

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



Přehled a analýza pomocných půdních přípravků

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Autor práce: Stanislav Rada

© 2020 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Stanislav Rada

Zemědělské inženýrství
Zemědělská technika

Název práce

Přehled a analýza pomocných půdních přípravků

Název anglicky

Overview and evaluation of soil conditioners

Cíle práce

Z dostupné literatury sestavit přehled používaných pomocných půdních přípravků (biouhel, produkty PRP Technologies atp.) a provést vyhodnocení jejich vlivu na vlastnosti půdy a pěstované plodiny.

Metodika

Práce je rešeršního charakteru. Jedná se o literární přehled pomocných půdních přípravků a příbuzných látek. Dalším krokem je vyhodnocení dopadu těchto přípravků na hodnocené vlastnosti půdy a porostu pěstovaných plodin.

Doporučený rozsah práce

cca. 30 stran

Klíčová slova

fyzikální vlastnosti půdy, půdní aktivita, pomocné půdní přípravky, tahový odpor, výnos

Doporučené zdroje informací

ABBOTT, L. K.. MURPHY, D. V. *Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture*. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978- 1402066184.

Firemní prospekty.

LADYGINA, N.; RINEAU, F. *Biochar and soil biota*. CRC Press, 2013, 270 s. ISBN 978-146-6576-483.

ŠARAPATKA, B. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN 978-80-244-3736-1.

TITI, A E. *Soil tillage in agroecosystems*. Boca Raton: CRC, 2003. ISBN 978-0849312281.

VOLTR, V. *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, 2011. ISBN 978-80-86671-86-4.

Předběžný termín obhajoby

2019/2020 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2018

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 04. 2020

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Přehled a analýza pomocných půdních přípravků vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom/a, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom že, na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 20. 4. 2020

Stanislav Rada

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Petru Šařci, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a poskytnutí cenných rad.

Přehled a analýza pomocných půdních přípravků

Abstrakt:

Tato bakalářská práce se věnuje pomocným půdním látkám, jejich přehledu, vlivu na vlastnosti půdy a pěstované plodiny. Práce je zaměřena na pomocné půdní látky, které mohou kvalitu půdy zlepšit a snížit možnost vzniku eroze a utužení půdy. Z těchto přípravků autor vybral lignit, zeolit, biouhel, některé výrobky společnosti PRP Technologies a Hydrogel. V poslední části jsou shrnuty výsledky a doporučení autora práce.

Klíčová slova: fyzikální vlastnosti půdy, půdní aktivita, pomocné půdní látky, výnos, biouhel, zadržování vody

Overview and evaluation of soil conditioners

Abstract:

This bachelor thesis is devoted to soil conditioners, their overview, influence on soil properties and cultivated crops. The thesis is focused on soil conditioners that can improve soil quality and reduce possibility of soil erosion and compaction. The autor chose from these products lignit, zeolit, biochar, some PRP Technologies products and Hydrogel. The last part sums up results and recommendations of the author.

Keywords: physical properties of soil, soil activity, soil conditioners, yield, biochar, water retention

Obsah

1.	ÚVOD	1
2.	CÍL PRÁCE	2
3.	METODIKA PRÁCE	2
4.	PROBLEMATIKA PŮDY	2
4.1.	PŮDA, JEJÍ VÝZNAM A FUNKCE	2
4.2.	PŮDNÍ DRUHY A TYPY	3
4.2.1.	<i>Půdní druhy</i>	3
4.2.2.	<i>Půdní typy</i>	6
4.3.	FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU A ÚRODNOST PŮDY	6
4.3.1.	<i>Fyzikální vlastnosti půdy</i>	7
4.3.2.	<i>Chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti</i>	8
4.3.3.	<i>Biologické vlastnosti</i>	9
4.4.	DEGRADACE PŮDY	10
4.4.1.	<i>Eroze</i>	10
4.4.2.	<i>Utžení půdy</i>	11
4.4.3.	<i>Ztráta organické hmoty</i>	12
4.4.4.	<i>Acidifikace a alkalizace</i>	13
4.4.5.	<i>Zasolení půd</i>	14
4.4.6.	<i>Znečištění anorganickými a organickými látkami</i>	15
5.	POMOCNÉ PŮDNÍ LÁTKY	15
5.1.	LIGNIT	16
5.2.	ZEOLIT	16
5.2.1.	<i>Vyhodnocení vlivu lignitu a zeolitu na pěstování trav</i>	16
5.3.	BIOUHEL	17
5.3.1.	<i>Výroba</i>	18
5.3.2.	<i>Vyhodnocení vlivu biouhlu na půdu a rostliny</i>	21
5.4.	PŘEHLED POUŽÍVANÝCH PRODUKTŮ PRP TECHNOLOGIES V ČR	25
5.4.1.	<i>Agroptim sunset</i>	25
5.4.2.	<i>Akeo</i>	26
5.4.3.	<i>Explorer 20</i>	26
5.4.4.	<i>Neosol</i>	26
5.5.	HYDROGEL	29
5.5.1.	<i>Zhodnocení vlivu Hydrogelu na výnos máku</i>	30

6.	ZÁVĚR	31
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	33
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	38
9.	SEZNAM TABULEK	38

1. Úvod

Posledních několik let lze pozorovat měnící se klima kolem nás. Tyto výkyvy v počasí mají velký vliv na půdu, faunu a flóru. Teploty v letních měsících jsou velmi vysoké a srážky jsou nedostatečné. Ani v zimě nejsou uspokojivé a srážkový deficit se neustále prohlubuje. Současně dochází k přívalovým srážkám, které způsobují záplavy a erozi půdy. Půdy v ČR jsou nejvíce ohroženy vodní erozí. Během ní může být spláchnuto značné množství ornice, dochází ke ztrátě živin, poškozování plodin. Navíc odnášená půda znečišťuje vodní zdroje.

Další problém je snižující se množství půdy, kterou lze zemědělsky využívat. Města se rozrůstají a dochází k záboru pozemků za účelem výstavby sídlišť, silnic, průmyslových objektů a skládek odpadů. Lepší by byla přestavba již nevyužívaných budov, ale snazší je stavět na volném místě. Čím více bude zastavěných ploch, tím bude voda z krajiny rychleji odtékat. Se vzrůstajícím počtem lidí roste potřeba potravin, které se musí vyprodukovat, avšak na čím dál menší ploše. Tím jsou kladeny větší nároky na výnosy. Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství každého státu. Je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. A je důležité na to stále myslet.

Nepříznivé pro půdu je i snižování živočišné produkce v zemědělských podnicích. V posledních letech dochází k neustálému snižování počtu ustájeného skotu a prasat. Skot se převážně chová na pastvách. Tím dochází k velkému poklesu produkce a aplikace statkových hnojiv, které mají pozitivní vliv na vlastnosti půdy.

Pro zlepšení její kvality a zvýšení výnosů je nutné se o ni zodpovědně starat. Je třeba zvýšit množství organických látek v půdě, zvýšit její infiltrační a retenční schopnosti. V této situaci je vhodné využít pomocné půdní látky, které nejsou škodlivé a dokážou zlepšit kvalitu půdy.

Práce v zemědělství je důležitá, ale velmi náročná. Zemědělci často počítají ztráty, které jim způsobí nepříznivé počasí nebo zvěř. Přesto nesmí být upřednostněn zisk před ochranou půdy. Když k ní budou všichni lidé přistupovat šetrně a rozumně, zůstane dalším generacím v co nejlepším stavu.

2. Cíl práce

Cílem této práce je sestavit přehled pomocných půdních látek, které se mohou používat na území našeho státu. Dalším krokem je provést vyhodnocení jejich vlivu na půdní vlastnosti a pěstované rostliny.

3. Metodika práce

Jedná se o práci rešeršního charakteru. Ta má za úkol představit některé pomocné půdní látky a provést vyhodnocení jejich dopadu na pěstování rostlin.

4. Problematika půdy

4.1. Půda, její význam a funkce

Půda je jedním z nejdůležitějších faktorů pro život na zemi. Poskytuje nám, ať přímo nebo nepřímo, obživu, obydlí a slouží jako zásobárna vody a důležitých prvků (zejména uhlíku, dusíku, fosforu a síry). Můžeme si ji přestavit jako určité srdce životního prostředí, ve kterém se jednotlivé složky a živé organismy ovlivňují. Nepopíratelně má svoji důležitou roli v zemědělství, kde plní funkci produkční, ale i další mimoprodukční funkce – infiltraci, filtraci, transformaci, stabilizaci, retenci a puфраční funkci. Dále plní funkci krajinyotvornou, ekologickou a sociální. Nebýt těchto vlastností, tak bychom jen těžko měli pitnou vodu. Z těchto důvodů vyplývá, že půdy bychom si měli vážít, starat se o ni, a ne ji bezmyšlenkovitě zastavovat skladišti a podobnými průmyslovými stavbami.

Infiltrace – vsakování vody je ovlivněno mnoha parametry. Nejdůležitější z nich jsou zrnitost, obsah humusu, vegetační poměry a způsob zpracování půdy. Rychlost vsakování je rychlost prostupu vody do půdy za jednotku času. V různých půdách probíhá rozdílně rychle, znázorněno na obrázku 1.

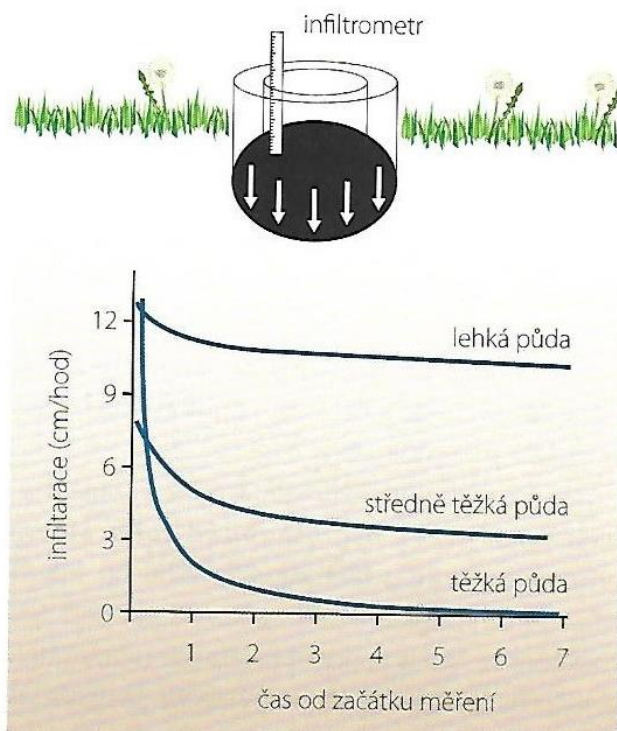
Filtrace – průchodem vody skrz půdu dochází k filtrování nečistot, úpravě pH a obohacování o minerální látky

Transformace – umožňuje přeměnu látek (jejich rozklad a mineralizaci)

Puфраční funkce – schopnost půdy tlumit změny pH – brání acidifikaci a alkalizaci

Retence – schopnost půdy zadržet vodu [1][2][3]

Obrázek 1 Infiltrace vody v různých půdách



Zdroj:[1]

4.2. Půdní druhy a typy

4.2.1. Půdní druhy

Půdu lze rozdělit na jemnozem (tj. částice které jsou menší než 2 mm) a skelet (částice větší než 2 mm). Rozdělení na půdní druhy vychází z textury (zrnitosti půdy). Zrnitost udává, v jakém procentuálním zastoupení jsou jednotlivé složky půdních frakcí. Lze použít různé rozdělení na půdní druhy, avšak v ČR se nejčastěji používají 2 klasifikační stupnice.

Kopeckého klasifikace

Tato klasifikace, která je platná od roku 1910, rozděluje půdu do 4 kategorií a každé kategorii přísluší určitá frakce půdy, jak je vidět v tabulce 1.

Tabulka 1 Kopeckého klasifikace půdních druhů

Kategorie	Název frakce	Průměr částic (mm)
I	jílkaté částice	menší než 0,01
II	prach	0,01-0,05
III	práškový písek	0,05-0,1
IV	písek	0,1-2,0

Zdroj: [6]

Částice kategorie I se dále dělí na:

koloidní jíl < 0,0001 mm

fyzikální jíl < 0,001 mm

jemný prach 0,001–0,01 mm

Novákova klasifikace

Tato klasifikace se zabývá pouze částicemi I. kategorie Kopeckého klasifikace, kde je půda podle obsahu jílnatých částic zařazena do klasifikace. Proto se jedná o nejjobecnější klasifikaci, se kterou se můžeme setkat. (tabulka 2)

Tabulka 2 Novákova klasifikace půdních druhů

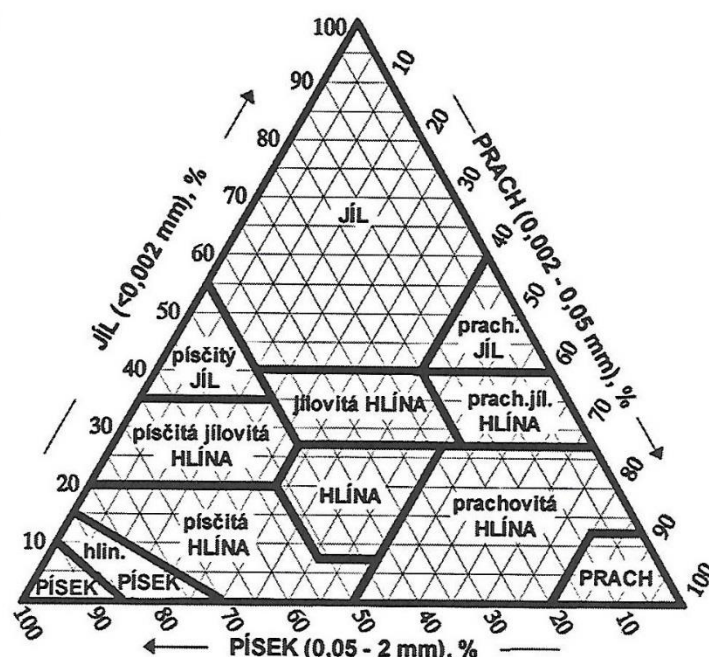
procento jílnatých částic < 0,01 mm	označení půdního druhu		
0-10	písčítá	p	lehké *
10-20	hlinitopísčítá	hp	
20-30	písčítóhlinitá	ph	střední *
30-45	hlinitá	h	
45-60	jílovítóhlinitá	jh	těžké *
60-75	jílovitá	jv	
> 75	jíl	j	

Zdroj: příloha č.8 k vyhlášce č. 275/1998 Sb. ve znění platném do roku 2017

* Údaje lehké/střední/těžké půdy nijak nesouvisí s objemovou hmotností půdy. Vyjadřuje obtížnost zpracování půdy obvykle orbou (tj. zda za sucha lze tuto půdu orat dobře = lehce, nebo obtížně = těžce).

V roce 2000 schválili členové České pedologické společnosti Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Podle kterého se hodnotí i zrnitost a skeletovitost. Pro určování zrnitosti se z půdy nejdříve oddělí skelet. Jemnozern se rozdělí na jednotlivé frakce a určí procentuální podíl. Výsledný půdní druh zjistíme z trojúhelníkového diagramu (na obrázku 2).

Obrázek 2 Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd



Zdroj: [5]

Skeletovitost je hodnocena samostatně, a to většinou na základě odhadnutého objemového množství částic hrubého písku (2-4 mm), šterku (4-30 mm), kamení (30-300 mm) a balvanů (>300 mm). Při obsahu skeletu do 50 % označujeme zeminu jako jemnozern s příměsí skeletu (při 5-15 %), slabě skeletovitou (při 10-25 %), středně skeletovitou (při 25-50 %). Půdu s obsahem skeletu nad 50 % nazýváme silně skeletovitou a nad 80 % pak jako skeletovou. [4][5][6]

4.2.2. Půdní typy

Černozemě a černice

Na území ČR jsou považovány za nejhodnotnější a velmi kvalitní půdy. Jsou na nich pěstovány rostliny s vysokými nároky na kvalitu půdy s velkými výnosy. Neobsahují žádný skelet, mají vysoký obsah půdního humusu, mají velmi dobré sorpční vlastnosti a neutrální reakci. V ČR se nacházejí zejména na jižní Moravě.

Hnědozemě

Hnědozemě jsou velmi kvalitní půdy, ale jejich vlastnosti jsou horší než u černozemí. I přes to obsahují velké množství kvalitního humusu, sorpční vlastnosti jsou mírně horší oproti černozemí a půdní reakce je slabě kyselá. Oproti černozemím lépe odolávají vysychání. Vyskytují se v polohách okolo 300 m n. m.

Kambizemě (hnědé půdy)

Obsah humusu se značně mění s polohou a jeho kvalita je obvykle nízká. Půdní reakce je slabě kyselá až kyselá, sorpční vlastnosti jsou proměnlivé v závislosti na obsahu humusu a zrnitosti. Pro zemědělství nejsou tyto půdy moc vhodné pro svoji střední až nižší kvalitu. Používají se zejména pro pěstování brambor případně lnu, žita a ovsu nebo jsou zalesněny. V ČR je tento půdní typ nejrozšířenější.

Další typy půd, které se vyskytují na našem území jsou: luvizemě, pseudogleje, rendziny, gleje a rašeliništní půdy (organozemě).[7]

4.3. Faktory ovlivňující kvalitu a úrodnost půdy

Pojem kvalita půdy byl dříve nazýván zdraví půdy a byl spojován s produktivitou v zemědělství. V současné době se snažíme půdu hodnotit v širších souvislostech. Je třeba si uvědomit, že hospodařením by se půda neměla opotřebovávat. Proto by mělo být cílem každého hospodáře udržovat půdu v co nejlepším stavu. Zdravá (tedy kvalitní) půda musí podporovat produktivitu živočichů a rostlin a neohrožovat jejich zdraví.

Některé půdní vlastnosti nazýváme indikátory. Daná vlastnost se stává indikátorem v případě, že jsou známé požadované hodnoty nebo legislativně stanovené limitní hodnoty. Hlavními indikátory kvality půdy jsou fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. [8][9]

4.3.1. Fyzikální vlastnosti půdy

Hloubka půdy

Hloubka půdy je rozdělena do třech kategorií (znázorněny v tabulce 3), které charakterizují mocnost půdního profilu. Je určena přítomností souvislého skalního podloží, výrazně kamenité vrstvy nebo trvalou hladinou podzemní vody. Hlubší půdy oproti mělkým umožňují lepší rozvoj kořenů rostlin a akumulují větší množství vody i živin. Proto jsou hlubší půdy úrodnější. [10]

Tabulka 3 Rozdělení půdy podle hloubky

Kategorie	Hloubka půdy (cm)	Charakteristika kategorie
0	Více než 60	Půda hluboká
1	30 až 60	Půda středně hluboká
2	Do 30	Půda mělká

Zdroj: [10]

Pórovitost půdy

Pórovitost udává, kolik procent z objemu půdy tvoří póry. U minerální půdy tvoří póry 40-60 % jejího objemu a zbytek jsou půdní částice. Póry umožňují infiltraci a retenci vody a vzduchu. Kapilární póry (póry o průměru do 0,2 mm) umožňují vztlínání vody. Pórovitost nelze měřit přímo, ale lze ji vypočítat pomocí vztahu:

$$P = \frac{s - o}{s} \cdot 100 \text{ [% obj.]} \quad (1)$$

P = pórovitost půdy [%]

s = specifická hmotnost půdy [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

o = objemová hmotnost půdy [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

Specifická hmotnost půdy udává hmotnost objemové jednotky půdy bez pórů, která dokonale vyplňuje daný objem. Objemová hmotnost půdy je hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu, obsahuje tedy i póry vyplněné vodou a vzduchem. Jedná se o hodnotu, která je nestálá a mění se s vlhkostí půdy.[10][11]

Tabulka 4 Hodnoty pórovitosti typické pro různé druhy půdy

Půda	Specifická hmotnost (g.cm ⁻³)	Objemová hmotnost (g.cm ⁻³)	Pórovitost (% obj.)
lehčí minerální	2,6	1,4-1,7	35-46
střední až těžší minerální	2,6	0,8-1,4	46-69
luční a lesní, svrchní vrstvy	2,4	0,8-1,2	50-67
rašeliny	1,4	0,1-0,7	79-93

Zdroj: [10]

Tahový odpor

Tahový odpor ovlivňují vlastnosti půdy (struktura, koheze, adheze), vlastnosti stroje použitého ke zpracování půdy (počet těles, velikost a tvar těles) a pojezdová rychlost při zpracování půdy. Koheze znamená, že působením vnitřních sil drží částice půdy pohromadě. Závisí na druhu a vlhkosti půdy. Písčité půdy mají malou soudržnost, jílovité naopak velkou. Adheze je přilnavost půdních částic k povrchu nástroje, který zpracovává půdu. Nabývá větších hodnot u půd s větší vlhkostí a větším obsahem koloidních částic. Odpor se také zvyšuje s větším počtem a velikostí těles a zvyšující se pojezdovou rychlostí.

K měření odporu používáme vhodnou soupravu. Ta se obvykle skládá ze dvou traktorů tenzometrického měřidla a stroje zpracovávajícího půdu. Traktory jsou spojeny pomocí tenzometru. Ten je k zadnímu traktoru připojen pomocí předního závěsu a druhý konec je připojen do spodních táhel tříbodového závěsu předního traktoru. Toto zapojení je nutné, aby bylo měřící zařízení v rovině a byl měřen celkový odpor. Přední traktor pak táhne zadní, který má běžně připojený stroj na zpracování půdy, pro který je zjišťován tahový odpor. [10][12]

4.3.2. Chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti

Hodnota pH

Půdní reakce – kyselost půdy (v tabulce 5) je důležitý ukazatel, který ovlivňuje růst rostlin, život mikroorganismů a rozpouštění a dostupnost prvků. Jedná se záporný dekadický logaritmus, označujeme ji pH a nabývá hodnot od 0 do 14. Kyselost může být aktivní nebo pasivní. Aktivní je určena z vodního výluhu (značíme pH_{H₂O}) a charakterizuje aktuální stav půdního roztoku. Výměnná je stanovenou z výluhu chloridu draselného (značíme pH_{KCl}). Při jejím určování je ke vzorku přimíchán roztok neutrální soli, která uvolní vodíkové ionty z vazebných míst, z tohoto důvodu má nižší hodnoty. [10][11]

Tabulka 5 Kritéria pro hodnocení půdní reakce

Hodnocení	pH _{H₂O}	pH _{KCl}
Silně kyselá	< 4,9	< 4,5
Kyselá	5,0-5,9	4,6-5,5
Slabě kyselá	6,0-6,9	5,6-6,5
Neutrální	7,0	6,6-7,2
Slabě alkalická	7,1-8,0	> 7,2
Alkalická	8,1-9,4	-
Silně alkalická	> 9,4	-

Zdroj: [10]

Obsah a kvalita humusu

Humus tvoří organické látky, které prošly procesem humifikace. Proces humifikace se skládá ze dvou částí – rozkladu a syntézy organického materiálu, kdy vzniká humus. Obsah humusu v půdě má velmi důležitý vliv na úrodnost půd. Množství a kvalita humusu závisí na organické látce, aktivitě mikroflóry a mikrofauny, provzdušnění a vlhkosti půdy, teplotě a pH. Stanovení kvality humusu probíhá pomocí poměru humifikovaných kyselin ku fulvokyselinám (HK:FK). Při poměru větším než 1,5 se jedná o velice kvalitní humus, pokud je poměr menší než 1 je humus nekvalitní. Další možnost je hodnocení pomocí barevného kvocientu $Q_{4/6}$. Kvocient je určený poměrem absorbance při vlnové délce λ 400 a 600 nm, čím nižší hodnota kvocientu je, tím je humus kvalitnější. Špatným hospodařením (eroze, nevhodný osevní postup) dochází ke zrychlenému úbytku humusu v půdě. Proto je vhodné zařadit opatření, jako je zelené hnojení a aplikace statkových hnojiv, zaorávání posklizňových zbytků nebo pěstování víceletých pícnin. [10]

4.3.3. Biologické vlastnosti

Biologická aktivita půdy se určí sérií testů, které charakterizují intenzitu mikrobiologických procesů v půdě. Cílem je popsat aktuální i potenciální biologické aktivity půdy.

Amonizační test

Test zhodnocuje aktuální obsah amonného dusíku ve vzorku půdy, množství potencionálně vyprodukovaného amonného dusíku a množství amonného dusíku vázaného ve sloučeninách.

Nitrifikační test

Provedením tohoto testu získáme hodnoty obsahu aktuálního dusičnatého dusíku, množství celkové tvorby nitrátů a maximální schopnost produkovat nitrátový dusík. S lepšími fyzikálními vlastnostmi půdy se intenzita nitrifikace zlepšuje.

Žížaly

Dobrym ukazatelem kvality a úrodnosti půdy jsou žížaly, dokážou dobře naznačovat jaký je živinový stav nebo přítomnost toxických látek v půdě. Žížaly se významně podílejí na provzdušňování a pórovitosti půdy a rozkládají organickou hmotu v půdě. Žížaly vyprodukují značné množství exkrementů, které jsou bohaté na uhlík, dusík, hořčík a vápník.[10][11][13]

4.4. Degradace půdy

Degradace půdy je jakékoliv poškození půdy, ať je vratné, nevratné, přirozené nebo činností člověka. Poškozená půda se vyznačuje nepříznivou změnou fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností.[1]

4.4.1. Eroze

Eroze půdy je rozrušování půdy působením vody, větru, ledu, sněhu, zvířat. Jejichž činností dochází k přesunování a akumulaci půdní hmoty. Ztráta půdy erozí je velmi nebezpečným, přesto celosvětově nejrozšířenějším problémem. Protože se jedná o přírodní proces nelze jej zcela zastavit, ale lze jej významně snížit.

Vodní eroze

Vodní erozi nejprve způsobují dopadající kapky deště, které při dopadu odšťikují půdu. Voda se pak nestačí vsáknout do půdy, soustřeďuje se a odtéká pryč. Tvoří rýhy, ve kterých se ještě více soustřeďuje a unáší velké množství půdních částic. Tyto částice často v podobě sedimentů končí ve vodních tocích. Spolu s půdou jsou odnášeny i důležité živiny a organická půdní hmota.

Větrná eroze

Větrná eroze je způsobena prouděním vzduchu. Vítr rozrušuje povrch půdy a odnáší jemné částice půdy z jednoho místa na jiné, kde dochází k jejich usazování navátím. Větrná eroze se nejčastěji vyskytuje v pouštních a polopouštních oblastech, kde vznikají prašné

bouře, které unášejí prach a písek na velké vzdálenosti. Škody působí nejen odnosem půdy, ale i poškozováním mladých rostlin zvláště odkrýváním kořínků.

Ledovcová a sněžná eroze

Ledovcová a sněžná eroze je způsobena pohybem sněhu a ledu po půdě, tím vznikají rýhy. Ledovcová eroze v horských oblastech v době starších čtvrtohor vedla k velkým změnám v půdním profilu.

Biologická eroze

Biologickou erozi způsobují zvířata. Například divoká prasata, která hledají potravu nebo hlodavci, kteří hrabou. Může být způsobena i při nevhodném chovu hospodářských zvířat, kde za vzniklou erozi může člověk – jedná se tedy o antropogenní erozi. [1][2][14]

4.4.2. Utužení půdy

Utužení půdy (pedokompakce) je hojně rozšířený problém, při němž dochází k fyzikálnímu poškození především zemědělské půdy. Setkat se můžeme s přirozeným utužováním, ale častěji se setkáme s utužováním antropogenním. Dochází k němu převážně při používání těžké mechanizace nebo při přílišné pastevní činnosti. Důsledkem bývá poškození půdní struktury, která se projevuje zvýšením objemové hmotnosti, snížením pórovitosti, snížením retenční kapacity, snížení schopnosti infiltrace a omezeným růstem rostlin. Pedokompakce může způsobit i zvýšení rizika vodní eroze a záplav. Náchylnost ke zhutnění nejvýznamněji ovlivňuje zrnitost půdy. Půdy s větším obsahem jílnatých nebo prachových částic jsou ke kompakci náchylnější, zatímco půdy písčité, šterkovité nebo kamenité jsou odolnější. Další činitel, který značně ovlivňuje zhutňování je půdní vláha. Vysušenou půdu lze jen obtížně stlačit. Provlhčením půdy snížíme její kohezi a umožníme tím vzájemný pohyb mezi půdními zrny. Množství a kvalita organických látek jsou dalším faktorem ovlivňujícím možnost utužení. Půdy s malým obsahem humusu jsou ke stlačování náchylnější ve srovnání s půdami o vysokém obsahu humusu nebo rašelinami, které mají odolnost vůči utužení nejlepší. Utužení hlubších vrstev (např. při orbě) je jen obtížně vratný a značně nákladný proces.

Možnosti snížení zhutnění půd

Zhutnění půd můžeme snížit dodržováním osevních postupů a jejich správné struktury, také pravidelným a dostatečným hnojením organickými hnojivy a vápněním. Pomůže zvolení správné mechanizace s použitím flotačních pneumatik a snížení přejezdů

po pozemcích na minimum. Účinné je užití šetrných způsobů zpracování půdy s vhodnou agregací operací, dodržování správných agrotechnických termínů a zpracování půdy při vhodném vlhkostním stavu. [1] [14] [15]

4.4.3. Ztráta organické hmoty

Organická hmota je v půdě velmi důležitá. Půdní organismy (jako jsou např. půdní bakterie, houby, prvoci) mají velmi důležitou roli. Jsou zdrojem živin, zásobárnou energie, mají vliv na zadržování vody, pufrční schopnosti a pomáhají stabilizovat půdní strukturu. Poklesem organické hmoty v půdě je negativně ovlivněna biodiverzita. Půdy s nízkou biodiverzitou jsou náchylnější ke kontaminaci a acidifikaci. Obsah organické hmoty je nižší u intenzivně obhospodařované půdy oproti půdě s přirozenou vegetací. Ke snižování biodiverzity dochází nevhodně zvolenými zemědělskými postupy, používáním pesticidů a kontaminací půd. V přírodních podmínkách dochází k navrácení půdní organické hmoty do půdy, ale na intenzivně obhospodařovaných půdách se značný podíl do půdy nevrací. Humus je důležitou zásobárnou živin, které svojí činností zpřístupňují mikroorganismy. Za účelem zvýšení jeho obsahu v půdě je nutné zajistit dostatečný přísun kvalitní organické hmoty. Kvalitní organická hmota je v půdě rychle rozkládána. Pro mineralizaci a opačný proces imobilizaci (absorpci rozložené organické hmoty mikroorganismy) hraje důležitou roli poměr C : N ve vstupních organických materiálech. V případě, že bude poměr vyšší než 30 : 1 bude převažovat proces imobilizace, při nižším poměru než 20 : 1 bude dominantním procesem mineralizace. Teplotní a vlhkostní poměry významně ovlivňují sklon k rychlé mineralizaci organické hmoty. V písčitéch půdách probíhá mineralizace s větší intenzitou oproti půdám s vyšším obsahem jílnatých částic. Nešetrné hospodaření na půdě (kde v osevních postupech převažují plodiny zanechávající nedostatečné množství posklizňových zbytků), rozorávání luk a pastvin, odvodňování pozemků nebo nevhodné zpracování půdy může mít za následek stálý úbytek půdního humusu.

Udržení půdní organické hmoty

Pro udržení dostatečného obsahu půdní organické hmoty je potřeba zajistit dostatečný přísun kvalitní organické hmoty, jako jsou organická hnojiva, komposty a posklizňové zbytky. Tím zajistíme přiměřený vstup dusíku do půdního prostředí. Vhodné je použití půdoochranných technologií zpracování půdy, které omezují zapravování posklizňových zbytků do půdy a větší množství z nich zůstává na povrchu a v povrchové

vrstvě půdy. Tento způsob zpracování půdy omezuje rozklad půdní organické hmoty, brání přehřívání půdy a udržuje její vlhkost. [1] [12][14]

4.4.4. Acidifikace a alkalizace

Acidifikaci lze definovat jako pokles kyselinové neutralizační schopnosti půdy. Acidifikace může mít za následek pokles obsahu uhličitánů, snadno zvětratelných primárních silikátů a výměnných bazických kationtů, ale také může napomoci akumulaci kationtových kyselin (Al^{3+} , Fe^{3+}) nebo síranů.

Alkalizace znamená pokles zásadové neutralizační schopnosti půdy. Projevuje se zvyšováním obsahu bazických kationtů (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+})

Acidifikace i alkalizace způsobuje změny půdní reakce. Lze je vyjádřit pomocí hodnoty pH, která je definována jako záporný dekadický logaritmus vodíkových iontů. Tato hodnota se pohybuje v rozpětí od 0 do 14. Kdy $\text{pH} < 7$ znamená kyselou reakci a při $\text{pH} > 7$ hovoříme o alkalické reakci.

Schopnost půdy neutralizovat vodíkové ionty vstupující do půdy souvisí s obsahem uhličitánů, minerálů odolných vůči zvětrávání a kvalitou půdní organické hmoty a jílových materiálů, které se podílejí na procesu neutralizace.

Acidifikace stejně i alkalizace mohou být způsobeny přirozenými nebo antropogenními půdními procesy. Přirozené procesy probíhají velice pomalu, stovky až tisíce let, a proto se může půdní biocenóza postupně přizpůsobit. Antropogenní procesy probíhají velice rychle a z tohoto důvodu působí pro půdní mikroorganismy a rostliny velký šok. Jedná se zejména o kyselou dešť, které vznikají únikem dusíku a síry z průmyslových a komunálních zdrojů do atmosféry. Další příčiny mohou být vysoké dávky kyselých dusíkatých průmyslových hnojiv, omezené používání kompostu a hnoje, vysoké zastoupení obilovin v osevním postupu.

Aplikací vápence na zemědělském či lesním pozemku můžeme záměrně vyvolat alkalizaci za účelem omezení či úplného vyrušení negativních vlivů acidifikace, v takovém případě se jedná o pozitivní alkalizaci. Pozitivní alkalizace využíváme proti rychlé acidifikaci v zemědělství zejména u plodin náročných na vápník, jako jsou vojtěška, cukrovka, fazol, zelí, ječmen, slunečnice a další. [1] [5][14][15]

4.4.5. Zasolení půd

Případy zasolení půd nejsou v ČR příliš časté, ale z hlediska celosvětového měřítka jde o velmi závažný problém. Podle českého taxonomického klasifikačního systému půd rozdělujeme zasolení do dvou tříd – Salisoly s půdním typem solončak a Natrisoly s půdním typem slanec. Podle vodivosti a pH lze zasolené půdy rozdělit do třech tříd. Salinické – jedná se o půdy ve kterých se hromadí chloridy a sírany vápníku, hořčíku, draslíku a sodíku. U těchto půd se pH pohybuje většinou pod hodnotou 8,5. Salsodické – půdy, které mají vyšší obsah neutrálních solí a současně zvýšený podíl iontů sodíku. V případě vyplavování rozpustných solí a následným zvýšením podílu výměnného sodíku dojde ke změně na půdu sodickou. Sodické půdy mají nízký obsah neutrálních rozpustných solí, současně však obsahují velké množství iontů sodíku. Hodnoty pH u těchto půd se pohybují nad 8,5 a velmi často překročí i hodnotu 10. Vysoké hodnoty pH jsou způsobeny lepší rozpustností uhličitanu sodného oproti uhličitanu vápenatému případně hořečnatému.

Zasolené půdy, které vznikly přírodními procesy se označují jako primárně zasolené půdy. Půdy, u kterých zasolení způsobil svou činností člověk se pak označují jako sekundárně zasolené půdy.

Důsledky zasolení jsou shodné pro přirozené i antropogenní procesy. Většina rostlin a dřevin vyšší obsah ve vodě rozpustných solí nesnáší, to se projevuje zejména sníženou schopností získávat vodu a živiny z půdních roztoků. Současně se zasolení projevuje změnou fyzikálních, chemických i biologických vlastností půdy, které ovlivňují růst rostlin. Antropogenní procesy jsou často způsobeny aplikací nekvalitní závlahové vody, solením vozovek nebo přílišným hnojením průmyslovými hnojivy.

Metody desalinizace půdy

Metody desalinizace půdy se liší podle typu zasolené půdy. Pokud se jedná o malou plochu solončaků (skleníky, fóliovníky, pařeniště) je možné přimíchat rašelinu, pomocí které lze půdu neutralizovat. Ve větším rozsahu nahrazujeme roztok s vysokou koncentrací roztokem s menší koncentrací. Současně ke snížení vlivu solí na rostliny přispívá aplikace organických hnojiv nebo časté zaorávání porostů vojtěšky. Slance se upravují pomocí vysokých dávek sádry a síry. Následuje promytí a oživení pomocí organických hnojiv. Po neutralizaci slance je doporučeno 1-2 roky úhor, kvůli dokonalému promíchání sádry

s půdou a zajištění vsakování atmosférických srážek. Dále se následuje osetí jetelotravní směskou, pravidelné vápnění a hnojení organickými hnojivy. [1] [5][14][15]

4.4.6. Znečištění anorganickými a organickými látkami

Kontaminace potenciálně rizikovými prvky nebo organickými polutanty je v posledních letech závažný problém. Rizikové prvky jako jsou chrom, nikl, měď, zinek, nebo mangan živé organismy ve stopovém množství potřebují, avšak jejich nadbytek je pro ně škodlivý. Tyto prvky mohou být v půdě obsaženy přirozeně nebo mohou být do půdy vnášeny antropogenně. Při hodnocení půd se pracuje s maximálními přípustnými koncentracemi rizikových prvků, při překročení této koncentrace dojde ke zvýšení negativních účinků na nepřijatelnou úroveň. Mezi organické rizikové prvky se řadí ropné látky, heterocyklické uhlovodíky a polychlorované bifenyly. Tyto látky se do půdy dostávají vulkanickou činností nebo požáry, ale hlavní příčinou je činnost člověka. Nejnebezpečnější ze zdravotního hlediska jsou polychlorované bifenyly a polycyklické aromatické uhlovodíky. [1] [5][14][15][16]

5. Pomocné půdní látky

Pomocné půdní látky jsou definované zákonem. Podle zákona č. 156/1998 Sb. ve znění od 1. 11. 2017 §2 je: „*pomocnou půdní látkou látka bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv, s výjimkou přípravků na ochranu rostlin*“.[38] Po aplikaci těchto látek nesmí účinkem přirozených procesů v půdě docházet ke změnám, které by měli za následek vnik toxických látek nebo jejich sloučenin. Lze je rozdělit podle více kritérií:

- přírodní a syntetické
- pevné a kapalné
- podle účinné látky

Přírodní jsou takové, které se volně vyskytují v přírodě a nejsou nijak dále upravovány. Patří mezi ně např. lignit a zeolit. Dále jsou to látky, které se používají ke tvorbě substrátů, jako jsou rašelina, kůra, kokosové vlákno, komposty.

Syntetické jsou průmyslově vyráběné. Jejich součástí jsou přírodní látky spojené se syntetickou složkou. Mezi syntetické lze zařadit např. Biouhel, Agroptim sunset, Akeo, Explorer 20, Neosol, Hydrogel.

Pevné přípravky jsou obvykle aplikovány rozmetadly průmyslových hnojiv (Biouhel, Akeo, Explorer 20, Neosol, Hydrogel), kapalné se často používají v postřiku spolu s pesticidy (Agroptim sunset).

Podle účinné látky se mohou rozdělit na ty, co zlepšují vlastnosti půdy (Biouhel, Explorer 20, Neosol, Hydrogel) a na ty, co zlepšují kořenový systém rostlin (Agroptim sunset, Akeo). Oba druhy mají vliv na výnos a kvalitu porostu rostlin. [32][33]

5.1. Lignit

Lignit je nejméně zuhelnatělé hnědé uhlí, které má vysoký obsah humusových látek. Na povrchu lignitu je mnoho pórů a trhlin. Díky tomu má značné sorpční schopnosti a tím zlepšuje zadržování vody a živin v půdě. Také zachycuje pesticidy, těžké kovy a jiné škodlivé látky. V ČR se vyskytuje v jižních Čechách a na jižní Moravě. [34]

5.2. Zeolit

Zeolit je vulkanický minerál. Má atomy uspořádané v pravidelné mikroporézní krystalické mřížce s dutinami propojenými kanálky. V těchto prostorách se mohou zachytávat látky všech skupenství, pokud je průměr jejich molekul menší než průměr kanálků a dutinek. Zeolit díky tomu má významné sorpční vlastnosti. To mu umožňuje zadržovat vodu, živiny a škodlivé látky. V zemědělství je často aplikován do podestýlky, kde pomáhá vázat amonné ionty, snižuje zápach a zlepšuje prostředí v chovech. Takto vzniklé hnojivo je kvalitnější, zabraňuje uvolňování dusíku do atmosféry a vyplavování živin z půdy do vodních toků. Další využití zeolitu je ve filtračních zařízeních akvárií, bazénů a jezírek. [35][36]

5.2.1. Vyhodnocení vlivu lignitu a zeolitu na pěstování trav

Účinky lignitu a zeolitu byly ověřeny při pokusu provedeném doktorkou Ľubicou Janků a kolektivem. Pokus probíhal v letech 2008-2009 v katastru obce Ratíškovice na Hodonínsku. Před výsevem byl do půdy aplikován lignit v dávce 1000 g.m⁻² a zeolit v dávce 3 l.m⁻². Byli zasety tři druhy trav – Tabrom, Finelawn a Scorpions. Na ploše, kde byl použit zeolit se zlepšila listová plocha u všech druhů trav. V případě lignitu bylo významné zlepšení pouze u odrůdy Tabrom. U obou variant byl zjištěn pokles hmotnosti kořenů v porovnání s kontrolou. Výsledky jsou patrné v tabulce 6. [32]

Tabulka 6 Sledované parametry trav po aplikaci lignitu a zeolitu

Druh	Sledované parametry	Kontrola	Lignit	Zeolit
Tabrom	Listová plocha (mm ²)	896	1582	1747
	Hmotnost kořenů (g/m ²)	203,7	139,4	156,3
Finelawn	Listová plocha (mm ²)	1732	1865	1813
	Hmotnost kořenů (g/m ²)	216,0	128,7	145,0
Scorpions	Listová plocha (mm ²)	1598	1259	1715
	Hmotnost kořenů (g/m ²)	199,3	140,0	165,1

Zdroj: [32]

5.3. Biouhel

Biouhel (na obrázku 3) je jedním z produktů tepelného rozkladu biomasy bez přístupu kyslíku. Požadovaného rozkladu je dosaženo pyrolýzou, kdy biomasu zahříváme na vysoké teploty, tím dochází ke změnám v chemickém složení. Kvůli podmínkám se sníženým obsahem kyslíku nedochází ke spalování uhlíku, proto jsou výsledné produkty syntézní plyn, bio-olej a biouhel – černá, pevná, lehká, vysoce porézní sloučenina složená převážně z uhlíku. [17]

Obrázek 3 Biouhel



Zdroj: [18]

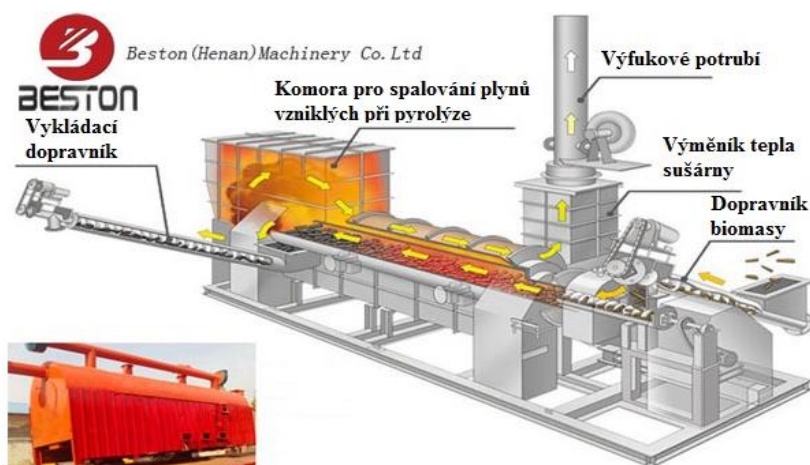
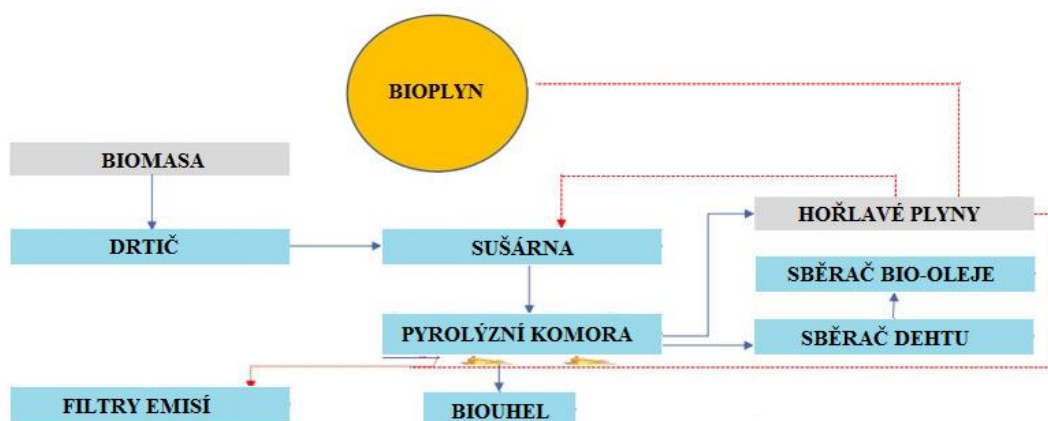
Evropská nadace pro biouhel (EBC) jej definuje jako heterogenní sloučeninu bohatou na aromatický uhlík a minerály, která není určená k rychlé mineralizaci a může být použita pro úpravu půdy. Obsah uhlíku v sušině musí být větší než 50 %, pokud ho obsahuje méně

vzniklý materiál je označován jako pyrogenický uhlíkatý materiál (z angl. Pyrogenic Carbonaceous Material – PCM). [18]

5.3.1. Výroba

Výchozím materiálem pro přípravu biouhlu je lignocelulózná biomasa, kterou tvoří převážně zemědělský a lesnický odpad, lze použít i separát z bioplynové stanice, hnůj apod. Rozdrcená biomasa je pedsušována a dopravována šnekovým dopravníkem do válce, kde probíhá pyrolýza. Při přeměně biomasy vzniká syntézní plyn, který je spalován a je použit k sušení biomasy. Současne dochází k produkci biouhlu a dehtu, ze kterého je získáván bioolej. Vše je znázorněno na obrázku 4.

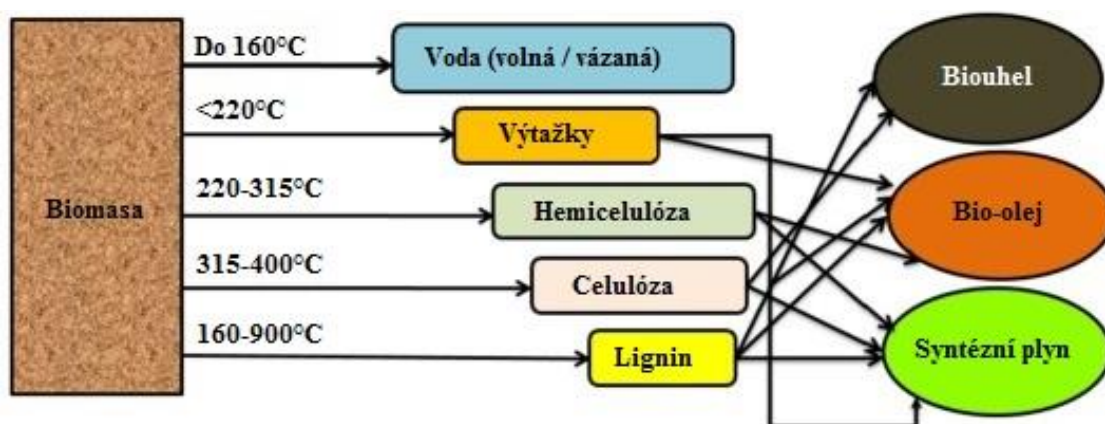
Obrázek 4 Znárodnění výroby biouhlu



Zdroj: upraveno podle <https://kingtigergroup.com/sewage-sludge-carbonization-plant/>

Různé složky lignocelulóznové biomasy pyrolyzují při různých teplotách, jak je vidět na obrázku 5. Typ použité suroviny ovlivňuje především obsah uhlíku v biouhlu, schopnost sekvestrace uhlíku a obsah popela.

Obrázek 5 Teplota pyrolýzy různých složek biomasy a výsledné produkty



Zdroj: <https://www-sciencedirect-com.infozdroje.czu.cz/science/article/pii/S0959652620303140#bib68>

Podle teploty procesu lze rozdělit na pomalou, rychlou, bleskovou pyrolýzu a pyrolytické zplynování. Pro výrobu biouhlu volíme pomalou pyrolýzu pro největší výtěžek, při použití jiné pyrolýzy vzniká biouhel pouze jako vedlejší produkt, jak je vidět v tabulce 7.

Tabulka 7 Různé druhy pyrolýzy, její podmínky a cílový produkt

Proces pyrolýzy	Teplota (ve °C)	Rychlost ohřevu (ve °C/min)	Prostředí	Čas	Cílový produkt
Pomalá pyrolýza	350-700	2-7	Bez O ₂ nebo omezené množství	Hodiny-dny	Biouhel
Rychlá pyrolýza	400-600	> 300	Bez O ₂	Sekundy	Bio-olej
Blesková pyrolýza	750-1000	> 1000	Bez O ₂	Sekundy	Bio-olej
Pyrolytické zplynování	800-1600	-	Bez O ₂ nebo omezené množství	Sekundy-minuty	Syntézní plyn

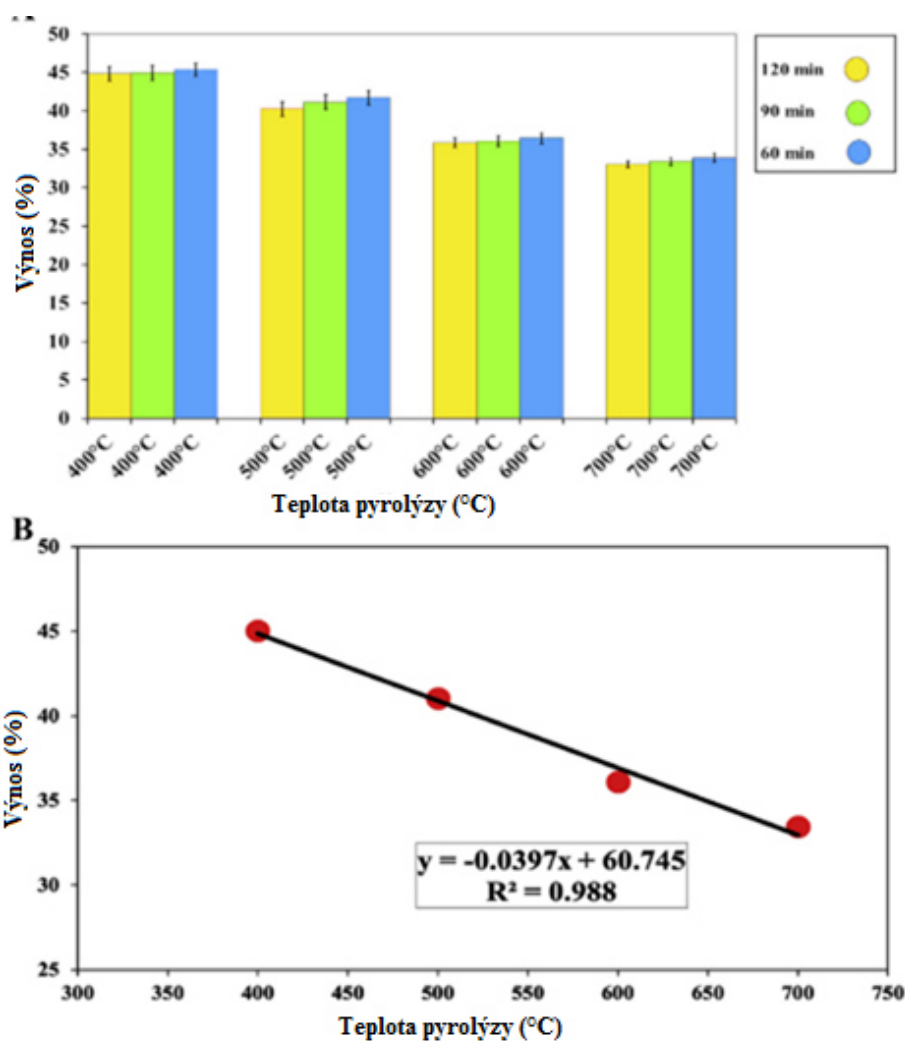
Zdroj: [17]

Výtěžnost biouhlu a jeho fyzikálně-chemické vlastnosti, jako je plocha povrchu, velikost pórů, obsah uhlíku, závisí především na podmínkách procesu pyrolýzy a surovině použité pro jeho výrobu. Tyto parametry značně ovlivňují konečnou strukturu uhlu v důsledku uvolňování těkavých látek během procesu pyrolýzy. Struktura uhlu a související

fyzikálně-chemické vlastnosti hrají zásadní roli při interakci uhlí s enzymy během procesu imobilizace. [17] [19][20]

Podmínky pyrolýzy jako jsou teplota, rychlost zahřívání a doba trvání procesu mají zásadní vliv na výtěžek a vlastnosti biouhlu. Výnos biouhlu klesá s rostoucí teplotou, avšak povrchová plocha a obsah uhlíku roste. Při zvýšení rychlosti zahřívání dochází k sekundárním pyrolytickým reakcím, které mají za následek snížení výnosu biouhlu. Kdežto při nižší rychlosti zahřívání nedochází k sekundární pyrolýze a dochází k vyššímu zisku biouhlu. Vysoká rychlost zahřívání podporuje rychlé odpařování a zvyšuje pórovitost, zatímco pomalejší zahřívání ($< 10 \text{ }^\circ\text{C/min}$) podporuje tvorbu stabilní matrice po rozkladu, která brání uvolňování těkavých sloučenin. Doba procesu je spojena s rychlostí zahřívání a teplotou pyrolýzy. Při stejné teplotě pyrolýzy se výtěžek zvyšuje se snižující se dobou pyrolýzy, jak je vidět na obrázku 6. V případě pomalé pyrolýzy a delší době se zvýší výnos biouhlu, protože pomáhá při repolymeraci složek uhlí. Při jedné teplotě a zvyšování doby pyrolýzy se obsah těkavých látek snižuje a zároveň stálý obsah uhlíku se zvyšuje. [21][22]

Obrázek 6 Vliv teploty a doby pyrolýzy na produkci biouhlu



Zdroj: [21]

5.3.2. Vyhodnocení vlivu biouhlu na půdu a rostliny

Uhlík v biouhlu může být rozdělen na relativně stabilní, labilní nebo snadno vyluhovatelný a popel. Chemická stabilita frakcí biouhlu znamená, že mikroorganismy nebudou schopny snadno využívat uhlík nebo dusík (případně další živiny obsažené v biouhlu), jako zdroj energie. Avšak frakce mohou být vyluhovány a následně mineralizovány. Mají stimulační účinek na mikrobiální aktivitu a zvyšují úrodnost. V závislosti na výchozí surovině, ze které je biouhel vyroben může mít výsledné hodnoty pH značně rozdílné. Výsledné hodnoty pH se mohou pohybovat od hodnot nižších než 4, ale mohou i překročit hodnotu 12. Velké rozdíly v hodnotě pH jsou i u biouhlu vyrobeného ze

stejně vstupní suroviny. Hodnoty pH rostou s rostoucím množstvím popela a s větší teplotou pyrolýzy. Rozdíly jsou patrné v tabulce 8. [23]

Tabulka 8 Vlastnosti biouhlu v závislosti na produktu a teplotě pyrolýzy

Výchozí produkt	Teplota (°C)	pH (KCl)	pH (H ₂ O)	Uhlík (%)	Popel (%)
Dubové dřevo	350	5,18	4,80	74,9	1,1
	600	7,90	6,38	87,5	1,3
Kukuřičné stonky	350	9,39	9,39	60,4	11,4
	600	9,42	9,42	70,6	16,7
Drůbeží podestýlka	350	9,65	9,65	29,3	51,2
	600	10,33	10,33	23,6	55,8

Zdroj: [22]

Rozdíl struktury mezi biouhlem a půdami vede ke změně tahového odporu půdy, hydrodynamiky a transportu plynů ve směsi půda-biouhel. Tyto účinky budou mít zásadní vliv na půdní biotu. Míra těchto účinků bude záviset na podmínkách výroby a surovině, ze které je biouhel vyroben. Pokud je pevnost v tahu biouhlu menší než pevnost v půdách (např. u půd bohatých na jíly), přidání biouhlu může snížit tahový odpor půdy. Snížení tahového odporu může umožnit snadnější klíčení semen, usnadnit zvýšený růst kořenů a také může mikroorganismům usnadnit pohyb v půdě. Aplikace biouhlu může také snížit objemovou hustotu půdy. K tomu dochází proto, že hustota biouhlu je mnohem nižší než hustota půdy a biouhel obsahuje makro póry a mikro póry, které mohou zadržovat vzduch nebo vodu, což výrazně snižuje objemovou hustotu celého biouhlu. U biouhlu na rozdíl od jiných organických látek zůstávají v půdě částice po dlouhou dobu, i když se velikost částic může s přibývajícím časem snižovat. Částice uhlíku mají velké vnitřní povrchové plochy a póry, které jsou důležité pro biologické procesy. Tyto částice poskytují funkce, jako je ochrana organické hmoty, stanoviště pro půdní biotu nebo zadržování půdní vlhkosti a živin. Povrchová plocha a objem pórů se mohou při kontaktu s půdou snížit ucpáním pórů. Aplikací dochází ke zvýšení podílu kořenů v půdách upravených biouhlem bez přidavku hnojiv nebo s nízkým obsahem hnojiv, ale při použití velkého množství živin nedošlo k významnému zvýšení. Tento účinek závisí na typu aplikovaného hnojiva. Přidáním hnojiv s vysokým obsahem dusíku nepotřebuje rostlina biologickou fixaci dusíku, naopak při

nedostatku dusíku z hnojiv je rostlina nucena zvýšit objem kořenů a více využívat biologické fixace dusíku. Bakteriální rozmanitost je vyšší v půdách Terra preta, které jsou bohaté na uhly ve srovnání s nemodifikovanými půdami. Složení bakteriální komunity v půdách s vysokým obsahem uhlíku nebo biouhlu se významně liší od složení v nemodifikovaných půdách se stejnou mineralogií. [23] [24]

Mikrobiální komunita může vykazovat značné reakce na přidání biouhlu. Větší množství mikrobů může vést k větší mineralizaci nebo oxidaci samotného biouhlu. Pro mineralizaci nepyrolyzovaného organického uhlíku, který je obvykle stimulován větší mikrobiální biomasou. Zvýšení živin a uhlíku, je důsledkem přidání biouhlu do půdy a účinek na mineralizaci biouhlu závisí obsahu živin v aplikovaném biouhlu a na množství anorganických živin dostupných z půdy.

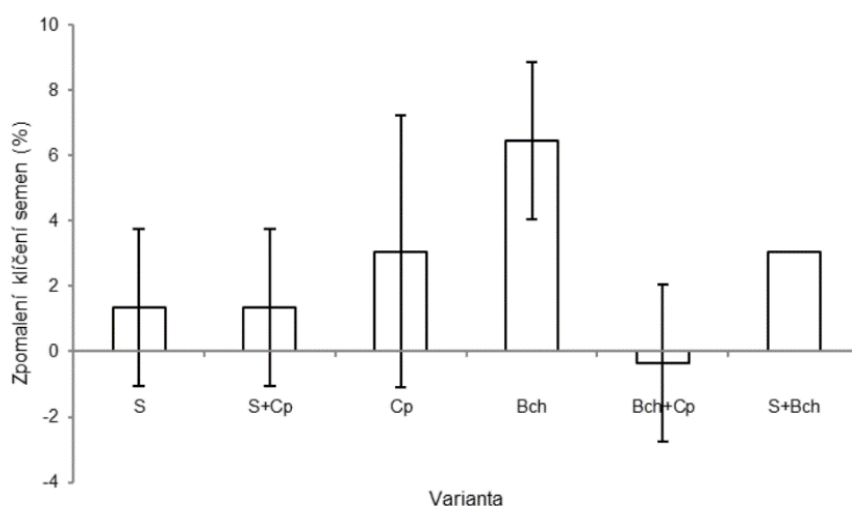
Biouhel může mít významný vliv na mikrobiálně zprostředkovanou přeměnu živin v půdě. Přidávky biouhlu do zemědělských a travních půd neprokázaly žádné změny nebo dokonce pokles čisté mineralizace dusíku. Větší mikrobiální biomasa pozorovaná s přidáváním biouhlu jistě přispěje k oběma účinkům. Prorůstání jemných kořenů a vlasových kořenů do pórů biouhlu stimuluje produkci organických mineralizujících enzymů dusíku a fosforu.

Půdní živočichové jsou součástí fungálních a bakteriálních energetických toků v půdní potravinové síti a mohou poskytovat kontrolu, která je důležitá pro pochopení mikrobiálních odpovědí na přidání biouhlu. Půdní organismy, jako jsou žížaly, by mohly být důležitými modifikátory mikrobiálních účinků na biouhel, mohly by modifikovat samotný biouhel, nebo by mohly být prostředkem přenosu biouhlu v půdním profilu. Žížaly požívají částice biouhlu. Žížaly mohou materiál rozmělnit a smíchat do půdy a dávají přednost půdě s biouhlem před samotnou půdou. Není jasné, co žížaly získají požitím biouhlu. Biouhel může sloužit k mletí organických látek v jejich žaludku podobně jako písek. Geofágní žížaly se mohou živit mikroby a mikrobiálními metabolity, které jsou hojnější na povrchu biouhlu. Bez ohledu na výhody pro žížaly jsou žížaly zodpovědné za vertikální míchání biouhlu v půdním profilu. V případě přidání biouhlu spolu se žížalami do půdy, se zvýšila koncentrace anorganického dusíku ve větší míře, než kdyby byly přidány samotné žížaly nebo biouhel. Současně se růst a výnos plodin nejvíce zlepšoval, pokud byly společně použity žížaly a biouhel. [23] [25]

Biouhly stimulují a zlepšují růst kořenů. Kořeny mohou dokonce prorůst do pórů biouhlů. Po aplikaci dochází ke zvýšení kořenové délky, množství kořenů a růstu nových kořenů. Biouhel, který má schopnosti zlepšující chemické a fyzikální vlastnosti dané půdy, jako je dostupnost živin nebo vody, pH nebo provzdušňování, pravděpodobně zlepší růst kořenů. Po přidání biouhlu se zvýšila nejen biomasa kořenů a výhonků, ale také se zvýšil poměr výhonků a kořenů. Zvýšení poměru výhonků a kořenů může naznačovat zlepšení zásobování zdroji, které vyžaduje méně kořenů pro udržení stejné produkce nadzemní biomasy. Naopak nižší poměr výhonků a kořenů při nižší rychlosti růstu, naznačuje nižší přísun zdrojů. Biouhel může mít zásadní účinky na vlastnosti půdy, a proto bude mít důležitou roli v růstu a vývoji kořenů. [23][26]

Doktor Jakub Elbl a kolektiv provedl pokus, jak působí biouhel na klíčení semen. Byly připraveny varianty: půda (S), biouhel (Bch), kompost (Cp), půda + kompost (50:3), půda + biouhel (10:1) a biouhel + kompost (1:1). Vzorek půdy byl odebrán v obci Banín a vzorek kompostu v kompostárně Brno. Biouhel byl přesát přes síto o velikosti oka 2 mm. Sledovaná plodina byla řeřicha setá. Z výsledků vyplývá, že biouhel samotný měl největší zpomalení klíčivosti. Oproti tomu směs biouhlu s kompostem měla klíčivost nejlepší, což je patrné na obrázku 7. [37]

Obrázek 7 Zpomalení klíčení semen



Zdroj: [37]

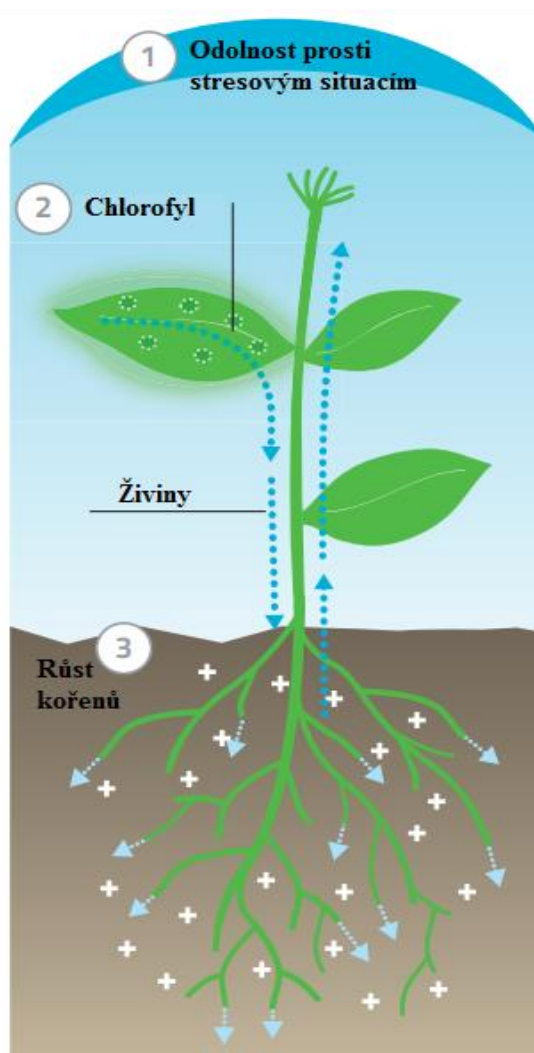
5.4. Přehled používaných produktů PRP Technologies v ČR

Francouzská společnost PRP Technologies se zabývá výrobou a prodejem pomocných látek. Produkty této společnosti jsou biostimulanty, pomocné půdní látky a látky pro hospodářská zvířata. Tato práce je zaměřena pouze na pomocné půdní látky registrované v ČR, mezi které látky pro hospodářská zvířata nepatří.[27]

5.4.1. Agroptim sunset

Jedná se o stimulant obsahující minerály (draslík, hořčík a sodík), který se aplikuje na listy. Jeho složení působí pozitivně na rostliny a stimuluje jejich vlastnosti. Pomáhá snižovat následky stresových situací, zlepšuje schopnost rostliny provádět fotosyntézu a přispívá k většímu růstu kořenů a rostlinných tkání (na obrázku 8). Tím napomáhá ke

Obrázek 8 Vliv přípravku na rostliny



Zdroj: [27]

zvýšení výnosů. Aplikace je vhodná v klíčové fázi růstu – během tvorby plodů nebo hlíz. Postřiková jícha je tvořena 2-4 litry přípravku přimíchaných do 100-400 litrů vody na hektar ošetřovaného pozemku. Aplikace probíhá pomocí postřikovačů. Možná je současná aplikace spolu s pesticidy nebo kapalnými hnojivy během jednoho ošetření rostlin, tím omezíme počet přejezdů a zamezíme utužování půdy. [27]

5.4.2. Akeo

Akeo je pomocný půdní přípravek, který obsahuje vápenec, hořčík, organické látky, rostlinné pojivo a patentovaný soubor mikroelementů (železo, měď, zinek, mangan, bór). Přípravek je ve formě granulí aplikován rozmetadly průmyslových hnojiv. Doporučuje se aplikovat ve směsi s hnojivy v podílu 30-50 % objemu hnojiv pomocí rozmetadla průmyslových hnojiv před setím. Tím je zajištěna mimořádně účinná výživa rostlin během jedné aplikace. Možná je i aplikace pod seťové lůžko při setí nebo rozhoz na trvalé porosty. Přípravek stimuluje půdní mikroflóru, zlepšuje rozpouštění a využívání minerálů, zvyšuje množství kořenů. Zlepšuje účinnost hnojiv a zvyšuje množství produkované biomasy. [27]

5.4.3. Explorer 20

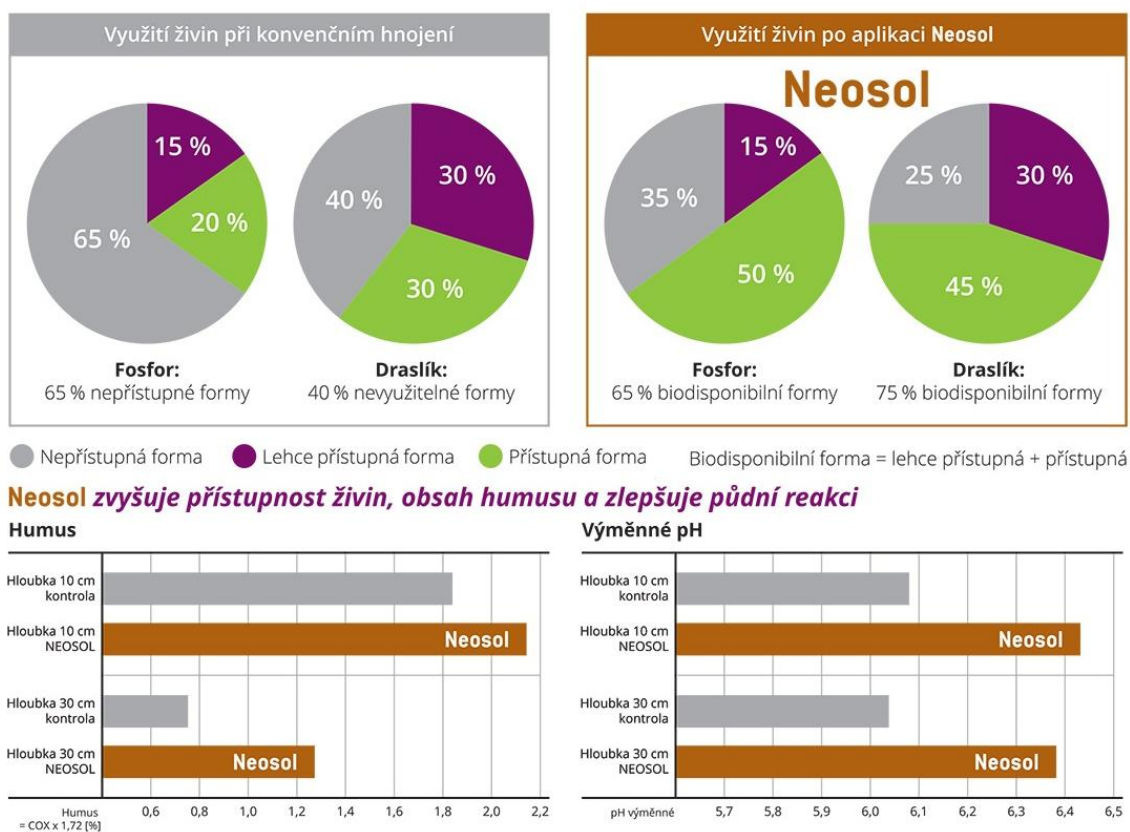
Přípravek slouží ke stimulaci rhizosféry. Jedná se o granule obsahující organické látky, vápenec, hořčík, síru a stopové množství dusíku, fosforu, chloru a železa. Granule jsou aplikovány pomocí rozmetadla průmyslových hnojiv podle druhu plodiny a stavu půdy v dávce 100-400 kg.ha⁻¹. Další možnost je aplikace při setí, kde se aplikuje pod seťové lůžko. Výhodnější je aplikace pod seťové lůžko, která poskytne snazší přístup kořenů k pomocné látce. Umožňuje efektivní vývoj a větší množství kořenů, tím snižuje náchylnost k suchu a zvyšuje odolnost vůči klimatickým stresům. Napomáhá mineralizaci zvyšováním aktivity enzymů. Dodává živiny do půdní mikroflóry, usnadňuje vstřebávání dusíku a vylepšuje přístup k půdní vodě. Zvyšuje pufrční účinek půdního roztoku. V důsledku těchto benefitů dochází ke zvýšení výnosů a kvality rostlin. [27]

5.4.4. Neosol

Neosol je pomocná půdní látka ve formě granulí, které jsou složeny z vápence, hořčíku a organických látek. Aplikuje se pomocí rozmetadel minerálních hnojiv v ideálním případě na strniště po sklizni obilovin, kukuřice, řepky a ostatních rostlin zanechávající rostlinné zbytky. Lze aplikovat i pod seťové lůžko při setí, pokud není možné aplikovat na strniště. Je možné i použití na trvalých travních porostech. Množství použitého přípravku je

závislé na stavu půdy a druhu plodiny. Doporučená dávka je od 100 do 350 kg přípravku na hektar, kdy vyšší dávky jsou doporučeny na trvalé porosty. Pro dosažení lepších výsledků je vhodné aplikovat přípravek pravidelně. Přípravek zvyšuje aktivitu enzymů, zvyšuje přístupnost živin (na obrázku 9), zlepšuje půdní mikroflóru a napomáhá rozkladu organických látek. Výsledný účinek je udržování organické hmoty v půdě, zvýšení infiltrace a retence vody, zlepšení půdní struktury, zvýšení pórovitosti a snížení náchylnosti k erozi. Rostliny po aplikaci přípravku snadněji zakoření a mají objemnější kořenový systém. Lepší kořenový systém umožňuje lepší přístup k živinám, a proto rostliny lépe rostou a mají větší výnos. [27][28]

Obrázek 9 Vliv Neosolu na půdu



Zdroj: [28]

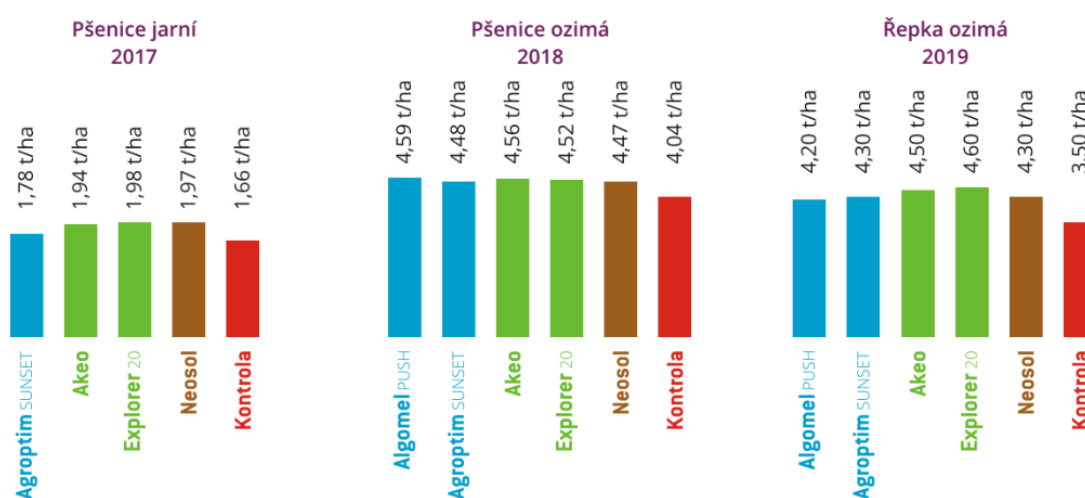
Vyhodnocení vlivu na půdu a rostliny

Společnost Olmix Group testuje produkty v dlouhodobých projektech ve spolupráci s výzkumnými ústavami a univerzitami v České republice, na Slovensku, v Maďarsku i ostatních zemích EU.

Pokus byl založený Ing. Ivanou Šindelkovou v roce 2016 na statku v Litobratřicích a bude prováděn až do roku 2022. Prozatímní výsledky odhalují zlepšení retenčních vlastností půdy při použití produktu Neosol. V roce 2017 bylo zadrženo o 10,9 mm více vody v půdním profilu. Na ploše 1 hektaru to představuje 109 000 litrů vody a současně byl výnos o 18,7 % lepší oproti kontrole. V následujícím roce bylo opět pozorováno zlepšení retenční schopnosti. Toto zlepšení na ploše 1 hektaru představovalo zadržení o 281 580 litrů vody navíc a výnos se zlepšil o 11 % oproti kontrole. Na kontrolním pozemku bylo během roku pozorováno zhoršování půdní struktury a utužování půdy. V roce 2019 na pozemku, kde byl aplikován neosol dokázali rostliny řepky ozimé prokořenit až do hloubky 70 cm, rostliny díky tomu měli lepší přístup k živinám a vodě. Lepší růst kořenů měl za následek zvýšení výnosu o 23 % oproti kontrole. Retenční kapacita se i tento rok zlepšila na pozemcích Neosolu a to o 344 240 litrů na 1 hektar oproti kontrole. Půdní struktura a utužení půdy se na pozemku kontroly opětovně zhoršily. To mělo za následek snížení schopnosti infiltrace pozorovatelné při přívalových deštích. Naopak v letním období sucha neměla půda dostatečnou kapacitu vody. Tyto stresové situace měly na rostliny pěstované na kontrolním poli podstatný vliv na výnos.

Na obrázku 10 je znázorněno porovnání výnosů i s ostatními produkty, pro které byly prováděny testy. Výsledky vznikly za částečné podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO1719. [28] [29]

Obrázek 10 Porovnání výnosů pomocných půdních látek



Zdroj: [28]

5.5. Hydrogel

První verzi Hydrogelu vyrobili v německém Krefeldu v osmdesátých letech. Jedná se o ekologický produkt, který je tvořen uhličitanem draselným. Dostupný je jako prášek (velikost zrn 0,2-0,8 mm), který je vhodný spíše do květináčů a truhlíků. Druhou možností je forma krystalů (velikost zrn 0,8-2,0 mm), ta se používá na polích, zahradách, sklenících, ale i při výsadbě stromů. Hydrogel dokáže zadržet velké množství vody (jeden kg zadrží až 250 litrů vody) a pomalu jej v případě potřeby uvolňovat rostlinám. Po nasáknutí vody vytvoří gel – na obrázku 11. Nemění hodnotu pH a po 7-8 letech účinkování v půdě se zcela rozloží. Podporuje růst mikroorganismů, které po odumření vytvoří humus. Zlepšuje strukturu půdy, infiltraci (tím odolnost vůči erozi), efektivitu zavlažování, snižuje utužení půdy a zvyšuje výnos. Aplikace v zemědělství je rozmetadlem minerálních hnojiv v doporučené dávce 100 kg na hektar. Pro výsadbu sazenic je přípravek smíchán se zeminou v dávce 3-4 g pro každou rostlinu. Další možností je vytvoření roztoku (200 g přípravku rozmíchaných v 10 litrech vody), který nalijeme v množství 0,5 litru ke kořenům každé sazenice, zasypeme zemí a zalijeme. [30]

Obrázek 11 Hydrogel po nasáknutí vodou



Zdroj: <http://www.hydrogel.cz/page13.html>

5.5.1. Zhodnocení vlivu Hydrogelu na výnos máku

Z pokusů probíhajících od roku 2015 do roku 2017 (tabulka 9) je vidět, že Hydrogel v některých případech značně zvyšuje výnos oproti kontrole (pozorovatelné na výnosu v Troubsku v roce 2016). Ovšem je i patrné, že mnohdy se výnos znatelně snížil (například v Lešanech při sklizni v roce 2016). Proto nelze s jistotou říct, že aplikace Hydrogelu má čistě pozitivní či negativní vliv na výnos při pěstování máku.[31]

Tabulka 9 Vliv Hydrogelu na výnos máku

Rok	Místo	Výnos [t/ha]		Relativní % výnosu	
		Kontrola	Hydrogel 25 kg/ha	Kontrola	Hydrogel 25 kg/ha
2015	Opava	1,81	1,78	100	98,9
2016	Opava	1,70	1,73	100	101,6
	Troubsko	0,26	0,5	100	191,9
	Lešany	0,65	0,51	100	78,6
	Lukavec	0,96	0,97	100	101,1
	Šumperk	1,59	1,87	100	117,6
	Červený Újezd	1,52	1,65	100	109,0
2017	Opava	1,22	1,20	100	98,2
	Troubsko	0,36	0,46	100	129,2
	Lešany	0,50	0,44	100	87,8
	Šumperk	0,99	0,81	100	82,1
	Červený Újezd	0,75	0,68	100	90,0

Zdroj: [31]

6. Závěr

Práce je zpracována ve formě literární rešerše. V první části je zdůrazněn význam půdy. Ta hraje zásadní roli ve stabilitě ekosystémů. Pro člověka je důležitá jako základní medium pro růst rostlin a také jako zásobárna vody. Jsou zde popsány půdní druhy a typy s uvedením jejich výskytu na území ČR, podrobněji jsou popsány nejdůležitější vlastnosti. V dnešní době je největší problém její struktura. Půda je často utužována těžkou mechanizací, čímž jsou její vlastnosti negativně ovlivněny. V závěru této problematiky jsou zařazeny časté druhy degradace. Nejčastější degradace je vodní eroze, při které půda přichází o svoji nejurodnější část. S tímto souvisí hlavní téma, kterému se autor věnoval. Jsou to pomocné půdní látky. V práci jsou uvedeny některé látky, které pomáhají zlepšit její strukturu, a především její infiltraci a retenci. Jsou zde uvedeny pokusy, které ukazují pozitivní vliv na fyzikální vlastnosti půdy. Nelze to však jednoznačně říct po krátkodobém zkoumání. Pokusy je nutné provádět v dlouhodobém horizontu a potvrdit pozitivní výsledky aplikace. Důležitá je pravidelná aplikace organických látek (např. kompost, statková hnojiva, zelená hnojiva) do půdy.

Zajímavý výsledek pokusu byl při použití zeolitu. U všech zkoumaných druhů trav se zvýšila listová plocha, ale hmotnost kořenů se snížila. Z toho vyplývá, že rostliny měly i tak dostatek živin k většímu růstu. Při zkoumání klíčivosti semen řeřichy seté se jako nejlepší ukázalo použití biouhlu s kompostem. Nejpomaleji řeřicha klíčila v čistém biouhlu. Další pokus dokázal pozitivní přínos Neosolu. Po jeho aplikaci do půdy bylo změřeno větší množství zadržené vody. Bylo zjištěno, že kořeny rostliny řepky prokořenily až do hloubky 70 cm a výnos se zvýšil o 23 % oproti kontrolní variantě. Při zkoumání vlivu hydrogelu na výnos máku se nepodařilo jednoznačně potvrdit jeho příznivé účinky. Na polovině zkušebních pozemků byly hodnoty výnosů vyšší, na druhé bylo zaznamenáno snížení.

Jako vhodný způsob nakládání s odpady ze zemědělské a lesnické činnosti autor doporučuje jejich přeměnu na biouhel oproti spalování ve spalovnách. Ten je možné následně uložit do půdy, kde jsou využity jeho pozitivní vlastnosti. Po přidání této pomocné látky zajistíme uložení uhlíku v ní obsažené na dlouhou dobu. Oproti tomu v případě spalování dochází k jeho opětovnému uvolnění do atmosféry. Lze tedy výrobu a používání biouhlu v zemědělství považovat jako CO₂ neutrální případně i negativní proces.

Pro udržení intenzity zemědělské výroby, je nutné začít hledat řešení, jak půdu chránit. Pokud další pokusy s pomocnými půdními látkami budou vykazovat pozitivní vliv na vlastnosti půdy a rostliny, bude to jistě vhodné řešení. Bylo by dobré je začít používat v každém zemědělském i lesnickém podniku a tím zlepšovat kvalitu půdy, která se určitě odrazí na lepších výnosech.

7. Seznam použitých zdrojů

- [1] ŠARAPATKA, Bořivoj. Pedologie a ochrana půdy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. Odborná publikace. ISBN 978-80-244-3736-1.
- [2] VOLTR, Václav. Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. Praha: Ústav zemědělské ekonomiky a informací, c2011. ISBN 978-80-86671-86-4.
- [3] HOLUBÍK, Ondřej. Postupy udržitelného hospodaření na zemědělské půdě s cílem optimalizace obsahu organických složek. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2015. 16 s.
- [4] VLČEK, Vítězslav. Kvalita a zdraví půdy. Vydání: první. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 978-80-7509-215-1.
- [5] NĚMEČEK, Jan. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2001. ISBN 80-238-8061-6..
- [6] JANDÁK, Jiří. Cvičení z půdoznalství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-733-2.
- [7] TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. 2. vyd. Praha: Český geologický ústav, 2000. 67 s. ISBN 80-7075-403-6.
- [8] POKORNÝ, Eduard a Bořivoj ŠARAPATKA. Půdoznalství pro ekozemědělce. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2003. ISBN 80-7084-295-4.
- [9] HAUPTMAN, Ivo et al. Půda v České republice. Praha: Pro Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-4-0.
- [10] VOPRAVIL, Jan. Půda a její hodnocení v ČR. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2011. ISBN 978-80-87361-02-3.
- [11] POLÁKOVÁ, Šárka. *BAZÁLNÍ MONITORING ZEMĚDĚLSKÝCH PŮD* [online]. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně, 2010. Dostupné

- z: http://eagri.cz/public/web/file/242589/BMP_92_07_1cast.pdf [cit. 2020-03-17]
- [12] KUMHÁLA, František. Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7..
- [13] TITI, Adel El. Soil tillage in agroecosystems. Boca Raton: CRC, 2003. Advances in agroecology. ISBN 978-0849312281.
- [14] SÁŇKA, Milan a Jan MATERNA. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. *Planeta*. 2004. ISSN 1213-3393.
- [15] ŠARAPATKA, Bořivoj, Pavel DLAPA a Zoltán BEDRNA. Kvalita a degradace půdy. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0584-9.
- [16] NĚMEČEK, Jan, Radim VÁCHA a Eliška PODLEŠÁKOVÁ. Hodnocení kontaminace půd v ČR. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2010. ISBN 978-80-87361-16-0.
- [17] PANDEY, Deepshikha, Achlesh DAVEREY a Kusum ARUNACHALAM. *Biochar: Production, properties and emerging role as a support for enzyme immobilization* [online]. B.m.: Elsevier Ltd. 10. květen 2020. ISSN 09596526. [cit. 2020-03-13] Dostupné z: [doi:10.1016/j.jclepro.2020.120267](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120267)
- [18] EBC (2012) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' European Biochar Foundation (EBC), [online], Arbaz, Switzerland. <http://www.europeanbiochar.org/en/download>. Version 8.3E of 1st September 2019, [cit. 2020-03-13] DOI: 10.13140/RG.2.1.4658.7043
- [19] ZHAO, Ling, Xinde CAO, Ondřej MAŠEK a Andrew ZIMMERMAN. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. *Journal of Hazardous Materials* [online]. 2013, **256–257**, 1–9. ISSN 03043894. [cit. 2020-03-13] Dostupné z: [doi:10.1016/j.jhazmat.2013.04.015](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.04.015)
- [20] PARK, Hyun Ju, Young Kwon PARK a Joo Sik KIM. Influence of reaction conditions and the char separation system on the production of bio-oil from radiata pine sawdust by fast pyrolysis. *Fuel Processing Technology* [online]. 2008, **89**(8), 797–802. ISSN 03783820. [cit. 2020-03-15] Dostupné z: [doi:10.1016/j.fuproc.2008.01.003](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2008.01.003)

- [21] CHANDRA, Subhash a Jayanta BHATTACHARYA. Influence of temperature and duration of pyrolysis on the property heterogeneity of rice straw biochar and optimization of pyrolysis conditions for its application in soils. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2019, **215**, 1123–1139. ISSN 09596526. [cit. 2020-03-10] Dostupné z: doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.079
- [22] VARMA, Anil Kumar, Lokendra Singh THAKUR, Ravi SHANKAR a Prasenjit MONDAL. Pyrolysis of wood sawdust: Effects of process parameters on products yield and characterization of products. *Waste Management* [online]. 2019, **89**, 224–235. ISSN 18792456. [cit. 2020-03-25] Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2019.04.016
- [23] LEHMANN, Johannes, Matthias C. RILLIG, Janice THIES, Caroline A. MASIELLO, William C. HOCKADAY a David CROWLEY. Biochar effects on soil biota. *Soil Biology and Biochemistry* [online]. 2011, **43**(9), 1812–1836. ISSN 00380717. [cit. 2020-03-25] Dostupné z: doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022
- [24] SPOKAS, K. A., W. C. KOSKINEN, J. M. BAKER a D. C. REICOSKY. Impacts of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in a Minnesota soil. *Chemosphere* [online]. 2009, **77**(4), 574–581. ISSN 00456535. [cit. 2020-03-26] Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2009.06.053
- [25] KILLHAM, K. A physiological determination of the impact of environmental stress on the activity of microbial biomass. *Environmental Pollution. Series A, Ecological and Biological* [online]. 1985, **38**(3), 283–294. ISSN 01431471. [cit. 2020-03-27] Dostupné z: doi:10.1016/0143-1471(85)90133-3
- [26] WEATHERHEAD, M.A., J. BURDON a G.G. HENSHAW. Some effects of activated charcoal as an additive to plant tissue culture media. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie* [online]. 1978, **89**(2), 141–147. ISSN 0044328X. [cit. 2020-03-27] Dostupné z: doi:10.1016/s0044-328x(78)80054-3
- [27] *Firemní literatura společnosti PRP Technologies* [online]. [cit. 2020-03-30] Dostupné z: <http://www.prp-technologies.eu/en>
- [28] *Firemní literatura společnosti Olmix Group* [online]. [cit. 2020-03-30] Dostupné

z: <https://www.olmix.cz>

- [29] ŠINDELKOVÁ, Ivana. Půda - základ efektivní produkce i kvality - Články - Agromanuál.cz. *agromanual* [online]. 2019 [cit. 2020-03-30]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/puda-zaklad-efektivni-produkce-i-kvality>
- [30] *Firemní literatura společnosti Hydrogel* [online]. [cit. 2020-03-30] Dostupné z: <http://www.hydrogel.cz>
- [31] HAVEL, JIŘÍ, a kol. Stimulace vzcházivosti máku. *Agromanuál* [online]. 2020. [cit. 2020-03-30] Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/vyziva-a-stimulace/stimulace/stimulace-vzchazivosti-maku>
- [32] JANKŮ, L., STRAKOVÁ, M., STRAKA, J., JANDLOVÁ I., KADLECOVÁ, E., BUBNIAK, M., MARŠÁLKOVÁ, L. 2010. *Vliv pomocných půdních látek na velikost listové plochy a kořenový systém u vybraných travních druhů*. Úroda, 12, vědecká příloha, s. 709-712. ISSN 0139-6013
- [33] Richter, R. – Hlušek, J. – Tesařová, M.: 2005: *Pomocné látky ovlivňující biologickou složku půdy*. Úroda, ISSN 0139-6013
- [34] MIKULÁŠOVÁ, Barbora. LIGNIT - STRUKTURA, VLASTNOSTI A POUŽITÍ [online]. [cit. 2020-04-04] Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_03_160-168.pdf
- [35] Zeolit v zemědělství [online]. [cit. 2020-04-04] Dostupné z: <http://www.zeopol.com/zeolity/aplikace-pro-zemedelstvi.htm>
- [36] Zeolit pro zemědělské použití [online]. [cit. 2020-04-04] Dostupné z: <http://kamenzeolit.cz/zeolit-pro-zemedelske-uziti>
- [37] ELBL, Jakub. a kol. ROZDÍLNÉ VLASTNOSTI BIOUHLU, ORNÉ PŮDY A KOMPOSTU [online]. [cit. 2020-04-04] Dostupné z: https://www.veronica.cz/soubory/Biouhel%202013/3_ELBL.pdf
- [38] ČESKO. Zákon č. 156 ze dne 12. června 1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém

zkoušení zemědělských půd: zákon o hnojivech. In: Sbírka zákonů České republiky.

1998, částka 54, číslo 156, s. 6709-6715.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1	Infiltrace vody v různých půdách.....	3
Obrázek 2	Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd.....	5
Obrázek 3	Biouhel	17
Obrázek 4	Znázornění výroby biouhlu	18
Obrázek 5	Teplota pyrolýzy různých složek biomasy a výsledné produkty	19
Obrázek 6	Vliv teploty a doby pyrolýzy na produkci biouhlu	21
Obrázek 7	Zpomalení klíčení semen	24
Obrázek 8	Vliv přípravku na rostliny	25
Obrázek 9	Vliv Neosolu na půdu.....	27
Obrázek 10	Porovnání výnosů pomocných půdních látek	28
Obrázek 11	Hydrogel po nasáknutí vodou	29

9. Seznam tabulek

Tabulka 1	Kopeckého klasifikace půdních druhů	4
Tabulka 2	Novákova klasifikace půdních druhů	4
Tabulka 3	Rozdělení půdy podle hloubky	7
Tabulka 4	Hodnoty pórovitosti typické pro různé druhy půdy.....	8
Tabulka 5	Kritéria pro hodnocení půdní reakce	9
Tabulka 6	Sledované parametry trav po aplikaci lignitu a zeolitu	17
Tabulka 7	Různé druhy pyrolýzy, její podmínky a cílový produkt.....	19
Tabulka 8	Vlastnosti biouhlu v závislosti na produktu a teplotě pyrolýzy.....	22
Tabulka 9	Vliv Hydrogelu na výnos máku.....	30