

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



DIPLOMOVÁ PRÁCE

PRAHA 2016

JOSEF BLAHA

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra využití strojů

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**VLIV APLIKACE PŘÍPRAVKŮ PRO
ZLEPŠENÍ VITÁLNÍCH FUNKCÍ
PŮDY NA VYBRANÉ PŮDNÍ
VLASTNOSTI V AGROVÝZKUM
RAPOTÍN S.R.O.**

Vedoucí práce: prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Autor práce: Josef Blaha

PRAHA 2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Josef Blaha

Zemědělská technika

Název práce

Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti v Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Název anglicky

Influence of application of activators of vital soil functions on selected soil characteristics at Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Cíle práce

Vyhodnocení vlivu aplikace pomocných půdních přípravků především na fyzikální vlastnosti půdy, např. na tahový odpor nebo na infiltrační schopnost půdy.

Metodika

Při měření tahového odporu, infiltrační schopnosti půdy atd. bude použito metody sběru dat, jejich zpracování a vyhodnocení. Při zpracování dat bude použito vyhodnocení pomocí statistické analýzy a pomocí komparace jednotlivých variant.

Doporučený rozsah práce

cca 50 str.

Klíčová slova

půda, půdní vlastnosti, penetrační odpor, PRP SOL

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.

EL TITI, A.: Soil Tillage in Agroecosystems. CRC, 2002, 376 pp. ISBN 978-0849312281.

Firemní prospekty.

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

VOLTR, V. a kol.: Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí. ÚZEI, Praha 2011, 480 s., ISBN 978-80-86671-86-4.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra využití strojů

Konzultant

doc. Petr Šařec

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2015

doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2015

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti v Agrovýzkum Rapotín s.r.o.“ vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Ondřeje Šarce, CSc. a s použitím získaných znalostí během studia a pramenů uvedených v seznamu literatury.

V Praze dne 4. března 2016

.....
Josef Blaha

Poděkování

Děkuji prof. Ing. Ondřeji Šařcovi, CSc., vedoucímu mé bakalářské práce, a doc. Ing. Petru Šařcovi, PhD, konzultantovi mé diplomové práce, za rady a cenné připomínky, které mi při řešení bakalářské práce poskytli.

V Praze dne 4. března 2016

.....
Josef Blaha

Abstrakt:

Tato diplomová práce popisuje a vyhodnocuje změny vybraných fyzikálních vlastností při využití různých pomocných látek, hnoje a průmyslových hnojiv. V úvodní části je zpracována literární rešerše k uvedení do problematiky půd a půdních vlastností. Dále je zpracována problematika pomocných půdních látek a jejich dělení. Vybrané půdní látky jsou podrobněji popsány v některé z podkapitol. Následně jsou popsány některé dosavadní pokusy s látkou PRP SOL. Samotné hodnocení vlivu aplikace přípravků je zpracováno v kapitole 4. Nejprve jsou uvedeny půdně-klimatické podmínky půdního bloku, na kterém byly založeny jednotlivé varianty poloprovozního pokusu. Následuje hodnocení vybraných půdních vlastností, mezi které patří, objemová hmotnost redukována, vlhkost půdy, penetrační odpor, infiltrační schopnosti půdy a tahový odpor půdy při zpracování talířovým podmiřákem. Závěrečná kapitola se věnuje diskusi nad vyhodnocenými vlastnostmi a celkovému shrnutí pokusu.

Klíčová slova: půda, půdní vlastnosti, penetrační odpor, PRP SOL

Abstract:

This thesis describes and evaluates changes of selected physical properties using various excipients, manure and fertilizer. The first part is a literature review prepared for introduction to the soil and soil properties. Further analyzes the problem of soil improvers and their division. Selected soil substances are described in detail in some of the chapters. Subsequently describes some previous attempts substance PRP SOL. The evaluation of the impact on the application of the plant is working in Chapter 4 are listed first, soil and climatic conditions of the land block, which are made different versions of the test. Further I describe the evaluation of selected soil properties, which include, bulk density, soil moisture penetration resistance, infiltration capacity of soils and soil traction resistance when processing a disc harrow. The final chapter is devoted to a discussion of the assessed properties and the overall summary of the attempt.

Keywords: soil, soil properties, penetration resistance, PRP SOL

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce a použité metody	2
3	Půda	4
3.1	Půda a její funkce	4
3.1.1	Složení půdy	4
3.2	Půdní vlastnosti	6
3.2.1	Fyzikální vlastnosti půd	6
3.2.2	Chemické vlastnosti půd	9
3.2.3	Biologické vlastnosti půdy	10
3.3	Pomocné půdní látky	11
3.3.1	Definice	11
3.3.2	Dělení PPL dle skupenství	12
3.3.3	Dělení PPL dle účinných látek	12
3.3.4	Vybrané prostředky pro úpravu půdních vlastností	13
3.4	Pokusy s využitím PRP SOL	19
4	Hodnocení vlivu PPL na fyzikální vlastnosti	24
4.1	Charakteristika podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.	24
4.2	Charakteristika půdního bloku a klimatické podmínky	24
4.3	Hodnocené varianty	26
4.4	Sledované fyzikální veličiny a metody	28
4.4.1	Objemová hmotnost	28
4.4.2	Vlhkost	29
4.4.3	Penetrační odpor	30
4.4.4	Infiltrační schopnosti půdy	44
4.4.5	Tahový odpor	46
5	Závěr	49

Seznam literatury	53
Seznam obrázků	56
Seznam tabulek	57
Seznam grafů.....	57

1 Úvod

Při současném vývoji klimatických změn, které se projevují extrémním průběhem počasí během roku, se do popředí dostává péče o jeden z nejcennějších přírodních zdrojů, o půdu.

Půda patří mezi základní výrobní prostředek v zemědělství. Bez půdy nelze zajistit dostatek potravin pro lidstvo. Velkým problémem všech půd je jejich neobnovitelnost.

Vytvoření 1 cm půdy trvá i stovky let, zatímco její poškození nebo eroze je často záležitostí pár minut až hodin. Dalším problémem je zábor zemědělské půdy ke stavebním účelům, kdy je nejurodnější zemědělská půda zastavována stavbami velkých logistických center u dálnic nebo obchodních domů na periferiích města. Z tohoto důvodu je důležité zacházet s půdou velmi obezřetně a nepodléhat pokušení rychlého zisku.

Se změnou politického systému po roce 1989 nastaly změny i v zemědělství. Největší změnou, která se projevila na půdě a jejích vlastnostech, je stále trvajícím úbytek chovu dobytka a s tím spojený úbytek ploch hluboko kořenících pícnin, které mají regenerační účinek na půdní strukturu.

Zvyšující se náklady na obdělávání utužených půd a nízká absorpce vody nutí zaměřit pozornost na půdu a zlepšování půdních vlastností. Odbourání nevyhovujících půdních vlastností je možné několika zásahy, jejichž úspěšnost je různá. Mezi nežádoucí jevy ve vztahu k půdě patří eroze, utužení, okyselování, zaselování a úbytek humusu v půdě.

S rozvojem zkoumání půd a poznávání půdních procesů je snaha o zvýšení využití potenciálu půd pomocí půdních podpůrných látek, které mají pomáhat k lepšímu celkovému stavu půd, jak přímou aplikací na pole, nebo jako podpůrné látky při transformaci statkových hnojiv.

2 Cíl práce a použité metody

Tato práce má za cíl vyhodnocení vlivu pomocných půdních látek použitých při poloprovozních pokusech na vybrané půdní vlastnosti sledované v průběhu experimentu na pozemcích společnosti Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Dalším cílem je hodnocení účinku využití aktivátorů pro rozvoj fermentačních procesů v exkrementech hospodářských zvířat na vybrané půdní vlastnosti.

Mezi vybrané vlastnosti patří objemová hmotnost půdy, penetrační odpor půdy, infiltrační schopnosti půdy a tahový odpor.

Byly odebrány vzorky do Kopeckého válečků. Získané vzorky byly podrobeny pedologickému rozboru půdy. Byla stanovena vlhkost půdy a objemová hmotnost i objemová hmotnost redukovaná.

Penetrační odpor byl měřen pomocí polního penetrometru vždy od hloubky 4 centimetry, celkem ve třech termínech. Před začátkem pokusu na podzim 2014, během 1. roku pokusu na jaře 2015 a poslední měření využitě pro tuto diplomovou práci proběhlo na podzim 2015. Byly vypočteny průměrné hodnoty penetračních odporů jednotlivých variant a pomocí programů MS Excel 2013 a Statistica 12 zpracovány do grafů. U každé varianty byly stanoveny absolutní hodnoty penetračního odporu a pro vybrané hloubky bylo provedeno porovnání s kontrolní variantou.

Infiltrační schopnosti půdy byly posuzovány pomocí nasycené hydraulické vodivosti, kde byl pomocí válců stanoven čas potřebný k vsáknutí známého objemu vody. Při vyhodnocení získaných údajů byla použita statistická funkce medián, aby nebyla získaná veličina ovlivněna naměřenými extrémními hodnotami.

Tahový odpor byl měřen při zpracování půdy talířovým podmítačem, kde byla tažena souprava traktoru s talířovým podmítačem dalším traktorem připojeným přes zařízení snímající působící sílu. Pomocí GPS byly zaznamenané hodnoty přiřazeny k jednotlivým pokusným plochám. Bylo provedeno několik přejezdů přes pozemek a byla zaznamenána hloubka zpracování půdy při přejezdech. K porovnání byl určen tahový

odpor vztažený na hloubku zpracování při jednotlivých přejezdech. Výsledné hodnoty byly zpracovány pomocí výpočetní techniky.

3 Půda

K většímu pochopení problematiky půd a jejich vlastností je tato kapitola věnována definici půd, mechanismům vzniku půd a způsobům určování fyzikálních vlastností půd důležitých pro zachování úrodnosti půd.

3.1 Půda a její funkce

Existuje mnoho definic půdy. Podle definice Soil Science Society of America je půda různorodá směs minerální a organické hmoty na povrchu Země sloužící jako přirozené prostředí pro růst rostlin.

Širší definice půdy podle Tuf [2013]: půda je nejsvrchnější vrstvou zemské kůry, je prostoupená vodou, vzduchem a organizmy, vzniká v procesu pedogeneze pod vlivem vnějších faktorů a času a je produktem přeměn minerálních a organických látek.

Mezi starší definice půdy patří definice dle Ramanna [1905]: půda je svrchní zvětrávající vrstva zemské kůry skládající se z rozmělněných a chemicky pozměněných hornin, zbytků rostlin a mikroorganismů a živočichů v půdě i na půdě žijících.

Podle Lavelle a Spain [2001] má půda 5 základních funkcí v přírodě. Slouží jako prostředí pro kořeny rostlin, čímž pomáhá rostlinám odolávat povětrnostním podmínkám. Další funkcí půdy je, že představuje životní prostředí pro malé organismy žijící v půdě, které se živí rozkladem odumřelých organismů. Za třetí půda tvoří zásobárnu organické hmoty, která je v interakci s minerálním podílem půdy a tvoří tak organo-minerální komplexy. Čtvrtou funkcí půdy je udržování elementárních prvků pro výživu rostlin a jejich postupné uvolňování z přeměněných organických látek, ale i dodaných minerálních hnojiv. Poslední funkcí půdy je schopnost půdy tvořit zásobárnu vody. Půda je schopná zadržet vodu v závislosti na jejím složení a mocnosti. Poté rostliny vodu využijí při nepříznivém průběhu počasí a odolávají tak lépe nedostatku srážek.

3.1.1 Složení půdy

Půda obsahuje tři půdní fáze, pevnou kapalnou a plynnou (viz Obr. 1).

Obr. 1 – Průměrné objemové zastoupení minerálních půd [Šantrůčková, 2014]



Zastoupení jednotlivých fází má vliv na stav půdy a její vlastnosti. Kapalná a plynná fáze se vyznačuje vysokou variabilitou během roku, v závislosti na počasí a agrotechnických zásazích.

Pevnou fázi v půdě zastupuje minerální podíl půdy a organické látky. Minerální podíl tvoří převážnou část půdy, patří sem anorganické sloučeniny a částice různé velikosti. Organický podíl v půdě představují rostlinné a živočišné zbytky, které podléhají různým degradačním procesům, Tato organická hmota v půdě se nazývá humus. Jak uvádí Valla et al. [2006], humus lze chápat jako soubor všech odumřelých organických látek rostlinného a živočišného původu s minerálním podílem smíšených či nesmíšených.

Kapalná fáze je zastoupena půdní vodou. Půdní voda je vodný roztok minerálních a organických látek, který slouží k výživě rostlin. Většina půdní vody pochází z atmosférických srážek. Množství půdní vody je také závislé na reliéfu, sklonu svahů a hydrobiologických vlastnostech půd.

Plynnou fázi půdy představuje půdní vzduch. Vyplňuje prostory, póry, které nejsou zaplněny vodou. Půdní vzduch má jiné složení než nadzemní vzduch.

Poslední složkou půdy jsou půdní organismy. Půdní organismy kultivují neživé složky půdy a vytvářejí tak podmínky pro růst a vývoj rostlin. [Šimek, 2007]

3.2 Půdní vlastnosti

Rozhodujícím faktorem pro využití půdy jsou její vlastnosti. Vlastnosti půd můžeme rozdělit na fyzikální, chemické a biologické.

3.2.1 Fyzikální vlastnosti půd

Mezi důležité fyzikální vlastnosti půd patří:

Zrnitost půdy – Zrnitost půdy má velký vliv na ostatní půdní vlastnosti. Zrnitost půdy nám udává zastoupení jednotlivých velikostních frakcí v půdě. Zrnitostní složení půdy se mění velmi obtížně [Pokorný, Šarapatka, Hejátková, 2007]. Zpravidla je zrnitost půd ovlivněna mateční horninou, jejím mineralogickým složením a stupněm mechanického, chemického a biologického zvětrávání [Smolíková, 1988]. Velikosti půdních částic jsou velmi rozdílné. Základní dělení je na půdní skelet a jemnozem. Hranicí mezi těmito frakcemi jsou 2 mm. Podle obsahu skeletu dělíme půdy na slabě štěrkovité, středně štěrkovité, silně štěrkovité nebo kamenité a skeletové. Velikosti ostatních frakcí jsou uvedeny v tabulce (viz. Tab. 1).

Tab. 1 – Schéma zrnitostních frakcí [Smolíková, 1988]

	Zrnitostní frakce	Velikost částic [mm]	
		od	Do
Jemnozem	Jíl	-	0,001
	Prach	0,001	0,05
	Písek	0,05	2
Skelet	Hrubý písek	2	4
	Štěrk	4	30
	Kamení	30	-

Měrná hmotnost půdy – Měrná hmotnost půdy představuje poměr hmotnosti pevných částí půdy k objemu půdy. Velikost měrné hmotnosti je závislá na mineralogickém složení půdy a obsahu organických látek v půdě. Půdy s vyšším obsahem organických látek mají menší měrnou hmotnost než půdy s nízkým obsahem organických látek.[Šarapatka, 2014]

Objemová hmotnost půdy – Dělí se na redukovanou a neredukovanou. Objemová hmotnost půdy redukovaná představuje hmotnost určitého objemu půdy v neporušeném stavu vysušeném při 105°C. Hodnoty jsou závislé na půdní pórovitosti a bývají nižší než u měrné hmotnosti. Můžeme stanovit také objemovou hmotnost neredukovanou, když je půdní vzorek nebudeme vysoušet.

Půdní pórovitost – Pórovitost půdy udává podíl pórů z celkového objemu půdy a jejich velikost. Slouží k hodnocení ulehlosti, popřípadě zhutnění půdy (viz. Tab. 2). Půdní pórovitost je závislá na velikosti půdních částic a v povrchových horizontech ji lze snadno ovlivnit agrotechnickými zásahy [Borůvka, 2005]. Jak uvádí Šarapatka [2014], optimální pro růst rostlin je udávaná pórovitost rozmezí 55 až 60 procent v závislosti na zastoupení různých druhů pórů v půdě. Póry kapilární mají schopnost poutat vodu kapilárními silami a zabraňují tak odtoku vody. Póry nekapilární jsou příliš velké, nejsou schopné poutat vodu a jsou nejčastěji vyplněny půdním vzduchem [Kutílek, Kuráž, Císlarová, 2004]. Nadbytek nekapilárních pórů způsobuje rychlý gravitační odtok vody z vrchních vrstev půdy. Půdy s převahou nekapilárních pórů mají vysokou hydraulickou vodivost.

Tab. 2 – Ulehlost v půdním profilu podle hodnot pórovitosti P [Valla et al, 2006]

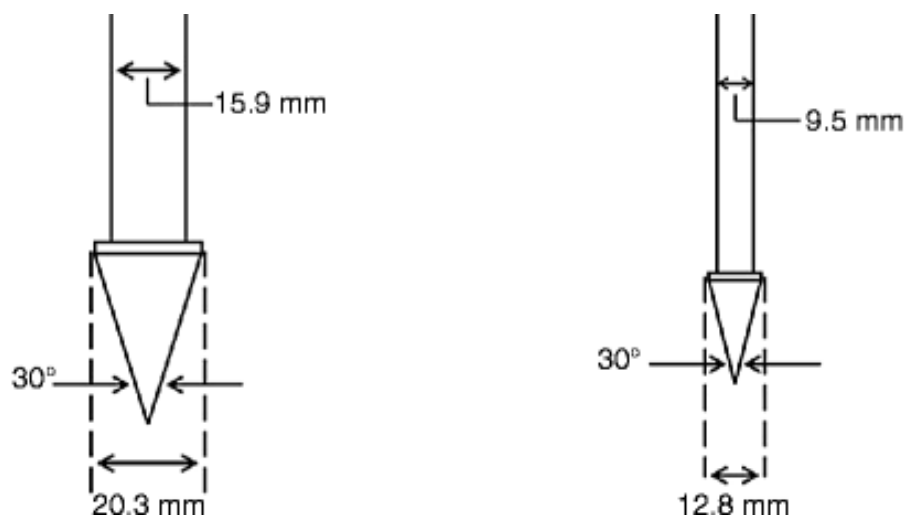
Ornice	Pórovitost [%]	
	Lehké půdy	Středně těžké a těžké půdy
kyprá	> 65	> 65
mírně ulehlá	50 – 65	55 – 65
ulehlá	40 – 50	40 – 50
velmi ulehlá	< 40	< 45
Spodina		
kyprá	> 50	> 57
mírně ulehá	43 – 50	46 – 57
ulehlá	35 – 43	35 – 46
velmi ulehlá	< 35	< 35

Měrná hmotnost půdy – Měrná hmotnost půdy představuje poměr hmotnosti pevných částí půdy k objemu půdy. Velikost měrné hmotnosti je závislá na mineralogickém složení půdy a obsahu organických látek v půdě. Půdy s vyšším obsahem organických látek mají menší měrnou hmotnost než půdy s nízkým obsahem organických látek. [Šarapatka, 2014]

Půdní struktura – Struktura půdy patří mezi jednu z nejdůležitějších vlastností. Je ovlivněna mnoha faktory. Je závislá na schopnostech půdních částic spojovat se a tvořit půdní agregáty. Půdní agregáty lze dělit podle jejich tvaru na: kulovité, polyedrické, hranolovité, sloupkovité nebo deskovité. [Šarapatka, Dlapa, Bedrna, 2002]

Penetrační odpor – Penetrační odpor udává, jaký odpor klade půda pronikání penetračního kužele, který má normovanou velikost i tvar (viz Obr. 2).

Obr. 2- Rozměry penetračního kuželů podle ASEA [Arriega, Lowery, 2011]



Pomocí polního penetrometru můžeme zjistit okamžitý stav půdy již při terénním měření. Velký význam při zjišťování penetračního odporu má také vlhkost půdy.

Vlhkost půdy – Vlhkost půdy udává poměr mezi obsahem vody v jednotce půdy. Můžeme udávat měrnou vlhkost půdy, která vyjadřuje poměr mezi hmotností vody a hmotností vysušené půdy ve vzorku, nebo objemovou hmotnost vody, která udává poměr mezi

objemem vody a objemem půdního vzorku [Hůla, Procházková et al., 2008]. Vlhkost stanovená rozbořem půdních vzorků je tzv. přímou metodou měření. Existují i metody nepřímé, při kterých je měřena veličina, která je na vlhkosti funkčně závislá.

Infiltrace vody – Infiltrace je definována jako vsak vody do půdy. Je závislá na počáteční vlhkosti půdy, době trvání, hydraulické vodivosti a vlastnostech půdního povrchů. Získané hodnoty závisí na použité metodě měření. [Kozák et al., 2005]

Teplota půdy – Teplota půdy je významná pro růst rostlin a půdní procesy. Je ovlivněna podnebím, orientací pozemku a pokryvem půdy. Měří se v různých hloubkách.

Barva půdy – Různá zbarvení půd jsou důsledkem odlišného složení půdy a odlišnými půdními procesy. Půdy se liší obsahem humusu a sloučenin různých kovů.

3.2.2 Chemické vlastnosti půd

Mezi významné chemické vlastnosti patří:

Reakce půdy – Půdní reakce rozdělujeme podle toho, zda se jedná o aktuální formu nebo potenciální formu. Aktivní půdní reakce udává koncentraci vodíkových iontů ve vodném výluhu nebo suspenzi půdy. Nezohledňuje vodíkové ionty poutané v pevné fázi půdy.

Výměnná půdní reakce stejného vzorku má nižší hodnotu pH (viz Tab. 3), protože zahrnuje i vodíkové ionty vázané sorpčním komplexem [Valla et al., 2006]. Půdní reakce má vliv na půdní organismy a na procesy probíhající v půdě, ovlivňuje schopnosti rostlin přijímat živiny rozpuštěné v půdním roztoku.

Tab. 3 – Porovnání hodnot pH půd aktivní a výměnné půdní reakce [Šarapatka, 2014]

reakce	pH/H ₂ O	pH/KCl
silně kyselá	< 4,9	< 4,5
kyselá	4,9 – 5,9	4,5 – 5,5
slabě kyselá	5,9 – 6,9	5,5 – 6,5
neutrální	6,9 – 7,2	6,5 – 7,2
slabě alkalická	7,2 – 8,0	
alkalická	8,0 – 9,4	
silně alkalická	> 9,4	

Obsah humusu – Udává podíl hmotnosti organického oxidovatelného uhlíku a hmotnosti vzorku. Obsah humusu má velký vliv na ostatní půdní vlastnosti, ovlivňuje půdní úrodnost i strukturu půdy. Podle obsahu humusu lze rozdělit půdy na dvě skupiny, půdy humózní a půdy humusové. Obsah humusu v humózních půdách je do 20%, v humusových nad 20%. V následující tabulce je uvedeno třídění půd podle obsahu humusu. (viz Tab. 4)

Tab. 4 – Třídění půd podle obsahu humusu [Šarapatka, 2014]

půdy	lehké [hm. %]	střední a těžké[hm. %]
bezhumózní	0	0
slabě humózní	< 1	< 2
středně humózní	1-2	2-5
silně humózní	>2	>5

Kvalita humusu – Kvalita humusu je závislá na zastoupení jednotlivých procesů při transformaci organických látek. Při rozkladu humusu v aerobním prostředí na výchozí anorganické látky hovoříme o tzv. mineralizaci. Při přeměně organických látek v střídavě anaerobním prostředí a aerobním prostředím dochází k tzv. humifikaci. [Valla et al, 2006]

Chemické složení půd – Slouží k určení zastoupení jednotlivých prvků v půdě. Půda slouží jako zásobárna živin pro růst rostlin a život organismů v půdě. Nejvíce zastoupené prvky v zemské kůře jsou kyslík, křemík, hliník, železo, vápník, sodík, draslík a hořčík. Ostatní prvky jsou zastoupeny v kůře méně než 1 %. Pro rostliny využitelné prvky jako je vápník, hořčík, draslík a fosfor se uvolňují z mateční horniny v závislosti na způsobu zvětrávání. Prvky důležité pro výživu rostlin jsou pak dodávány ve stanovených dávkách podle požadovaného výnosu pěstované plodiny, protože jsou v půdě obsaženy pouze v desetinách procent. Prvky lze dělit na mikrobiogenní a makrobiogenní.

3.2.3 Biologické vlastnosti půdy

Biologické vlastnosti půd představují vlastnosti půd spojených s organismy v půdě:

Počty organismů a jejich hmotnost – Počty organismů jsou velmi závislé jak na podmínkách půdních, tak i na velikosti organismů. Půdní organismy jsou nazývány

souhrnným názvem edafon. Jak uvádí Urban [2003], edafon lze rozdělit podle velikosti organismů (viz. Tab. 5).

Tab. 5 – Dělení půdních organismů podle velikosti

	Velikost [mm]		Zástupci
Mikroedafon		< 0,2	bakterie, aktinomycety, sinice řasy, houby, prvoky
Mezoedafon	0,2	2	hlístice, chvostoskoci, roztoči
Makroedafon	2	20	roupice, pavoukovci, stejnonožci, mnohonožky, stonožky, hmyz, měkkýši
Megaedafon	>20		žížaly, obratlovci

Nejzastoupenější skupinou, dle počtu jedinců, jsou bakterie, kde literatura uvádí průměrně 1 bilion jedinců na 1 m² půdy do hloubky 30 cm. Například žížal v 1 m² půdy je průměrně 80. Organismy s větší velikostí slouží především k mechanickému rozrušování půdní struktury.

3.3 Pomocné půdní látky

Pomocné půdní látky slouží k zlepšení půdních vlastností. Pomocné půdní látky se využívají i v jiných odvětvích než je zemědělství. Využití nachází i stavebnictví nebo v těžebním průmyslu.

3.3.1 Definice

Půdní pomocné látky (dále jen „PPL“) jsou definovány zákonem č. 156/1998 Sb. Podle §2 tohoto zákona se PPL rozumí: „*látkou bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky i fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv*“.

PPL podléhají registračnímu řízení, aby bylo možné je používat na území ČR. Zákon umožňuje uvádět do oběhu pouze PPL, která neohrožují úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat, nepoškozují životní prostředí, splňují požadavky na označení a balení a nejsou znehodnocena.

3.3.2 Dělení PPL dle skupenství

PPL můžeme rozdělit z několika hledisek. PPL se používají v různých skupenstvích. Dle skupenství a velikosti se odvíjí také aplikační technika.

Kapalné PPL – nejčastěji jsou skladována v plastových uzavíratelných lahvích. Při aplikaci postřikovači se míchají s vodou ve výrobcem stanoveném poměru. Mohou být aplikovány i pomocí závlahových systému přímo na semena kulturních plodin v mořících zařízeních.

Pevné PPL – v závislosti na velikosti balení a velikosti částic jsou uchovávány v plastových kbelících nebo papírových pytlích. Při skladování je třeba zamezit styku s nadměrnou vlhkostí. Jsou nejčastěji aplikovány pomocí rozmetadel minerálních hnojiv.

3.3.3 Dělení PPL dle účinných látek

Jako PPL je v současné době registrováno Ministerstvem zemědělství 60 přípravků. Tyto přípravky lze rozdělit do několika skupin podle účinné látky, která má velký vliv na vlastní změnu půdních vlastností. Granulované PPL obsahují více odlišných účinných látek. Proto je lze zařadit do více skupin.

Hydroabsorpční polymery – polymerní látky v práškové formě, které při styku s vodou bobtnají. Tyto látky vodu vážou a vytváří stabilní gel. Jsou schopny vázat i rozpuštěné živiny. Pomáhají rostlinám překonat období s nedostatečným přísunem vodních srážek. Díky svému charakteru působí v půdě několik let. Zástupci této skupiny jsou například přípravky: Hydrogel, Agrisorb, Plantagel.

Půdní očkovačla – látky, obsahující mikroorganismy, které slouží k zvýšení aktivity půdní bioty. Působí především na zvýšení poutání dusíku v půdě nebo inhibitory rozkladu organické hmoty v půdě. Do této skupiny jsem zařadil: Bactofil, Polymix, Nitrazon + N – soja.

Tepelně upravené vulkanické horniny – látky vytvořené tepelným zpracováním vulkanických hornin. Předností těchto látek je vysoká pórovitost, proto slouží především k vylehčení půd, poutání půdních živin a vody. Přípravky z vulkanických hornin jsou například: Agroperlit, Perlit.

Drcené horniny a minerály – přírodní látky vyrobené mělněním nerostů. Mají většinou i jiné využití než jen aplikace přímo do půdy. Mohou být využity i do podestýlky hospodářských zvířat nebo i jako složka krmiv. Svými vlastnostmi zabraňují vymývání živin do půdy. Příklady jsou například: Zeolit, Lignit.

Zuhelnatělá biomasa – látky vzniklé působením tepla na dřevní hmotu. Jedná se především o výrobky obsahující dřevěné uhlí. Díky své struktuře jsou schopné zlepšovat strukturu půdy. Jsou k dostání například pod názvem AGRO - PROTECT – SOIL nebo Biouhel.

Aktivátory půdní organismů – látky pro zlepšení metabolické funkce organismů, působící pomocí specifických minerálních prvků. Patří sem například: PRP Sol, Exproler20.

3.3.4 Vybrané prostředky pro úpravu půdních vlastností

Pro lepší orientaci v problematice půdních látek, jsou zde popsány vybraní zástupci různých mechanismů. Některé z vybraných PPL jsou objektem polních pokusů v podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Hydrogel je krystalový koncentrát (viz. Obr. 3), který ve vodním prostředí silně bobtná a vytváří stabilní gel. Částice Hydrogelu pojme nejméně 250 násobek objemu a po obalení kořenů rostlin je zásobují vodou. Tím zmenšují ztráty při přesazování nebo při přepravě a skladování rostlin. Používání Hydrogelu snižuje frekvenci zalévání až o 70%. [Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz]

Obr. 3 – Hydrogel [Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz]



Výhodou Hydrogelu je, že nemusí být dodáván do půdy každoročně. V půdě působí 7 až 9 let. V České republice je v prodeji od roku 2011. Má různé možnosti využití, může být použit pro tvorbu substrátu v zahradnictví, rekultivaci ploch zasažených těžbou surovin, zakládání trávníků nebo použit pro zlepšení půd, které jsou využity k pěstování polních plodin. Při použití na orné půdě je třeba aplikaci přípravku několikrát opakovat, aby bylo dosaženo dostatečného promísení Hydrogelu v půdním profilu. Výrobce udává doporučené dávky pro různé aplikace na orné půdě (viz. Tab. 6)

Tab. 6 – Dávkování Hydrogelu [Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz]

Způsob aplikace	Doporučená dávka [kg/ha]
Rozmetání a zaorání před setbou	100
Aplikace přímo při setí s hnojivem nebo osivem	20-25

Z chemického hlediska je Hydrogel organická polymerní sloučenina ve formě mikrogranulátu – Akrylamid-kopolymer kyseliny akrylové, draselná sůl ($C_6H_7KO_4$) [Klázlová, 2007]

Agroperlit - je expandovaná vulkanická hornina (viz Obr. 4).

Obr. 4 – Agroperlit [Firemní prospekty firmy Perlit]

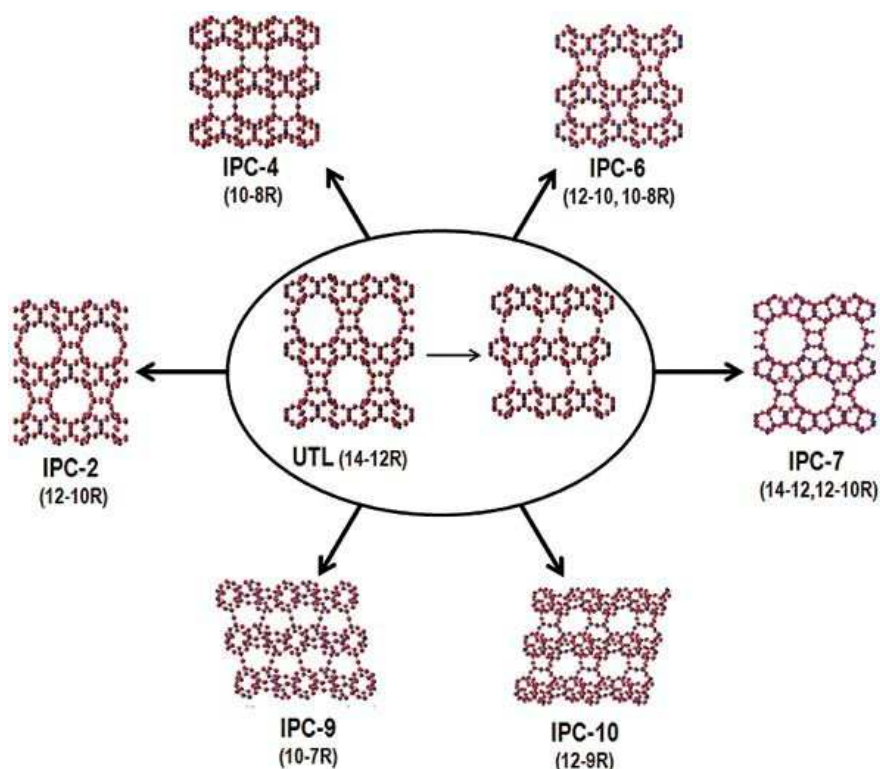


Vzniká prudkým zahříváním na 850 až 1150 °C perlitových hornin, při kterém ztrácí vodu a zvětšuje svůj objem, při získání pórovité textury. Charakteristickými znaky je

nízká objemová hmotnost a nízká tepelná vodivost. Slouží ke zvýšení pórovitosti a provzdušnění půdy. Zadržuje vodu a v ní rozpustné živiny. Používán je především při výsevu a množení rostlin v zelinářských provozech. Využití nachází i v jiných odvětvích. Pro svoje vlastnosti je expandovaný perlit používán ve stavebnictví k lehčení betonů a omítek.

Zeolit – je hlinitokřemičitý minerál s mikroporézní strukturou. Jedinečnost zeolitů spočívá v jejich prostorovém uspořádání atomů, které tvoří síť kanálků a dutin konstantních rozměrů (viz Obr. 5).

Obr. 5 – Struktury zeolitů [Eliášová, 2015]



Jeho rozhodujícími vlastnostmi je vysoká sorpční a pufrovací schopnost [Lošák et al., 2011]. Zeolit je schopný zachytávat látky všech skupenství, tuhého, kapalného i tekutého. Využití má při přípravě substrátů, ale také jako aditivum do podestýlky zvířat, kde má výrazně snižovat zápach a zvyšovat sací schopnost podestýlky. Využití má i v krmivářství, kde je součástí krmné dávky. Jeho použití se projevuje zvýšení produkce masa, zlepšení zdravotního stavu a zvýšení váhového přírůstku. Zeolity mají využití jako katalyzátory při zpracování ropy [Eliášová, 2015].

Lignit – je typ hnědého uhlí (viz Obr. 6), které obsahuje nejmenší množství uhlíku.

Obr. 6 – Surový lignit [Jirásek, Sivek, Láznička, 2010]



Lignit obsahuje huminové kyseliny. Slouží k úpravě teplotních a vlhkostních poměrů v půdě. Lignit do sebe pohlcuje těžké kovy. Má příznivý vliv na pufrací schopnost půdy [Honěk et al, 2009]. Lignit je však stále primárně určen pro energetické účely, kdy dochází k jeho spalování v elektrárnách. Dalším využitím je použití lignitu jako sorbentu těžkých kovů v odpadních vodách [Mikulášková, Lapčík, Mašek, 1997].

Biouhel – Dalším produktem pro úpravu půdních vlastností je biouhel (viz Obr. 7).

Obr. 7 – Biouhel [Bronwell, 2013]



Biouhel vzniká při termickém rozkladu biomasy kontrolovaného původu. Používání dřevěného uhlí jako látky pro zvýšení úrodnosti půdy je známo již několik tisíc let. Původní obyvatelé Jižní Ameriky přidáváním nedokonale spálené dřevní hmoty do odpadu a jeho ukládání do půdy způsobil vznik půdy, která se nazývá portugalsky „terra preta“ [Klusák, 2014]. Tato půda se vyznačuje černou barvou a má vyšší odolnost proti nepříznivým vlivům tropického podnebí, zamezuje vyplavování živin a rychlé mineralizaci půdního humusu. Na této půdě se lépe daří i rostlinám, protože obsahuje více živin (viz Obr. 8).

Obr. 8 – Stav porostu kukuřice [De Gisi, Petta, Wendland, 2014]



V minulých letech byla řešena výroba biouhlu v podmínkách ČR. Nejzajímavějším řešením je zřejmě využití odpadního tepla kogeneračních jednotek bioplynových stanic. Zajímavostí této technologie je, že by mohl být využit separát z digestátu a jeho termická přeměna na biouhel.

Další předností biouhlu je, že se s biouhlem do půdy ukládají i další prvky a sloučeniny, které mají špatný vliv na naše klima. Při použití biouhlu s nějakým jiným statkovým hnojivem dochází k snížení emisí skleníkových plynů, protože struktura biouhlu je tvořena spoustou pórů [Hollan, Klusák, 2009].

PRP SOL – je přípravek pro zlepšení vitálních funkcí půdy. Jako u všech PPL se nejedná o hnojivo. Jeho výrobce je firma PRP Technologies z Francie. PRP SOL je na

rozdíl od předchozích primárně určen pro aplikaci na ornou půdu, do sadů, na louky a pastviny. Firma je schopna vyrábět dostatečné množství přípravku, aby uspokojila světovou poptávku.[Firemní prospekty firmy PRP Technologies]

PRP SOL je granulát hnědé barvy (viz Obr. 9), je tvořen z dolomitického vápence, vápence a vápenatých sedimentů.

Obr. 9 – PRP SOL [Firemní prospekty firmy PRP Technologies]



Dále je v granulích obsažen vápník, soli prvků a prvky využitelné pro patentovanou technologii Mineral Inducer Process (MIP). MIP funguje na principu stimulace půdních mikroorganismů pomocí rozpouštěných mikroprvků v půdním roztoku. Výrobce uvádí, že tato látka působí příznivě na půdní strukturu a biologickou aktivitu půdy. Aplikace PRP SOL je projevuje rychlejším vzcházením porostů, rychlejším vývojem kořenů a bohatším kořenovým systémem, a tím dochází k lepšímu využití živin obsažených v půdě. PRP SOL také pozitivně ovlivňuje skladovatelnost sklizených produktů. PRP SOL zabraňuje degradaci půdy, tím že omezuje erozi, zhutnění, okyselování, vyluhování živin, pokles biodiverzity a snižování obsahu humusu [Firemní prospekty firmy PRP Technologies].

Dávkování přípravku záleží na době aplikace do půdy. Při aplikaci při setí přímo do seťového lůžka je dávkování nižší než při plošné aplikaci po sklizni před plodiny. Doporučené dávkování udávané výrobcem je v uvedeno v tabulce, při aplikaci je třeba brát zřetel na půdní rozbor (viz. Tab. 7)

Tab. 7 – Doporučené dávkování PRP Sol [Firemní prospekty firmy PRP Technologies]

Pěstovaná kultura	Doporučená dávka [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$]
obiloviny	150 - 200
ozimá řepka	
mák setý	
cukrovka	200 - 300
jetel, vojtěška	
kukuřice	
slunečnice	
zelenina	300 - 400
vinice, sady, chmelnice	300 - 600
ovocné a okrasné školky	
lesní školky a výsadba	

3.4 Pokusy s využitím PRP SOL

Společnost PRP Technologies se zvyšováním půdní aktivity zabývá již několik desítek let. Přípravek PRP SOL je znám již několik let. Během této doby bylo provedeno několik polních pokusů ve střední Evropě. Díky tomu, že je PRP SOL možno používat v systémech ekologického zemědělství, je snaha získávat poznatky o možnostech nahrazení některých průmyslových hnojiv právě touto látkou.

Krzywy-Gawrońska a Woloszyk z univerzity ve Štětíně zkoumali v letech 2008 a 2009 vliv látky PRP SOL na výnos ozimé pšenice a půdní vlastnosti. Při pokusu byl také zkoumán vliv kompostu s obsahem odpadních kalů. Látka PRP SOL byla aplikována před setím v dávce $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Výnos zrna se významně zvyšoval v závislosti na použité dávce kompostu. Při aplikaci kompostu a PRP SOL došlo k zvýšení výnosu. Kontrolní varianta bez kompostu pouze s PRP SOL vykazovala nevýznamný vliv na výnos. Z půdních vlastností byl zkoumán především obsah těžkých kovů v půdě. Množství těžkých kovů v dostupných formách pro rostlin se měnilo nezávisle na aplikaci přípravku. [Krzywy-Gawrońska, Woloszyk, 2011]

Sulewska spolu s dalšími vědci z univerzity v Poznani se zabývala využitím látky PRP SOL při pěstování brambor. Pokusy probíhaly v letech 2007 až 2011. Bylo testováno, zda je možné nahradit fosfor a draslík, dodávaný do půdy z minerálních hnojiv, zpřístupněním těchto prvků v půdě pomocí PRP SOL. Dávkování v jednotlivých variantách bylo následující. Ve variantě s PRP SOL bylo použito $260 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ tohoto přípravku a $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dusíku. V kontrolní variantě bylo použito $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ fosforu, $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ draslíku a $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dusíku. Z výsledků vyplývá, že je možné nahradit draselná a fosforečná hnojiva při pěstování brambor látkou PRP SOL. Při dobrých klimatických podmínkách s dostatkem srážek vykazovala varianta s PRP SOL vyšší výnos než kontrola. Při nedostatku srážek byl pozorován nižší výnos varianty s PRP SOL oproti kontrole. [Sulewska et al, 2012]

Na univerzitě v Poznani se také zabývali vlivem PPR SOL na výnos kukuřice na zrno, kde byla tato látka aplikována k předplodině a v následujícím roce ke kukuřici. Snahou bylo určit, jaký vliv má vynechání hnojení fosforem a draslíkem na výnos a rentabilitu nahrazení fosforečných a draselných hnojiv pomocnou půdní látkou PRP SOL. Dávka $220 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ látky PRP SOL mělo nahradit $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ fosforu a $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ draslíku. Aplikace PRP SOL měla pozitivní vliv na výnos zrna a tím i na ekonomiku pěstování. [Sulewska et al., 2013]. Dále byl zkoumáno využití PRP SOL při pěstování ozimé řepky. Použití látky mělo statisticky významný rozdíl jen v horní vrstvě půdy, a to do hloubky 10 cm. Varianta s touto PPL vykazovala nižší hodnoty výnosových ukazatelů, jako je například hmotnost tisíce semen, olejnatost. [Sulewska, Śmiatacz, Sitek et al, 2013]

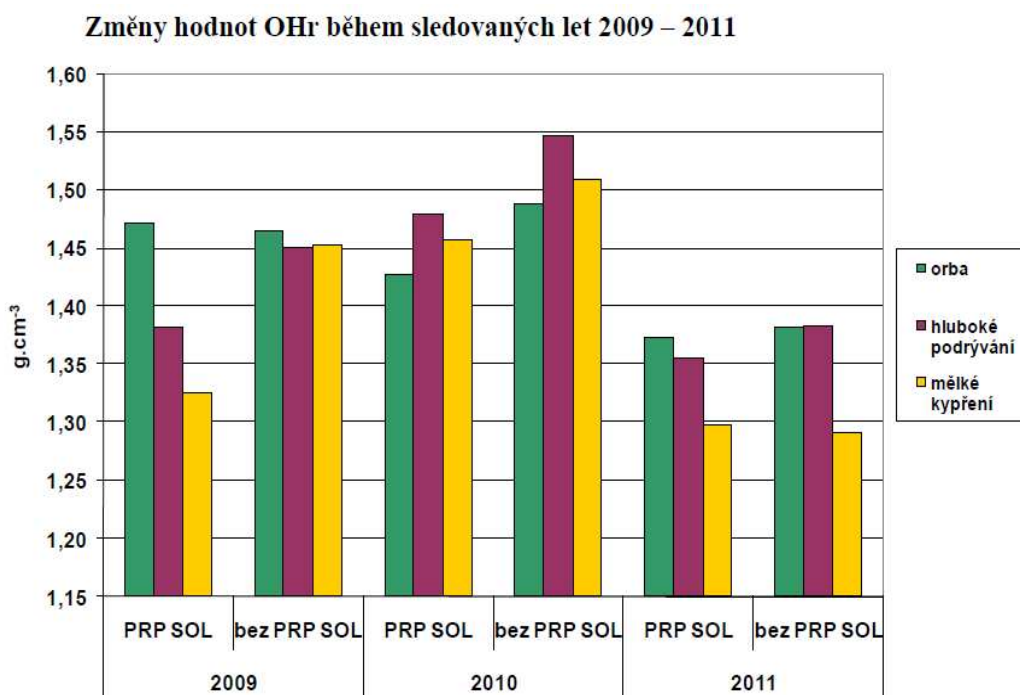
Další výzkum polských vědců se zabýval tím, jaký má vliv PRP SOL na aktivitu mikroedafonu a biochemické vlastnosti půdy. Při pokusu byly porovnány tři varianty. V první variantě byl dodáván do půdy pouze dusík. Ve druhé variantě bylo použito hnojivo NPK a ve třetí variantě látka PRP SOL s dávkou dusíku. Pokusy byly prováděny na pozemcích, kde byl sled plodin následující. První rok byla vyseta ozimá pšenice, druhý rok kukuřice a třetí rok jarní ječmen. Získané výsledky z jednotlivých variant ukazují, že není významný rozdíl v počtech mikroorganismů při použití PRP SOL s dusíkem nebo hnojiva NPK. [Martyniuk, Kozieł, Jończyk, 2014]

Vliv této pomocné půdní látky na produkční schopnosti půdy byl zkoumán taky na území Maďarska ve Výzkumném ústavu v Karcagu. Při tomto pokusu byly porovnávány i

různé varianty zpracování půdy a různé osevní postupy. PRP SOL byl aplikován vždy na podzim v dávce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ v letech 2010 až 2012. Účinnost látky byla testována při pěstování kukuřičné monokultury a při střídání těchto plodin: proso, peluška, ozimá pšenice a kukuřice. Podle Szücs a Zsembeli [2014] měl PRP SOL pozitivní vliv na zhutnění půdy a infiltraci vody, především s využitím minimalizačních technologií při zpracování půdy. Při konvenčním zpracování půdy nebyl pozitivní efekt tak výrazný. [Szücs, Zsembeli, 2014]

V České republice proběhlo také několik pokusů s touto pomocnou půdní látkou. Badalíková [2011] zkoumala vliv technologie zakládání porostu na výnos polních plodin během tří let. PRP SOL byl aplikován v dávce $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ rozmetadlem před setím a mělce zapraven. Z naměřených hodnot je patrný příznivý vliv PRP SOL na fyzikální vlastnosti a tím i na výnos zrna. Varianty s přípravkem PRP SOL vykazují nižší objemovou hmotnost redukovanou, vyšší celkovou pórovitost. Nejvíce se vliv přípravku projevil u technologie s mělkým kypřením (viz Obr. 10). [Badalíková, 2011]

Obr. 10 – Změny hodnot objemové hmotnosti redukované [Badalíková, 2011]



Byla provedena i ekonomická bilance jednotlivých variant a nejvyšší zisk vykazovala v roce 2011 varianta s mělkým kypřením. Důvodem jsou určitě nižší náklady

na zpracování půdy. Bylo dosaženo vyšších výnosů při použití látky PRP SOL než bez ní [Badalíková, 2011].

Půdní přípravek PRP SOL lze použít i v ekologickém zemědělství. Na výzkumné stanici ČZU v Praze Uhřetěvsi zkoumali vliv ošetření na produkci sadby v ekologickém zemědělství. Při pokusu byly použity tři odrůdy brambor a osm různých způsobů pěstování. Přípravek PRP SOL byl použit v dávce 300 kg·ha⁻¹. Výnos sadbových brambor pěstovaných s využitím přípravku PRP SOL byl vyšší oproti výnosu ze sadby ošetřené Lignohumátem nebo Vermičajem. [Tomášek, Dvořák, Hlavová, 2011]

Vliv přípravku PRP SOL byl zkoumán i při pěstování cukrové řepy. Konkrétně byl sledován vliv této látky na hydrofyzikální vlastnosti půdy. PRP SOL byl aplikován v roce 2006 v dávce 200 kg·ha⁻¹. Byly sledovány dva různé pozemky s jiným půdním typem. Mezi sledované vlastnosti patřila zrnitost, objemová hmotnost redukovaná, celková pórovitost, zastoupení druhů pórů, momentální obsah vody v půdě a provzdušenost půdy. Tyto vlastnosti byly určovány v hloubce 10, 20, a 30 centimetrů. Naměřené hodnoty jsou na následujícím obrázku (viz. Obr. 11). [Podhrázká et al., 2012]

Obr. 11 – Hodnoty fyzikální vlastností půdy v roce 2009 [Podhrázká et al., 2012]

Vlastnost půdy	Zpracování s PRP SOL			Bez PRP SOL			Průměr ornice	
	hloubka (cm)						PRP	bez PRP
	10	20	30	10	20	30		
OHR (g.cm ⁻³)	1,41	1,52	1,62	1,51	1,58	1,56	1,52	1,55
P (% obj.)	45,85	41,51	37,81	42,06	38,98	40,1	41,72	40,38
Pk (% obj.)	26,51	24,96	23,66	26,44	25,51	26,4	25,04	26,11
Ps (% obj.)	7,69	3,89	4,2	5,42	4,29	4,15	5,26	4,62
Pn (% obj.)	11,64	12,66	9,94	10,2	9,18	9,56	11,42	9,65
MOV (% obj.)	13,35	15,58	14,02	17,53	18,26	19,01	14,32	18,27
Vz (% obj.)	32,50	25,93	23,79	24,53	20,72	21,09	27,41	22,12

Vysvětlivky: OHR – objemová hmotnost redukovaná, MOV – momentální obsah vody, P – pórovitost, PK – kapilární póry, PS – semikapilární póry, PN – nekapilární póry, Vz – provzdušenost půdy.

Během tohoto dvouletého experimentu nebyl prokázán významný rozdíl ve vybraných hydrofyzikálních vlastnostech. [Podhrázká et al., 2012]

Na několika lokalitách v České republice byly provedeny pokusy s pomocnými látkami od firmy PRP Technologies při pěstování řepky ozimé. V roce 2015 byl hodnocen výnos jednotlivých variant a jakostní parametry semen. Zkoumané varianty jsou uvedeny v následující tabulce (viz Tab. 8). [Škeřík, Škeříková, 2015]

Tab. 8 – Použití přípravků PRP Technologies při pokusu [Škeřík, Škeříková, 2015]

Označení varianty	Termín aplikace		
	Před setím	Podzim	Jaro
Kontrola			
Varianta 1	PRP SOL 300 kg·ha ⁻¹		
Varianta 2		PRP EBV 2 l·ha ⁻¹	
Varianta 3			PRP EBV 2 l·ha ⁻¹

Nejvyšší výnos byl u varianty 2, kdy byl přípravek PRP EBV aplikován na podzim na porost řepky ozimé ve stádiu 4-8 listů. Průměrný výnos varianty 1 byl o 5 % vyšší výnos kontroly. Nejvyšší zisk z ha vykazovala varianta 2, kde se aplikace přípravku vyplatila. U varianty 1 navýšení výnosu pokrylo náklady na aplikaci přípravku. [Škeřík, Škeříková, 2015]

Přípravky firmy PRP Technologies byly zkoušeny i v ovocnářství. V roce 2007 byl proveden pokus s aplikací přípravku PRP SOL v sadu jabloní odrůdy Melrose. Byly testovány čtyři varianty. První varianta byla kontrolní, kde nebyla použita žádná pomocná látka. Ve druhé variante byl použit přípravek PRP SOL v dávce 300 kg·ha⁻¹ aplikovaný v pásu do 2 m. Třetí variantou byl opakovaný postřik pomocnou rostlinnou látkou PRP EBV v celkové dávce 10 l·ha⁻¹ aplikovaný na listy. Poslední variantou bylo použití přípravku PRP SOL a PRP EBV. Použití pomocných látek se projevilo zvýšením výnosu

oproti kontrole. U druhé varianty byl výnos vyšší o 311 kg oproti kontrole, což v přepočtu na hektar znamená rozdíl 10,7 tuny. [Pražák, 2007]

4 Hodnocení vlivu PPL na fyzikální vlastnosti

4.1 Charakteristika podniku Agrovýzkum Rapotín s.r.o.

Agrovýzkum Rapotín s.r.o. je dceřinou firmou firmy Výzkumný ústav pro chov skotu s.r.o. Firma byla založena v roce 2004. Jejím hlavním oborem podnikání je ostatní výzkum a vývoj v oblasti přírodních a technických věd. Mezi vedlejší obory podnikání patří ostatní vzdělávání, vydávání knih, periodických publikací a ostatní vydavatelské činnosti, technické zkoušky a analýzy, výroba chemických látek a chemických přípravků mnoho dalších činností. Společnost spolupracuje s mnoha partnery v České republice i v zahraničí, patří mezi ně přední vysoké školy a výzkumné ústavy na severní polokouli.

Firma má sídlo v obci Rapotín. Obec Rapotín se nachází v Olomouckém kraji, v okrese Šumperk, v nadmořské výšce 345 m. n. m.

4.2 Charakteristika půdního bloku a klimatické podmínky

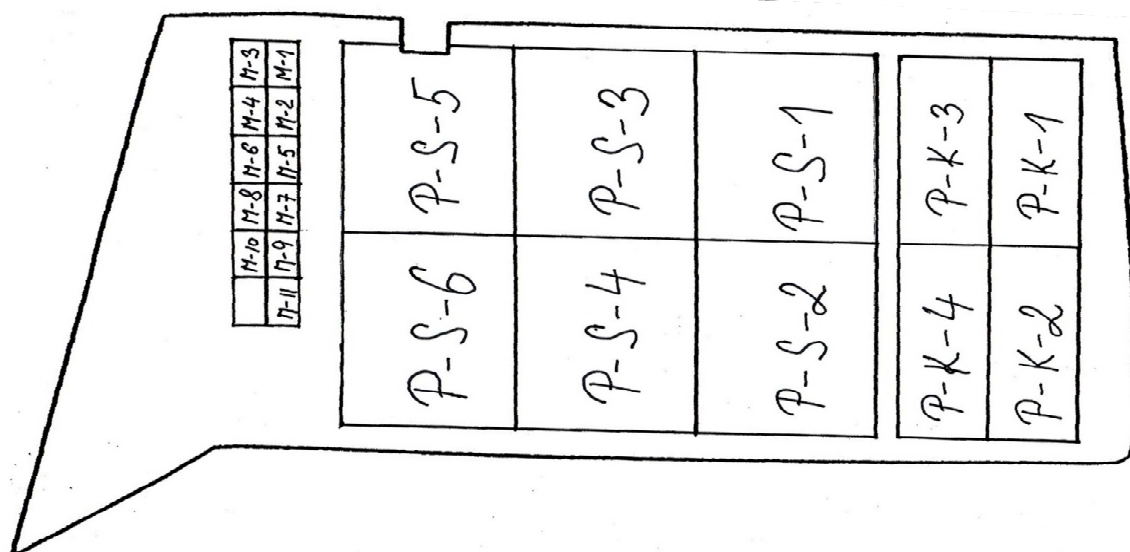
Půdní blok, na kterém byly založeny pokusné parcely, se nachází v katastrálním území Rapotín, na pozemkové parcele číslo 2862. Průměrná nadmořská výška bloku je 337,49 m a průměrná sklonovitost je 0,83°. Celková výměra půdního bloku je 13,26 ha. Převážná část výměry půdního bloku, více než 87 %, je charakterizováno bonitovanou půdně ekologickou jednotkou (BPEJ) 5.58.00.

Podle BPEJ patří pozemek do 5. klimatického regionu. Území patří do mírně teplé a mírně vlhké oblasti. Roční suma teplot na 10°C je v rozmezí od 2200 do 2500. Průměrná roční teplota činí 7-8 °C. Průměrný úhrn srážek je 550-650 mm. Pravděpodobnost suchých vegetačních období se pohybuje v rozmezí 15-30%.

Hlavní půdní jednotka charakterizuje dle vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb. tento půdní blok jako fluvizemě glejové na nivních uloženinách, popřípadě s podložím teras, středně těžké nebo středně těžké lehčí, pouze slabě skeletovité, hladina vody níže 1 m, vláhové poměry po odvodnění příznivé.

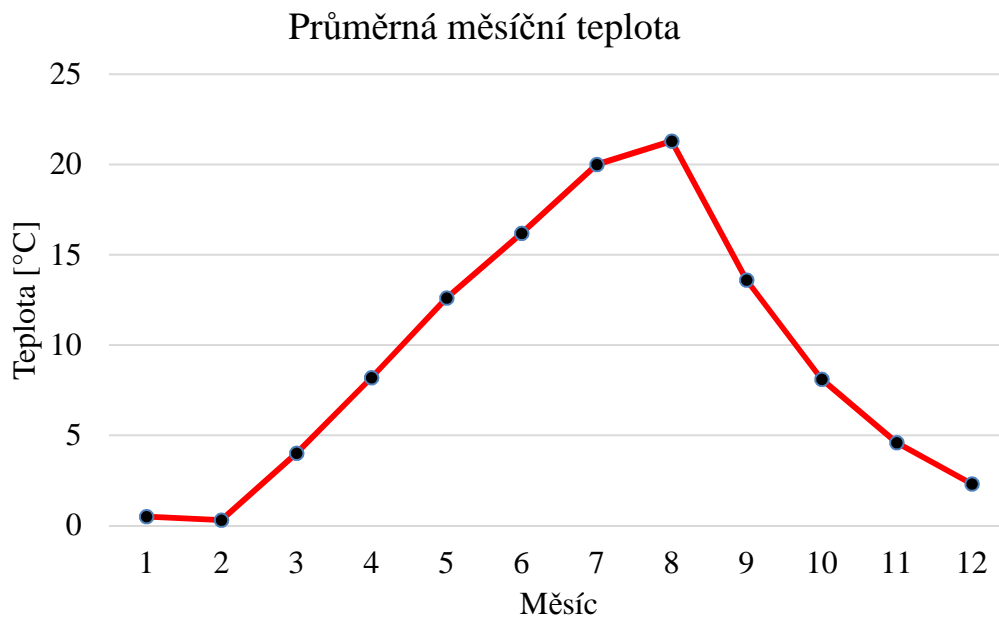
Tvar rozložení pokusných parcel je patrné na následujícím obrázku (viz Obr. 12).

Obr. 12 – Rozmístění jednotlivých variant na půdním bloku [Látal, 2014]

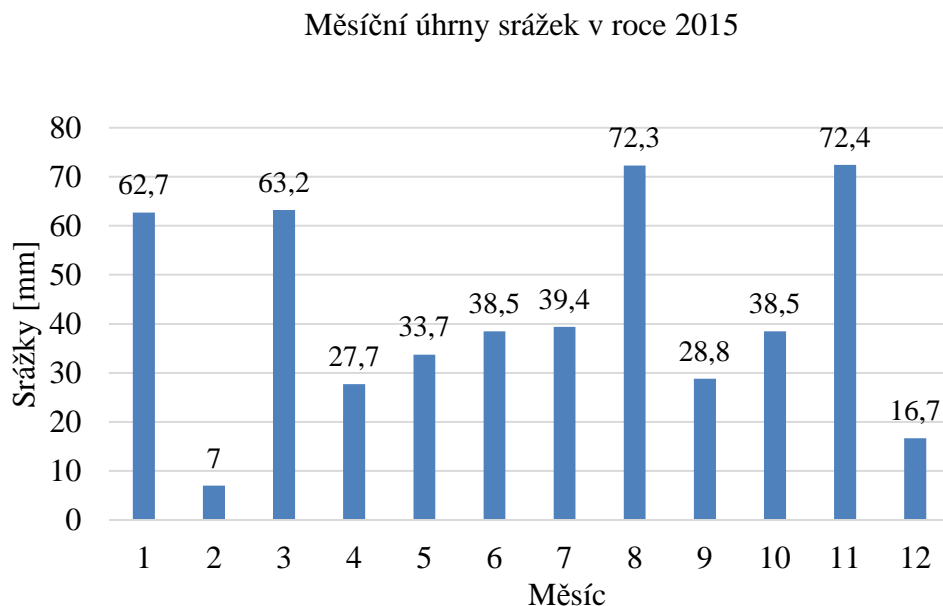


V následujících grafech 1, 2 je znázorněn průběh počasí na sledovaném stanovišti v roce 2015.

Graf 1 - Průměrné měsíční teploty



Graf 2 - Měsíční úhrn srážek



4.3 Hodnocené varianty

Varianty jsou děleny podle způsobu využití půdy. Varianty označené P-K jsou využity pro pěstování monokultury kukuřice určené k silážování. Varianty označené P-S jsou využity pro pěstování plodin dle sestaveného osevního postupu. Popis jednotlivých variant je přehledně zpracován v následující tabulce (viz Tab. 9).

Tab. 9 – Varianty poloprovozního pokusu - monokultura kukuřice 2014 a 2015

Označení varianty	Typ hnojiva a dávka na plochu	Typ PPL a dávka na plochu	Plodina
P-K-1	Hněj + Z FIX (25 t)	PRP SOL (100 kg)	kukuřice na siláž
P-K-2	Hněj + Z FIX (25 t)	nic	kukuřice na siláž
P-K-3	Hněj (25 t)	PRP SOL (100 kg)	kukuřice na siláž
P-K-4	Hněj (25 t)	nic	kukuřice na siláž

Na každou variantu pěstování monokultury byl vyčleněn pozemek o rozměru 42 x 120 m.

Pro varianty pokusu při střídání plodin byly v roce 2015 osety kukuřicí. Pro pokus se střídáním plodin byl pro každou variantu vyčleněn pozemek o rozměrech 84 x 120 m. Varianty pokusu jsou popsány v následujících tabulkách pro jednotlivé roky (viz Tab. 10 a Tab. 11)

Tab. 10 – Varianty poloprovozního pokusu – střídání plodin 2014

Označení varianty	Typ hnojiva a dávka na plochu	Typ PPL a dávka na plochu
P-S-1	Hněj (50 t)	PRP SOL (200 kg)
P-S-2	Hněj (50 t)	nic
P-S-3	Hněj + Z FIX (50 t)	PRP SOL (200 kg)
P-S-4	Hněj + Z FIX (50 t)	nic
P-S-5	nic	PRP SOL (200 kg)
P-S-6	N+PK 200 kg	nic

Tab. 11 – Varianty poloprovozního pokusu – střídání plodin 2015

Označení varianty	Typ hnojiva a dávka na plochu	Typ PPL a dávka na plochu	Plodina
P-S-1	nic	PRP SOL (200 kg)	kukuřice na siláž
P-S-2	nic	nic	kukuřice na siláž

Označení varianty	Typ hnojiva a dávka na plochu	Typ PPL a dávka na plochu	Plodina
P-S-3	nic	PRP SOL (200 kg)	kukuřice na siláž
P-S-4	nic	nic	kukuřice na siláž
P-S-5	nic	PRP SOL (200 kg)	kukuřice na siláž
P-S-6	N+PK 200 kg	nic	kukuřice na siláž

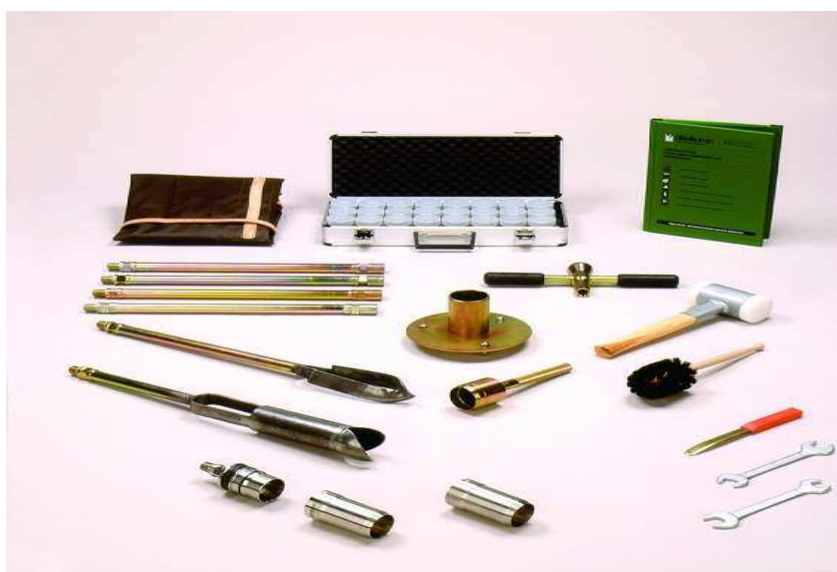
4.4 Sledované fyzikální veličiny a metody

Tato kapitola je věnována metodám využitým při určování vybraných půdních vlastností během roku 2014 a 2015. Měření proběhlo 20. 10. 2014 a 19. 5. 2015

4.4.1 Objemová hmotnost

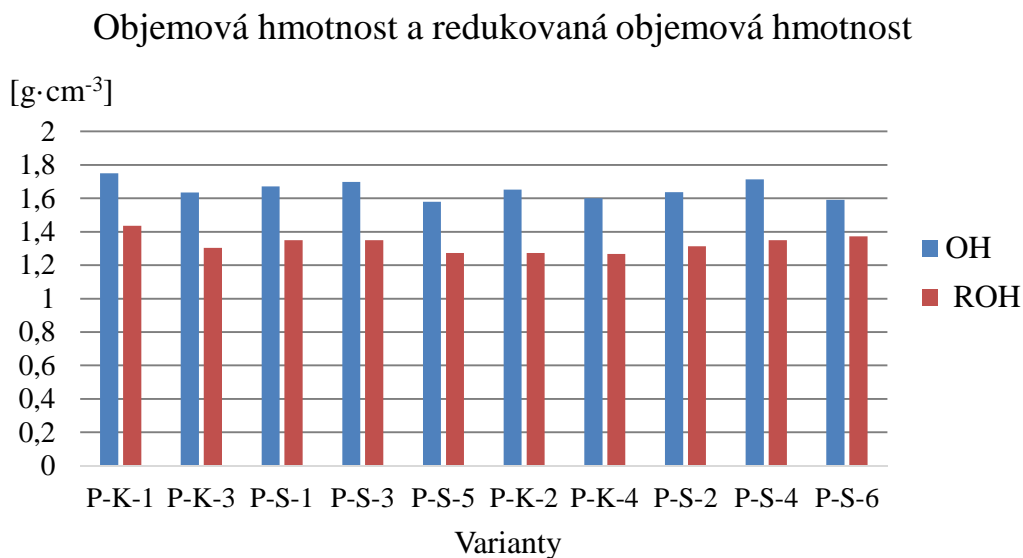
Objemová hmotnost byla stanovena pomocí rozboru neporušených půdních vzorků. Půdní vzorky byly odebrány do nerezavějících ocelových válečků o objemu 100 cm³. Sada k odběru neporušených vzorků je na následujícím obrázku (viz Obr. 13).

Obr. 13 – Sada pro odběr vzorků [Firemní prospekty Eijkelkamp Soil & Water]



Naměřené hodnoty ze dne 20. 10. 2014 jsou zobrazeny v následujícím grafu (viz Graf 3).

Graf 3 – Objemová hmotnost (OH) a redukovaná objemová hmotnost (ROH)

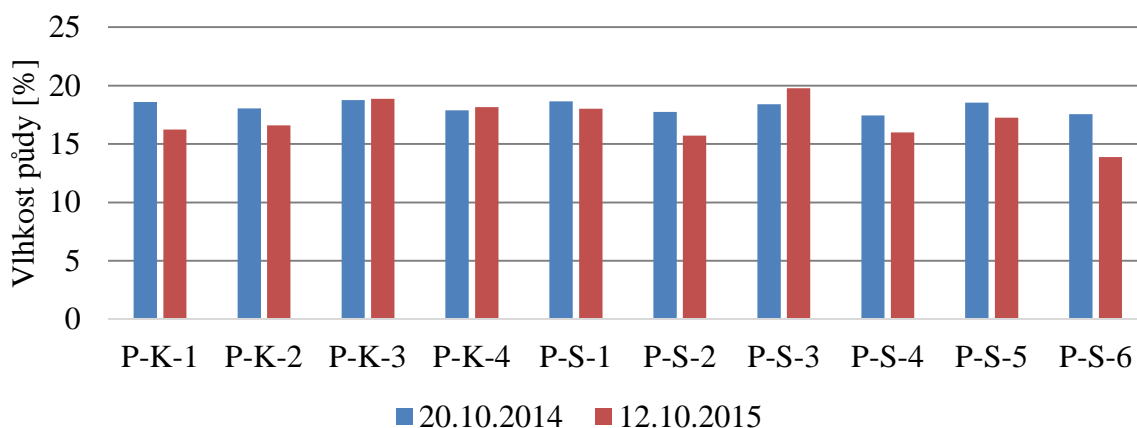


Nejnižší hodnoty byly naměřeny na pozemcích pro variantu P-K-4 a varianty P-S-5 a P-S-6.

4.4.2 Vlhkost

Vlhkost byla stanovena gravimetricky, při rozboru neporušených půdních vzorků. Neporušené vzorky byly zvaženy a poté vysušeny při teplotě 105 °C. Hmotnostní rozdíl byl pak převeden na procenta. V roce 2015 byla vlhkost měřena pomocí vlhkoměru přímo na poli. Získané hodnoty jsou zpracovány graficky (viz. Graf 4).

Graf 4 – Vlhkost půdy během měření



4.4.3 Penetrační odpor

Penetrační odpor byl stanoven pomocí půdního penetrometru viz Obr. 14).

Obr. 14 – Penetrometr [Karafiát, 2013]



Měření půdního odporu bylo prováděno na podzim roku 2014, kdy byly provedeny tři měření pro každou variantu, na jaře roku 2015, kdy bylo provedeno deset měření pro každou variantu, a na podzim roku 2015, kdy byla provedena tři měření.

Měření penetračního odporu je vhodné dělat při rovnoměrně provlhlém půdním profilu. Vlhkost půdy a optimální zastoupení půdní vody v půdním profilu má velký vliv na penetrační odpor půdy

Výsledky měření jsou zpracovány pro každou variantu, pomocí programu Statistica 12.

Varianta P-K-1

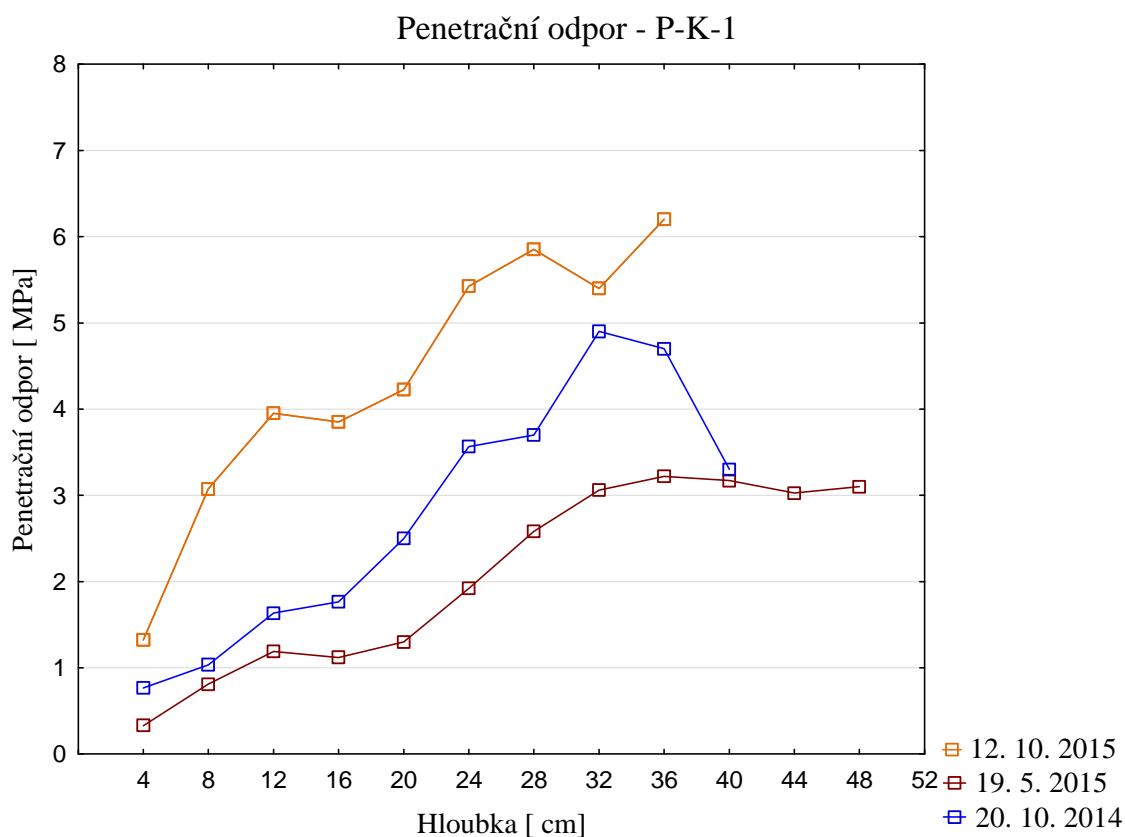
Při měření počátečního penetračního odporu na pozemku je velký rozptyl hodnot v hloubce 20 a 24 cm, který způsobuje velkou směrodatnou odchylku. Hodnoty penetračního bodu rostou do hloubky 32 cm a poté klesají. Penetrační odpor byl změřen do hloubky 40 cm, poté již nebylo možné zatlačit měřicí přístroj hlouběji.

Průběh penetračního odporu se na jaře 2015 lišil od penetračního odporu získaného na podzim 2014. Vypočtená průměrná hodnota penetračního odporu byla ve všech hloubkách nižší než na podzim. Největší rozdíl naměřených hodnot byl v hloubce 32 a 36 cm.

Měření na podzim roku 2015 bylo ovlivněno extrémním průběhem počasí během léta. Proto je patrný vysoký nárůst penetračního odporu. Vyschlá půda bránila hlubšímu zatlačení penetrometru.

Hodnoty průměrného penetračního odporu, získaného měřeními jsou v následujícím grafu (viz Graf 5).

Graf 5 – Penetrační odpor – varianta P-K-1



Varianta P-K-2

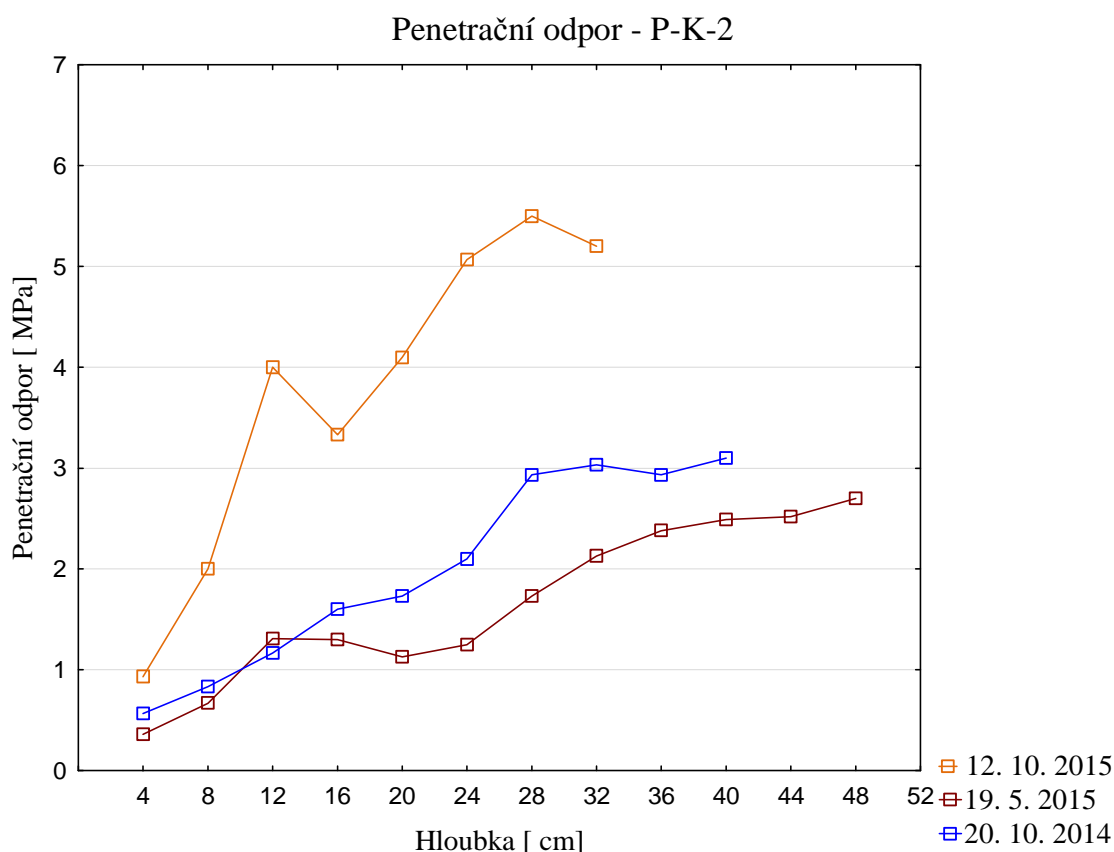
Již počáteční hodnoty penetračního odporu jsou nižší než v předchozí variantě. Do hloubky 28 cm je nárůst penetračního odporu téměř lineární a poté se pohybuje kolem 3 MPa.

Penetrační odpor změřený po aplikaci hnoje a látky Z FIX vykazuje vysokou variabilitu v hloubce 12, 16, 28, a 32 cm. Průměrná hodnota penetračního odporu je v hloubce 12 cm vyšší, než byla při předchozím měření. Z grafu je vidět pozitivní vliv na hodnotu penetračního odporu ve větších hloubkách.

Při podzimním měření v roce 2015 byl i v této variantě zaznamenán vysoký nárůst penetračního odporu.

Průměrné hodnoty penetračního odporu jsou v následujícím grafu (viz Graf 6).

Graf 6 – Penetrační odpor – varianta P-K-2



Varianta P-K-3

Penetrační odpor na pozemku před aplikací hnoje a látky PRP SOL má podobný průběh jako u předchozích variant. Do hloubky 24 cm je patrný exponenciální růst

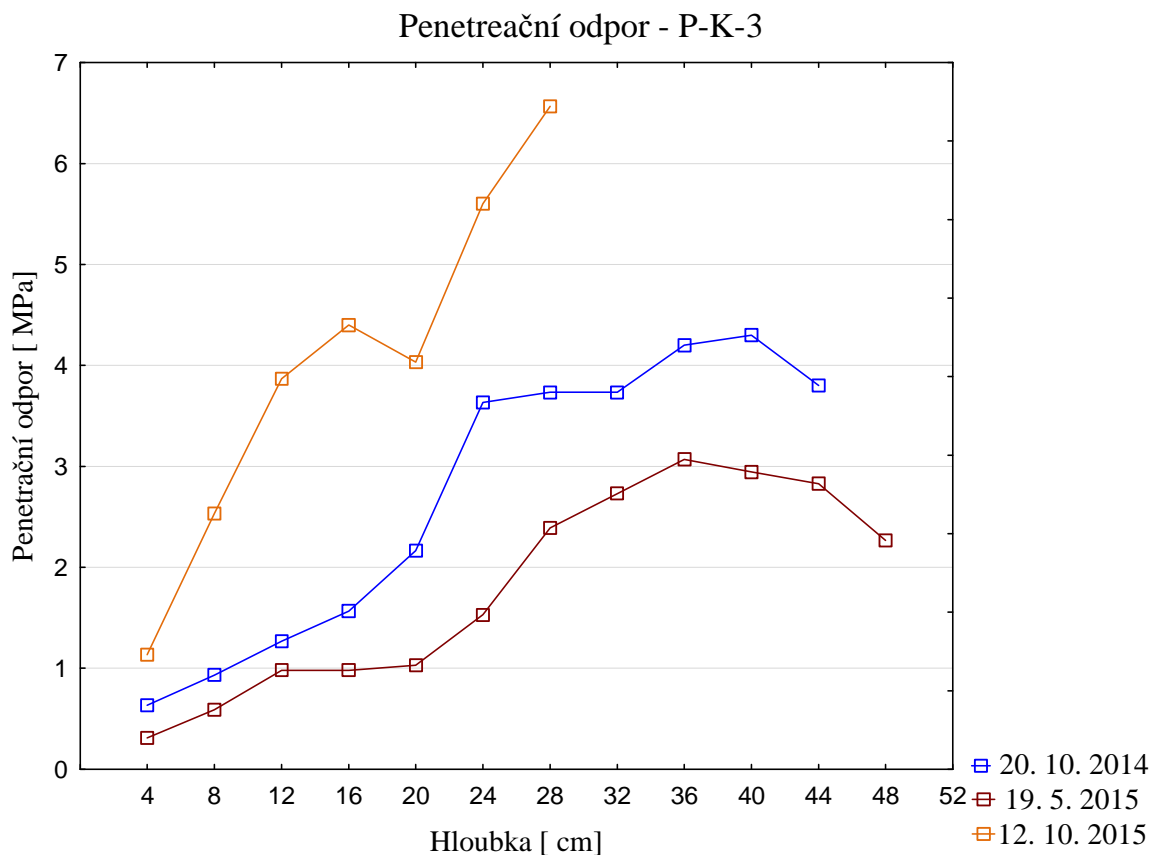
penetračního odporu. Ve hlubších vrstvách se pohybují průměrné hodnoty penetračního odporu okolo 4 MPa.

Při jarním měření byl penetrační odpor nižší než při počátečním stavu. Průměrný penetrační odpor se až do hloubky 20 cm pohybuje okolo 1 MPa. V hloubce 20 a 24 cm došlo k snížení penetračního odporu o více jak 50%.

Při měření 12. 10. 2015 byl penetrační odpor změřen jen do hloubky 28 cm. V této hloubce byla průměrná hodnota penetračního odporu větší než 6,5 MPa.

Průměrné hodnoty penetračního odporu jsou zaznamenány v následujícím grafu (viz Graf 7).

Graf 7 – Penetrační odpor – varianta P-K-3



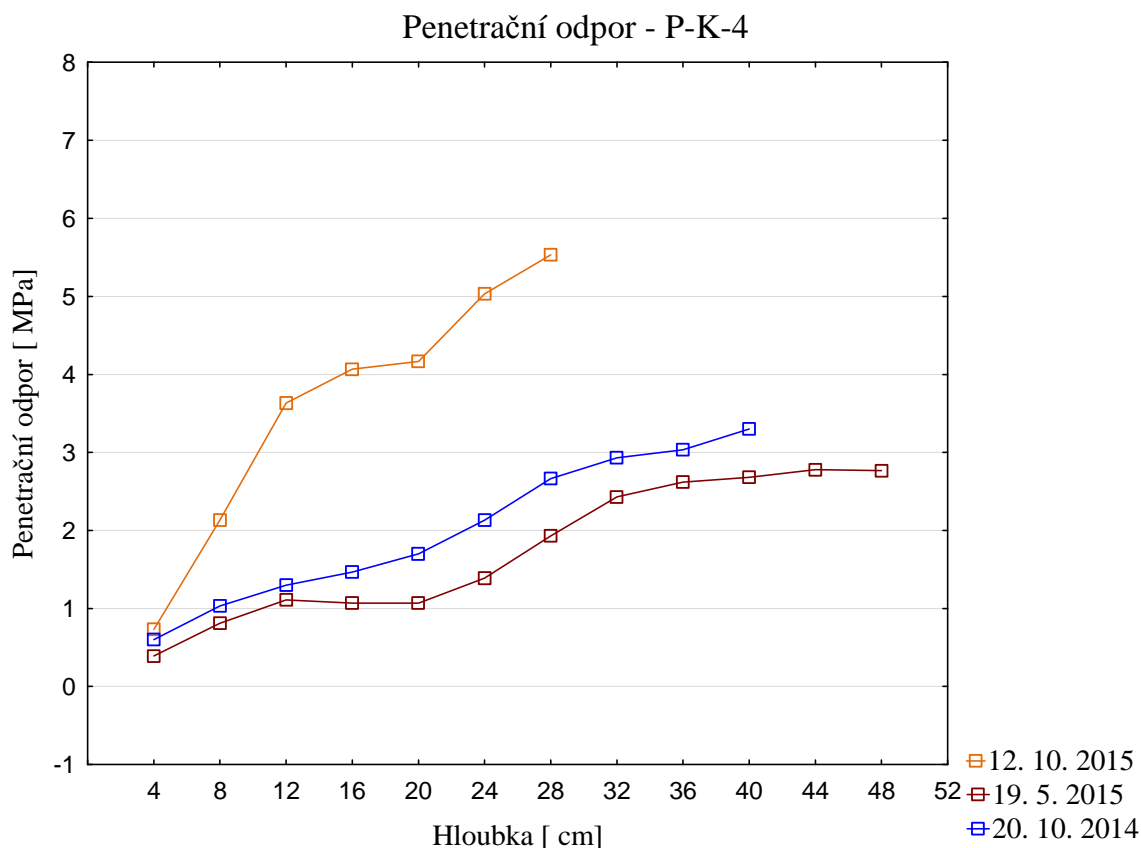
Varianta P-K-4

Počáteční hodnoty penetračního odporu pozemku, kde byl použit pouze hnůj, jsou podobné jako počáteční stav varianty P-K-2. Maximální hodnota průměrného penetračního

odporu je 3,3 MPa v hloubce 40 cm. Vyšší variabilitu vykazuje penetrační odpor v hloubce 20 až 28 centimetrů.

Hodnoty zjištěné při jarním a podzimním měření v roce 2015 jsou zpracovány, spolu s hodnotami na začátku pokusu v následujícím grafu (viz Graf 8).

Graf 8 – Penetrační odpor – varianta P-K-4



Byla zjištěna velká variabilita v hloubce v hloubce 8 až 12cm a v hloubce 24 až 32 cm. Použitím samotného hnoje došlo na jaře také ke snížení penetračního odporu. Celkový efekt neošetřeného hnoje je ale nejnižší z porovnávaných variant při pěstování monokultury kukuřice.

Nedostatek srážek v létě 2015 se zde neprojevil takovým navýšením penetračního odporu jako u variant s použitím PRP SOL.

Varianta P-S-1

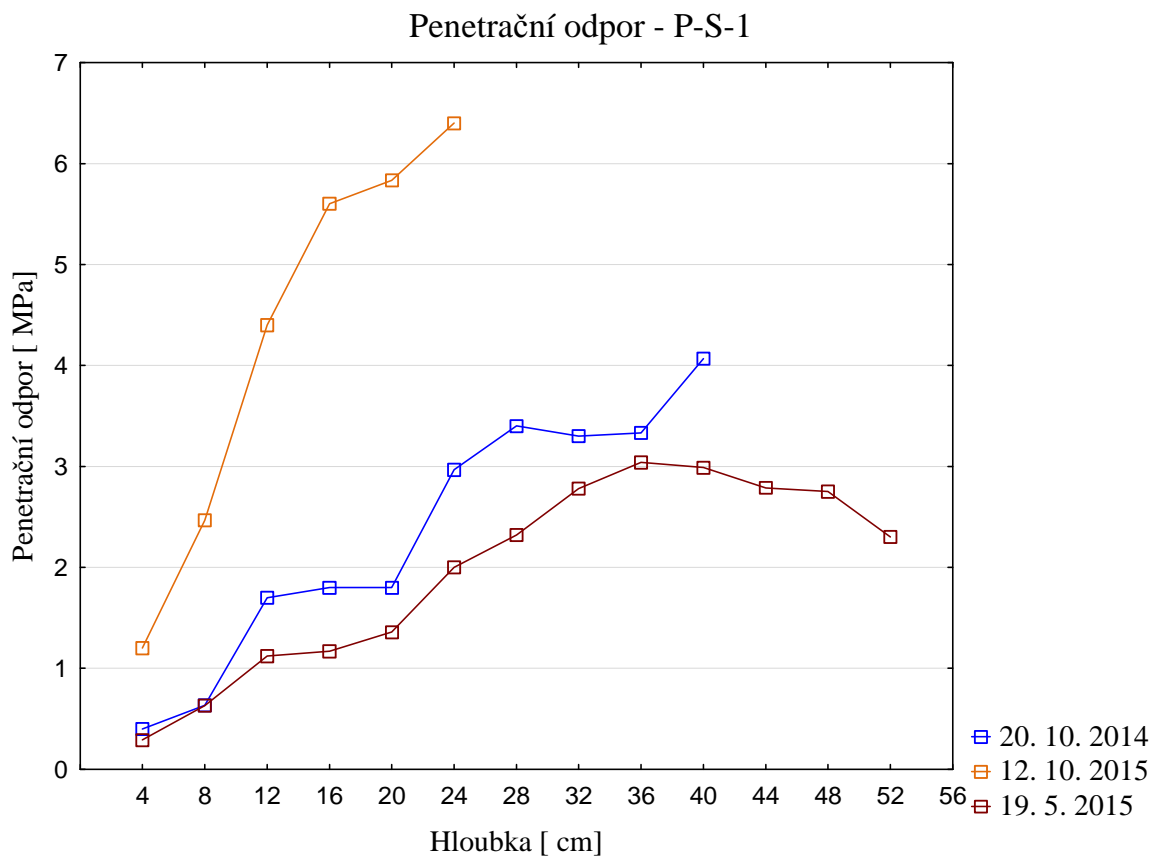
Před započítáním pokusů byl patrný schodovitý průběh průměrné hodnoty penetračního odporu v závislosti na hloubce a velká variabilita penetračního odporu ve hlubších vrstvách. Maximální hodnota penetračního odporu měla hodnotu 4,9 MPa.

Po aplikaci, při opakovaném měření 19. 5. 2015, došlo ke snížení penetračního odporu i k snížení variability naměřených hodnot. Maximální hodnota penetračního odporu je dosažena v hloubce 36 cm, kde byla naměřena hodnota 3,6 MPa.

Při následujícím měření na podzim 2015 byl změřen penetrační odpor jen do hloubky 24 cm. Penetrační odpor v této hloubce byl více jak trojnásobný než při měření na jaře.

Průměrné hodnoty penetračního odporu jsou zaznamenány v následujícím grafu (viz Graf 9).

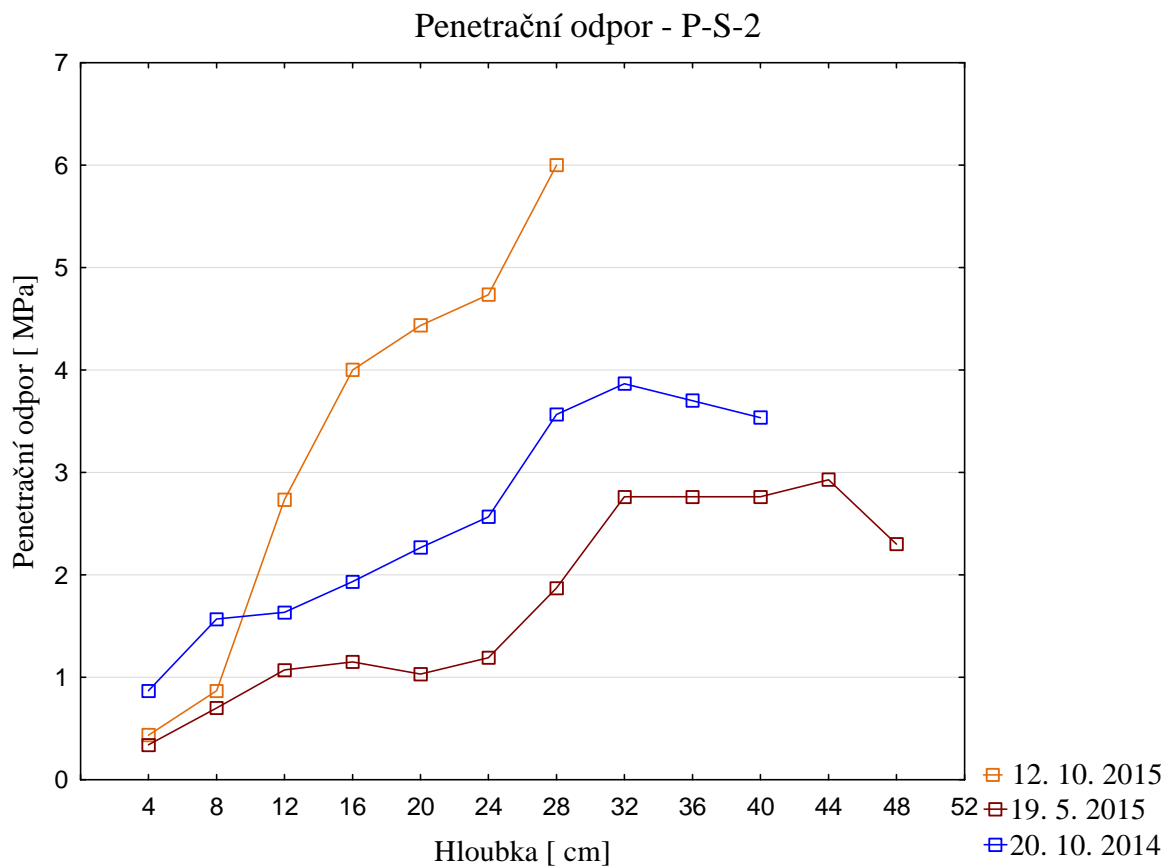
Graf 9 – Penetrační odpor – varianta P-S-1



Varianta P-S-2

Hodnoty penetračního odporu pro tuto variantu jsou zpracovány v Grafu 10.

Graf 10 – Penetrační odpor – varianta P-S-2



Při počátečním měření v roce 2014 byl penetrační odpor stanoven do hloubky 40 cm. Byl patrný pozvolný nárůst penetračního odporu do hloubky 24 cm. Maximální hodnoty bylo dosaženo v hloubce 32 cm.

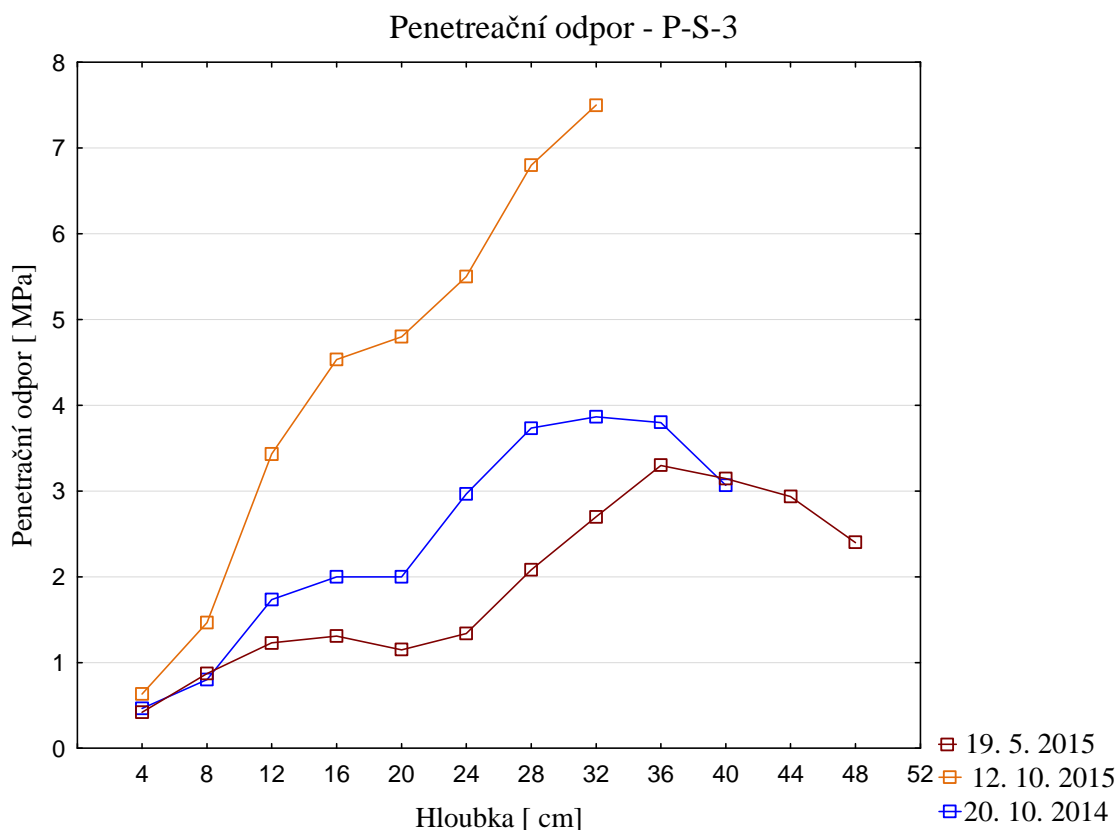
Při měření po aplikaci neošetřeného hnoje byl zjištěn pokles penetračního odporu. Průměrná hodnota nepřesahovala v žádné hloubce 3 MPa. V hloubce 20 cm došlo k statisticky významnému poklesu penetračního odporu proti minulému měření.

Při měření dne 12. 10. 2015 byly naměřeny hodnoty penetračního odporu vyšší než před počátkem pokusu. Výjimkou byl penetrační odpor naměření ve hloubce 4 a 8 cm, který byl nepatrně vyšší než na jaře 2015.

Varianta P-S-3

Hodnoty penetračního odporu jsou uvedeny v zpracovány v grafu (viz Graf 11).

Graf 11 – Penetrační odpor – varianta P-S-3



Při měření v roce 2014 byl ve hloubce 24 cm naměřeny hodnoty od 1,5 MPa do 4,2 MPa. Penetrační odpor měl podobný průběh jako u předchozí varianty.

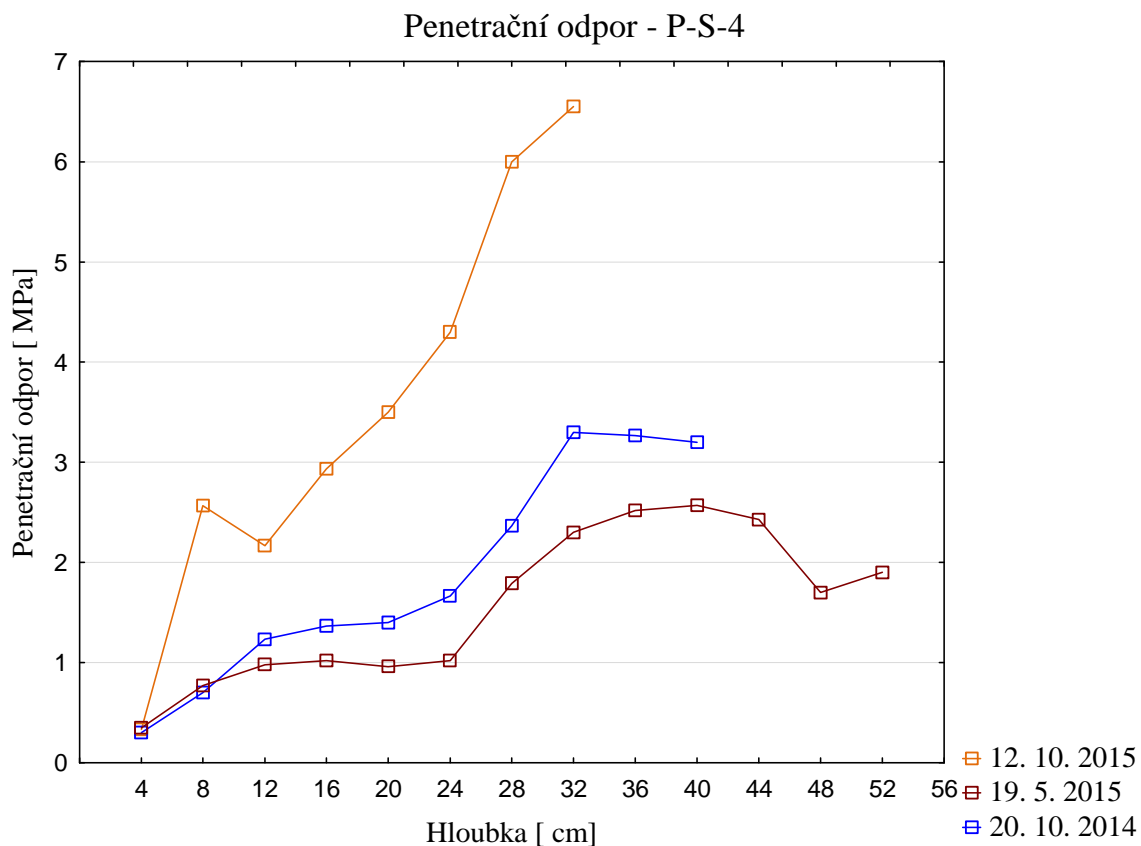
Při jarním měření byl patrný vliv aplikace organické hmoty. Snížení penetračního odporu bylo dosaženo v hloubce od 12 do 36 cm. Ve hloubce 4, 8 a 40 cm byl naměřen průměrný penetrační odpor stejný jako na podzim roku 2014.

Naměřené průměrné hodnoty ze dne 12. 10. 2015 byly vyšší než ve všech výše uvedených variantách. V hloubce 32 cm byla stanovena průměrná hodnota penetračního odporu 7,5 MPa. Spojnice průměrných hodnot má podobný průběh pro jarní i podzimní měření provedená v roce 2015.

Varianta P-S-4

Průměrné hodnoty penetračního odporu naměřené během roku 2014 a 2015 jsou v následujícím grafu (viz Graf 12)

Graf 12 – Penetrační odpor – varianta P-S-4

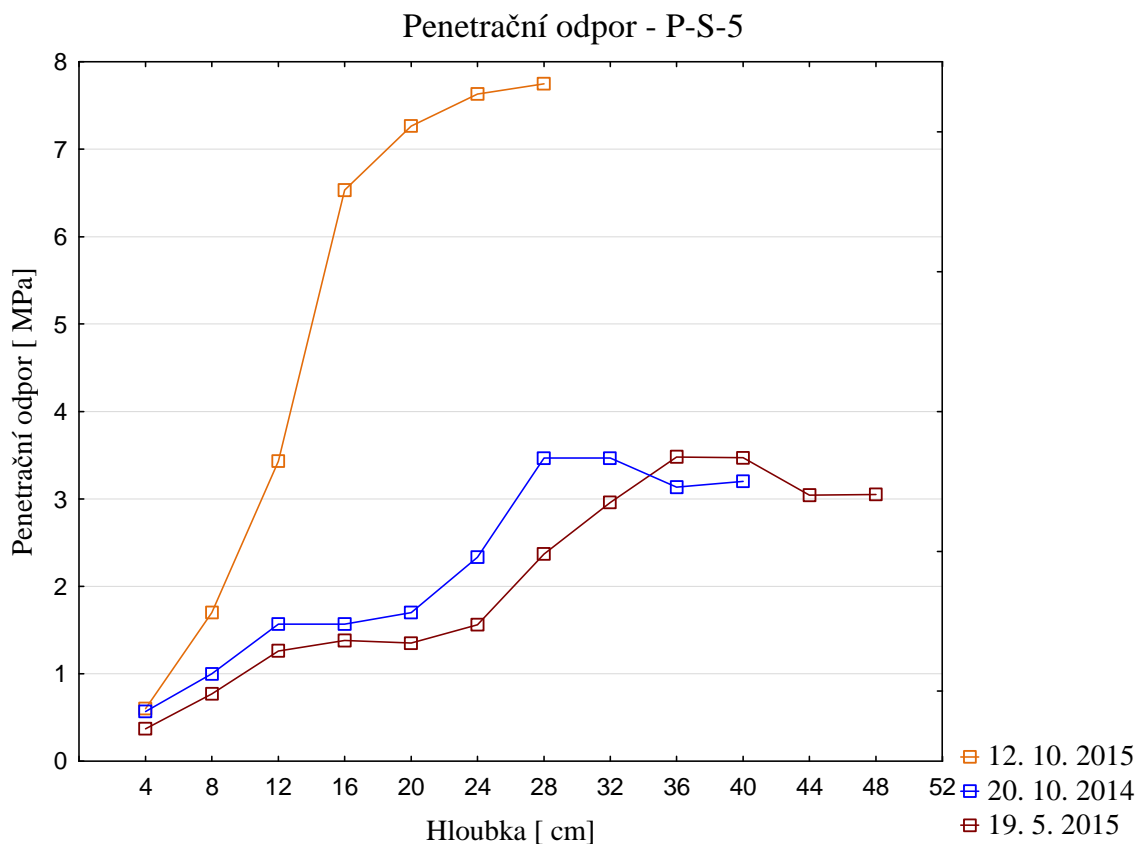


Penetrační odpor před začátkem pokusu byl velmi podobný počátečním odporu předcházejících variant. V hloubce 28 cm byla zjištěna vysoká variabilita naměřených hodnot. Po aplikaci hnoje ošetřeného látkou Z FIX se změnilы hodnoty penetračního odporu. Z hodnot naměřených 19. 5. 2015 je patrné, že do hloubky 8 cm není téměř žádná změna penetračního odporu. V dalších vrstvách je patrné snížení penetračního odporu o 0,5 až 1 MPa. Při měření ze dne 12. 10. 2015 byla průměrná hodnota penetračního odporu ve hloubce 12 a 16 cm nižší než u všech ostatních variant.

Varianta P-S-5

Při této variantě byla použita pouze pomocná půdní látka PRP SOL. Hodnoty penetračního odporu získané během let 2014 a 2015 jsou zpracovány v následujícím grafu (viz Graf 13).

Graf 13 – Penetrační odpor – varianta P-S-5



Penetrační odpor na počátku pokusu dosahuje podobných maximálních hodnot jako u varianty P-S-4. Od hloubky 28 cm se pohybuje průměrný penetrační odpor okolo 3,5 MPa.

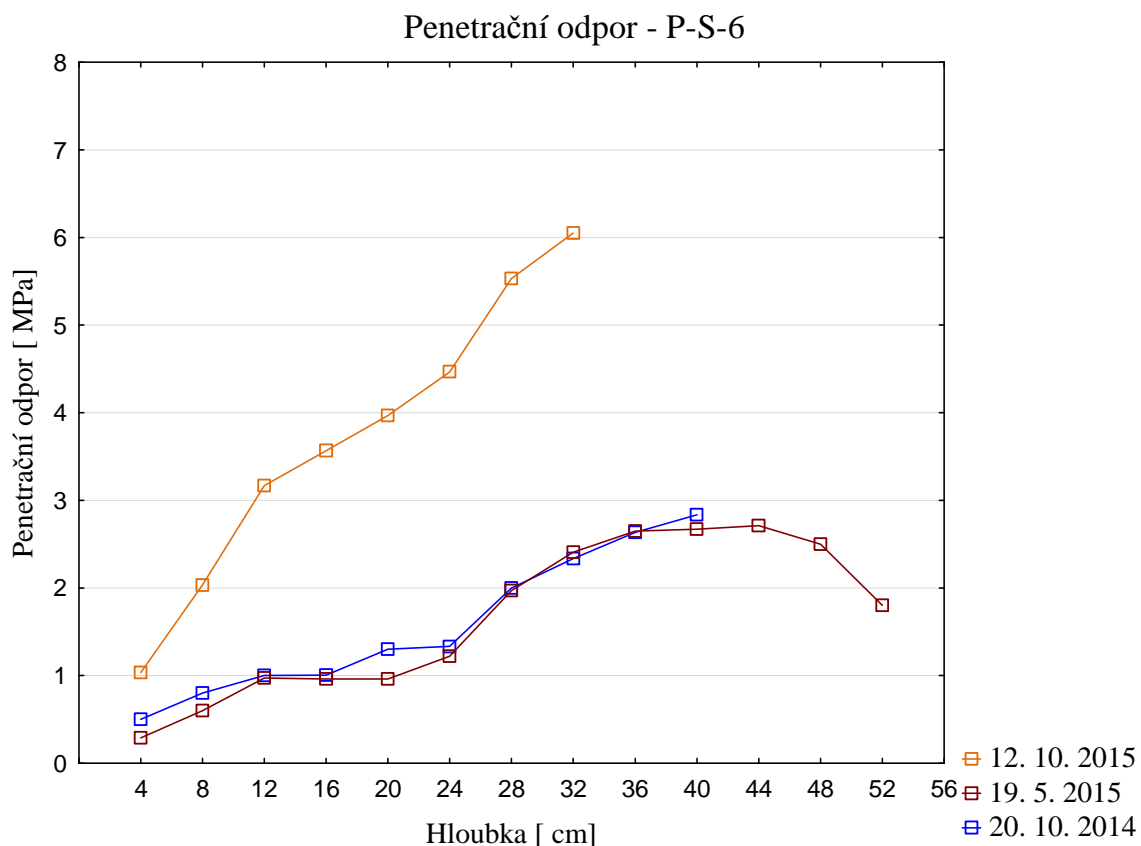
Po aplikaci PRP SOL došlo k snížení penetračního odporu, ale toto snížení bylo velmi malé. Maximální hodnota penetračního odporu byla téměř stejná jako v předchozím měření, jen se posunula do hlubších vrstev. Průměrný penetrační odpor před použitím látky byl v hloubce 36 a 40 cm nižší než při jejím použití.

Při měření, které proběhlo 12. 10. 2015, je velmi nepříznivý nárůst penetračního odporu. V hloubce 12 cm dosahuje průměrná hodnota penetračního odporu podobných hodnotu jako při jarním měření v hloubce 36 cm. V hloubce 28 cm byl průměrný penetrační odpor 7,8 MPa.

Varianta P-S-6

Průměrné hodnoty penetračního odporu půdy při použití kombinovaných hnojiv jsou zaznamenány v následujícím grafu (viz Graf 14).

Graf 14 – Penetrační odpor – varianta P-S-6



Při měření 20. 10. 2014 a 19. 5. 2015 je z grafu je patrný neustálý nárůst penetračního odporu až k hodnotám okolo 3 MPa. V hloubce 28 cm byl velký rozptyl naměřených dat. Při porovnání průměrných hodnot jsou téměř shodné ve většině měřených vrstvách. Nižší penetrační odpor byl naměřen v hloubkách 4, 8 a 20 cm. V těchto hloubkách byl počáteční penetrační odpor nižší o 0,3 MPa.

Při měření ze dne 12. 10 2015 nebylo dosaženo tak vysokých průměrných hodnot penetračního odporu jako ve variantě P-S-5

4.4.3.1 Shrnutí variant

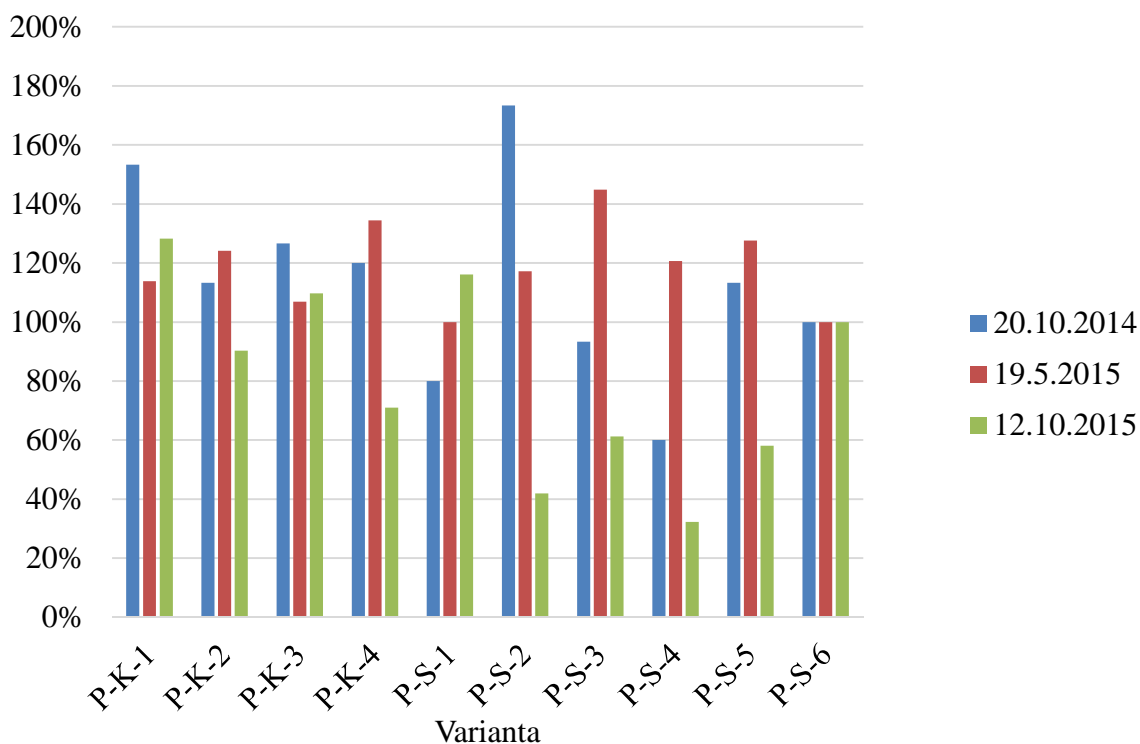
Vliv aplikace průmyslových hnojiv nemá žádný vliv na penetrační odpor půdy. Aplikace organické hmoty do půdy má mnohem výraznější vliv než aplikace pomocných půdních látek. Největší vliv na snížení penetračního odporu mělo použít hnoje ošetřené látkou Z FIX v kombinaci s půdní pomocnou látkou PRP SOL.

Při průběhu počasí s nedostatkem srážek má aplikace přípravku PRP SOL negativní účinek na velikost penetračního odporu. Aplikace hnoje má pozitivní vliv na penetrační odpor půdy i při nepříznivém průběhu počasí

Ve všech měřených hloubkách měřených 20. 10. 2014 a 19. 5. 2015 díky vysokému variabilitě naměřených hodnot nebyly zjištěny statisticky významné rozdíly. Výjimkou je jen hloubka 20 cm ve variantě P-S-, kde došlo na hladině významnosti $\alpha=0,05$ ke statisticky významnému poklesu penetračního odporu.

K porovnání penetračních odporů půdy byly výsledky měření zpracovány do grafů penetračního odporu pro vybrané hloubky, kde jsou získané hodnoty vztaženy k hodnotě penetračního odporu kontrolní varianty P-S-6. Porovnání hodnot v hloubce 4 cm je v Grafu 15.

Graf 15 – Penetrační odpor v hloubce 4 cm

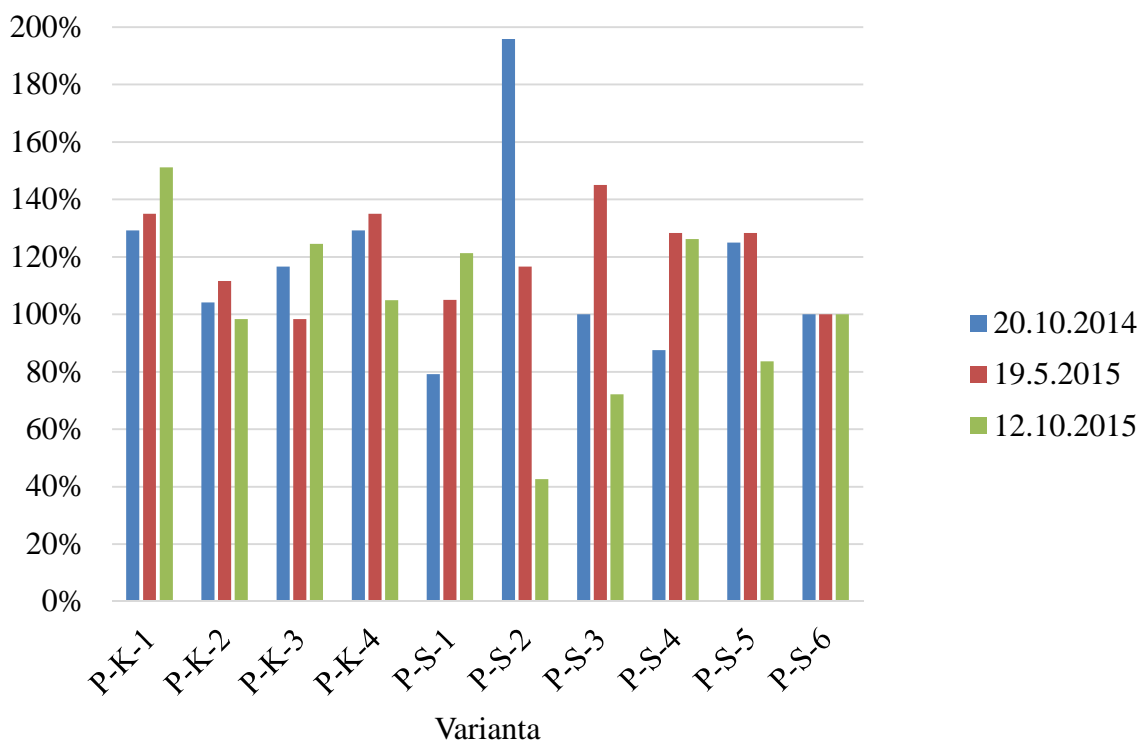


Z grafu je patrné, že průměrné hodnoty penetračního odporu u jednotlivých variant jsou v hloubce 4 cm dost odlišné. U varianty P-S-2 byl penetrační odpor o více než 73% vyšší než u kontrolní varianty. U varianty P-K-1 byl penetrační odpor o více než 53% vyšší než u kontrolní kontroly. Některé varianty měly průměrnou hodnotu penetračního odporu nižší. U varianty P-S-4 byla průměrná hodnota penetračního odporu na podzim

2014 o 40% nižší než u kontrolní varianty. Průměrné hodnoty naměřené na jaře 2015 vykazují menší variabilitu oproti kontrolní variantě. Tento jev byl nejspíše způsoben dostatečným zásobením půdy vodou. Při měření penetračního odporu na podzim 2015 je opět patrný velký rozdíl hodnot penetračního odporu pro jednotlivé varianty. Vyšší penetrační odpor než kontrolní varianta P-S-6 měly v hloubce 4 cm varianty P-K-1, P-K-3 a P-S-. Varianta P-K-1 měla průměrný penetrační odpor v hloubce 4 cm větší o 28%. Nejnižší hodnotu penetračního odporu měla varianta P-S-4. Průměrný penetrační odpor této varianty dosáhl při posledním měření jen 32,28% hodnoty penetračního odporu varianty P-S-6.

Hodnoty penetračního odporu půdy pro hloubku 8 cm jsou vyneseny do následujícího grafu (viz Graf 16).

Graf 16 – Penetrační odpor v hloubce 8 cm

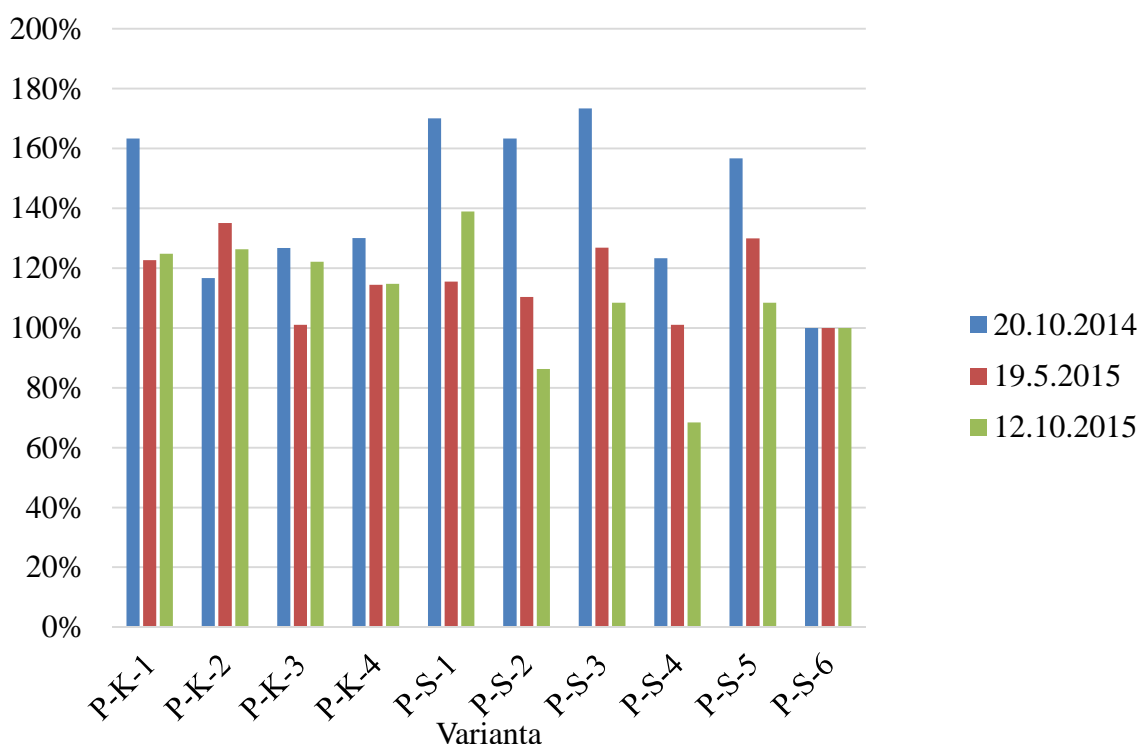


Velké rozdíly v hodnotách penetračního odporu u jednotlivých variant jsou zřetelné již při počátečním měření na podzim roku 2014. U varianty P-S-2 je počáteční penetrační odpor v hloubce 8 cm téměř o 96% vyšší než penetrační odpor kontrolní varianty. Penetrační odpory ostatních variant se pohybují v rozmezí od 79% do 129% hodnoty penetračního odporu kontrolní varianty. Při opakování měření na podzim 2015 byly

v hloubce 8 cm naměřeny hodnoty vyšší než u kontrolní varianty u varianty P-K-1, P-K-3, P-K-4, P-S-1, P-S-4. Uvedené varianty zahrnují jak aplikace ošetřeného nebo neošetřeného hnoje s využitím nebo bez využitím pomocné půdní látky PRP SOL. Nižší hodnoty penetračního odporu než u kontrolní varianty byly u varianty s použitím samotné látky PRP SOL, u varianty s aplikací neošetřeného hnoje a u varianty, kde byl aplikován hnůj ošetřený látkou Z-FIX spolu s PRP SOL. Nejnižší hodnota penetračního odporu oproti kontrole byla zjištěna u varianty P-S-2.

Hodnoty penetračního odporu půdy pro hloubku 12 cm jsou vyneseny do následujícího grafu (viz Graf 17).

Graf 17 - Penetrační odpor v hloubce 12 cm

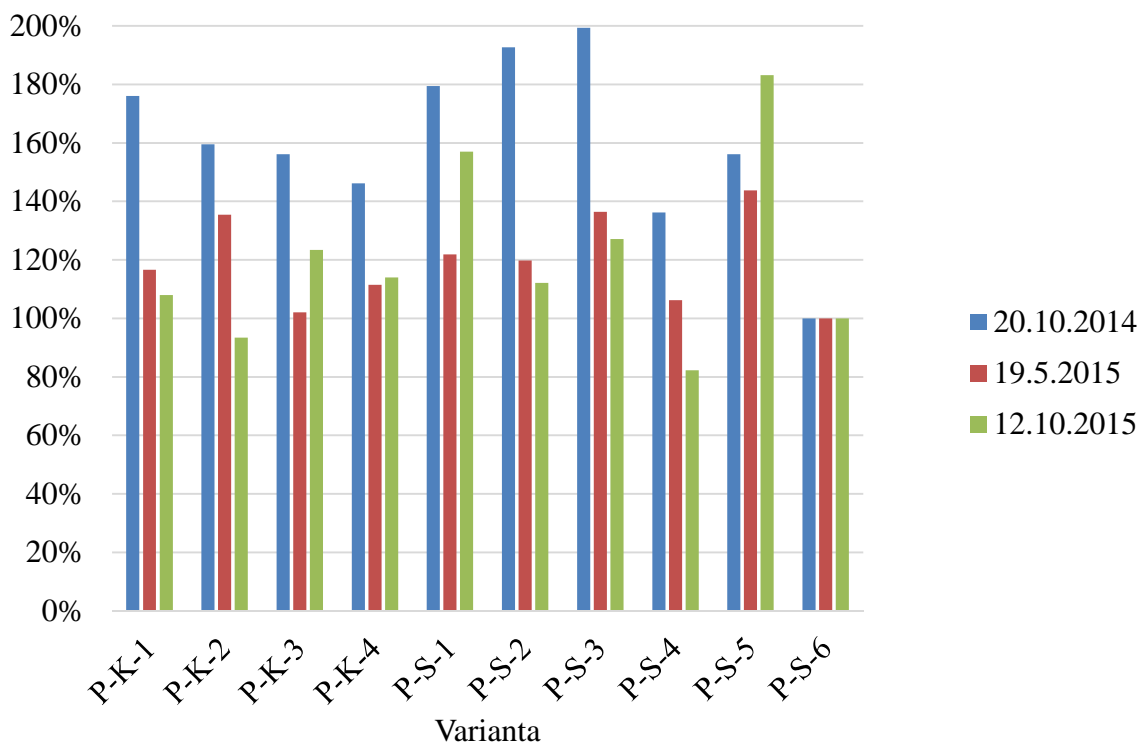


V hloubce 12 cm jsou všechny hodnoty penetračního odporu zjištěné při založení poloprovozních pokusů vyšší než penetrační odpor kontrolní varianty. Hodnoty penetračních odporů byly vyšší než u varianty P-S-6 i při měření na jaře 2015. Při posledním měření ze dne 12. 10. 2015 byly nižší hodnoty penetračního odporu než u kontrolní varianty naměřeny u variant P-S-2 a P-S-4. Varianty P-S-1 a P-S-2 měly podobné hodnoty v prvních dvou měřeních. U varianty P-S-2 byl při posledním měření zaznamenán

pokles na hodnotu 86% penetračního odporu varianty P-S-6 a u varianty P-S-1 byl zaznamenán nárůst na hodnotu 140% penetračního odporu varianty P-S-6.

Poslední hloubku, pro kterou jsem stanovil penetrační odpor vztažený ke kontrolní variantě, byla hloubka 16 centimetrů. Odlišnosti od varianty P-S-6 jsou patrné z následujícího grafu (viz Graf 18).

Graf 18 – Penetrační odpor v hloubce 16 cm



V hloubce 16 cm byly zjištěné hodnoty penetračního odporu ve všech variantách na začátku pokusu nejméně o 36% vyšší než u kontrolní varianty. U variant P-S-2 a P-S-3 dosahoval penetračního odporu téměř dvojnásobku penetračního odporu kontrolní varianty. Jen u varianty P-K-2 a P-S-4 byl zjištěn konečný penetrační odpor nižší než u kontrolované varianty. U těchto dvou variant byl aplikován hnůj ošetřený látkou Z-FIX. Největší penetrační odpor byl naměřen u varianty, kde byla použita pouze pomocná pudní látka PRP SOL. Pro tuto variantu byl počáteční penetrační odpor pátý nejmenší, ale při konečném měření byl v porovnání s kontrolní variantou naměřen odpor o 83% vyšší.

4.4.4 Infiltrační schopnosti půdy

Infiltrační schopnosti půdy byly stanoveny pomocí Simplified Falling Head metody k určení hydraulické vodivosti. Při našem měření bylo použito 10 válců. Do každého válce

byl nalit 1 litr vody a byl měřen čas, jak dlouho trvá vsáknutí daného objemu vody do půdy. Fotografie z měření je na následujícím obrázku (viz Obr. 15).

Obr. 15 – Měření infiltrační schopnosti půdy



Před počátkem měření byla pomocí vlhkoměru určena počáteční vlhkost půdy a po vsáknutí byla změřena konečná vlhkost půdy. Naměřené hodnoty byly přepočteny pomocí vzorce dle Bagarello, Iovino, Elrick. [2004].

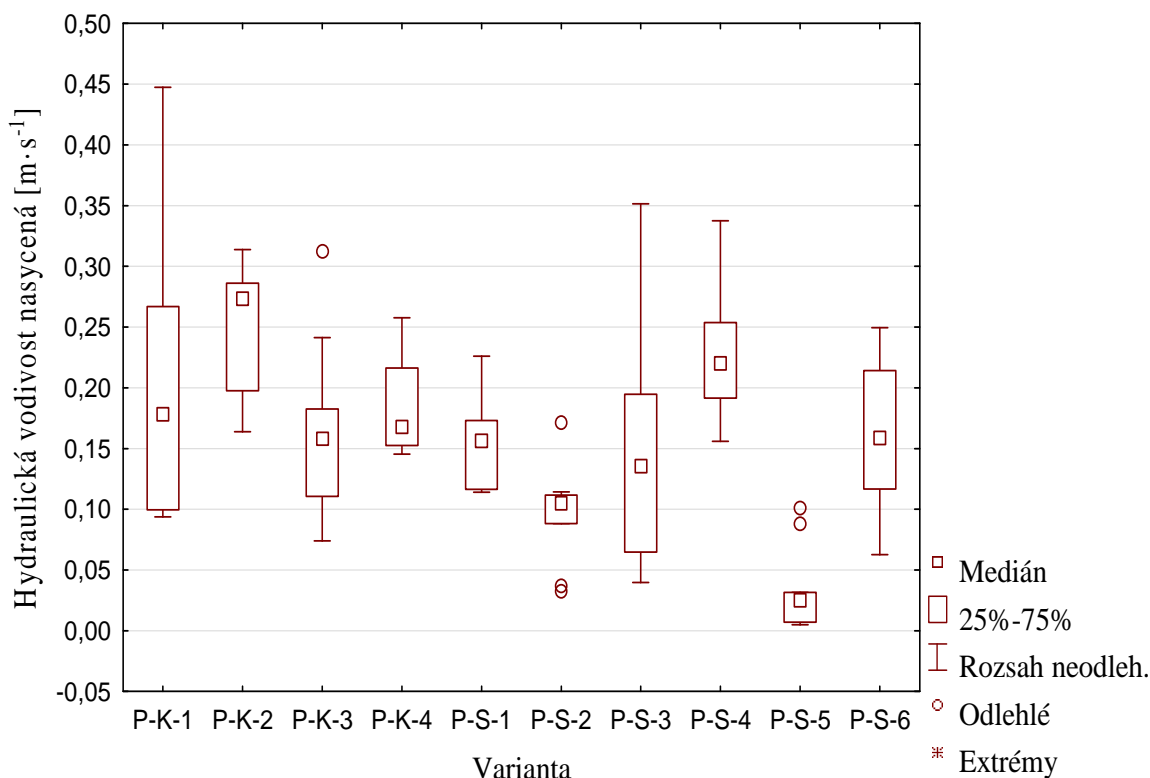
$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1 - \Delta\theta) \cdot t_a} \cdot \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \frac{\left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)}{1 - \Delta\theta} \cdot \ln \left(1 + \frac{(1 - \Delta\theta) \cdot D}{\Delta\theta \cdot \left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)} \right) \right] \quad (1)$$

kde $\Delta\theta$ je rozdíl relativních vlhkostí půdy získaných před začátkem měření a po vsáknutí vody do půdy. Čas t_a je čas, za kolik sekund se vsákla voda do půdy. Konstanta α^* je charakteristická pro určitý druh půdy, byla zvolena hodnota $\alpha^* = 12 \text{ m}^{-1}$. A proměnná D označuje podíl objemu vody použité při testu v litrech a plochy ohraničené válcem v m^2 .

Výsledné hodnoty K_{fs} jsou uvedeny v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Vypočtené hodnoty jsou graficky zpracovány v následujícím grafu (viz Graf 19).

Graf 19 – Hydraulická vodivost nasycená – 19. 5. 2015



Vypočtené hodnoty byly zhodnoceny pomocí mediánu z důvodu nižšího ovlivnění extrémními hodnotami. Nejnižších hodnoty hydraulické vodivosti byly vypočteny pro variantu P-S-5, tedy pro variantu kde byla použita pouze pomocná půdní látka PRP SOL. Nejvyšší hodnota mediánu hydraulické vodivosti byla zjištěna u varianty P-K-2, tedy varianty, kde byl aplikován pouze neošetřený hnůj.

4.4.5 Tahový odpor

Tahový odpor soupravy je ovlivněn mnoha faktory. Tahový odpor byl měřen při podzimním zpracování půdy. V roce 2014 proběhlo měření tahového odporu při podmítce zeleného hnojení. V roce 2015 bylo měření provedeno při podmítce po sklizni kukuřice na siláž. Půda byla zpracována pomocí soupravy kolového traktoru a talířového podmítače. Při měření byl použit traktor New Holland T7.200 o jmenovitém výkonu 155 kW a podmítač Lemken Rubin 9/300 s maximálním záběrem 3 metry. K přenosu tahové síly byl využit traktor John Deere 6534, který byl tažen na tyči vybavené měřícím zařízením.

Měřící zařízení bylo uchyceno mezi traktory na jedné straně pomocí tažného oka zapojeného do závaží taženého traktoru. Na táhnoucí traktor bylo uchyceno pomocí spodních táhel zadního tříbodového závěsu. Pomocí tříbodového závěsu bylo nastaveno

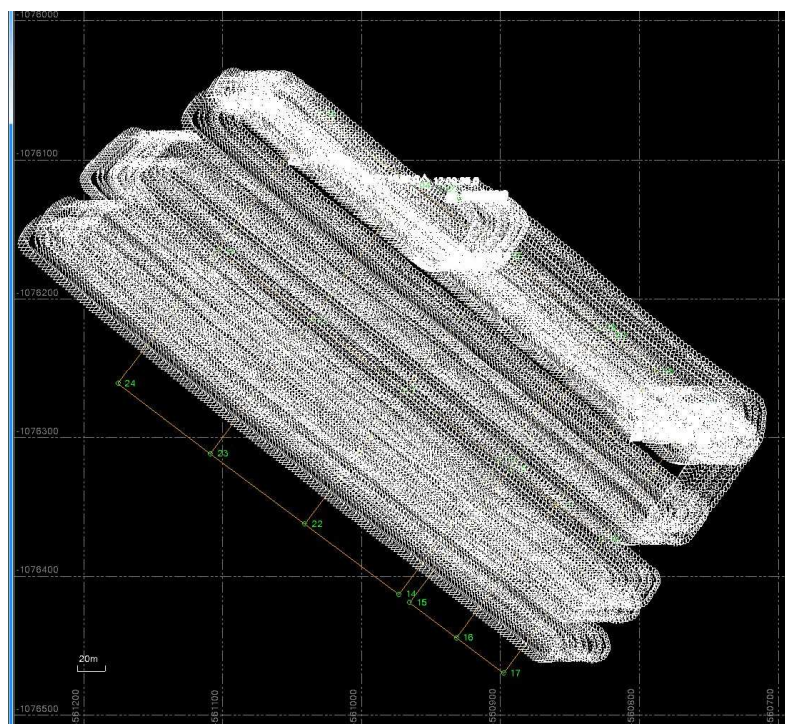
měřící zařízení do co nejvíce vodorovné polohy s povrchem pozemku k omezení svislých sil. Souprava je zachycena na následujícím obrázku (viz Obr. 16).

Obr. 16 – Souprava při měření tahového odporu



Pozice a rychlost soupravy byla určována pomocí technologie GPS. Při každém měření bylo provedeno několik přejezdů přes jednotlivé varianty. Trasy soupravy zaznamenané při měření na podzim 2014 jsou na následujícím obrázku (viz Obr. 17).

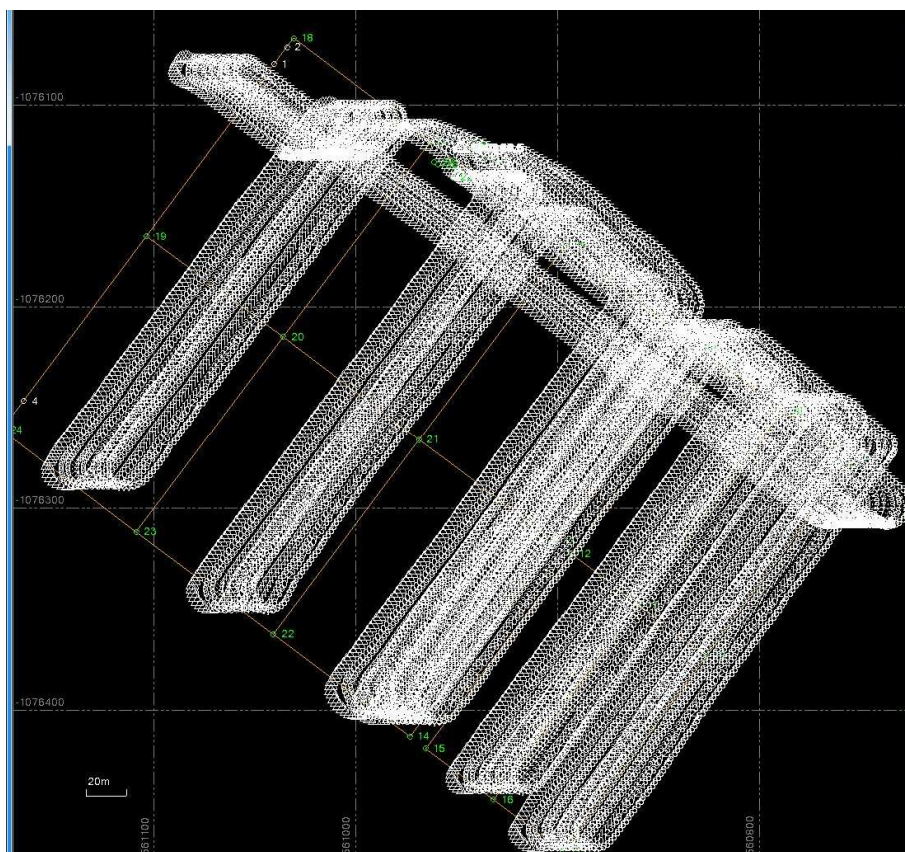
Obr. 17 – Trasy jízd – 20. 10. 2014



Během tohoto měření byl směr jízd severozápadní, popřípadě jihovýchodní. Jízdy byly orientovány téměř kolmo na delší stranu pokusných pozemků.

Při měření na podzim 2015 nebyl směr shodný s předešlým měření. Jiný směr jízdy byl zvolen kvůli orientaci řádků sklizené kukuřice. Trasy jízd z tohoto měření jsou na následujícím obrázku (viz Obr. 18).

Obr. 18 – Trasy jízd – 12. 10. 2015



Z naměřených hodnot byl určen tahový odpor soupravy při zpracování půdy, tahový odpor soupravy při zvednutém pracovním nářadí. Ze získaných hodnot byl vypočítán tahový odpor vztažený k pracovní šířce stroje a hloubce zpracování půdy.

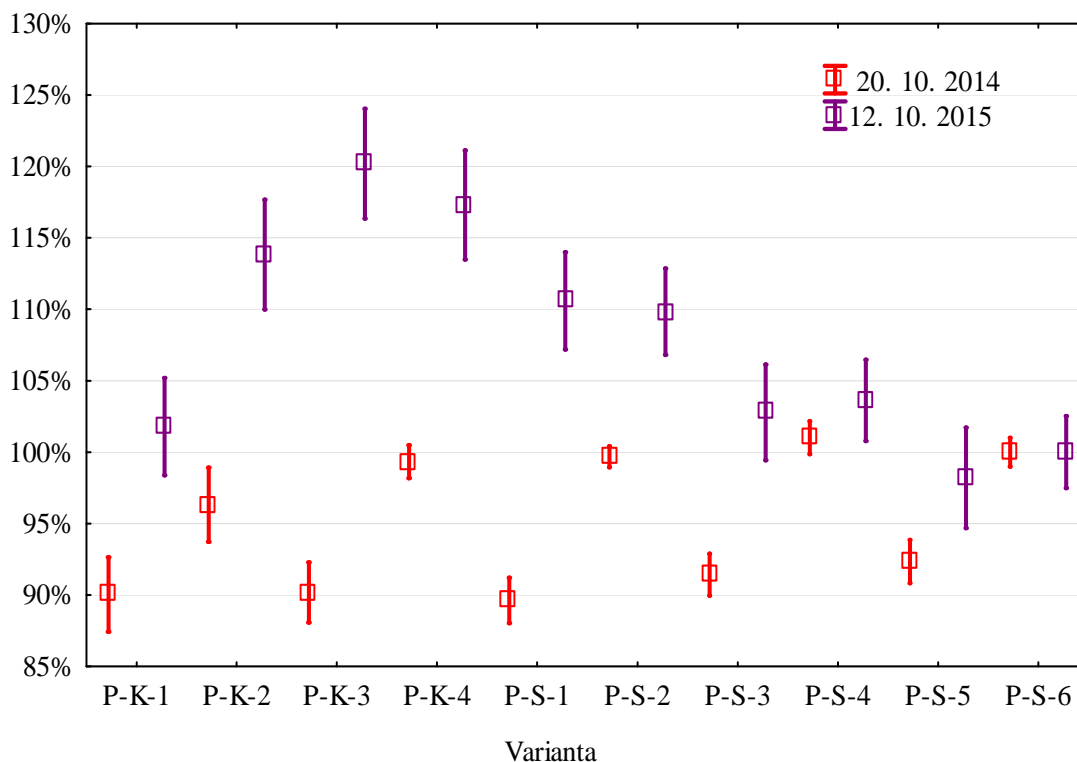
K porovnání byl použit tahový odpor s ohledem na hloubku zpracování půdy. Tahový odpor R_s byl vypočítán dle vzorce 2,

$$R_s = \frac{R_t}{b_w \cdot h_p} \quad [N \cdot m^{-2}] \quad (2)$$

kde R_t je tahový odpor v Newtonech, b_w je pracovní šířka stroje v metrech a h_p je skutečná hloubka zpracování půdy v metrech.

Získané hodnoty byly porovnány s kontrolní variantou a zaneseny do následujícího grafu (viz Graf 20).

Graf 20 – Tahový odpor přepočtený na 1 metr šířky a hloubky půdy



Na počátku pokusu byl tahový odpor nižší u všech variant kromě varianty P-S-4. Při opakovaném měření na podzim 2015 byly naměřeny u všech variant vyšší hodnoty než u kontrolní varianty kromě varianty P-S-5. Nejhůře dopadla varianty P-K-3, kde byl rozdíl proti kontrole více jak 20%.

5 Závěr

V úvodní části literární rešerše této diplomové práce jsme se seznámili se složením půdy a vybranými půdními vlastnosti. Tato část rešerše nám pomohla získat základní přehled v problematice půd a půdních vlastností. V další část literární rešerše jsme se věnovali pomocným půdním látkám. Seznámili jsme se s jejich dělením podle fyzikálních vlastností a podle jejich mechanismu působení na půdní vlastnosti. V poslední části

literární rešerše je věnována bližšímu poznání dosavadnímu výzkumu s pomocnou půdní látkou PRP SOL. Od jejího použití jako náhrady fosforečných a draselných hnojiv při hnojení různých kulturních plodin, jak na polích, v sadech, v konvenčních a ekologických systémech hospodaření. Přes pokusy zabývající se vlivem této pomocné půdní látky na mikroorganismy v půdě a její biochemické vlastnosti. Až po pokusy zkoumající vliv této látky na vybrané půdní vlastnosti.

Hlavní část této diplomové práce je věnována hodnocení poloprovozního pokusu ve společnosti Agrovýzkum Rapotín, s.r.o. Během porovnání jsme zjistili poměrně vysoké rozdíly absolutních hodnot některých fyzikálních vlastností mezi jednotlivými variantami.

Vlhkost půdy při jednotlivých měření byla měřena různými metodami. Na podzim 2014 byla vlhkost stanovena gravimetricky z neporušených půdních vzorků. Na podzim 2015 byla stanovena pomocí vlhkoměru. Rovnoměrnější vlhkostní podmínky byly při podzimním měření v roce 2014, kdy byly rozdíly mezi vlhkostí kontroly a vlhkostí jednotlivých variant nižší než 4%. Při následujícím podzimním měření v roce 2015 byly rozdíly mezi kontrolní variantou P-S-6 a variantou P-S-3 více jak 40%. Celkově byl při tomto měření rozdíl mezi vlhkostí kontrolní varianty a vlhkostí ostatních variant necelých 23%.

Penetrační odpor půdy byl měřen během tří měření. Hodnoty penetračních odporů byly u některých pokusných pozemků poměrně nevyrovnané již před počátkem pokusu. Naměřené hodnoty byly také ovlivněny použitou zemědělskou technikou. Opakované jízdy přes pozemek při aplikaci statkových hnojiv se projevily při měření penetračního odporu na jaře 2015. Při porovnání průměrných hodnot penetračních odporů jednotlivých variant s kontrolní variantou bylo zjištěno, že téměř ve všech případech v hloubce od 4 do 16 cm jsou hodnoty penetračních odporů z jarního měření vyšší než penetrační odpor kontrolní varianty.

Podmínky posledního měření byly ovlivněny nepříznivými klimatickými podmínkami, kdy se dlouhotrvající nedostatek srážek projevil na velikosti penetračního odporu u všech variant.

Nejlepších výsledků bylo dosaženo u varianty P-S-2, kde hodnoty penetračního odporu dosahovaly průměrně 50% počátečního penetračního odporu do hloubky 28 cm.

Nárůst penetračního odporu při nepříznivých podmínkách byl u této varianty průměrně jen 47% oproti původnímu penetračnímu odporu.

Nejhůře dopadla při druhém měření varianta P-S-4 a P-S-6, kde penetrační odpor dosahoval průměrně 84% původního počátečního odporu v jednotlivých hloubkách. Při třetím měření byla nejhorší varianta P-S-6, kde penetrační odpor v jednotlivých hloubkách dosahoval v průměru 293% počátečního penetračního odporu pro dané hloubky.

Celé hodnocení z porovnání průměrných hodnot penetračního odporu získaných při měření pro jednotlivé varianty do hloubky 28 cm je v následující tabulce (viz Tab. 12).

Tab. 12 – Velikost penetračního odporu vztažena k měření ze dne 20. 10. 2014

Varianta	19. 5. 2015	12. 10. 2015
P-K-1	62%	201%
P-K-2	74%	232%
P-K-3	58%	222%
P-K-4	72%	225%
P-S-1	73%	287%
P-S-2	50%	147%
P-S-3	71%	193%
P-S-4	84%	233%
P-S-5	75%	270%
P-S-6	84%	293%

Nejmenší infiltrační schopnosti byly zjištěny u varianty s půdní látkou PRP SOL, nejvyšší hydraulickou vodivost vykazovaly varianty, kde byl aplikován hnůj ošetřený látkou Z-FIX.

Získané hodnoty tahového odporu byly ovlivněny různými směry pohybu po pozemku při počátečním a posledním měření. Nižšího tahového odporu než u kontrolní varianty (P-S-6) bylo dosaženo při měření ze dne 12. 10. 2015 na pozemku s variantou P-S-5. Tedy kde byla použita pouze pomocná půdní látka PRP SOL.

Porovnáním počátečních hodnot a konečných hodnot tahového odporu bylo zjištěno, že varianta P-S-6 dosahovala při měření ze dne 12. 10. 2015 jen 40% počáteční velikosti. Nejnižší snížení tahového odporu bylo zjištěno u varianty P-K-3, kde vypočtená veličina dosahoval při druhém měření 54% počáteční hodnoty. Více údajů je uvedeno v tabulce 13.

Tab. 13 – Velikost tahového odporu na 1 metr stroje a hloubky půdy vztažená k počátečním hodnotám

Varianta	12. 10. 2015
P-K-1	46%
P-K-2	48%
P-K-3	54%
P-K-4	48%
P-S-1	50%
P-S-2	44%
P-S-3	45%
P-S-4	41%
P-S-5	43%
P-S-6	40%

Po jedné aplikaci hnojiv a pomocných půdních látek nelze jednoznačně určit, jaký vliv mají na půdní vlastnosti. Vliv na hodnocené varianty mělo i velmi proměnlivé počasí. Při jarním měření v roce 2015 byla půda více než dostatečně zásobena vodou, zatímco podzimní měření v roce 2015 bylo ovlivněno nízkým úhrnem srážek během léta. Díky tomuto extrémnímu průběhu počasí byl částečně omezen rozklad organické hmoty v půdě a činnost půdních organismů.

Na závěr bych doporučil v pokusu pokračovat i v následujících letech, aby delší časový horizont, tří až pěti let, s opakovaným využitím zkoumaných látek snad jednoznačně ukázal jejich vliv na stav půdy a její vlastnosti.

Seznam literatury

1. BADALÍKOVÁ, B. *Hodnocení technologie různého zakládání porostů s použitím přípravku PRP SOL*. Výroční zpráva za rok 2011 a závěrečná zpráva za uplynulé období[online]. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s.r.o., 2011 [cit.:2016-2-8]. Dostupné z:
<http://www.agroporadenstvi.cz/UserFiles/File/Vyroc.zpr.11hodnoceni%20technologie%20ruzneho%20zakladani%20poradtu.pdf>
2. BAGARELLO, V., IOVINO, M., ELRICK, D. *A Simplified Falling-Head Technique for Rapid Determination of Field-Saturated Hydraulic Conductivity*. Soil Science Society of America Journal, Volume 68, 2004. s. 66 - 73.
3. BORŮVKA, L. *Pedogeochemie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN: 80-213-1309-9
4. BOUL, S. W., SOUTHARD, R. J., MCDANIEL, P. A. *Soil Genesis and Classification*. 1st edition. London: John Wiley & son Inc., 2011. ISBN: 978-0-8138-07690.
5. BROWNELL, B. *Building Supercapacitors with Biochar* [online]. [2013]. [cit. 2016-2-2]. Dostupné z: http://www.architectmagazine.com/technology/building-supercapacitors-with-biochar_o
6. HOLLAN, J., KLUSÁK, V. *Biouhel, alespoň stéblo naděje*. Veronica 5/2009, s. 9
7. HONĚK, J., STANĚK, F., HOŇKOVÁ, K., JELÍNEK, J. *Uhelné sloje v jihomoravském lignitovém revíru*. Acta Montanistica Slovaca, 1/2009, s. 43-54
8. POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K. *Metodická pomůcka: Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. 1. vydání. Náměšř nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 2007. ISBN: 80-903548-5-8.
9. KARAFIÁT, J. *Hodnocení vlastností kolových a pásových traktorů z hlediska utužení půdy*. Praha, 2013. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů. Vedoucí diplomové Milan Kroulík
10. KOS, J. *Vliv přejezdů po půdě na kvalitu zpracování*. Praha, 2011. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, Katedra zemědělských strojů. Vedoucí diplomové Josef Hůla

11. KLÉZLOVÁ, J., *Vliv vybraných přípravků na kvalitu školkařské produkce*, Lednice, 2007. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta. Vedoucí práce Petr Salaš
12. KLUSÁK, V. *Biouhel, staronový pomocník při utváření úrodné půdy*. Agromagazín 9/2014, s. 6 – 8
13. KOZÁK, J., et al. *Pedologie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN: 978-80-213-0907-4.
14. KRZYWY-GAWRÓNSKA, E., WOLOSZYK, C. *Effect of compost produced by the GWDA method and PRP SOL on the yield of winter wheat and soil properties*. Fertilizers and fertilization, 43/2011 s. 29- 38
15. KUTÍLEK, M., KURÁŽ, V., CÍSLEROVÁ, M., *Hydropedologie* 10. 2. vydání. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2004. ISBN: 80-01-02237-4
16. LÁTAL, O., *Schéma poloprovozních a maloparcelových pokusů v letech 2014 - 2017 na lokalitě „Pod závodištěm*. Verze k 10. 11. 2014, Rapotín: Agrovýzkum Rapotín s.r.o., 2014.
17. LAVELLE, P., SPAIN, A. V., *Soil Ecology*. 1st edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. ISBN: 0-7923-7123-2
18. MARTYNIUK, S., KOZIEŁ, M., JOŃCZYK, K. *Effect of PRP SOL on microbial and biochemical soil properties*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 4/2014, s. 37-39
19. MIKULÁŠKOVÁ, B., LAPČÍK, L., MAŠEK, I.: *Lignit- struktura, vlastnosti a použití*. Chemické listy, 3/1997, s. 160-168
20. VALLA, M., et al. *Pedologické praktikum*. 2. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2006. ISBN: 978-80-213-0914-8.
21. HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B. A KOL. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 2008. ISBN: 978-80-86726-28-1.
22. SMOLÍKOVÁ, L., *Pedologie I*. 2. vydání. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 1988.
23. PODHRÁZSKÁ, J., ET AL: *Sledování vlivu podpůrné látky PRP SOL na hydrofyzikální vlastnosti půdy při pěstování cukrové řepy*. Listy cukrovarnické a řepařské, 4/2012, s. 128-133

24. RŮŽEK, L., VOŘÍŠEK, K.: *Vybrané kapitoly z pedobiologie a mikrobiologie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. ISBN: 80-213-106-2
25. SZÜCS L., ZSEMBELI, J.: Zlepšení *produkční schopnosti půdy s použitím PRP-SOL při redukovaném zpracování půdy*. Úroda 12, 2014, vědecká příloha, s. 119 – 126
26. ŠANTRŮČKOVÁ, H., *Základy ekologie půdy*. 1. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014. ISBN: 978-80-7394-480-3
27. ŠARAPATKA, B., *Pedologie a ochrana půdy*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2014. ISBN: 80-244-0584-9
28. ŠARAPATKA, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z., *Kvalita a degradace půdy*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2002. ISBN: 978-80-244-3736-1
29. ŠKEŘÍK, J., ŠKEŘÍKOVÁ, M. *Výsledky poloprovozních pokusů s technologií PRP v roce 2015*. In *Sborník 25. - 26. 11. 2015, Hluk*. Hluk: SPZO, 2015. s. 105-108
30. TOMÁŠEK, J. – DVOŘÁK, P. – HLAVOVÁ, A. *Vliv ošetření na produkci sadby v ekologickém zemědělství*. In *Seed and Seedlings X. Scientific and Technical Seminar 10.02.2011, Praha*. Praha: ČZU Praha, 2011. s. 139-143.
31. TOMÁŠEK, M., *Půdy České republiky*. 2. vydání. Praha: Český geologický ústav, 2000. ISBN: 80-7075-403-6.
32. TUF, I. H., *Praktika z půdní zoologie*. 1. vydání, Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. ISBN: 978-80-244-3479-7
33. ŠIMEK, M., *Základy nauky o půdě – 1. neživé složky půdy*. 2. vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007. ISBN: 80-7040-747-6.
34. URBAN, J., ŠARAPATKA, B., a kol. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi I. díl*, 1. vydání. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2003. ISBN:80-7212-274-6
35. JIRÁSEK, J., SIVEK, M., LÁZNIČKA, P. *Ložiska nerostů*. Ostrava: Anagram, 2010. ISBN: 978-80-7342-206-6
36. JANDÁK, J., PRAX, A., POKORNÝ, E. *Půdoznalství*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN: 978-80-7157-559-7.

37. PRAX, A., POKORNÝ, E. *Klasifikace a ochrana půd*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN: 80-7157-746-4.
38. PRAŽÁK, M. *Využití pomocných látek v ovocnářství*. Zahradnictví, 12/2007, s. 47
39. SULEWSKA, H., et al. *Potatoes reaction on PRP SOL fertilisation*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 4/2012, s. 116-121
40. SULEWSKA, H., et al. *Effect of PRP SOL application in maize grown for grain*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 4/2013, s. 161-166
41. SULEWSKA, H., ŚMIATACZ, K., SITEK, A., et al. *Evaluation of yielding of winter oilseed rape using PRP SOL technology*. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 4/2013, s. 167-173
42. DE GISI, S., PETTA, L., WENDLAND, C. *History and technology of Terra Preta Sanitation*. Sustainability, 6/2014, s. 1328-1345
43. Firemní prospekty firmy Eijkelkamp Soil & Water
44. Firemní prospekty firmy PRP Technologies
45. Firemní prospekty firmy Oseva Uni Choceň
46. Firemní prospekty firmy Hydrogel.cz
47. Firemní prospekty firmy Perlit

Seznam obrázků

- Obr. 1 – Průměrné objemové zastoupení minerálních půd
- Obr. 2 – Rozměry penetračního kuželů podle ASEA
- Obr. 3 – Hydrogel
- Obr. 4 – Agroperlit
- Obr. 5 – Struktury zeolitů
- Obr. 6 – Surový lignit
- Obr. 7 – Biouhel
- Obr. 8 – Stav porostu kukuřice
- Obr. 9 – PRP SOL
- Obr. 10 – Změny hodnot objemové hmotnosti redukované

- Obr. 11 – Hodnoty fyzikální vlastností půdy v roce 2009
- Obr. 12 – Rozmístění jednotlivých variant na půdním bloku
- Obr. 13 – Sada pro odběr vzorků
- Obr. 14 – Penetrometr
- Obr. 15 – Měření infiltrační schopnosti půdy
- Obr. 16 – Souprava při měření tahového odporu
- Obr. 17 – Trasy jízd – 20. 10. 2014
- Obr. 18 - Trasy jízd – 12. 10. 2015

Seznam tabulek

- Tab. 1 – Schéma zrnitostních frakcí
- Tab. 2 – Ulehlost v půdním profilu podle hodnot pórovitosti P
- Tab. 3 – Porovnání hodnot pH půd aktivní a výměnné půdní reakce
- Tab. 4 – Třídění půd podle obsahu humusu
- Tab. 5 – Dělení půdních organismů podle velikosti
- Tab. 6 – Dávkování Hydrogelu
- Tab. 7 – Doporučené dávkování PRP SOL
- Tab. 8 – Použití přípravků PRP Technologies při pokusu
- Tab. 9 – Varianty poloprovozního pokusu - monokultura kukuřice 2014 a 2015
- Tab. 10 – Varianty poloprovozního pokusu – střídání plodin 2014
- Tab. 11 – Varianty poloprovozního pokusu – střídání plodin 2015
- Tab. 12 – Velikost penetračního odporu vztažena k měření ze dne 20. 10. 2014
- Tab. 13 – Velikost tahového odporu na 1 metr stroje a hloubky půdy vztažená k počátečním hodnotám

Seznam grafů

- Graf 1 – Průměrné měsíční teploty
- Graf 2 – Měsíční úhrn srážek

Graf 3 – Objemová hmotnost (OH) a redukováaná objemová hmotnost (ROH)

Graf 4 – Vlhkost půdy během měření

Graf 5 – Penetrační odpor – varianta P-K-1

Graf 6 - Penetrační odpor – varianta P-K-2

Graf 7 - Penetrační odpor – varianta P-K-3

Graf 8 - Penetrační odpor – varianta P-K-4

Graf 9 - Penetrační odpor – varianta P-S-1

Graf 10 - Penetrační odpor – varianta P-S-2

Graf 11 - Penetrační odpor – varianta P-S-3

Graf 12 - Penetrační odpor – varianta P-S-4

Graf 13 - Penetrační odpor – varianta P-S-5

Graf 14 - Penetrační odpor – varianta P-S-6

Graf 15 - Penetrační odpor v hloubce 4 cm

Graf 16 - Penetrační odpor v hloubce 8 cm

Graf 17 - Penetrační odpor v hloubce 12 cm

Graf 18 - Penetrační odpor v hloubce 16 cm

Graf 19 - Hydraulická vodivost nasycená – 19. 5. 2015

Graf 20 - Tahový odpor přepočtený na 1 metr šířky a hloubky půdy