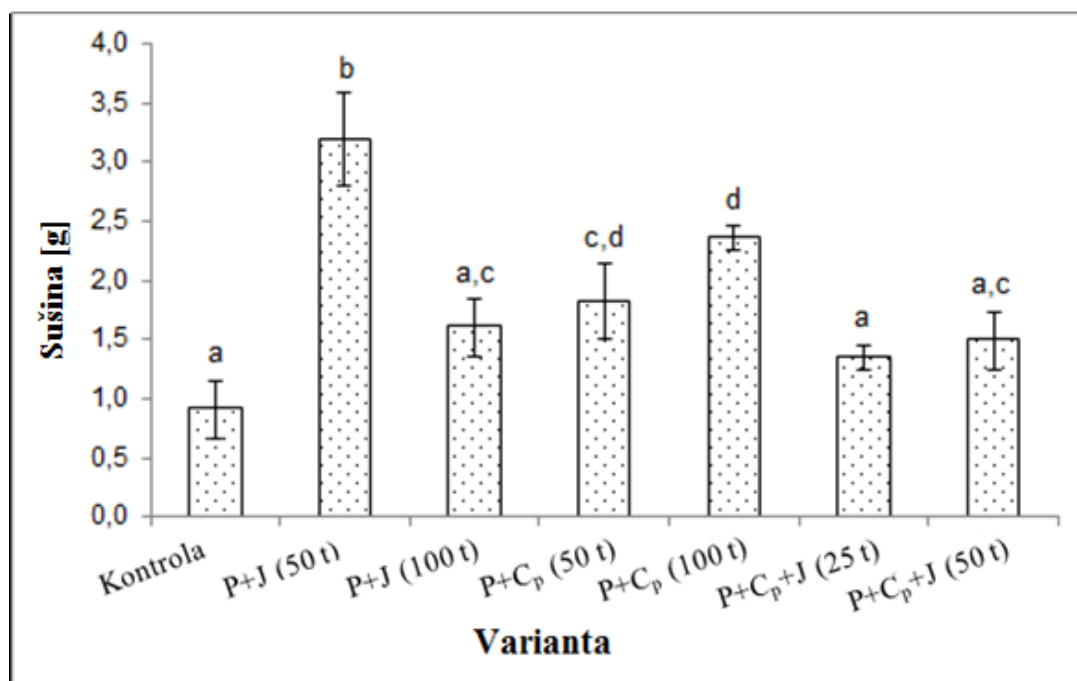
Data získaná z jednotlivých měření byla statisticky zpracována metodou analýzy variance (ANOVA) s hladinou významnosti  $p < 0,05$ . Bylo využito post-hoc Fischerového testu LSD.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Hlavním cílem této diplomové práce bylo porovnat hnojící účinky kompostu a odpadů vznikajících po zpracování rostliny *Jatropha curcas* L. Za tímto účelem byl připraven laboratorní experiment, při kterém bylo sledováno několik ukazatelů vlivu těchto organických hnojiv na růst a výživu indikační rostliny – *Lactuca sativa* L.

### 5.1 Produkce rostlinné biomasy

Produkce rostlinné biomasy je jedním ze sledovaných faktorů vlivu hnojení na indikační rostlinu. V průběhu laboratorního experimentu jsme sledovali produkci jak nadzemní, tak i podzemní biomasy. Tuto produkci, vyjádřenou v g sušiny, znázorňuje graf na Obr. 22.



Obr. 22 Produkce rostlinné biomasy.

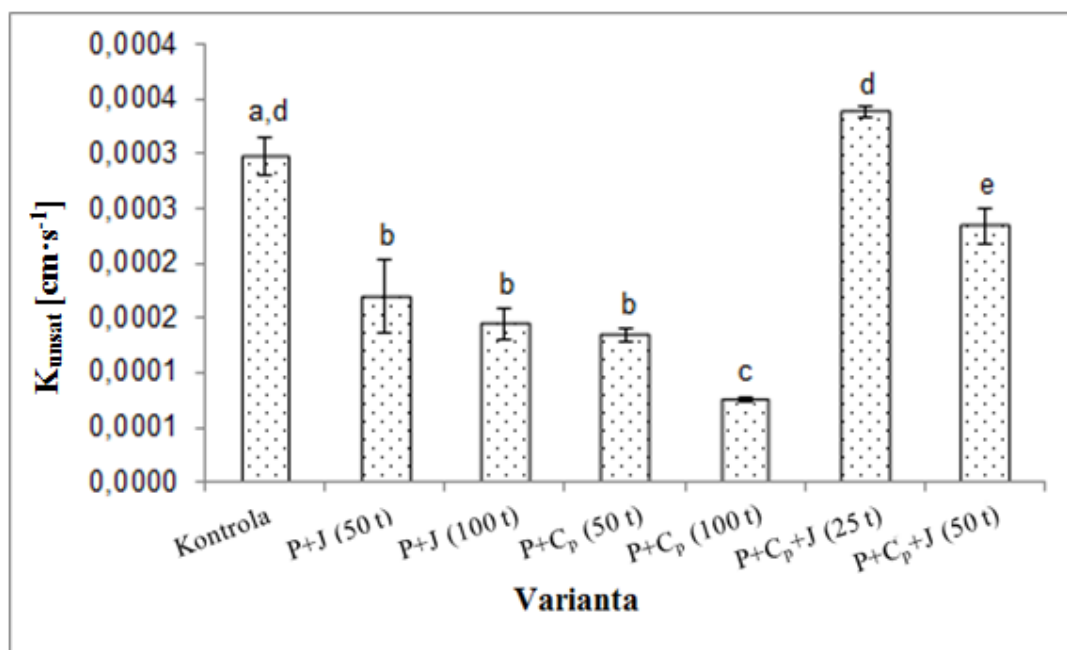
Z grafu na Obr. 22 je patrné, že nejvyšší produkce rostlinné biomasy byla zjištěna u varianty P+J (50 t). Zatímco u varianty s větší dávkou JSC, P+J (100 t), je tato produkce přibližně o 50 % nižší. Dobré rostlinné produkce bylo dosaženo také u varianty s přidavkem kompostu, P+C<sub>p</sub> (100 t). U ostatních variant byla zjištěna zvýšená produkce biomasy v porovnání s kontrolní variantou, přesto statisticky průkazný rozdíl v této produkci je zřejmý právě u varianty s přidavkem JSC, P+J (50 t).



Tak vysokou produkci rostlinné biomasy v porovnání s ostatními variantami si můžeme vysvětlit tím, že JSC obsahuje vysoké množství jednoduchých dusíkatých a jiných sloučenin, okamžitě přístupných pro rostlinu. Kompost také obsahuje velké množství živin. Nicméně tyto živiny v podobě složitých organických sloučenin uhlíku a dusíku, musí projít rozkladnými procesy, aby se staly pro rostlinu přijatelnými. Kompost tedy rostlině poskytuje velmi kvalitní živiny, sice v menších dávkách, ale za to v dlouhém časovém období. Nabízí se však otázka: „Proč je produkce rostlinné biomasy o cca 50 % nižší u varianty, kde byla použita větší dávka JSC?“. Tento fakt si vysvětlují tím, že přesto, že rostlina měla k dispozici větší dávku okamžitě přístupných živin, nebyla schopna všechny tyto živiny přijmout, a proto se jich také velká část z pokusné nádoby vyplavila (kapitola 5.3 Vyplavování minerálního dusíku). Z těchto výsledků vyplývá, že navyšování dávky JSC nad množství, které bylo použito ve variantě P+J (50 t) již nemá pro produkci rostlinné biomasy význam.

## 5.2 Konduktivita

Za účelem zjištění úrovně půdní hydrofobicity, tudíž schopnosti půdy infiltrovat vodu, byla v průběhu laboratorního pokusu měřena nenasycená hydraulická konduktivita ( $K_{\text{unsat}}$ ). Graf na Obr. 23 znázorňuje hodnoty nenasycené hydraulické konduktivity jednotlivých variant, vyjádřené v cm za sekundu.



Obr. 23 Nenasycená hydraulická konduktivita.

Nízká hodnota konduktivity představuje zhoršenou infiltraci vody do půdy, tzn. půdní hydrofobicita je vysoká. V případě vysoké půdní hydrofobicity hrozí eroze půdy a povrchový odtok vody. V opačném případě, kdy je půdní hydrofobicita nízká (hodnota konduktivity je vysoká), voda se do půdy snadno vsakuje. Pro rostlinu je tak lépe přístupnější nejen voda, ale i živiny rozpuštěné v ní. Zároveň dochází k lepší tvorbě půdních agregátů, což má na půdu velice dobrý vliv, především protierozní.

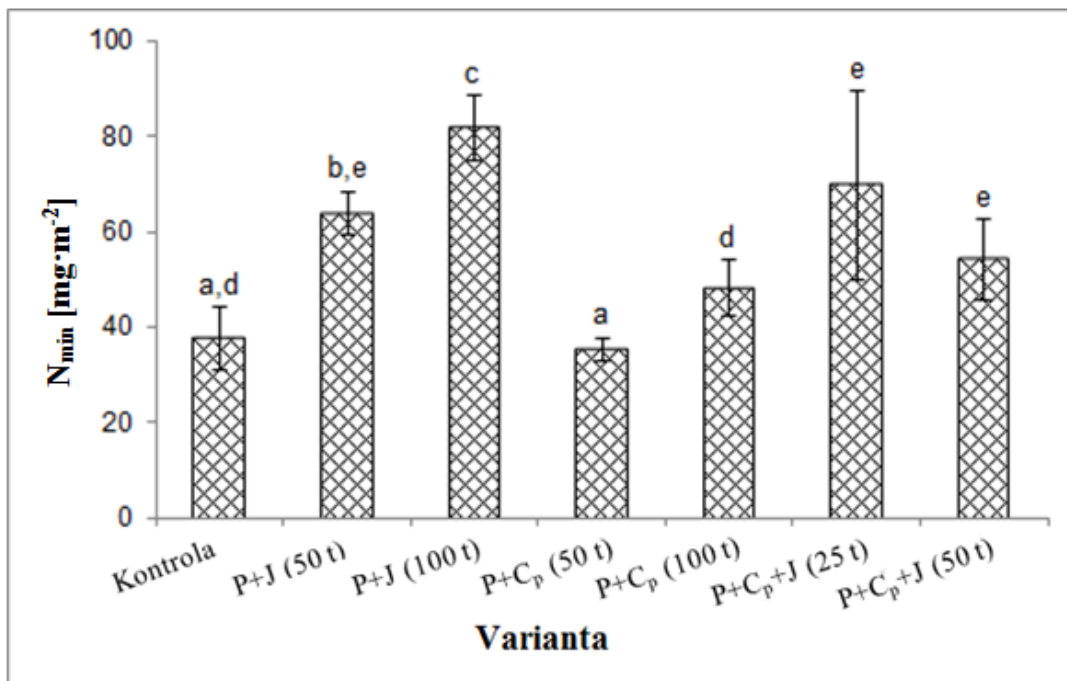
Z grafu na Obr. 23 vyplývá, že nejnižší konduktivita v porovnání s kontrolní variantou byla zjištěna u varianty s přidavkem kompostu v dávce  $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , P+C<sub>p</sub> (100 t). Statisticky průkazný rozdíl nebyl zjištěn u variant s přidavkou pouze JSC, P+J (50 t) a P+J (100 t), a variantou s přidavkem kompostu v dávce  $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , P+C<sub>p</sub> (50 t).

Nicméně nejvyšší konduktivity bylo dosaženo u varianty bez přidavku hnojivých substrátů (kontrolní varianty) a následně u variant s kombinací kompostu a JSC, P+C<sub>p</sub>+J (25 t) a P+C<sub>p</sub>+J (50 t). Tyto hodnoty naznačují nízkou úroveň půdní hydrofobicity, a to navzdory skutečnosti, že byla přidána organická hmota. Kompost a JSC obsahují velké množství organických látek, ale v různých podobách. Směs těchto hnojiv je užitečná jako zdroj živin pro půdní mikroorganismy a následně i pro rostliny. Z toho důvodu použití kompostu a JSC přispívá k vývoji mikrobiální aktivity a tím i půdního organicko-minerálního komplexu. Tento komplex je nezbytný pro příjem a využití vody půdou. Z grafu na Obr. 23 je zjevné, že použití směsi kompostu a JSC má pozitivní vliv na rozvoj optimálního stupně půdní hydrofobicity. Optimální stupeň hydrofobicity je nezbytný pro odolnost půdních agregátů vůči erozním vlivům.

### 5.3 Vyplavování minerálního dusíku

Vyplavování minerálního dusíku z půdy je jedním z hlavních hrozeb pro zemědělskou půdu a životní prostředí, jak v rozvinutých, tak i rozvojových zemích. Nejnebezpečnější složkou N<sub>min</sub> jsou dusičnany (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), a to díky své vysoké mobilitě v půdě, která je dána jejich záporným nábojem. Půdní sorpční komplex vykazuje minimální afinitu k záporně nabitým látkám. Díky tomu může N<sub>min</sub> z orné půdy snadno kontaminovat např. zdroje podzemní pitné vody a povrchové vody [80].

Za účelem zjištění míry vyplavování minerálního dusíku z experimentálních nádob jsme využili iontoměničových zrn umístěných v novodurových pouzdech pod každou z experimentálních nádob.



Obr. 24 Vyplavování minerálního dusíku  $N_{min}$ .

Graf na Obr. 24 představuje míru vyplavování minerálního dusíku v  $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}$ . Na první pohled je patrné, že k nejmenšímu záchytu  $N_{min}$  v iontoměničových zrnech došlo u kontrolní varianty a následně u variant s přidavkem pouze kompostu, P+C<sub>p</sub> (50 t) a P+C<sub>p</sub> (100 t). Největší statisticky průkazný záchyt  $N_{min}$  byl pak zpozorován u varianty s přidavkem JSC v dávce  $100 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , P+J (100 t). Mezi variantou s přidavkem JSC v dávce  $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , P+J (50 t), a variantami s kombinovaným hnojivem, P+C<sub>p</sub>+J (25 t) a P+C<sub>p</sub>+J (50 t), nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

Ztráta minerálního dusíku  $N_{min}$  z variant s přidavkem JSC, byla způsobena procesy v rhizosféře. Četné studie prokázaly, že JSC má pozitivní vliv na zvýšení obsahu  $N_{min}$  v půdě, a to v obou jeho formách (amonného i dusičnanového). Navíc se uvádí, že JSC obsahuje více celkového dusíku než kompost, a díky tomu představuje potenciální zdroj přebytečného dusíku, který může být z půdy následně vyplaven [57].

Při porovnání grafů na Obr. 22 a Obr. 24 lze pozorovat souvislost mezi použitými hnojivými substráty a produkcí rostlinné biomasy. Můžeme konstatovat, že použité hnojivé substráty měly v každé z variant pozitivní účinky na produkci rostlinné biomasy. Avšak u variant, kde byl zaznamenán zvýšený záchyt  $N_{min}$ , tj. varianty s přidavkem JSC, P+J (50 t) a P+J (100 t), a varianty s kombinovaným hnojivem, P+C<sub>p</sub>+J (25 t) a P+C<sub>p</sub>+J (50 t), je s výjimkou varianty P+J (50 t) patrný vliv na

rostlinnou produkci biomasy, kdy je důsledkem vyplavení  $N_{\min}$  tato produkce snížena. Pozoruhodný vliv JSC na produkci rostlinné biomasy je patrný u varianty P+J (50 t). Přesto, že u této varianty došlo k výraznému vyplavení  $N_{\min}$ , je rostlinná produkce největší. Tento fakt si vysvětlují tím, že rostlina již nemohla přijímat živiny poskytnuté JSC, proto došlo k jejich vyplavení. Avšak můžeme říct, že v případě této varianty, P+J (50 t), je zvolená dávka použitého substrátu JSC efektivnější než jeho zvýšená dávka u varianty P+J (100 t).

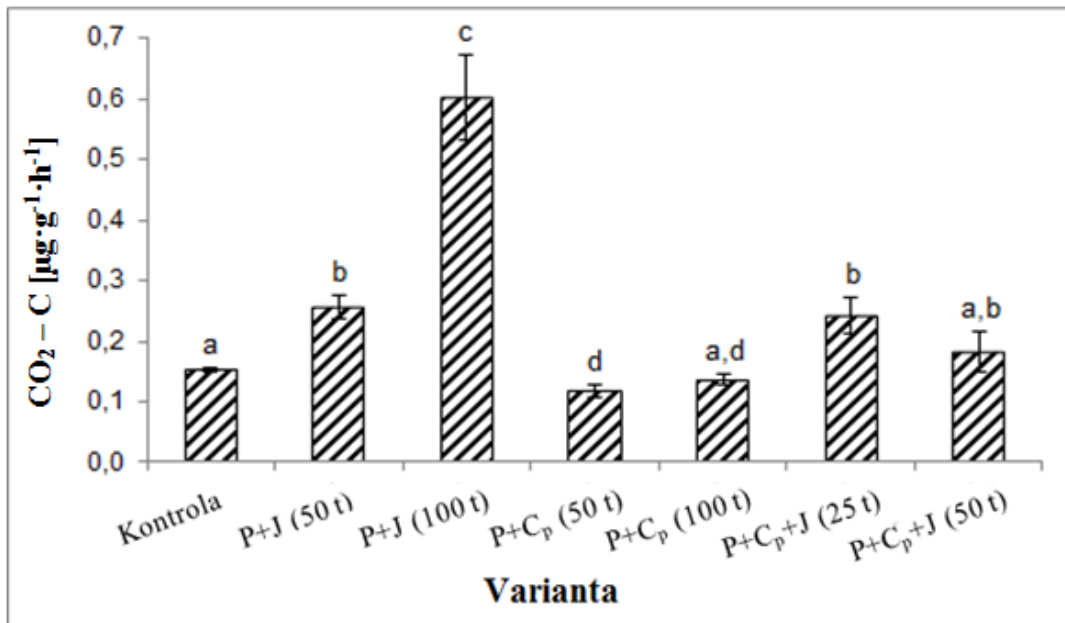
U variant s aplikací kompostu nebyl v porovnání s kontrolní variantou zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Je to způsobeno především tím, že více než 85 - 90 % celkového obsahu dusíku v kompostu je v organické formě, zatímco zbývajících 10 - 15 % ve formě anorganické, která je okamžitě přístupná pro rostliny. Tato organická forma dusíku je totiž imobilní a půdními mikroorganismy je tedy pomalu degradována. Aplikace kompostu do půdy má pozitivní vliv na rozvoj mikrobiálních společenstev a zachování minerálního dusíku v půdě. To potvrzuje fakt, že kompost je vhodným hnojivým substrátem v dlouhodobém časovém měřítku. Do půdy kompost dodává živiny, které jsou mikroorganismy a rostlinami využívány i v dalších letech po jeho aplikaci [1].

## **5.4 Mikrobiální respirace**

V laboratorním experimentu byly stanovovány dva typy mikrobiální respirace, a to bazální a substrátem indukovanou. Obě tyto mikrobiální respirace představují aktivitu mikroorganismů nacházejících se v pokusných nádobách. Přítomnost těchto mikroorganismů je vyjádřena jako produkce  $CO_2$  v  $\mu g \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ .

### **5.4.1 Bazální respirace**

Respirace půdních mikroorganismů je důležitou součástí koloběhu uhlíku v půdě a může být ovlivněna mnoha faktory územně se lišícími. Respirace je proces úzce spjatý s životem. Bazální respirace (BAS – angl. Basal Respiration) představuje ustálené tempo dýchání v půdě pocházející z přeměny organické hmoty (převážně atomárního uhlíku). Míra bazální respirace tedy odráží jak množství, tak i kvalitu zdroje tohoto prvku. Z těchto důvodů tato respirace představuje aktuální stav mikrobiální aktivity v půdě [81,82].



Obr. 25 Bazální respirace půdních mikroorganismů.

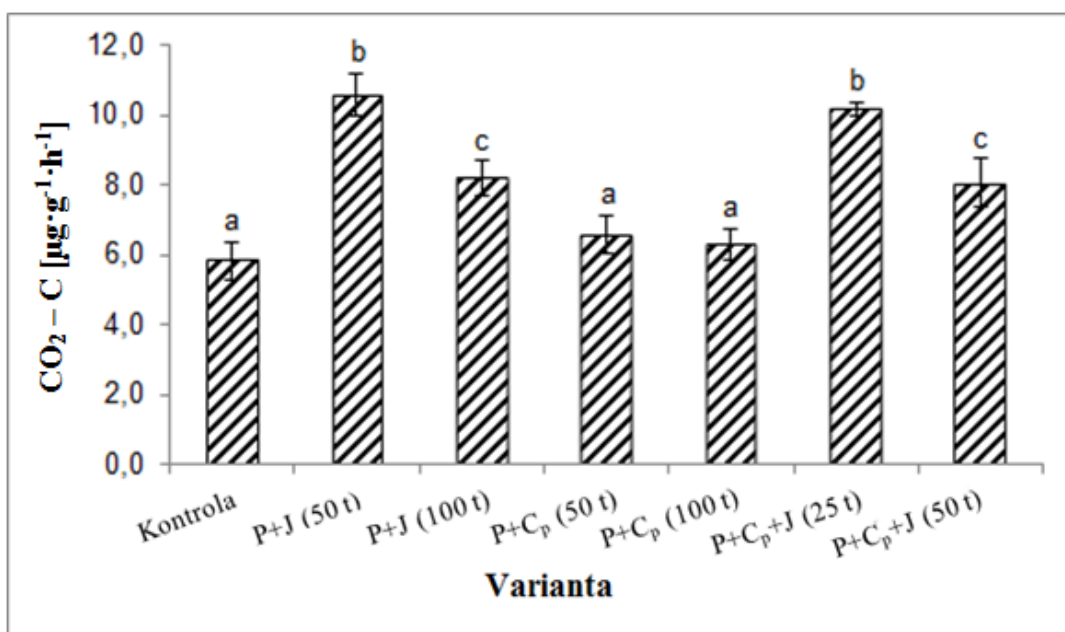
Graf na Obr. 25 představuje produkci CO<sub>2</sub> půdními mikroorganismy přítomnými v pokusných nádobách. Z grafu (Obr. 25) je zřejmé, že nejvyšší aktivita, tedy přítomnost půdních mikroorganismů, byla zpozorována u varianty s přidavkem JSC v dávce 100 t·ha<sup>-1</sup>, P+J (100 t). V daném případě lze nárůst aktivity mikroorganismů přiřknout obsahu velkého množství jednoduchých uhlíkatých a dusíkatých sloučenin obsažených v JSC a okamžitě přístupných pro mikroorganismy (MO). Statisticky průkazný nárůst mikrobiální aktivity byl v porovnání s kontrolní variantou zpozorován už jen u varianty P+J (50 t) a kombinované varianty P+C<sub>p</sub>+J (25 t). Zatímco u variant s přidavkem pouze kompostu byla tato aktivita MO srovnatelná s kontrolní variantou. Lze tedy usoudit, že kompost na aktivitu MO v tak krátkém časovém úseku, ve kterém byl laboratorní pokus realizován, nemá příliš velký vliv.

V Tab. III a Tab. VIII jsou uvedeny vybrané hodnoty organického kompostu a chemické složení *Jatropha* seed cake. Z těchto údajů je patrný rozdíl v chemickém složení těchto dvou organických substrátů. JSC obsahuje na rozdíl od kompostu více sacharidů snadno odbouratelných půdními mikroorganismy. Lze tedy usoudit, že aplikace JSC přispívá k rozvoji mikrobiální aktivity a následně ke zvýšení produkce CO<sub>2</sub>.

#### 5.4.2 Substrátem indukovaná respirace

Substrátem indukovaná respirace (SIR) podobně jako BAS představuje potenciální aktivitu mikroorganismů v případě, že by tato aktivita nebyla limitována přístupem živin, čehož se dosáhne přidáním rychle přístupných živin, v našem případě glukózy.

Graf na Obr. 26 znázorňuje produkci CO<sub>2</sub> půdními mikroorganismy po přidání substrátu. V porovnání s bazální respirací je nárůst produkce CO<sub>2</sub> logický. Největší vzrůst aktivity MO byl pozorován u varianty s přidavkem JSC v dávce 50 t·ha<sup>-1</sup>, P+J (50 t), a kombinované varianty P+C<sub>p</sub>+J (25 t). U varianty P+J (100 t), kde byla aktivita MO v případě bazální respirace nejvyšší, nedošlo k tak markantnímu nárůstu jejich aktivity jako u ostatních variant.



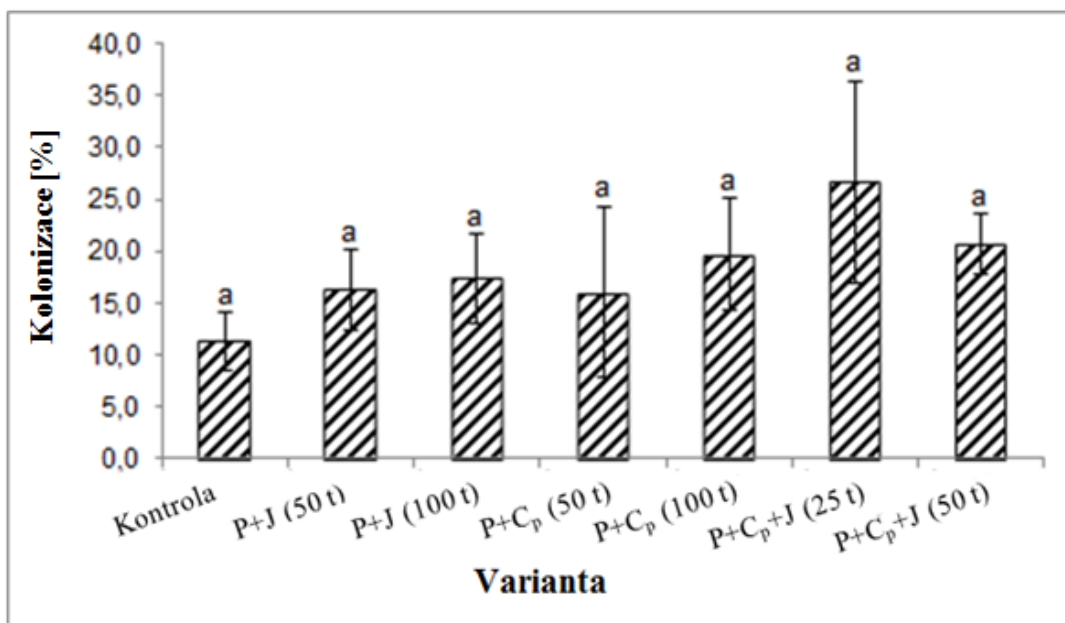
Obr. 26 Substrátem indukovaná respirace půdních mikroorganismů.

#### 5.5 Mykorhizní kolonizace kořenů

Mykorhiza je symbióza mezi nepatogenními houbami a kořeny hostitelské rostliny. S mykorhizní symbiózou se můžeme setkat téměř u všech rostlinných druhů. Tato symbióza je schopna zajistit vzájemné výhody obou stranám. Mykorhizní kolonizace kořenů může být prospěšná především pro rostliny rostoucí na kyselých půdách s nedostatkem živin. Arbuskulární mykorhizní houby mohou dodávat rostlině živiny a poskytovat jí ochranu před patogeny a toxicitou. Hlavním přínosem pro rostliny

zapojené do mykorhizní symbiózy je především lepší příjem živin z rhizosféry, jejich účinnější absorpce a transport [83,84].

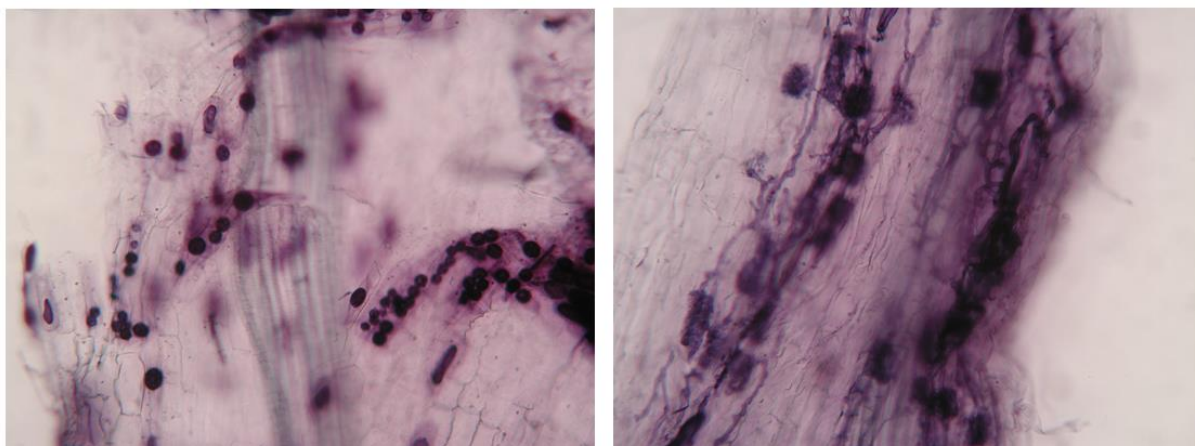
Graf na Obr. 27 znázorňuje výskyt mykorhizní symbiózy na kořenech indikační rostliny, vyjádřený v procentech. Výskyt arbuskulárních mykorhizních hub byl nalezen ve všech variantách, v každém opakování. Kolonizace na kořenech indikační rostliny se pohybovala v rozmezí 11 - 26 %. Mezi jednotlivými variantami nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Avšak můžeme říct, že všechny varianty s přidavkem hnojivých substrátů měli procentuálně větší zastoupení mykorhizní symbiózy v porovnání s kontrolní variantou, u které byla kolonizace mykorhizních hub nejnižší (11,3 %). Nejvyšší hodnota kolonizace byla zjištěna u varianty aplikace směsi kompostu a JSC, P+C<sub>p</sub>+J (25 t), a to 26,6 %.



Obr. 27 Mykorhizní kolonizace kořenů indikační rostliny.

Výše prezentované výsledky ukazují, že aplikace směsi kompostu a JSC má pozitivní vliv na rozvoj eukaryotických organismů. Jak již bylo uvedeno JSC obsahuje velké množství snadno biologicky odbouratelných sacharidů, zatímco kompost obsahuje velké množství huminových látek a celulózy, které jsou degradovány mnohem pomaleji (Tab. III, Tab. VIII).

Obr. 28 představuje ukázkou buněk mykorhizních hub přítomných na kořenech indikační rostliny.



**Obr. 28** Kolonizace kořenů indikační rostliny arbuskulárními mykorhizními houbami (zdroj: autor).

Na základě zjištěných výsledků jsme došli k závěru, že kombinace kompostu a JSC může vytvořit podmínky pro rozvoj arbuskulárních mykorhizních hub v rhizosféře. Nicméně výsledky nejsou signifikantní.



## 6 ZÁVĚR

Zemědělská činnost má nepopiratelný vliv na aktuální stav agroekosystémů, ale i životního prostředí jako celku. Problémy, se kterými se moderní zemědělství potýká, je třeba řešit s ohledem na půdní ekosystém tak, aby nemohly být následně ohroženy další složky životního prostředí. V závislosti na tržním mechanismu a tlaku na výnosy kulturních plodin, využívají zemědělské subjekty k dosažení požadovaných výnosů často neuváženého množství minerálních hnojiv, což může mít negativní důsledky nejen na úrodnost, kvalitu a zdraví půdy, ale může dojít i k ohrožení vodních útvarů jejich kontaminací. Je nanejvýš důležité uvědomit si všechny důsledky zvolených zemědělských postupů, ať už negativní či pozitivní.

V předkládané diplomové práci je jako prostředek pro udržení kvality a zdraví půdy navrhována aplikace organické hmoty, tj. kompostu. Vzhledem k neustále zvyšujícímu se množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu a přísnějším legislativním předpisům o jeho ukládání na skládky, se proces kompostování jeví jako vhodné řešení ke zneškodnění tohoto druhu odpadu. Nicméně existují i jiná řešení, která problém rostoucího množství biologicky rozložitelného odpadu mohou řešit, jako je např. zpracování odpadu anaerobní fermentací za současné produkce bioplynu. Vhodné je však před řešením jakéhokoliv problému, vždy zvážit příčinu na samém počátku, a tou je v našem případě samotná produkce tohoto odpadu v domácnostech. Domácí kompostování je alternativou umožňující odpad zpracovat přímo v místě jeho vzniku s téměř nulovými náklady. Ne vždy je však tato alternativa uplatnitelná v praxi, ať už z důvodů neochoty občanů nebo omezení prostoru, kterého je pro dané řešení více než potřeba. Nicméně touto otázkou se diplomová práce nezabývá. Kompost má potenciál zlepšit kvalitu, zdraví a samozřejmě i úrodnost zemědělsky obdělávané půdy, proto je pro zemědělské subjekty zajímavým produktem se značným potenciálem.

V posledních desetiletích je velmi diskutovatelným tématem stav a vývoj zásob ropy. Nicméně data popisující tento stav mohou být zkreslená a neúplná. Přesto, že jsou objevená nová naleziště ropy a s vývojem technologií, které umožňují těžit tuto surovinu i z těžko přístupných míst, je důležité od této závislosti do budoucna upouštět. Alternativou se tak staly obnovitelné zdroje energie. Jedním z příkladů náhrady fosilních paliv vyráběných z ropy jsou biopaliva. V poslední době se tak pozornost

zaměřuje na energetické plodiny. *Jatropha curcas* L. představuje jednu z nich. Nicméně diskuze kolem pěstování energetických plodin a výroby biopaliv vytváří mnoho nejistot. Přes všechny výhody, které biopaliva přináší, je nanejvýš důležité tuto výrobu zhodnotit ze všech stran. V případě rostliny *Jatropha curcas* L. je podle mého názoru vhodným environmentálním řešením její pěstování na degradovaných půdách, na kterých již zemědělci nejsou schopni vypěstovat jiné potravinářské plodiny, nebo využít tohoto keře jako živého plotu chránícího hospodářské usedlosti a zahrady. Jen tak lze plně využít půdo-ochranný potenciál, který tato rostlina přináší, a dopomoci tak rozvoji chudých oblastí tropických a subtropických pásem.

Kromě komerčních účelů se rostlina *Jatropha curcas* L. pěstuje za účelem rekultivace půdy a prevence negativních dopadů erozních jevů. Odpad vznikající ze zpracování semen této rostliny, ze kterých je olejovou extrakcí získáván olej, vhodný pro výrobu bionafty, lze využívat jako organické hnojivo. Tento odpad, *Jatropha seed cake*, byl předmětem posouzení předkládané diplomové práce.

Předkládaná diplomová práce se zabývala posouzením hnojivých účinků biologicky rozložitelných odpadů vznikající při zpracování semen *Jatropha curcas* L., tzv. *Jatropha seed cake*. Tyto účinky byly porovnávány s běžně využívaným kompostem. *Jatropha seed cake* obsahuje vysoké množství živin vhodných pro růst a vývoj rostliny, lze jej tedy využít jako hnojivo. Tuto vlastnost jsme porovnávali s kompostem, který je již využíván po staletí a jeho účinek na půdu a rostliny je tedy dobře znám. Za účelem zhodnocení těchto vlastností jsme provedli laboratorní experiment.

Pro laboratorní pokus jsme zvolili 7 variant s rozdílným množstvím použitých hnojiv. Použitá hnojiva (kompost, JSC a jejich kombinace) byla dávkována v různém množství, a to 25, 50 nebo 100 t·ha<sup>-1</sup>. Hnojivé účinky těchto substrátů byly sledovány na indikační rostlině, kterou byla zvolena *Lactuca sativa* L. Pokusné nádoby byly po dobu 48 dní uloženy do fytotronu s předem nastavenými podmínkami a během tohoto období byly pravidelně zavlažovány demineralizovanou vodou. Po ukončení pokusu byly zjišťovány vybrané parametry napovídající o hnojivých účincích použitých substrátů. Kromě rostlinné produkce byl sledován vliv hnojiv na půdu, na její hydrofobicitu, mobilitu N<sub>min</sub> a aktivitu půdních mikroorganismů.

Pozitivní účinek použitých hnojiv na produkci rostlinné biomasy (půdní úrodnosti) byl z výsledků patrný. Na tento parametr měl v našem pokusu nejvyšší vliv substrát s použitím hnojiva JSC v dávce  $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Výsledky laboratorního pokusu potvrdili, že kombinace kompostu s JSC má zásadní vliv na půdní vlastnosti, především pak na půdní hydrofobicitu, která je v případě použití této kombinace organických hnojiv nízká. Stejně tak má aplikace této směsi kompostu a JSC pozitivní vliv na aktivitu půdních mikroorganismů, včetně výskytu arbuskulárních mykorhizních hub, kdy právě v této variantě byla zjištěna jejich zvýšená aktivita a výskyt.

Ve variantách s použitím JSC byla však ve všech případech zjištěna zvýšená míra vyplavování  $N_{\min}$  z experimentálních nádob. V tomto případě se naopak osvědčilo použití organického kompostu, který díky svému složení snižuje mobilitu  $N_{\min}$  v půdě.

Je třeba však zmínit, že experiment byl realizován v kontrolovaných laboratorních podmínkách a v krátkém časovém úseku. Z toho důvodu je třeba brát výsledné hodnoty s rezervou. Pro potvrzení či vyvrácení zjištěných dat je třeba provedení polního pokusu, který se může stát předmětem dalších vědeckých prací, např. disertační práce.

Ze zjištěných výsledků jsem došla k závěru, že vhodným využitím *Jatropha seed cake* jako organického hnojiva, je jeho aplikace ve směsi s kompostem. Směs kompostu s JSC totiž obsahuje vyvážené množství půdě prospěšných látek. JSC obsahuje látky biologicky snadno odbouratelné, tudíž okamžitě přístupné pro rostlinu a půdní mikroorganismy, zatímco kompost obsahuje organické látky, které rozkladu podléhají mnohem pomaleji, a z toho důvodu mohou být rostlinou využívány i dlouho po aplikaci.

## 7 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

1. DIAZ, L. F, DE BERTOLDI, M., BIDLINGMAIER, W. *Compost science and technology*. Boston: Elsevier, 2007. 364 s. ISBN 00-804-3960-8.
2. STOATE, C., BÁLDI, A., BOATMAN, N., HERZON, I., VAN DOORN, A., DE SNOO, G., RAKOSY, L. a RAMWELL, C. Review: Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe - A review. *Journal of Environmental Management*, 2009, roč. 91, s. 22–46. ISSN 0301-4797. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.07.005.
3. ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru nemovitostí České republiky* [online]. 1. vyd. Praha, 2014 [cit. 2014-10-25]. ISBN 978-80-86918-69-3. Dostupné z: [http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka\\_pudniho\\_fondu\\_2014.aspx](http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka_pudniho_fondu_2014.aspx).
4. URBAN, J., ŠARAPATKA, B. a kol. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi, I.díl.: Základ ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životní prostředí ČR, 2003. 280 s. ISBN 80-7212-274-6.
5. ZÁMEČNÍK, Václav, Ing. *Rozhovor s Václavem Zámečником (ČSO)*. Petr Suvorov, Zdeňka Šimková. Zelený kruh: Asociace ekologických organizací [online]. 2012 [cit. 2014-10-27]. Dostupné z: <http://old.zelenykruh.cz/cz/aktuality/rozhovor-s-vaclavem-zamecnikem/>.
6. Socialismus a kolektivizace. In: *Vítejte na zemi...: multimediální ročenka životního prostředí* [online]. [cit. 2014-10-27]. Dostupné z: [http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=socialismus\\_a\\_kolektivizace&site=puda](http://vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=socialismus_a_kolektivizace&site=puda).
7. VOŠTA, Milan. Společná zemědělská politika EU a její aplikace v České republice. *Současná Evropa* [online]. 2010, č. 2, s. 127-142 [cit. 2014-28-10]. Dostupné z: <http://ces.vse.cz/wp-content/vosta.pdf>.
8. Česká republika. Nařízení vlády č. 47/2007 Sb. ze dne 7. března 2007 o stanovení některých podmínek poskytování jednotné platby na plochu zemědělské půdy a některých podmínek poskytování informací o zpracování

- zemědělských výrobků pocházejících z půdy uvedené do klidu ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2007. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-47>.
9. Jednotná platba na plochu zemědělské půdy. In: *Portál eAGRI: Dotace* [online]. [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/prime-platby/jednotna-platba-na-plochu/>.
  10. ŠIMEK, Miloslav. *Základy nauky o půdě: 4. Degradace půdy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Biologická fakulta, 2004, 224 s. ISBN 80-704-0667-4.
  11. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Poškození půdy erozí* [online]. [cit. 2014-11-2]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni\\_pudy\\_erozi/\\$FILE/OOH\\_PP-Poskozeni\\_pudy\\_erozi-081119.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni_pudy_erozi/$FILE/OOH_PP-Poskozeni_pudy_erozi-081119.pdf).
  12. ELBL, Jakub. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, Agronomická fakulta. *Zvýšení půdní úrodnosti aplikací kompostu* [online]. Brno, 2014, 2014-12-18 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3371](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3371).
  13. Česká republika. Nařízení vlády č. 309/2014 Sb. ze dne 8. prosince 2014 o stanovení důsledků porušení podmíněnosti poskytování některých zemědělských podpor ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2014. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-309>.
  14. VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, v.v.i. *Nabídka mapových a datových produktů – Ohroženost větrnou erozí: Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí* [online]. [cit. 2014-11-3]. Dostupné z: [http://vumop.cz/sites/File/Katalog\\_Map/20130529\\_katalogMap\\_Ohrozenost\\_Ve\\_trnou\\_erozi.pdf](http://vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Ohrozenost_Ve_trnou_erozi.pdf).
  15. VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, v.v.i. *Nabídka mapových a datových produktů – Ohroženost vodní erozí: Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí* [online]. [cit. 2014-11-3]. Dostupné z: [http://vumop.cz/sites/File/Katalog\\_Map/20130529\\_katalogMap\\_Ohrozenost\\_Vo\\_dni\\_erozi.pdf](http://vumop.cz/sites/File/Katalog_Map/20130529_katalogMap_Ohrozenost_Vo_dni_erozi.pdf).
  16. JAVŮREK, Miloslav a Milan VACH. *Negativní vlivy zhutnění půd a soustava opatření k jejich odstranění* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby,

- 2008, 24 s. [cit. 2014-11-09]. ISBN 978-80-87011-57-7. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-57-7.pdf>.
17. VRBA, Vladimír, HULEŠ, Ludvík: Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda. *Biom.cz* [online]. 2006-11-14 [cit. 2014-11-08]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>. ISSN: 1801-2655.
18. BALÍK, Jiří: Vliv hnojení na půdní vlastnosti a půdní úrodnost. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2.
19. HLUŠEK, Jaroslav, RICHTER, Rostislav: Bilance živin v rostlinné výrobě ČR a potřeba hnojení. Racionální použití hnojiv - sborník z konference, ISBN 978-80-213-2006-2.
20. TLUSTOŠ, Pavel, HABART, Jan: Využití průmyslových rostlin k remediaci kontaminovaných půd. *Biom.cz* [online]. 2009-12-07 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-prumyslovych-rostlin-k-remediaci-kontaminovanych-pud>. ISSN: 1801-2655.
21. HOLOUBEK, Ivan, Anton KOČAN, Irena HOLOUBKOVÁ a Jiří KOHOUTEK. RECETOX – TOCOEN & ASSOCIATES BRNO. *EDICE PLANETA 2001: Odborný časopis pro životní prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2001, roč. 9, č. 2 [cit. 2015-01-24]. ISSN 1213–3396. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/A0750BCC7925B390C1256FAF0048ADF9/\\$file/chlatky1.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/A0750BCC7925B390C1256FAF0048ADF9/$file/chlatky1.pdf).
22. [http://www.mzp.cz/cz/stockholmska\\_umluva\\_polutanty](http://www.mzp.cz/cz/stockholmska_umluva_polutanty)
23. Effects of air pollution. In: *Science unraveled* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://scienceunraveled.com/Effects+of+air+pollution>.
24. Česká republika. Zákon č. 334/1992 Sb. ze dne 12. května 1992 o ochraně zemědělského půdního fondu ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů*. 1992. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334>.
25. Česká republika. Zákon č. 185/2001 Sb. ze dne 15. května 2001 o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>.
26. Česká republika. Zákon č. 156/1998 Sb. ze dne 12. června 1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a

- o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1998. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>.
27. Česká republika. Vyhláška č. 474/2000 Sb. ze dne 13. prosince 2000 o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-474>.
28. ELBL, Jakub. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, Agronomická fakulta. *Mikroorganismy jako indikátory stavu půdního prostředí* [online]. Brno, 2014, 2014-12-15 [cit. 2015-02-21]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3369](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3369).
29. SUTTON, Mark A., Clare M. HOWARD, Jan Willem ERISMAN, Gilles BILLEN, Albert BLEEKER, Peringe GRENNFELT, Hans VAN GRINSVEN a Bruna GRIZZETTI. *The European nitrogen assessment: sources, effects, and policy perspectives*. New York: Cambridge University Press, 2011, 612 s. ISBN 978-1-107-00612-6.
30. Nitrogen Cycle. In: *The University of Minnesota: Southwest Research and Outreach Center, Lamberton, MN* [online]. 2010-12-22 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://swroc.cfans.umn.edu/ResearchandOutreach/SoilManagement/SoilResearch/NitrogenCycle/index.htm>.
31. CAMERON, K.C., H.J. DI a J.L. MOIR. Review Article: Nitrogen losses from the soil/plant system: a review. *Annals of Applied Biology*. 2013, roč. 162, č. 2, s. 145-173. ISSN 0003-4746. DOI: 10.1111/aab.12014.
32. Nitrátová směrnice. In: *Portál eAGRI: Životní prostředí* [online]. [cit. 2014-10-30]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/nitratova-smernice/>.
33. Česká republika. Zákon č. 254/2001 Sb. ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2001. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>.
34. Česká republika. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. ze dne 4. července 2012 o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2012. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-262>.

35. Dotace na provádění pozemkových úprav a na agroenvironmentální opatření, platby za tzv. ozelenění neboli greening (část II.). In: *Agrární komora České republiky* [online]. 2014-08-05 [cit. 2015-02-06]. Dostupné z: [http://www.apic-ak.cz/dotace-na-provadeni-pozemkovych-uprav-a-na-agroenvironmentalni-opatreni\\_-platby-za-tzv-ozeleneni-neboli-greening-\\_cast-ii-\\_.php](http://www.apic-ak.cz/dotace-na-provadeni-pozemkovych-uprav-a-na-agroenvironmentalni-opatreni_-platby-za-tzv-ozeleneni-neboli-greening-_cast-ii-_.php).
36. Kontrola podmíněnosti, Cross Compliance: Průvodce zemědělce Kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2014. In: [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 2014 [cit. 2015-02-13]. ISBN 978-80-7434-149-6. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/305987/obsah\\_Kontrola\\_podminenosti\\_2014\\_web\\_upravy2.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/305987/obsah_Kontrola_podminenosti_2014_web_upravy2.pdf)
37. LOCKERETZ, William. *Organic farming: an international history*. Cambridge, MA: CABI, 2007, 282 s. ISBN 18-459-3289-7.
38. VLACH, Milan a Miloslav JAVŮREK. *Rostlinná produkce s ohledem na agroekologická hlediska* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008 [cit. 2015-02-13]. ISBN 978-80-87011-58-4. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-58-4.pdf>.
39. VACH, Milan a Miloslav JAVŮREK. *Efektivní technologie zpracování půdy a zakládání porostů polních plodin: metodika pro praxi* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011 [cit. 2015-02-13]. ISBN 978-80-7427-079-6. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/sites/File/Publications/ISBN978-80-7427-079-6.pdf>.
40. VRBA, Vladimír, HULEŠ, Ludvík: Humus - půda - rostlina (15) Minerální hnojiva. *Biom.cz* [online]. 2007-04-06 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-15-mineralni-hnojiva>. ISSN: 1801-2655.
41. VRBA, Vladimír, HULEŠ, Ludvík: Humus - půda - rostlina (13) Půdní zlepšovače na bázi humusových látek. *Biom.cz* [online]. 2007-03-30 [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-13-pudni-zlepsovace-na-bazi-humusovych-latek>. ISSN: 1801-2655.
42. POSPÍŠILOVÁ, Lubica. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ. *Přírodní humusové látky* [online]. 2015-02-05 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3427](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3427).



43. LIPȘA, Florian Daniel, Eugen ULEA, Evelina Cristina MORARI, GALEȘ a Iulian Constantin ARSENE. Effect of lignohumate (humic fertilizer) on soil microorganisms. *Agronomy Series of Scientific Research / Lucrari Stiintifice Seria Agronomie*. Iași: Editura Ion Ionescu de la Brad, 2012, roč. 55, č. 2, s. 253-256.
44. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2006: (Sborník příspěvků)*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, 2006. ISBN 80-213-1484-2. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN80-86555-85-2.pdf>.
45. KUBÁT, Jaromír, Olga CERHANOVÁ a Tomáš ŠIMON. KUBÁT, Jaromír. *Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách* [online]. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2008 [cit. 2015-03-12]. ISBN 978-80-87011-65-2. Dostupné z: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-65-2.pdf>.
46. BOT, Alexandra a José BENITES. *The importance of soil organic matter: key to drought-resistant soil and sustained food production*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005, 78 s. ISBN 92-510-5366-9.
47. LAKHDAR, Abdelbasset, Mokded RABHI, Tahar GHNAYA, Francesco MONTEMURRO, Naceur JEDIDI a Chedly ABDELLY. Review: Effectiveness of compost use in salt-affected soil. *Journal of Hazardous Materials*. 2009, roč. 171, 1-3, s. 29-37. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.05.132.
48. ŠREFL, Josef: Kompost je energie vrácená do půdy. *Biom.cz* [online]. 2012-11-12 [cit. 2015-01-22]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vcacena-do-pudy>. ISSN: 1801-2655.
49. WEBER. J., A. KARCZEWSKA, J. DROZD, M. LICZJAR, S. LICZJAR, E. JAMROZ, and A. KOCOWICZ. Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts. *Soil Biology and Biochemistry*. 2007, roč. 39, č. 6, s. 1294 – 1302. DOI: 10.1016/j.soilbio.2006.12.005.
50. ČSN EN 46 5735. *Průmyslové komposty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1991. 32 s. Třídící znak 465735.

51. ČSN ISO 10 381-6. *Kvalita půdy – Odběr vzorků – Část 6: Pokyny pro odběr, manipulaci a uchování půdních vzorků za aerobních podmínek pro studium mikrobiálních procesů, biomasy a diverzity v laboratoři*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 12 s. Třídící znak 836151.
52. VÁŇA, Jaroslav: Kompostování bioodpadu. *Biom.cz* [online]. 2001-11-21 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-bioodpadu>. ISSN: 1801-2655.
53. VÁŇA, Jaroslav: Kompostování odpadů. *Biom.cz* [online]. 2002-01-14 [cit. 2015-01-20]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>. ISSN: 1801-2655.
54. KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>. ISSN: 1801-2655.
55. ROY, Amitava: Měření teploty kompostu – primárního indikátoru průběhu kompostovacího procesu. *Biom.cz* [online]. 2013-07-15 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mereni-teploty-kompostu-primarniho-indikatoru-prubehu-kompostovaciho-procesu>. ISSN: 1801-2655.
56. PLÍVA P., A KOL. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. Praha: Profi Press, 2009. ISBN 978-80-86726-32-8.
57. BRITTAINE, Richard a NeBambi LUTALADIO. *Jatropha: A Smallholder Bioenergy Crop: The Potential for Pro-Poor Development*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010, 111 s. ISBN 978-92-5-106438-2.
58. KUMAR, Ashwani a Satyawati SHARMA. Review: An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.). *Industrial Crops and Products*. 2008, roč. 28, č. 1, s. 1-10. DOI: 10.1016/j.indcrop.2008.01.001.
59. HENNING, R.K. *Jatropha curcas* L. *PROTA: Plant Resources of Tropical Africa* [online]. 2007 [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://www.prota4u.org/protav8.asp?g=psk&p=Jatropha+curcas+L>.

60. KOLAŘÍK, Jaroslav et al. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les, II. díl*. 3. doplněné vydání. Vlašim: ČSOP, 2010, 696 s. ISBN 978-808-6327-853.
61. HIDAYAT, H., E.R.P. KEIJSERS, U. PRIJANTO, J.E.G. VAN DAM a H.J. HEERES. Preparation and properties of binderless boards from *Jatropha curcas* L. seed cake. *Industrial crops and products*. 2014, roč. 52, č. 4, s. 245-254. ISSN 09266690.
62. PANDEY, Vimal Chandra, Kripal SINGH, Jay Shankar SINGH, Akhilesh KUMAR, Bajrang SINGH a Rana P. SINGH. *Jatropha curcas*: A potential biofuel plant for sustainable environmental development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd, 2012, roč. 16, č. 5, s. 2870-2883. DOI: 10.1016/j.rser.2012.02.004.
63. HIDAYAT, H., E. R. P KEIJSERS, U. PRIJANTO, J. E. G. DAM, H. J. HEERES. Preparation and properties of binderless boards from *Jatropha curcas* L. seed cake. *Industrial Crops and Products*. 2014, roč. 52, s. 245-254. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.10.024.
64. ČSN ISO 10390. *Kvalita půdy - Stanovení pH*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 12 s. Třídící znak 836221.
65. Mehlich, A. 1984. "Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15 (12): 1409–1416.
66. NF X 31-109 NF X 31-109: Soil quality – Chemical methods – Determination of organic carbon by chromic oxidation (in French).
67. CAI, Y., PENG, CH., QIU, S., LI, Y. a Y, GAO, 2011: Dichromate Digestion-Spectrophotometric Procedure for Determination of Soil Microbial Biomass Carbon in Association with Fumigation-Extraction. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, roč. 42, s. 2824-2834.
68. NELSON, D. W and L. E. SOMMERS, 1996: Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3. Sparks, D.L. (ed.); Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, Book Series, roč. 5, s. 961-1010.
69. BREMNER, J.M., 1996: Nitrogen total. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 3: Chemical Methods; Sparks, D.L. (ed.); Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, Book Series roč. 5, s. 1085-1121.

70. ČSN ISO 10693. *Kvalita půdy – Stanovení obsahu uhličitánů – Odměrná metoda*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014. 20 s. Třídící znak 836375.
71. Technické informace ionex, aktivní uhlí, chemikálie na úpravu vody: IONEXY - iontoměniče - měniče iontů. ERSpol [online]. [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.erspol.cz/index.php?site=report>.
72. PEOPLES, M. B., A. W FAIZAH, B. RERKASEM and D. F. HERRIDGE. *Methods for Evaluating Nitrogen Fixation by Nodulated Legumes in the Field*. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1989, 81 s. ISBN 09-495-1190-0.
73. ROBINCHAUD, P., S. A. LEWIS and L. E. ASHMUN. *New procedure for Sampling Infiltration to Assess Post-fire Soil Water Repellency*. Res. Note. RMRS-RN-33. Rocky Mountain Station U.S. Department of Agriculture, Forest Service; 2008, 16 s. ISSN 05024994.
74. ELBL, Jakub, Magdalena VAVERKOVÁ, Dana ADAMCOVÁ, Lukáš PLOŠEK, Antonín KINTL, Tomáš LOŠÁK, Jaroslav HYNŠT a Jana KOTOVICOVÁ. Influence of Fertilization on Microbial Activities, Soil Hydrophobicity and Mineral Nitrogen Leaching. *Ecological Chemistry & Engineering S*. 2014, č. 4. DOI: 10.1515/eces-2014-0048.
75. LICHNER, Lubomír, Tomáš ORFÁNUS, Katarína NOVÁKOVÁ, Miloslav ŠÍR a Miroslav TESAŘ. The impact of vegetation on hydraulic conductivity of sandy soil. *Soil and Water Research - UZPI (Czech Republic)*. 2007, 2(2), s. 59-66. ISSN 1801-5395.
76. ŠIMEK, Miloslav, Seija VIRTANEN, Václav KRIŠTŮFEK, Asko SIMOJOKI a Marku YLI-HALLA. Evidence of rich microbial communities in the subsoil of a boreal acid sulphate soil conducive to greenhouse gas emissions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2011, 140(1-2), s. 113-122. ISSN 0167-8809.
77. ELBL, Jakub. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ, Agronomická fakulta. *Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy* [online]. Brno, 2014, 2014-12-27 [cit. 2015-03-19]. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3373](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=3373).

78. GIOVANNETTI, M, MOSSE, B. 1980. An evaluation techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84, s. 489 – 500. ISSN 0028-646X.
79. KOSKE, R. E., GEMMA, J. N. 1989. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhizas. *Mycological Research*, 92, s. 486 – 505. ISSN 0953-7562.
80. ELBL, J., L. PLOŠEK, A. KINTL, J. HYNŠT, S. JAVOREKOVÁ, J. ZÁHORA, L. KALHOTKA, O. URBÁNKOVÁ and I. CHAROUSOVÁ. Effects of drought on microbial activity in rhizosphere, soil hydrophobicity and leaching of mineral nitrogen from arable soil depending on method of fertilization. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2014, roč. 8, č. 8, s. 741-747.
81. MARTIN, J. G. and P. V. BOLSTAD. Variation of soil respiration at three spatial scales: Components within measurements, intra-site variation and patterns on the landscape. *Soil Biology & Biochemistry*. 2009, roč. 41, č. 3, s. 530-543.
82. BLOEM, J. and D. W. HOPKINS. *Microbiological methods for assessing soil quality*. Wallingford: CABI Publishing, 2006, 316 p. ISBN 978-0-0851-99-098-9.
83. PAUL, E. A. 2007. *Soil microbiology, ecology and biochemistry*. Boston: Academic Press. 532 p. ISBN 978-0-12-546807-7.
84. POSTMA, J. W. M., OLSSON, P. A., FALKENGREN-GRERUP, U. 2007. Root colonisation by arbuscular mycorrhizal, fine endophytic and dark septate fungi across a pH gradient in acid beech forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 39, s. 400 – 408.

## 8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 <i>Ukázka vodní eroze na zemědělské ploše s širokořádkovou plodinou</i> (originál: Dostál <i>et al.</i> , 2012; převzato: Elbl, 2014) [12].	16
Obr. 2 <i>Potenciální ohroženost zemědělské půdy větrnou erozí</i> (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) [14].	17
Obr. 3 <i>Potenciální ohroženost zemědělské půdy vodní erozí</i> (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.) [15].	17
Obr. 4 <i>Prvky půdní úrodnosti</i> (Balík, 2010) [18].	19
Obr. 5 <i>Úroveň degradace půd</i> (originál: Schlaghamerský, 2006; převzato a upraveno podle: Elbl, 2014) [12].	19
Obr. 6 <i>Vlivy znečištění ovzduší</i> (upraveno podle: scienceunraveled) [23].	22
Obr. 7 <i>Koloběh dusíku</i> (upraveno podle: Strock, 2015) [30].	23
Obr. 8 <i>Koloběh dusíku v terestrickém ekosystému – detail významu interakce půdy a rostlin.</i> (originál: Rennenberg <i>et. al.</i> , 2009; upravil a převzato z: Elbl, 2014) [12].	24
Obr. 9 <i>Vývoj populace bakterií a hub v průběhu kompostovacího procesu v závislosti na teplotě</i> (upraveno podle: Diaz <i>et. al.</i> , 2007) [1].	38
Obr. 10 <i>Schéma kompostovací linky</i> (Kára <i>et. al.</i> , 2002) [54].	39
Obr. 11 <i>Jatropha curcas L., Andhra, Pradesh, India</i> (Brittaine, 2010) [57].	41
Obr. 12 <i>Jatropha curcas L. - list a plod</i> (Brittaine, 2010) [57].	42
Obr. 13 <i>Jatropha curcas L. (1 – kvetoucí větev, 2 – samičí květ, 3 – otevřený samičí květ, 4 – samčí květ, 5 – otevřený samčí květ, 6 – plod, 7 – podélný řez plodu, 8 – semeno)</i> (Prota, 2007) [59].	43
Obr. 14 <i>Jatropha curcas L. - květenství (vlevo) a plody</i> (originál: P. Latham; převzato: Prota, 2007) [59].	44
Obr. 15 <i>Jatropha curcas L. pěstována spolu s agáve</i> (Brittaine, 2010) [57].	45
Obr. 16 <i>Části plod Jatropha curcas L. a jejich hmotnostní zastoupení</i> (upraveno podle: Brittaine, 2010 ) [57].	46
Obr. 17 <i>Detail experimentální nádoby</i> (zdroj: autor).	54
Obr. 18 <i>Sestavení pokusných nádob</i> (zdroj: autor).	55
Obr. 19 <i>Ukázka disků – iontoměničů</i> (zdroj: autor).	57
Obr. 20 <i>Fotodokumentace laboratorního pokusu v jednotlivých dnech</i> (zdroj: autor)...	58

Obr. 21 <i>Mini-Disk Infiltrometr</i> (zdroj: autor). .....	60
Obr. 22 <i>Produkce rostlinné biomasy</i> . .....	64
Obr. 23 <i>Nenasycená hydraulická konduktivita</i> . .....	65
Obr. 24 <i>Vyplavování minerálního dusíku <math>N_{min}</math></i> . .....	67
Obr. 25 <i>Bazální respirace půdních mikroorganismů</i> . .....	69
Obr. 26 <i>Substrátem indukovaná respirace půdních mikroorganismů</i> . .....	70
Obr. 27 <i>Mykorhizní kolonizace kořenů indikační rostliny</i> . .....	71
Obr. 28 <i>Kolonizace kořenů indikační rostliny arbuskulárními mykorhizními houbami</i> (zdroj: autor). .....	72

## 9 SEZNAM TABULEK

Tab. I <i>Vývoj podílu zemědělské a orné půdy v ČR na 1 obyvatele v letech 1936 – 2013</i> (upraveno podle: ČÚZK, 2014) [3]. .....	12
Tab. II <i>Maximální zastoupení některých plodin na orné půdě a jejich odstup v osevním postupu</i> (originál: Vach, Šimon, 2006; upraveno a převzato z: Vach, Javůrek, 2008) [38]. .....	28
Tab. III <i>Vybrané parametry organického kompostu - vztaženo na obsah sušiny</i> (upraveno podle: Šrefl, 2012; Weber <i>et al.</i> , 2007) [48,49]. .....	34
Tab. IV <i>Požadavky na jakost kompostu dle ČSN EN 46 5735 (Elbl, 2014) [12].</i> .....	35
Tab. V <i>Mikrobiologická kritéria - jakostní znaky kompostu</i> (Elbl, 2014) [12]. .....	35
Tab. VI <i>Parametry biopaliva z <i>Jatropha curcas</i> L. a motorové nafty</i> (upraveno podle: Pandey <i>et al.</i> , 2012) [62]. .....	47
Tab. VII <i>Hodnoty obsahu některých prvků obsažených v JSC</i> (upraveno podle: Brittain, 2010) [57]. .....	49
Tab. VIII <i>Chemické složení vzorků JSC - vztaženo na obsah sušiny</i> (upraveno podle: Hidayat <i>et al.</i> , 2014) [63]. .....	49
Tab. IX <i>Varianty a množství použitých substrátů v experimentálních nádobách.</i> .....	50
Tab. X <i>Hodnoty vybraných parametrů použitých substrátů.</i> .....	53
Tab. XI <i>Podmínky nastavené ve fytotronu.</i> .....	57



## 10 SEZNAM ZKRATEK

- Chemické látky a sloučeniny
  - C – obecné označení pro atomární uhlík
  - C<sub>org</sub> – organický uhlík
  - C<sub>tot</sub> – celkový uhlík
  - DDT - dichlordifenyltrichlorethen
  - HCB - hexachlorbenzen
  - N – obecné označení pro atomární dusík
  - N<sub>min</sub> – minerální dusík
  - N<sub>tot</sub> – celkový dusík
  - PCBs – polychlorované bifenyly
  - PCDDs – polychlorované dibenzo-p-dioxiny (též dioxiny)
  - PCDFs – polychlorované dibenzofurany (též furany)
- Organizace
  - ČÚZK – Český úřad zeměměřický a katastrální
  - ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
  - VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
  - VÚRV – Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.
- Pojmy
  - AEKO – agroenvironmentálně klimatické operace
  - BAS – bazální mikrobiální respirace (angl. Basal Respiration)
  - EZ – ekologické zemědělství
  - GAEC – Standardy dobrého zemědělského a environmentálního stavu (angl. Good Agricultural and Environmental Conditions)
  - HDP – hrubý domácí produkt
  - JSC – *Jatropha* seed cake
  - KTJ – kolonie tvořící jednotky mikroorganismů
  - MO - mikroorganismy
  - OPVZ II. stupně – ochranné pásmo vodního zdroje II. stupně
  - POPs – perzistentní organické polutanty (angl. Persistent Organic Pollutants)

- SAPS – jednotná platba na plochu zemědělské půdy (angl. Single Area Payment Scheme)
- SIR – substrátem indukovaná mikrobiální respirace
- SMR – Povinné požadavky na hospodaření (angl. Statutory Management Requirements)
- SOM – půdní organická hmota (angl. Soil Organic Matter)
- SZP – Společná zemědělská politika