

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 ZS
Sloveč, a.s.**

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

Autor práce: Bc. Aleš Málek

Praha 2017



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce: Bc. Aleš Málek
Studijní program: Zemědělské inženýrství
Obor: Zemědělská technika

Vedoucí práce: prof. Ing. Ondřej Šařec, CSc.
Garantující pracoviště: Katedra využití strojů
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti v ZS Sloveč, a.s.**

Název anglicky: **Influence of application of activators of vital soil functions on selected soil characteristics at ZS Sloveč, a.s.**

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

Doporučené zdroje informací:

1. ABBOTT, L. K., MURPHY, D. V. Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978-1402066184.
2. EL TITI, A.: Soil Tillage in Agroecosystems. CRC, 2002, 376 pp. ISBN 978-0849312281.
3. Firemní prospekty.
4. LADYGINA, N.; RINEAU, F. Biochar and soil biota. CRC Press, 2013, 270 s. ISBN 978-146-6576-483.
5. 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: 2016/17 LS - TF

Elektronicky schváleno: 13. 1. 2016
doc. Ing. Petr Šařec, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 20. 1. 2016
prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.
Děkan

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv aplikace přípravků pro zlepšení vitálních funkcí půdy na vybrané půdní vlastnosti v ZS Sloveč, a.s. vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Ondřeje Šařce, CSc. a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

V Praze dne 31. března 2017

.....

Aleš Málek

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce prof. Ing. Ondřeji Šařcovi CSc. a doc. Ing. Petru Šařcovi PhD, za cenné rady, podnětné připomínky a za čas, který mi věnovali.

Abstrakt: Tato diplomová práce se zabývá vlivem půdní pomocné látky PRP SOL, organických a minerálních hnojiv na vybrané fyzikální vlastnosti půdy. Úvodní část je věnována literární rešerši, která pojednává o půdě, půdních vlastnostech a pomocných půdních látkách. Je zde popisováno dělení půdních látek a některé látky jsou podrobněji popsány. Rešerše se dále věnuje pokusům, které s přípravkem PRP SOL už proběhly. Praktická část popisuje pokus zaměřený na sledování vlivu pomocné půdní látky PRP SOL v různých kombinacích s hnojem a minerálními hnojivy na vybrané fyzikální vlastnosti. Úvod praktické části přibližuje lokalitu pokusu a jeho varianty. Dále jsou popsány měřené vlastnosti a způsob jejich měření. Jedná se o redukovanou objemovou hmotnost, vlhkost, penetrační odpor, infiltrační schopnosti půdy a tahový odpor. Výsledky jsou zpracovány do grafů. Závěr patří vyhodnocení a shrnutí výsledků pokusu.

Klíčová slova: půdní aktivita, pomocné půdní přípravky, fyzikální vlastnosti půdy, tahový odpor

**Influence of application of activators of vital soil functions on selected soil characteristics
at ZS Sloveč, a.s.**

Summary: This thesis deals with effects of soil conditioners, manure and fertilizer on selected physical properties of soil. First part is dedicated to literature review and it is about soil, soil properties and soil conditioners. There is description of division of soil conditioners and some of them are described in detail. Review is still dealt with attempts, which were happened with PRP SOL. Practical part describes attempt focused on monitoring influence of soil improver PRP SOL in various combinations with manure and fertilisers on selected physical soil properties. First part of the practical part describes location of attempt and its variants. There are also described measured properties and way of measurement. This is bulk density, soil moisture, penetration resistance, infiltration capacity of soil and soil traction resistance. Results are processed to charts. There are evaluation and summary of attempt's results.

Key words: soil activity, soil conditioners, physical properties of soil, traction resistance

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl práce a použité metody	3
3. Půda	4
3.1. Vznik půdy.....	5
3.2. Složení půdy.....	6
3.3. Půdní charakteristiky	6
3.3.1. Fyzikální charakteristiky	7
3.3.2. Chemické vlastnosti půd	11
3.3.3. Charakteristiky organické složky půdy	12
4. Pomocné půdní látky	13
4.1. Dělení PPL	14
4.2. Příklady půdních pomocných látek.....	15
4.3. Pokusy s využitím přípravku PRP SOL.....	19
5. Hodnocení vlivu PPL a organických hnojiv na fyzikální vlastnosti půdy	21
5.1. Charakteristika podniku ZS Sloveč a.s.	21
5.2. Charakteristika půdního bloku a klimatické podmínky	21
5.3. Hodnocené varianty	22
5.4. Sledované fyzikální veličiny a metody jejich měření	24
5.4.1. Redukovaná objemová hmotnost	24
5.4.2. Vlhkost.....	26
5.4.3. Infiltrační vlastnosti půdy	27
5.4.4. Penetrační odpor.....	30
5.4.5. Tahový odpor.....	46
6. Závěr.....	48

1. Úvod

V současné době exponenciálního růstu počtu obyvatel naší planety a jejich vzrůstajících požadavcích na výživu se zemědělství ocitá pod stálým tlakem na zvýšení produktivity. K dosažení vytčeného cíle vede mnoho cest. Může se jednat o narůstající výkony a rozměry současné moderní techniky a její precizaci. Zvláště nasazení výkonných strojů řízených s pomocí pokročilých senzorů a výpočetních systémů má velkou šanci nadále zvyšovat produkci a snižovat náklady na pěstování rostlin. Stranou samozřejmě nezůstává ani snaha vyšlechtit co nejvýnosnější a nejodolnější plodiny. V tomto směru se nabízí cesta geneticky modifikovaných rostlin. Plodiny s vysokým výnosovým potenciálem ošetřované účinnými a snad i zdravotně nezávadnými agrochemikáliemi mají taktéž šanci navýšit produkci potravin. Moderní zemědělství má také k dispozici snadno aplikovatelná a účinná minerální hnojiva. Problém, ale může nastat u základního výrobního prostředku u půdy.

Bez zdravé a úrodné půdy ztrácejí všechny tyto pokročilé technologie svou účinnost a produktivitu. V současnosti je produkční schopnost velkého množství půd po celém světě v ohrožení. Ať už je nebezpečí degradace půd vyvoláváno klimatickými změnami nebo přímo špatným zacházením při jejich obhospodařování nebo nejčastěji kombinace obojího je třeba hledat možnosti nápravy. Protože půdy se obnovují jen velice pomalu, vytvoření 1 cm kvalitního půdního pokryvu může trvat v závislosti na podmínkách desítky až stovky let. Zatímco trvalé nebo dlouhodobé znehodnocení půdy je často otázkou minut nebo hodin, příkladů například poškození vodní erozí by se zajisté i v České republice našlo mnoho. Většině rozsáhlých ztrát půdy, by ale určitě šlo zabránit například změnou skladby osévaných plodin nebo změnou intenzity obhospodařování. Dalším problémem je zabírání orné půdy rozšiřující se zástavbou krajiny. S tím je také úzce spojeno zadržování vody v krajině.

V naší zemi je v současnosti velký podíl půdy, který není obděláván v návaznosti na živočišnou výrobu. Důsledek tohoto stavu je značný pokles zásobení půd dostatkem organické hmoty. Z krátkodobého hlediska se jistě vyplácí aplikace minerálních hnojiv, ale z dlouhodobého hlediska jsou půdy ochuzovány o cenný organický materiál, který značně přispívá k jejich přirozené úrodnosti a stabilitě. V osevních postupech také chybějí víceleté pícniny, které mají značný zúrodňovací potenciál.

Degradaci půdní úrodnosti je třeba zabránit a proto je nutné hledat i jiné způsoby jak dodávat půdě tolik potřebné komponenty k udržování jejího dobrého stavu. Jednou z variant může být i použití půdních pomocných látek, které si kladou za cíl nejen navýšit výnosy, ale i dlouhodobě zabraňovat degradaci půd a být tak součástí systémů trvale udržitelného zemědělství.

2. Cíl práce a použité metody

Tato práce si klade za cíl posoudit vliv pomocné půdní látky PRP SOL v rámci pokusu, konaného na pozemcích ZS Sloveč, na vybrané fyzikální vlastnosti půdy, které jsou průběžně sledovány a vyhodnocovány.

Pomocná půdní látka je aplikována v kombinacích s organickými a minerálními hnojivy, cílem práce je proto najít optimální kombinaci. Pokus obsahuje celkem 14 variant hnojení se třemi druhy organických hnojiv a s minerálním hnojivem.

Mezi sledované fyzikální vlastnosti patří objemová hmotnost půdy a redukovaná objemová hmotnost půdy, vlhkost půdy, penetrační odpor, infiltrace vody a tahový odpor.

Objemová hmotnost je sledována pomocí odběru vzorků Kopeckého válečky po následném rozboru vzorku lze též určit vlhkost vzorku. Odběry jsou prováděny vždy na jaře a na podzim po sklizni hlavní plodiny.

Infiltrační schopnosti půdy jsou měřeny pomocí válců a interpretovány jako nasycená hydraulická vodivost. Měření probíhá každý rok na jaře.

Penetrační odpor je měřen penetrometrem a k jeho měření dochází taktéž každé jaro a podzim. Při měření penetračního odporu je proměřován celý půdní profil s krokem 4 cm. Půdní profil je proměřován do hloubky, kterou obsluha dokáže proměřit. Pro účely této práce jsou využity podzimní hodnoty výše uvedených vlastností.

Tahový odpor je proměřován při zpracování půdy v letech 2014 a 2016 se jednalo o zpracování dlátovým kypřičem a v roce 2015 o zpracování radličkovým kypřičem. Trasy jízd se pomocí technologie GPS zaznamenávají a následně jsou spolu s daty o tahovém odporu a rychlosti zpracovávána.

Cílem práce je získaná data analyzovat, graficky zpracovat a poté diskutovat dosažené výsledky.

3. Půda

Nejdůležitějším a nejzákladnějším pojmem, kterým se bude tato práce zabývat, je půda. Proto je zde uvedeno několik definic, které půdu popisují z různých úhlů pohledu.

Soil Science Society of America půdu jednoduše popisuje jako směs minerálů, organické hmoty, vzduchu a vody, která vzniká na zemském povrchu a umožňuje růst rostlin.

Velmi komplexní pohled na půdu zaujímá Kuntze [1994]: *„Půda jako rostlinné stanoviště je živoucí fyzikálně chemický systém. Z pohledu synekologie se jedná o ekosystém. Nedílnou jednotu stanoviště (podnebí a půdy) a společenstva (biocenózy: půdních organismů – rostlin – zvířat – lidí) spojuje příslušný půdní ekosystém do vyšších ekologických jednotek našeho prostředí. Přitom přebírá půda, nebo-li pedosféra sjednocující funkci v celé ekosféře. Půda představuje spojující prvek atmosféry, hydrosféry, litosféry, antroposféry a biosféry. Příslušné specifické vlastnosti jednotlivých sfér ovlivňují výsledné vlastnosti půdy. V různém podnebí a z různé mateční horniny vznikají různé půdy.“*

Velkou váhu půdě přisuzuje také Kutílek [2012]: *„Půda má rozhodující vliv na veškeré živé dění na Zemi. Půda je systémem, který umožňuje zakořenění rostlin, je tedy jakýmsi kotvištěm pro vegetaci, a ta udržuje současné složení atmosféry z jednotlivých plynů, a bez této stability bychom nemohli existovat. Půda zadržuje vodu z dešťů do období bez srážek a tím umožňuje rostlinám rovnoměrné zásobení vodou a zároveň je zásobárnou rostlinných živin rozpouštějících se v půdní vodě. Dále je domovem nesčetných mikroorganismů, které zajišťují zachycování dusíku z atmosféry a dále přeměnu a rozklad odumřelých organických látek.“*

Celospolečenský náhled na půdu nabízí Voltr[2011]: *„Půda ze své pozice základního nerozmnožitelného statku hraje ve společnosti významnou ekonomickou, sociální i politickou úlohu. Důležitost a relace těchto úloh půdy se v dlouhodobém kontextu s ohledem na její výměru na obyvatele, kvalitu, vlastnicko – uživatelskou strukturu, stupeň využívání často podstatně měnili.“*

Studiem půdy se zabývá vědní obor pedologie. Toto slovo se skládá ze dvou řeckých slov, a to pedon = půda a logos = věda. V češtině se dá užit taktéž slova půdoznalství. Pedologie jako vědní obor se začala vyvíjet v první polovině 19. století. Jako jednoho z historicky nejvýznamnějších pedologů je třeba zmínit Vasilije Vasiljeviče Dokučajeva, který studoval ruské černozemě ve druhé polovině 19. století. Dokučajev změnil pohled na půdu, když přirovnal půdu k živému organismu, jehož vlastnosti jsou závislé na pěti různých faktorech. Jeho dílo *Ruská černozem* bylo přeloženo do mnoha světových jazyků a umožnilo tak prudký rozvoj pedologie ve 20. století. K velmi významným osobnostem bádajícím v oboru pedologie patřil prof. Josef Kopecký, který vypracoval speciální klasifikační stupnici o poznacích a textuře zemin, která se používá dodnes. [Kutílek, 2012]

Moderní pedologie se snaží objasnit vznik a vývoj půd, popsat její vlastnosti, stanovit klasifikační systém, určit rozšíření půdních jednotek na zemském povrchu a určit možnosti hospodářského využití. Vzhledem k intenzivnímu hospodářskému využití půd se velká část úsilí soustředí na předvídání změn v půdách, které nastávají v souvislosti s jejich užíváním člověkem či dalšími důsledky jeho činnosti. K cílům moderní pedologie tedy patří zemědělské využívání půd bez jejich degradace a znečištění jakož i znečištění půdní vody. Přitom musí být stále dosahováno produkce levných a zdravých potravin. [Kutílek, 2012]

3.1. Vznik půdy

Mechanismus vzniku půd je velmi složitý a dlouhotrvající proces. Půdy vznikají postupnou přeměnou původních látek, kterými jsou většinou kompaktní horniny nebo jejich zvětraliny a sedimenty. K tomuto materiálu jsou přidávány různě přeměněné organické látky promíchávané se zvětralinami. K přeměnám původních hornin dochází vlivem několika procesů, které probíhají zároveň a navzájem se mezi sebou ovlivňují. Mezi tyto procesy patří různé druhy zvětrávání. Ke zvětrávání dochází při změně vnějších podmínek, když dochází ke snížení chemické a mechanické stability horniny. Rozlišujeme zvětrávání fyzikální, kam patří hlavně mechanické změny, jako změny objemové vlivem změny teploty. Dále sem můžeme zařadit větrnou a vodní erozi. Velký vliv má chemické zvětrávání, jehož podstatou je rozrušování krystalických mřížek hornin. [Kutílek, 2012] Podle druhu chemické reakce pak rozlišujeme zvětrávání rozpouštěním, oxidací a redukcí. Poslední mechanismus zvětrávání je

biologický, který se uplatňuje přes dílčí pochody předchozích dvou zvětrávání. [Kozák et al, 2002]

3.2. Složení půdy

V půdním systému se vyskytují tři základní fáze a to sice pevná, kapalná a plynná fáze.

Pevnou část půdy můžeme dle původu rozdělit na anorganickou a organickou. Anorganickou část, kterou lze nazvat také minerální, představují částice o různé velikosti, kterými jsou jílové minerály, oxidy a hydroxidy a primární minerály. Čím jsou tyto částice menší, tím jsou přitažlivé síly mezi nimi větší. To následně ovlivňuje většinu půdních vlastností. Minerální složky mají velmi zřetelný vliv na zpracovatelnost půdy a na výživu rostlin. Podíl zastoupení organické složky v půdě je podstatně menší. Přesto má významný vliv na vývoj půd a jejich úrodnost. Organické látky v půdě můžeme rozdělit na humifikované, nehumifikované a přechodné. [Vrba, Huleš, 2006]

Kapalná a plynná fáze zahrnují půdní vodní roztoky a půdní vzduch a společně vyplňují všechny mezery mezi pevnými částicemi. Plynnou fází tvoří půdní vzduch, který obsahuje mnohem větší množství CO_2 než atmosférický. Dostatek půdního vzduchu je zárukou větší biologické činnosti a tím uvolňování živin mineralizací organických látek. Kapalná fáze sestává z půdní vody a v ní rozpuštěných látek. Tento půdní roztok umožňuje tok živin a urychluje tak látkovou dynamiku. Složení půdního roztoku je velmi rozmanité a závisí na vlastnostech půd, ve kterých se vyskytuje. [Vrba, Huleš, 2006]

3.3. Půdní charakteristiky

K popisu parametrů půdy se používá rozličných charakteristik, které odpovídají velkému množství funkcí, které půda ve vztahu k zemědělské produkci i ke stabilitě okolních ekosystémů zajišťuje. Charakteristiky můžeme rozdělit na fyzikální, chemické a biologické. Některé z následujících charakteristik jsou také používány při kategorizaci půd v rámci Bonitovaných půdně ekologických jednotek, které přímo ovlivňují cenu půdy.

3.3.1. Fyzikální charakteristiky

Struktura půdy

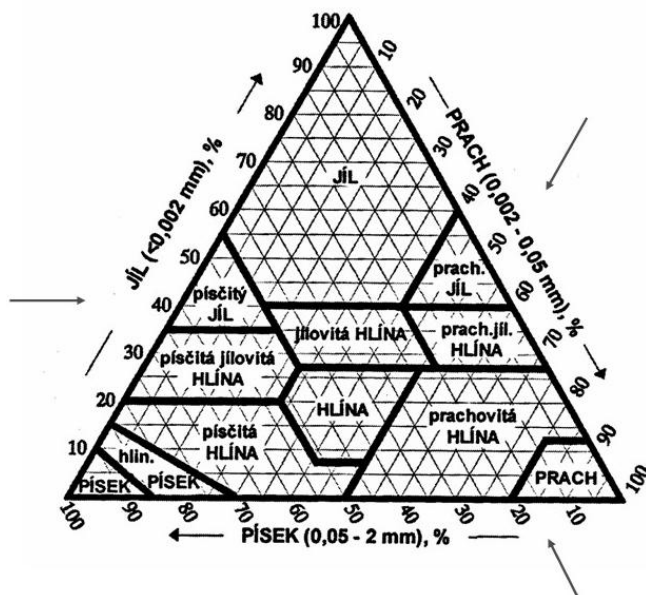
Struktura půdy představuje prostorové uspořádání elementárních částic a agregátů v půdě. K základním druhům struktury patří deskovitá, sloupkovitá, prizmatická, práškovitá, hrudovitá a drobtovitá, která je z agrotechnického hlediska nejpříznivější. Struktura zásadně ovlivňuje jak životní podmínky půdních živočichů, tak podmínky pro růst kořenového systému rostlin. Optimální drobtovitá struktura je tvořena stabilními agregáty o průměru 1 – 10 mm. Tato stabilita může být zachována nebo zvýšena při dostatku kvalitních organických látek, vápníku a vhodném způsobu kultivace. To znamená hlavně za vhodných vlhkostních podmínek. Naopak největší nebezpečí představují intenzivní dešťové srážky, které agregáty mechanicky rozbíjí. Poté se půda na povrchu slévá do kašovitě hmoty a po vyschnutí vzniká tuhý škraloup. [Kutílek, 2012] Škodlivé účinky mají také časté přejezdy těžké mechanizace.

Zrnitostní složení půdy

Minerální složka půdy se skládá z částic zrn různé velikosti. Čím jsou částice menší, tím se zvětšuje jejich specifická povrchová plocha a vzájemná přitažlivost. Půdní částice můžeme dělit na řadu zrnitostních frakcí, nebo-li kategorií. Základní rozdělení se odvíjí od velikosti částice 2 mm. Částice přesahující tento rozměr představují půdní skelet a částice menší jsou nazývány jemnozem. Jemnozem se dále dělí na střední písek, jemný písek, hrubý a střední prach a jílu. K hodnocení zrnitosti se u nás používá Novákova stupnice, která rozlišuje zeminy podle obsahu částic pod 0,01 mm. Je možné použít také třídění podle zrnitostního trojúhelníku.

Zásadní význam zrnitosti jako hlavního charakteristického půdního znaku vyplývá z jejího vlivu na všechny ostatní půdní charakteristiky. Zrnitost má vliv na poměr vody a vzduchu v půdě, poměr kapilárních a nekapilárních pórů, obsah i složení edafonu, velikost povrchové plochy částic a na všechny fyzikálně chemické i biochemické procesy v půdách. Dále také ovlivňuje zvětratelnost půdotvorného substrátu. [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Obr. 1 Zrnitostní trojúhelník



[\[http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5493&typ=html\]](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5493&typ=html)

Barva půdy

Barva je velmi užitečná vlastnost, která může být měřítkem obsahu organické hmoty, ukazovat na stupeň a intenzitu půdního zvětrávání nebo na stav vnitropůdní drenáže. Barva je také vůdčím znakem pro pojmenování některých půdních typů.[Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Pórovitost

Pórovitost je číselné vyjádření poměru objemu veškeré půdy k objemu pórů. Póry se vyskytují jak mezi půdními částicemi, tak mezi agregáty. Největší póry jsou vytvářeny činností půdních živočichů, zejména žížal. Velikost pórů má značný vliv na jejich funkci. V pórech o menším průměru dochází ke kapilárnímu vztláčení vody a tím se zadržuje voda v půdním profilu. Póry většího průměru voda protéká do spodních vrstev a místo ní póry zaplňuje půdní vzduch.[Kutílek, 2012] Pokud dojde ke snížení pórovitosti půdy, klesá také prostupnost půdy pro vodu. To má za následek snížení dostupnosti živin pro rostliny a dochází k ovlivnění teplotního režimu půdy.[Hůla et al, 2010] Pórovitost může být zvýšena pěstováním rostlin s bohatým kořenovým systémem. Po zakončení životního cyklu plodiny, kořeny vyhnívají a zanechávají po sobě prázdné póry. Pórovitost tak do značné míry závisí na dobrém

prokořnění rostlin a naopak.[Abbot, 2007] Ke zvýšení pórovitosti tak lze použít například víceleté pícniny, které za součinnosti hlízkových bakterií ještě dokáží vázat dusík.

Objemová hmotnost půdy

Vyjadřuje hmotnost objemové jednotky půdy v neporušeném stavu. Její hodnota závisí na měrné hmotnosti, na pórovitosti a na míře zaplnění pórů půdní vodou. Tato veličina vykazuje v průběhu roku značnou variabilitu. [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Redukovaná objemová hmotnost půdy

Jedná se o objemovou hmotnost vysušeného vzorku půdy, zahrnuje tedy jen hmotnost půdních částic. Oproti objemové hmotnosti půdy vykazuje větší stálost v průběhu roku. Používá se jako indikátor kyprosti nebo ulehlosti půdy a je potřebná pro výpočet pórovitosti půdy. Podle redukované objemové hmotnosti lze přibližně hodnotit strukturní stav humusového horizontu. Hodnota redukované objemové hmotnosti je tak přímo úměrná k obsahu jílu a nepřímo úměrná obsahu humusu. [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Tab. 1 Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Redukovaná objemová hmotnost půdy	Strukturní stav humusového horizontu
[g.cm ⁻³]	
< 1,2	Výborný
1,2 - 1,4	Dobrý
1,4 - 1,6	Nevyhovující
1,6 - 1,8	Nestrukturní

Vlhkost půdy

Půdní vlhkost je množství vody přítomné v půdních pórech vztahované buď, k hmotnosti nebo objemu půdní jednotky. Obsah vody v půdě zásadně ovlivňuje soudržnost a konzistenci půdy, má také zvláště u těžkých půd značný vliv na obdělávatelnost.[Jandák, Prax, Pokorný, 2001] Vlhkost se měří přímo odběrem vzorků do Kopeckého válečků nebo nepřímo. Pro nepřímé měření se používá metod na principu elektrické kapacity, tepelné vodivosti, pohlcování gama záření, elektrického odporu, aj.[Valla et al, 2000]

Infiltrace vody

Jedná se o vsakování vody do půdy. Infiltrace rozhoduje o využití vody z atmosférických srážek i ze závlahových systémů. Infiltraci ovlivňuje zejména doba trvání, počáteční vlhkost, hydraulická vodivost a v neposlední řadě vlastnosti půdního povrchu.[Kozák et al, 2002] Nejčastěji se rychlost infiltrace stanovuje pomocí dvouválcového kruhového infiltrometru. Používá se také stanovení pomocí jednoválcové metody. Přesnější však je použití dešťového simulátoru. Z rychlosti infiltrace lze stanovit hydraulickou vodivost půdy.[Valla et al, 2000]

Hydraulická vodivost

Hydraulická vodivost půdy představuje schopnost půdy přenášet vodu. Závisí na vlastnostech půdy, především na pórovitosti a na rozdělení pórů podle jejich velikosti a na nasycení půdy vodou. Nejvyšších hodnot dosahuje hydraulická vodivost při úplném nasycení půdy vodou, když jsou všechny propojené póry zaplněny vodou.[Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Penetrační odpor

Značně ovlivňuje ekonomiku a kvalitu kultivace. Jedná se vlastně o stupeň obtížnosti zpracování půdy. Dává také představu, jaký odpor klade půda kořenům rostlin, které ji prorůstají. Hodnota penetračního odporu je závislá na vlhkosti půdy. Se zvyšující se vlhkostí se penetrační odpor snižuje. Díky této vlastnosti je možné pomocí polního měření penetrometrem sledovat utužení půd. Velmi užitečný nástroj se nabízí při sledování penetrometrického odporu v různých hloubkách půdního profilu.

Orební(tahový) odpor

Jedná se o odpor, který je třeba překonat při vniknutí cizího tělesa do půdy. Orební odpor je velmi silně ovlivňován zrnitostí a strukturou půdy. Velké zastoupení jílových částic v půdě vede ke zvyšování orebního odporu. Orební odpor naopak klesá s větším podílem humusu v půdě. Jeho hodnota je také silně závislá na vlhkosti půdy.[Kumhála, 2007]

3.3.2. Chemické vlastnosti půd

Půdní reakce

Půdní reakce je jedna z nejdůležitějších charakteristik půdy, má zásadní vliv na rozpustnost různých sloučenin, na složení půdní mikroflóry, mikrofauny i rostlinného pokryvu a naopak. Z toho dále vyplývá dopad na kvalitu humusu a tvorbu příznivé struktury půdy. Reakce se rozdělují na aktivní a výměnnou. Aktivní reakce určuje koncentraci vodíkových iontů volných, ve vodním roztoku nebo půdní suspenzi. Nejsou do ní zahrnuty ionty poutané pevnou fází půdy. Naproti tomu výměnná reakce zahrnuje i ionty poutané sorpčním komplexem. Tato reakce má stabilnější hodnotu a bývá asi o 0,5 jednotky pH nižší než reakce aktivní. Charakter reakce se vyjadřuje pomocí indexu pH.[Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Sorpční kapacita půd

Sorpční schopnost půdy je schopnost poutat různé látky z disperzního prostředí. Tato vlastnost je podmíněna přítomností částic o velikosti 1 μ m až 1nm. Tyto částice se nazývají půdní koloidy a mohou být organického nebo minerálního původu. Patří mezi ně např. jílové minerály, nerozpustné Al a Fe fosfáty, humusové sloučeniny aj. Stav a vlastnosti sorpční kapacity mají přímý vliv na strukturu, na obdělávatelnost půdy, na vodní a vzdušný režim a na biologickou aktivitu půdy. V neposlední řadě také ovlivňuje výživu a hnojení rostlin.[Voltr, 2011]

Pufrovitost

Znamená schopnost půd bránit se změnám půdní reakce. Někdy je tato vlastnost také nazývána ústojnost nebo tlumivost. Ústojnost půdy tedy závisí na přítomnosti ústojných systémů, které jsou vytvářeny v půdním roztoku. Největší podíl na ústojnosti mají huminové kyseliny a dále pak jílové minerály. Díky tomu mají těžké půdy, které obsahují velké množství jílu dobrou ústojnost. Naopak lehké půdy jako písčité nebo hlinitopísčité mají ústojnost malou. Vykazují proto velké výkyvy hodnot pH. Aby se tomu zamezilo, je nutné do nich dodávat humusotvorný materiál, jako například organická hnojiva. [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

3.3.3. Charakteristiky organické složky půdy

V této dynamické složce dochází k rychlým tokům látek a energie, které mají zásadní vliv na vývoj půdy. Organická složka je tvořena živou složkou, tedy půdními organismy a neživou složkou, tzv. humusem. Humusová složka sestává z odumřelých těl rostlin a živočichů.

Organismy žijící v půdě se nazývají edafon. Edafon má zásadní vliv na půdní úrodnost, na dostupnost živin pro kořenový systém rostlin a na prevenci rostlinných chorob. Nejnovější výzkumy ukazují na dříve opomíjený význam živé složky půdy pro půdní úrodnost. Kvůli složitosti vztahů mezi jednotlivými složkami edafonu a mezi edafonem a prostředím, ve kterém žije, je velmi složité určit nějaké měřitelné vlastnosti. [Abbot, 2007] Nicméně se zdá, že pro půdní úrodnost jsou důležité následující vlastnosti poměr živin C:N v organické hmotě, dostupnost živin, mikrobiální aktivita a kvalita humusu v půdě. Ve zdravé a biologicky aktivní půdě žijí všechny organismy v ekologické rovnováze. Žížaly a larvy hmyzu při svém hledání mrtvého organického materiálu provrtávají horní vrstvu půdy a vytvářejí póry. Zároveň tím přemísťují a mísí různé složky půdního materiálu. V našich podmínkách jsou schopné vytvořit 40 – 100 tun kvalitních výměšků na hektar. Chvostokoci, mnohonožky a roztoči rozmělnují organickou drť. Mikroorganismy se podílejí na přeměně zbytků odumřelých rostlin a živočichů na humus, který je pak bakteriemi rozložen na jednotlivé chemické prvky. [Berner, 2012]

Humifikace

Ve vrchním půdním horizontu se nalézá kolem 3%, někdy až 5%, přeměněných organických látek. Tyto látky nazýváme humus. Jedná se o zbytky rostlin, původně vytvořené fotosyntézou, dále pak organické odpady, dodané člověkem, houby, které parazitovaly na kořenech, mrtvé organismy a živočichové, žijící v půdě. Na všechny tyto látky působí skupiny různých mikroorganismů. Ty se specializují na rozklad určitých odpadů, které jsou charakteristické podle složení ze známých organických sloučenin. Tato přeměna se nazývá humifikace. Ve vrchní části půdy se na rozkladu a promíchávání produktů humifikace velmi významně podílejí žížaly. [Kutílek, 2012]

Humusové látky

Výsledným produktem humifikace jsou humusové látky. Ty se podle složení mohou dělit na huminové kyseliny, fulvokyseliny a huminy. Huminové kyseliny jsou nejkvalitnější složkou humusových látek, kladně působí na propustnost buněčných membrán a na příjem dusíku a dalších živin kořenovým systémem rostlin. Dále příznivě ovlivňují technologické vlastnosti půd, zvětšují soudržnost lehkých půd a zvyšují drobivost a zpracovatelnost těžkých půd. Mají také vliv na zvětšování sorpčního komplexu půdy. V neposlední řadě také na sebe poutají těžké kovy a tvoří s nimi těžkorozpustné sloučeniny. Díky tomu omezují pohyb těžkých kovů v půdě. Fulvokyseliny na rozdíl od huminových kyselin jsou rozpustné ve vodě. [Vrba, Huleš, 2006] Zvýšený obsah fulvokyselin v půdě zpřístupňuje Cd, Pb, Zn do forem přijatelných pro rostliny. Huminy jsou huminové kyseliny pevně vázané na minerální složky půdy. Jsou to tedy látky bohaté na minerální složky s různorodým chemickým složením. [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Význam humusových látek v půdě

Humusové látky v půdě kladně ovlivňují půdní vlastnosti. Humus a jeho složky se aktivně účastní výstavby půdního sorpčního komplexu. Význam půdního sorpčního komplexu spočívá ve vytváření zásobárny živin a v omezení jejich ztrát vyplavováním do spodních vrstev půdy. Oproti jílovým minerálům jsou schopny poutat (5 – 7)x více živin. Jsou důležitým faktorem drobtovité struktury půdy. Dále rozpustné humusové látky mají přímý stimulační vliv na rostliny. [Vrba, Huleš, 2006]

4. Pomocné půdní látky

Pomocné půdní látky definuje zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. Podle tohoto zákona se rozumí pod pojmem pomocné půdní látky „*látky bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje nebo zvyšuje účinnost hnojiv*“.

Pomocné půdní látky (dále jen PPL) se používají k pozitivnímu ovlivňování půdních vlastností. Použití PPL se neomezuje jen na zemědělství. Časté je použití tam, kde byl půdní pokryv zničen, například při rekultivaci důlních oblastí, výsypek nebo silně erodovaných

lokalit. Různé druhy PPL nacházejí už delší dobu své uplatnění v zahradnictví. Zvláště významné je v tomto směru používání PPL při pěstování a udržování trávníků. Zde se spíše používá termín *půdní kondicionéry*. Další oblast uplatnění se nachází v lesním hospodářství při výsadbě stromků. Široká oblast použití vyžaduje samozřejmě značně širokou a specializovanou nabídku přípravků. V současné době je v registru hnojiv jako PPL registrováno okolo 70 přípravků od různých výrobců, s širokou škálou použití. Vzhledem k obrovské variabilitě použití, i podmínek kde jsou tyto látky používány, se nabídka bude určitě i nadále rozšiřovat.

4.1. Dělení PPL

Základní dělení je podle skupenství. Existují jak PPL v pevném skupenství tak ve skupenství kapalném. Skupenství společně s množstvím účinné látky na jednotku plochy a dobou aplikace má zásadní vliv na typ používané aplikační techniky. Kapalně PPL se aplikují postřikovači nebo pomocí závlahových systémů. Pevná PPL mohou být aplikována rozmetadly minerálních hnojiv, mohou být také uložena do půdy při setí secím strojem nebo další možností je aplikace při zpracování půdy. Typ rozmetacího ústrojí a velikost zásobníku stroje musí být zvolen na základě rozdílného dávkování PPL, které se může pohybovat od několika kilogramů na hektar až po 1 – 2 tuny na hektar v případě biouhlu. Dále je nutno přihlídnout k rozdílným fyzikálním vlastnostem jednotlivých PPL. V neposlední řadě výběr aplikační techniky ovlivňuje požadovaná přesnost dávky a cena PPL. To se týká především porostů trávníků, kde je požadována vysoká přesnost aplikované dávky.

Dále můžeme PPL dělit dle původu na:

- Minerální materiály bez organických látek (drcená láva, bentonit, zeolit aj.)
- Minerální látky s obsahem organických látek (cukrovarské kaly, čistírenské kaly aj.)
- Materiály s vysokým obsahem organických látek (rašeliny, rašelinové zeminy, kompost aj.)
- Zuhelnatělá biomasa (biouhel)
- Syntetické půdní zlepšovače (perlit, silikáty, hydroabsorbenty, mykorhizní přípravky, smáčedla, bioalgináty, aktivátory půdních organismů aj.) [STRAKA, STRAKOVÁ, 2010]

Při použití je také nutné vzít v úvahu co se od dané PPL požaduje. Z toho vyplývá dělení podle účinků PPL:

1. změna vlastností půdy

- pórovitost a podíl makropórů
- podíl humusu
- vzdušná a vodní kapacita
- půdní teplota
- výměnná sorpční schopnost
- půdní reakce
- obsah živin
- měrná hmotnost půdy

2. korekce škodlivého působení negativních vlivů v půdě, jedná se například o

- nevhodná půdní reakce
- vysoká koncentrace solí
- nadměrný obsah těžkých kovů

3. zlepšení vlastností půdy

- smyková pevnost
- elasticita
- mikrobiální aktivita půdy
- technologické vlastnosti půdy (zpracovatelnost, zpevnění povrchu půdy)[STRAKA, STRAKOVÁ, 2010]

Většina PPL působí přímo na více vlastností dohromady, nebo je nepřímo ovlivňuje přes jinou vlastnost. Například působení na mikrobiální aktivitu vede k rychlejší tvorbě humusu, větší pórovitosti a z toho vyplývající drobtovité struktuře, která je z hlediska zpracovatelnosti nejvýhodnější.

4.2. Příklady půdních pomocných látek

Na trhu existuje celá řada PPL nebo látek, které mají zlepšit půdní vlastnosti. Mnoho z těchto látek je předmětem různých výzkumů. Může se jednat o syntetické látky vyráběné moderními metodami, o látky těžené v přírodě nebo látky vyráběné z odpadů. Zlepšovat

půdu se snaží prostředky vynalezené teprve nedávno, jakož i látky a postupy znovu objevené v historii.

Rašelina

Rašelina se dá popsat jako organická hydrofilní koloidní substance vytvořená v procesu rašelinění. Proces rašelinění se odehrává za přítomnosti vody a za ztíženého přístupu vzduchu. Rašelina vzniká v přírodě na tzv. rašeliníštích. Rašeliníště vznikají na trvale vlhkých až zamokřených stanovištích, na kterých rostou vlhkomilné rostliny, jejichž odumřelé zbytky se přeměňují na rašelinu. Rašelina se skládá z proměnného podílu těl a částí rostlin, různého stupně rozložení rašeliněním a minerální příměsi. Rašelina může obsahovat až 40 % huminových látek. Rašelina se po vysušení používá jako palivo.[Bucharová, 2016]

Při použití v půdě přídavek rašeliny půdu provzdušní a vylehčí. Zvyšuje se schopnost půdy uchovat vlhkost, zlepšuje se také struktura půdy. Rašelina má slabě kyselou reakci. Rašeliny také obsahují stimulační látky pro růst kořenů. Rašeliny jsou nabízeny buď v čisté podobě, nebo jako rašelinné směsi. Velmi často se rašeliny a přípravků na její bázi používá v zahradnictví a při pěstování trávníků. Použití ve velkoplošném zemědělství se zatím jeví jako neekonomické.

Lignit

Lignit je nejmladší typ hnědého uhlí, v porovnání s ostatními typy uhlí obsahuje nejmenší množství uhlíku. Lignit obsahuje vysoké množství vody někdy až 50%, kvůli tomu má nízkou výhřevnost a jeho spalování se jeví jako neekonomické. Nicméně lignit obsahuje také velké množství huminových kyselin. Díky tomu je schopen pozitivně ovlivňovat půdní strukturu, regulovat dostupnost živin, atd. Velmi nadějně se jeví jeho sorpční schopnosti. Je schopen vázat těžké kovy, zvláště vysokou afinitu má vůči olovu. Je schopen vázat i pesticidy a barviva. Lignit může také absorbovat značné množství vody. Pro použití lignitu jako PPL není nutná složitá úprava, stačí pouze mechanická úprava, zahrnující drcení, na částice schopné rozhozu rozmetadly.[Doskočil, 2012]

Zeolit

Zeolity jsou krystalické anorganické mikroporézní materiály na bázi hlinito-křemičitanů s přesně definovanou rigidní trojrozměrnou strukturou. [Čapek et al, 2011] Tato

struktura vytváří síť kanálů a dutin konstantních rozměrů. Celkový objem dutých prostorů bývá (24 – 32) % a do těchto prostorů mohou být zachytávány rozličné látky. Výhodou zeolitu je vnitřní stavba, kdy některé jeho kationty nejsou pevně vázány a mohou být vyměněny za jiné. Díky této vlastnosti má zeolit vynikající iontovo - výměnou kapacitu. Využití zeolit nachází při přípravě půdních substrátů, kde má působit na hodnotu pH, dále ovlivňovat postupné uvolňování živin a zadržovat vodu. Další použití nachází při přípravě krmných směsí pro dobytek a je také přimícháván do podestýlky, kde snižuje zápach a zvyšuje sací schopnost podestýlky.[Firemní prospekty firmy ZEOCEM]

Biouhel

Biouhel je jemnozrnný materiál povahy dřevěného uhlí, který se vyrábí zahříváním biomasy na (300 – 600)°C za nedostatku vzduchu. Tento proces se nazývá pyrolýza. V průběhu pyrolýzy se výchozí surovina chemicky změní na struktury, které jsou mnohem odolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu. K výrobě biouhlu může být použito mnoho zdrojů organické hmoty, včetně zbytků z polního nebo lesního hospodářství a komunálního bioodpadu. [Lehmann, 2009]

Biouhel jako půdní kondicionér působí na fyzikální vlastnosti půdy. Díky své porézní struktuře zvyšuje provzdušněnost půdy, její retenční schopnosti a z toho vyplývající lepší zpracovatelnost půdy. Na svém povrchu je též schopen k chemickému vázání minerálních látek, rozpuštěných v půdním roztoku. Jedná se zejména o ionty vápníku, draslíku a hořčíku a další. Zabraňuje vyplavování těchto důležitých živin z půdního povrchu. Problém ale nastává při zvyšování půdní úrodnosti. V klimatických podmínkách ČR se po aplikaci biouhlu půdní úrodnost při některých pokusech krátkodobě snižovala. Použití biouhlu v našich podmínkách je předmětem mnoha výzkumů. Perspektivně se jeví přidávání biouhlu do kompostových směsí. [Urbánková, 2015]

Původní myšlenka biouhlu vznikla v dávných kulturách Jižní Ameriky. Popel z ohnišť se nejspíše přidával jako sterilizace k organickým odpadům a poté byla tato směs aplikována do půdy. Postupně se tak utvářela až 2 metry hluboká vrstva velmi úrodné půdy bohaté na stabilní uhlík. Tato půda se portugalsky nazývá *Terra preta*, což v češtině znamená černozemě.

Hydrogel

Jedná se o síťovaný organický polymer uhličitanu draselného se schopností ukládat vodu a živiny. Aplikuje se ve formě suchého, krystalového, bílého prášku, který při styku s vodou změní svoji konzistenci na gel. Hydrogel tvoří smrštiteľnou samonosnou konstrukci, která umožňuje vsakovat vodu a poté ji podle potřeb rostlin uvolňovat. Zvyšuje tak retenční schopnost půdy. Výrobce tvrdí, že 1kg hydrogelu je schopen zadržet (250 – 300)l vody. Velkou výhodou také je, že nasátý hydrogel zmrzá až pod bodem mrazu, to prodlužuje vegetační období rostlin.[Firemní prospekty firmy Hydrogel]

Pro použití v zemědělské půdě je doporučováno použití větších krystalů, aby docházelo také k provzdušnění půdy. Hydrogel nemusí být aplikován každoročně, v půdě vydrží (7 – 9) let a poté se rozloží. Výrobce doporučuje dávkování 100 kg/ha. Jako další zajímavá aplikace tohoto prostředku se jeví ochrana pozemků ohrožených zamokřením.[Firemní prospekty firmy Hydrogel]

PRP SOL

Tato PPL je primárně určena k aplikaci ve velkoplošném zemědělství. Na rozdíl od předchozích se PRP SOL stal nezdřídka používanou podpůrnou látkou v zemědělské praxi. Výrobce této PPL je francouzská firma PRP Technologies. Jmenovaná firma dále nabízí celou řadu přípravků působících na růst rostlin, ale i přípravky aktivující biologickou transformaci statkových hnojiv. Aktivátor biologické transformace hnojiv Z-fix je také předmětem výzkumného pokusu v ZS Sloveč. Co se týče přípravku PRP SOL, jedná se o aktivátor biologických funkcí půdy.

Přípravek PRP SOL je aplikován ve formě granulí hnědé barvy. Granule jsou tvořeny maticí z uhličitanu vápenatého a hořečnatého a z příslušných minerálních prvků, mezi kterými nechybí železo, zinek, bór, sodík, mangan a další. Přesné složení přípravku PRP SOL patří k výrobním tajemstvím. Pojidlo tohoto produktu je rostlinného původu. Po aplikaci se účinné složky přípravku rozpouštějí a rozptylují v půdním roztoku. Prvky jsou dávkovány na základě speciálně vyvinuté metody Mineral Inducer Proces (MIP). Tato technologie spočívá v aktivaci buněčných metabolismů řízených přísunem specifických minerálních prvků. Proces MIP pak působením na půdní mikroflóru stimuluje funkci humusu. Zvyšuje se tak biologická aktivita v půdě což má příznivý vliv na strukturu půdy a na její pórovitost. Z toho poté vyplývá

lepší prokořenění rostlin. Výrobce uvádí také příznivý účinek na infiltrační schopnosti vody. Přípravek PRP SOL může být využíván i v ekologickém zemědělství.[Firemní prospekty firmy PRP Technologies]

4.3. Pokusy s využitím přípravku PRP SOL

Přípravek PRP SOL je používán již několik let a existuje proto dostatek možností ověřit účinky přípravku v praktickém použití i v polních pokusech. Výzkumem účinků tohoto přípravku se zabývalo vícero vědeckých pracovišť. Většinou je snaha najít optimální hodnotu dávkování nebo najít vhodnou kombinaci aplikace PRP SOLU a jiných hnojiv. Dochází tak ke kombinaci dávek PRP SOLU jak s minerálními, tak s organickými hnojivy. Vzhledem k možnosti použití tohoto přípravku v ekologickém zemědělství existuje snaha nahradit některá minerální hnojiva touto PPL.

Ve výzkumném ústavu v Karcagu v Maďarsku byl sledován účinek PRP-SOL na některé vybrané půdní vlastnosti. Pokus byl založen na půdních podmínkách typických pro tento region, což jsou těžké černozemě s vysokým obsahem jílu. Součástí tohoto pokusu bylo také sledování vlivu různé intenzity zpracování půdy a různých osevních postupů. Od roku 1997 tam byl založen dlouhodobý pokus, který porovnává redukovaný a konvenční způsob zpracování půdy. Zároveň je porovnáván účinek monokultury a střídavého osevního postupu, který zahrnuje proso, pelušku, ozimou pšenici a kukuřici. Od roku 2011 byl do pokusu zahrnut i přípravek PRP SOL. Přípravek byl aplikován na povrch půdy na podzim v dávce 150 kg/ha v letech 2010 až 2012. Už po prvním roce aplikace PRP SOL byl zaznamenán vyšší výnos zrna i biomasy. Půdní vlastnosti doznaly zlepšení až po několika letech. Značně pozitivní vliv na zhutnění půdy a infiltraci vody měla varianta aplikace PRP SOL a redukovaného zpracování půdy. Při konvenčním zpracování nebylo zlepšení půdních vlastností výrazné.[Szücs, Zsembeli, 2014]

Předmětem výzkumu se účinky PRP SOL staly také na univerzitě v Poznani v Polsku. V polním pokusu probíhajícím v letech 2012 až 2015 se Sulewska se svými kolegy zaměřila na vliv PRP SOL na výnos kukuřice. Cílem pokusu bylo objasnit, zda je možné nahradit klasické hnojení NPK novým hnojením na bázi technologie dodávané firmou PRP Technologies. Do tohoto pokusu byly zahrnuty 4 varianty hnojení. První varianta hnojená pouze NPK, druhá varianta hnojená kombinací NPK + PRP EBV, třetí varianta aplikace PRP SOL samostatně a

čtvrtá varianta PRP SOL + PRP EBV. PRP EBV je fyziologický stimulátor obohacený draslíkem, měl by pozitivně působit na rozvoj kořenového systému. PRP EBV je aplikováno v kapalné formě. Nejvyššího výnosu bylo dosaženo na čtvrté variantě. Použití PRP SOL společně s PRP EBV mělo také dopad na hmotnost tisíce zrn, výšku rostlin a na větší index listové plochy. [Sulewska, 2016]

Polští vědci se také zabývali použitím přípravku PRP SOL při pěstování brambor. Pokusy se odehrávaly na univerzitě v Poznani v rozmezí let 2007 až 2011. Cílem pokusu bylo zjistit, zda by bylo možné nahradit fosfor a draslík dodávaný do půdy prostřednictvím minerálních hnojiv, přípravkem PRP SOL, který zpřístupní rostlinám zdroje těchto prvků, obsažené v půdě. Byla aplikována dávka 260 kg/ha PRP SOL oproti 80 kg/ha fosforu a 120 kg/ha draslíku. Výsledné výnosy nevykazovaly významný rozdíl. Bylo tedy potvrzeno, že v daných podmínkách je možné nahradit klasická minerální hnojiva přípravkem PRP SOL. [Sulewska, 2012]

Další výzkum vedený na univerzitě v Poznani se zaměřil na možnost nahrazení hnojiv obsahující fosfor a draslík při pěstování řepky ozimé. Sledován byl mimo jiné výnos a zhutnění půdy ve třech hladinách. Zvolené varianty hnojení byly 4. První varianta jako kontrola hnojená minerálními hnojivy 80kg/ha fosforu a 120 kg/ha draslíku. Druhá varianta fosfor a draslík ve stejné dávce jako v první variantě společně s aplikací aktivátoru růstu PRP EBV v dávce 2l/ha. Na třetí variantu bylo aplikováno 220 kg/ ha přípravku PRP SOL. A ve čtvrté variantě PRP SOL + PRP EBV v dávkách stejných jako předchozí. Co se týče mechanického zhutnění, byly porovnávány varianta kontrolní s variantou třetí, tedy aplikací samotného PRP SOL. Zde byl patrný kladný vliv přípravku, kdy došlo ke snížení penetračního odporu ve všech třech hladinách. Při porovnávání výnosu nebyl mezi prvními třemi variantami zaznamenán statisticky významný rozdíl, ale u poslední varianty, tedy PRP SOL + PRP EBV, došlo ke znatelnému snížení výnosu. [Sulewska, 2013]

Pokusy s touto pomocnou půdní látkou probíhali i na území České republiky. V letech 2008 a 2009 byl zkoumán vliv přípravku PRP SOL při pěstování cukrové řepy. Sledovány byly hydrofyzikální vlastnosti půdy. Aplikace přípravku probíhala od roku 2006 v dávce 200 kg/ha. Osevní sled na tomto pozemku je ječmen, mák, cukrovka. Do pokusu byly zahrnuty dvě varianty. Na jednu byl aplikován přípravek PRP SOL a na druhou nebyl. Nutno dodat, že

varianty byly na jiném půdním druhu. Sledována byla zrnitost, celková pórovitost, zastoupení druhů pórů, objemová hmotnost redukována a provzdušněnost půdy. U těchto sledovaných vlastností nebyl po dvou letech mezi variantami shledán významný rozdíl.[Podhrázská et al, 2012]

V roce 2009 proběhl výzkum o vlivu hnojiv PRP SOL a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovnického ječmene. Pokus se odehrával pod taktovkou vědců z Mendelovy univerzity v Brně. Byly zvoleny čtyři varianty aplikace hnojiv. Varianta sloužící jako kontrola zůstala prostá podpůrných prostředků. PRP SOL byl aplikován samostatně v dávce 200 kg/ha a společně s přípravkem PRP EBV. Poslední varianta byla aplikace samotného hnojiva PRP EBV. Z hlediska výnosu se jako nejlepší ukázala poslední varianta. Nicméně oproti kontrole došlo ke zvýšení výnosu u druhé i třetí varianty. Mechanické znaky zrna (objemová hmotnost a podíl sladařsky využitelného zrna) byly nejvyšší po aplikaci kombinace hnojiv PRP SOL a PRP EBV. [Hřivna, 2010]

5. Hodnocení vlivu PPL a organických hnojiv na fyzikální vlastnosti půdy

5.1. Charakteristika podniku ZS Sloveč a.s.

Zemědělská Společnost Sloveč a.s. byla založena v roce 1996. Sídlo společnosti se nachází v Městci Králové ve Středočeském kraji. V současné době společnost obhospodařuje výměru 3000 ha. V rámci rostlinné výroby jsou pěstovány tradiční plodiny pšenice ozimá, ječmen ozimý, ječmen jarní, řepka ozimou, kukuřici a vojtěšku. Pro daný region má velký význam pěstování cukrové řepy. Dále osevní plán zahrnuje i méně obvyklé plodiny jako je hořčice, svazenka, slunečnice, mák a kmín. Společnost provozuje i živočišnou výrobu zastoupenou 500 kravami černostrakatého skotu chovanými pro produkci mléka. S ohledem na těžké půdy, na kterých podnik hospodaří, je věnována velká pozornost problému zhutňování půdy. Podnik má k dispozici flotilu pásových traktorů a v otázkách zpracování půdy je velmi progresivní.

5.2. Charakteristika půdního bloku a klimatické podmínky

Pole s pokusnými parcelami se nachází v katastrálním území obce Kamilov na pozemkové parcele číslo 74/1. Pole nese název „Dřeší“. Nadmořská výška pozemku čítá 235

m. Reliéf terénu je rovinatý s velice mírnou svažítostí ve směru severovýchod. Parcely nízkých čísel se nacházejí ve spodní části pozemku.[Látal, 2014]

Podle BPEJ spadá pozemek a celá oblast do mírně teplého, mírně vlhkého regionu a náleží jí číselný kód 5. Podle charakteristiky klimatických regionů se suma ročních teplot nad 10°C pohybuje v rozmezí od 2200 do 2500. Průměrná roční teplota čítá 7 – 8 °C. Průměrně zde spadne 550 – 650 mm srážek. Pravděpodobnost suchých vegetačních období je 15 – 30 % a hodnota vláhové jistoty činí 4 – 10.

Půdní profil pozemku je tvořen orničním Ap horizontem černé barvy, který zasahuje do hloubky 30 cm. Struktura profilu je drobtovitá mírně vyvinutá. V profilu orničního horizontu se vyskytuje 10 – 15 % skeletu do velikosti 7 cm. Orniční horizont zřetelně přechází v přechodný Acg horizont olivově hnědé barvy. Struktura přechodného horizontu je prizmatická a je bez skeletu. ACg horizont přechází difuzním přechodem v půdotvorný substrát Cgk, který je světle olivově hnědý. Zrnitostní složení odpovídá těžké obtížně zpracovatelné půdě. Zpracovatelnost je ale příznivě ovlivněna přítomností písku, který půdu vylehčuje. [Látal, 2014]Zrnitostní složení je zpracováno v následující tabulce.

Tab.2 Zrnitostní složení půdy na pracovišti Sloveč[Látal, 2014]

Hloubka	Obsah jílu (< 0,002 mm)	Obsah jílnatých částic (<0,01 mm)	Obsah prachu (0,01-0,05 mm)	Obsah práškového písku (0,05-0,1 mm)	Obsah písku (0,1-2 mm)
[cm]	%				
0-30	48	62	18	2	18
30-60	60	91	8	1	0

5.3. Hodnocené varianty

Na pozemku se nachází celkem 14 variant. Všechny varianty mají stejnou velikost a jejich rozměry jsou 630 x 140m. Pokus byl založen na podzim roku 2014. Na všech variantách je uplatňován stejný osevní postup, který se skládá z ječmene ozimého v roce 2014, kukuřice v roce 2015 a ječmene jarního v roce 2016, na rok 2017 je plánováno osetí řepkou ozimou. Na jednotlivé varianty jsou aplikovány různé kombinace organických a minerálních hnojiv a přípravku PRP SOL. U některých variant je hnůj ošetřován přípravkem PRP Z FIX.

PRP Z FIX je granulát, který má napomáhat transformaci organické hmoty z živočišné výroby. Dále má mít schopnost absorpce stájových plynů. Nejedná se tedy o pomocnou půdní látku, ale na půdní vlastnosti by mohl mít nepřímý vliv, zvýšením kvality hnoje.

V pokusu jsou používány 3 druhy hnoje. Kravský hnůj dodává ZS Sloveč, dodávku prasečího a drůbežího hnoje zajišťuje podnik Agrovýzkum Rapotín. Hnůj byl aplikován na 12 parcel, jedna parcela zůstala hnojena jen minerálním hnojivem NPK. Tato parcela slouží jako kontrolní varianta. A měla by sloužit jako měřítko pro vliv aplikace přípravku PRP SOL a hnoje na vlastnosti půdy. Podrobný přehled variant je zpracován v tabulce níže.

Tab. 3 Varianty hnojení [Šařec, Žemličková 2015]

Varianta	Typ hnojiva/PPL	Rok aplikace
1	kravský hnůj s FIX + NPK	2014,2015,2016
2	kravský hnůj s FIX + PRP SOL+ NPK	2014,2015,2016
3	kravský hnůj + NPK	2014,2015,2016
4	kravský hnůj + PRP SOL+ NPK	2014,2015,2016
5	PRP SOL + NPK	2014,2015,2016
6	NPK (kontrola)	-
7	prasečí hnůj s FIX + NPK	2014,2016
8	prasečí hnůj s FIX + PRP SOL+ NPK	2014,2016
9	prasečí hnůj + NPK	2014,2016
10	prasečí hnůj + PRP SOL+ NPK	2014,2016
11	drůbeží hnůj s FIX + NPK	2014,2016
12	drůbeží hnůj s FIX + PRP SOL+ NPK	2014,2016
13	drůbeží hnůj + NPK	2014,2016
14	drůbeží hnůj +PRP SOL+ NPK	2014,2016

Dávky jednotlivých hnojiv a pomocné půdní látky PRP SOL byly pro všechny varianty konstantní. A jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 4 Dávky hnojiv/PPL [Látal, 2014]

Typ hnojiva/PPL	Aplikovaná dávka [t.ha ⁻¹]
Kravský hnůj	50
Prasečí hnůj	40
Drůbeží hnůj	10
PRP SOL	0,2
NPK	0,2

5.4. Sledované fyzikální veličiny a metody jejich měření

Následující kapitola se zabývá metodami měření fyzikálních vlastností půdy, jejich statistickému vyhodnocení a jejich interpretaci. Budou zde porovnávány výsledky, které byly naměřeny během měření v letech 2014, 2015 a 2016. Porovnávaná měření se odehrála na podzim po sklizni osévané plodiny.

Na naměřené hodnoty mají podstatný vliv oseté plodiny, které půdu ovlivňují svým kořenovým systémem a potřebou specifických živin. Podstatný vliv má také průběh počasí, především srážkové úhrny, zvláště ve vegetačním období rostlin. Průběh počasí se v letech 2015 a 2016 výrazně lišil od roku 2014. Rok 2015 byl velmi suchý a rok 2016 na něho v tomto navázal. Pro těžké jílové půdy je z hlediska obdělávatelnosti velice důležitá optimální vlhkost. Nesmí být ani moc vlhko, ani moc sucho, proto se někdy tyto půdy nazývají minutové. Na následující měření je proto nutné nahlížet z hlediska krátkodobého pokusu, kdy se od sebe jednotlivé roky velmi liší a pro správnou interpretaci výsledků by bylo vhodné použít více data z dlouhodobějšího pozorování.

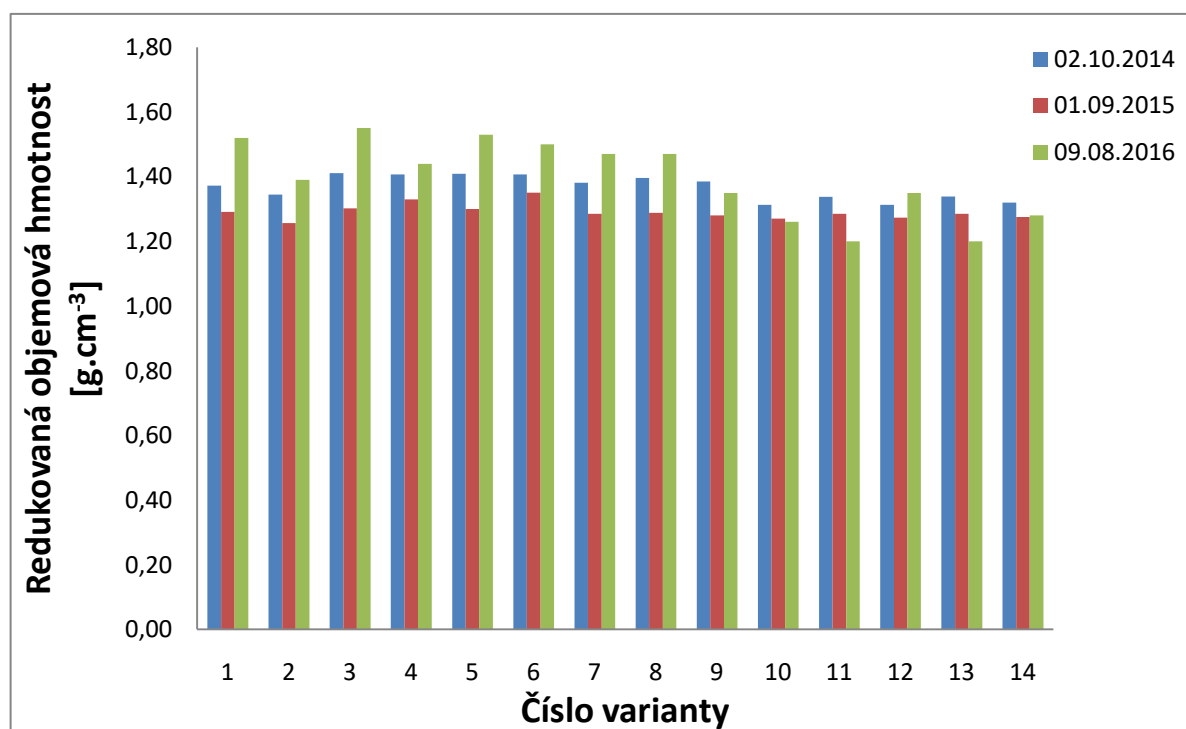
5.4.1. Redukovaná objemová hmotnost

Redukovaná objemová hmotnost byla stanovena pomocí metody rozboru neporušených půdních vzorků. K odběru vzorků slouží Kopeckého válečky. Jedná se o nerezové válečky o objemu 100 cm³. Pro samotný odběr vzorku byla použita sada pro odběr. Kvůli zajištění reprezentativního odběrového souboru byly na každé variantě odebrány 3 vzorky.

Pro zjištění redukované objemové hmotnosti je ještě nutné vzorek vysušit při teplotě 105°C. Sušení trvá 24 h. Poté se vzorek zváží a ze známé hmotnosti a objemu vzorku se dopočítá redukováná objemová hmotnost.

Hodnoty redukované objemové hmotnosti naměřené v jednotlivých letech zobrazuje níže uvedený graf.

Graf 1 Redukovaná objemová hmotnost



Na počátku měření měla nejmenší redukovanou objemovou hmotnost varianta 12. V roce 2015 byla nejnižší hodnota naměřena u varianty 2. V tomto roce došlo k poklesu redukované objemové hmotnosti téměř u všech variant. Nejpatrnější byl pokles u variant hnojených kravským hnojem.

Na podzim 2016 došlo naopak k nárůstu sledované veličiny u všech variant. Nejznamenatelnější byl nárůst u variant hnojených kravským hnojem. Naopak u varianty 11 a 13 hnojené drůbežím hnojem došlo k poklesu sledované veličiny. Přípravek PRP SOL tedy neměl na redukovanou objemovou hmotnost patrný vliv.

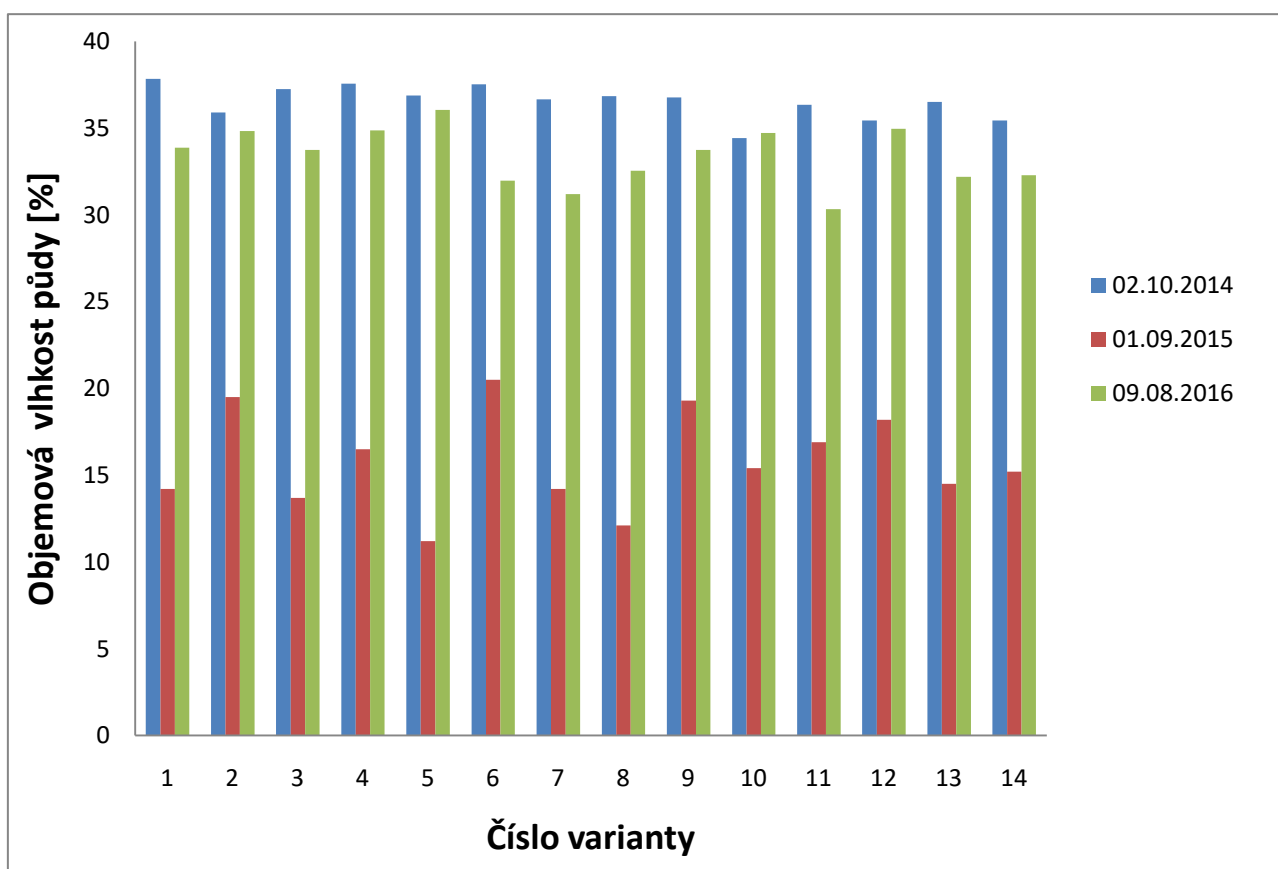
5.4.2. Vlhkost

Vlhkost půdy byla určována dvěma metodami. Metodou přímou z vysušeného půdního vzorku a metodou nepřímou zde vlhkočidlem. Metodou přímou byla vysušování půdního vzorku zjištěna hmotnost vody ve vzorku a hmotnost vysušeného vzorku. Pokud se podělí hmotnost odsušené vody a hmotnost vysušeného vzorku, výsledkem je hmotnostní vlhkost půdy.

Pokud je třeba znát objemovou vlhkost půdy vynásobí se hmotnostní vlhkost půdy hodnotou redukované objemové hmotnosti vzorku, nebo-li objemovou hmotností sušiny.

Hodnoty naměřené na podzim 2014 jsou změřené pomocí přímé metody a přepočítané na objemovou vlhkost. V letech 2015 a 2016 proběhlo měření vlhkosti pomocí vlhkoměru. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou zpracovány do následujícího grafu.

Graf 2 Objemová vlhkost



Z grafu je na první pohled vidět abnormálně suchý průběh léta 2015. Hodnoty z let 2014 a 2016 jsou na první pohled podobné. Měření vlhkosti však probíhá jen v horních

vrstvách půdy nebo na povrchu. Je třeba mít na paměti, že půdní horizont není proměřován do hloubky. Srpen 2016 byl bohatý na srážky, ale ty se většinou nestačily vsáknout dost hluboko a neprovlhčily tak hlubší půdní profil. Léto i podzim 2015 byly naopak na srážky chudé a totéž platí i pro zimu 2016. Je proto vysoce pravděpodobné, že půdní profil na podzim 2016 nebyl rovnoměrně provlhčen.

5.4.3. Infiltrační vlastnosti půdy

Infiltrační vlastnosti půdy jsou v této práci reprezentovány nasycenou hydraulickou vodivostí. Stanovení hydraulické vodivosti probíhá podle Simplified Falling Head metody.

Obr.2 Měření infiltračních schopností jednoválcovou metodou



Zdroj: [Látal, 2015]

K měření se používá 5 válců o vnitřním průměru 150 mm, vlhkoměr a časomíra. Válce jsou zatlačeny do půdy, tak aby směr zasakování vody byl vertikální. Před vlitím vody do válce se změří počáteční vlhkost. Známý objem vody (měření 2015 1l, měření 2016 0,5l) se nalije do válce, tak aby došlo k co nejmenšímu narušení povrchu půdy. Následně se změří čas, za který se všechna voda vsákne. Po vsáknutí veškeré vody se opět provede měření vlhkosti. K měření vlhkosti byl použit vlhkoměr, pracující na odporovém principu.

K přepočtu naměřených veličin na nasycenou hydraulickou vodivost slouží následující vzorec 1 dle Bagarello, Iovino, Elrick [2004]

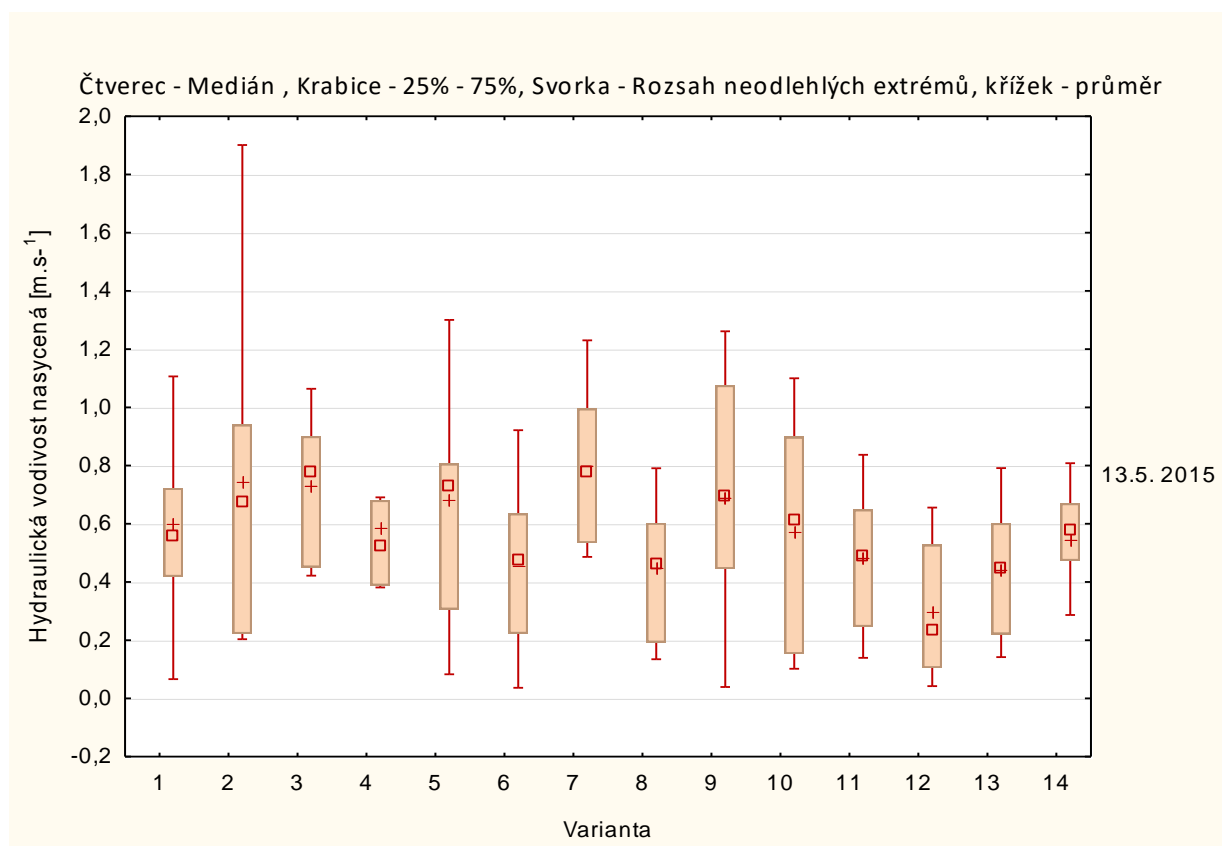
$$K_{fs} = \frac{\Delta\theta}{(1 - \Delta\theta) \cdot t_a} \cdot \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \frac{\left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)}{1 - \Delta\theta} \cdot \ln \left(1 + \frac{(1 - \Delta\theta) \cdot D}{\Delta\theta \cdot \left(D + \frac{1}{\alpha^*}\right)} \right) \right] \quad (1)$$

Kde $\Delta\theta$ odpovídá rozdílu vlhkostí půdy před začátkem měření a po vsáknutí vody, t_a je čas potřebný pro vsáknutí veškeré vody do půdy. Parametr α^* je primárně určen podle stavu a způsobu využití půdy, zde byla vybrána hodnota $\alpha^*=12 \text{ m}^{-1}$. Proměnná D udává podíl objemu vlitého do válce a plochy ohraničené válcem v m^2 .

V roce 2015 bylo provedeno 10 měření na variantu a v roce 2016 bylo provedeno 5 měření na variantu.

Vypočtené hodnoty byly graficky zpracovány do následujících grafů.

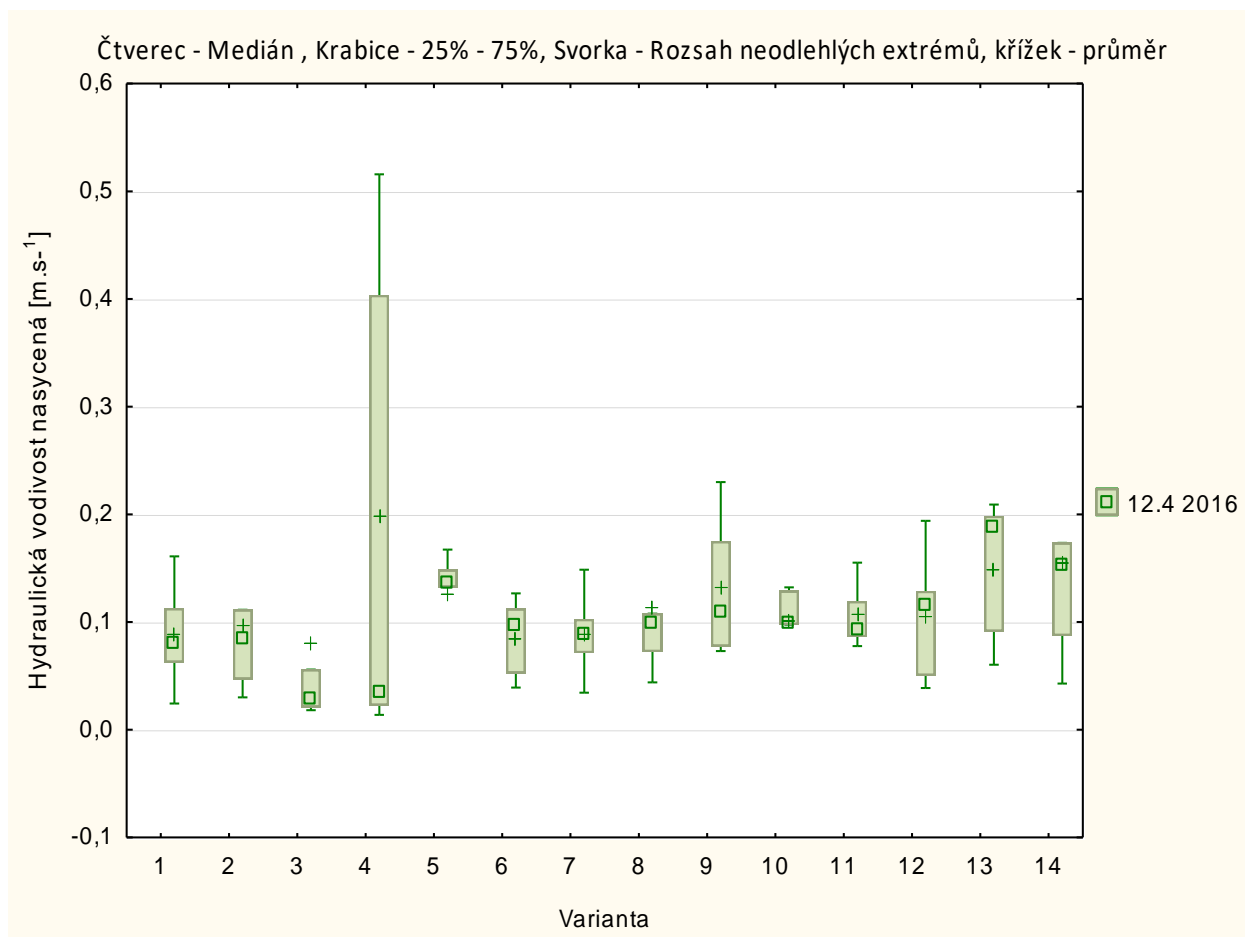
Graf 3 Hydraulická vodivost nasycená měření 13.5. 2015



Porovnání variant v roce 2015 vychází nejlépe pro variantu 7 následovanou variantou

5, 3 a 2. Aritmetický průměr z variant 3 a 2 je stejný. Vzhledem k deseti měřením má aritmetický průměr dobrou vypovídací hodnotu.

Graf 4 Hydraulická vodivost nasycená měření 12.4. 2016



Rozptyl hodnot na každé variantě zvláště v roce 2015 je značný. Ke zhodnocení vypočtených dat byl proto vybrán medián, který dává lepší představu o rozložení dat v rámci sledovaného vzorku. Výrazný rozdíl mezi jednotlivými lety způsobuje nestejný průběh počasí rozdílná struktura povrchu půdy. Jaro 2016 bylo poměrně suché, ale měření 12. 4. 2016 se odehrálo po dešti za částečného nasycení povrchu půdy vodou. Kvůli předchozímu suchému počasí se ale na půdním povrchu vytvořil kašovitý škraloup, který bránil rychlejšímu zasakování.

V roce 2016 měly nejvyšší průměrnou hydraulickou vodivost varianty 4,13 a 14. Dobrých výsledků bylo dosaženo i u varianty 5. Rozptyl naměřených hodnot pro variantu 4 je vysoký. Provedeno bylo jen 5 měření. Ke zhodnocení této varianty by bylo třeba dodat další

měření. Zvláště proto, že ostatní varianty hnojené kravským hnojem dopadly hůře a víceméně stejně.

Při měření infiltrace se ukázal příznivý vliv aplikace přípravku PRP SOL. V prvním roce byla hydraulická vodivost varianty nejvyšší a v druhém roce se zanedbatelným odstupem čtvrtá a zároveň vykazovala nejnižší variabilitu naměřených hodnot.

5.4.4. Penetrační odpor

Měření penetračního odporu bylo provedeno pomocí přenosného půdního penetrometru PN 10

Obr. 3 Penetrometr PN 10



[Přednáška z předmětu Trendy v zemědělské technice, Chyba]

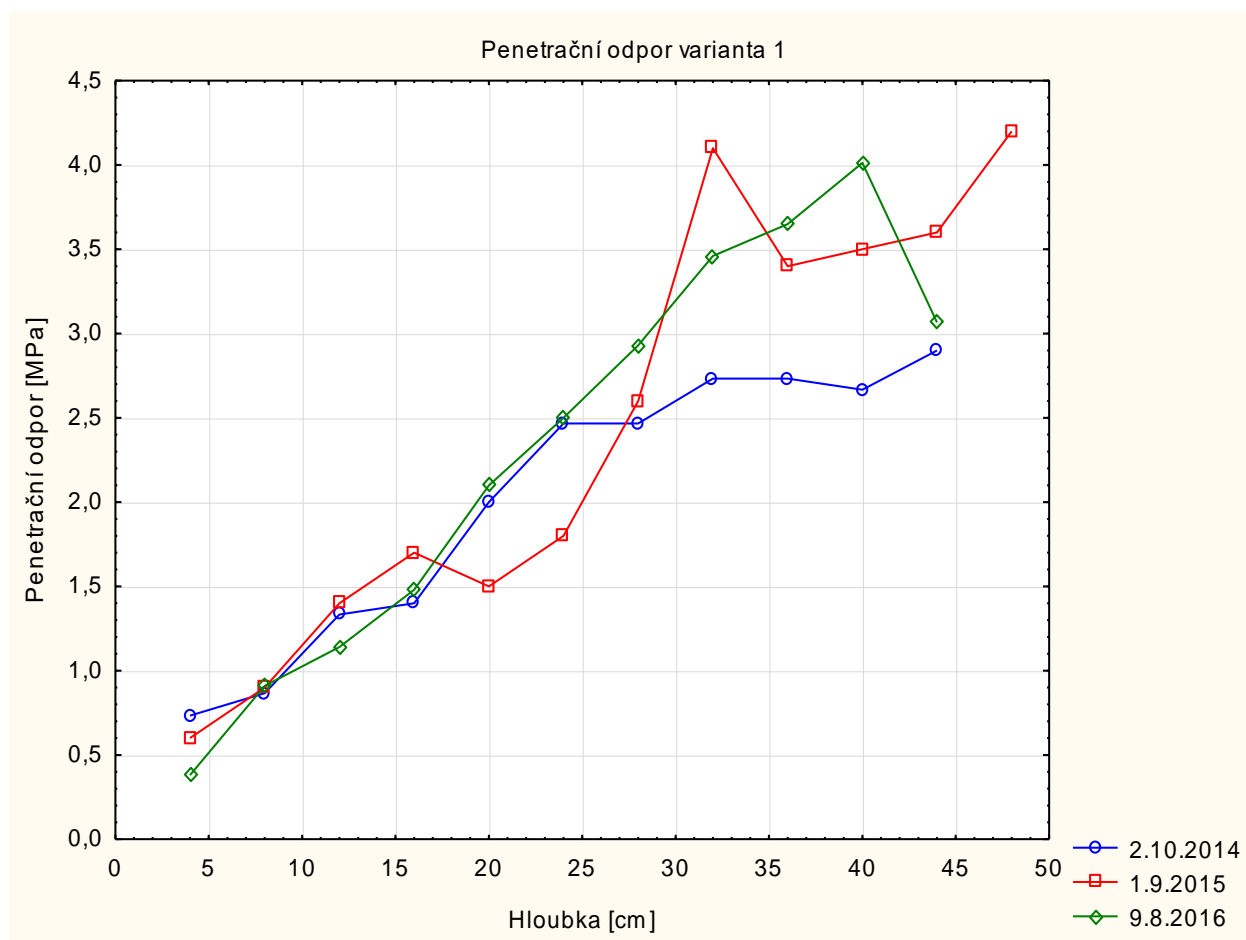
Při měření se penetrační přístroj plynule vtlačuje do měřeného půdního vzorku a odečítá se průběžný odpor proti vtláčování. Sondovací tyč s měrným kuželem jsou do půdy zatlačovány přímou silou obsluhy. Vrcholový úhel měrného kužele je 30°. [25]

Na podzim 2014 byly provedeny 3 měření na každou variantu, v roce 2015 byla taktéž provedena 3 měření na každou variantu. V roce 2016 bylo provedeno 10 měření na variantu.

Pro správnou interpretaci výsledků je důležité provádět měření na mírně provlhčené půdě. Půdní vlhkost má totiž zásadní vliv na velikost penetračního odporu. Výhodou tohoto typu měření je, že poskytuje přehled o velikosti zhutnění v daných hloubkách. Tato data mohou být zpracována a vynesena do grafu jako penetrační křivky. Je poté možné získat představu o průběhu utužení v půdním horizontu.

Varianta 1

Graf 5 Penetrační odpor – varianta 1

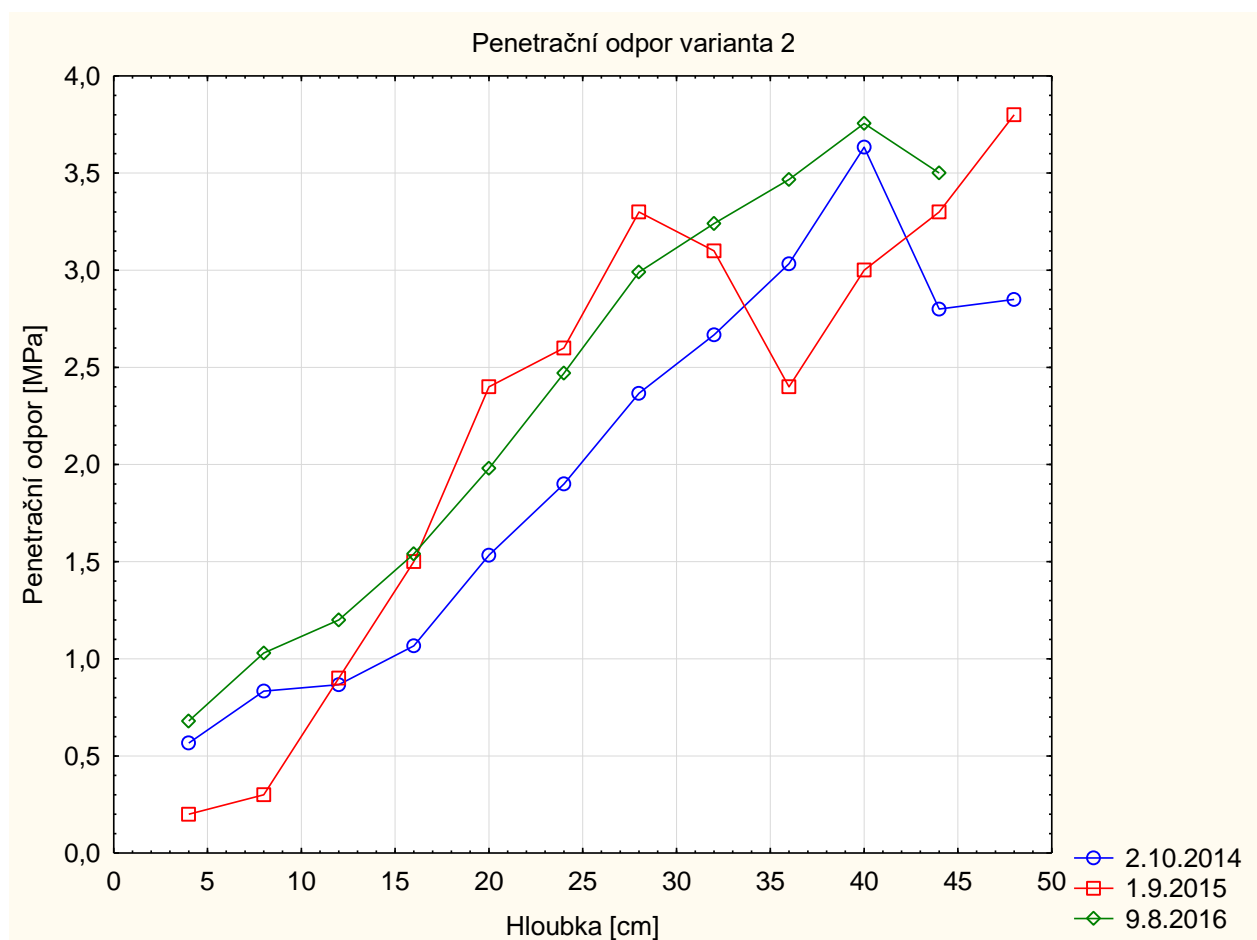


Varianta hnojená NPK a kravským hnojem ošetřeným přípravkem FIX vykazuje v jednotlivých letech podobný průběh penetračního odporu. Do hloubky 20 cm je možné sledovat určité snížení utužení, pozorovatelné hlavně v roce 2016. Nicméně tento rozdíl může spadat na vrub například kultivaci za příznivějších vláhových podmínek. Znepokojivé mohou být vzrůstající hodnoty utužení ve vrstvách pod 25 cm. Maximální hodnota utužení 4,1MPa byla naměřena v hloubce 32 cm v roce 2015. V následujícím roce se maximální hodnota utužení posunula do hloubky 40 cm.

Varianta 2

První varianta, na kterou byl aplikován přípravek PRP SOL. Průběh utužení má velmi podobný charakter. Vykazuje, ale i několik rozdílů. Ve vrchních vrstvách byl v roce 2015 sledován patrný pokles utužení. Zajímavý je také prudký pokles utužení o 0,7 MPa v hloubce 32 – 36 cm. Může se jednat o chybu měření způsobenou například menším počtem měření nebo také o nějakou půdní anomálii. Po tomto prudkém poklesu následuje opět nárůst až na maximální hodnotu 3,8 MPa v hloubce 48 cm. Hodnoty z roku 2016 spíše korespondují se stavem z roku 2014. Jsou ale v průměru o 0,56 MPa vyšší. Hodnoty penetračního odporu ve všech hloubkách ve všech letech jsou oproti ostatním variantám na velmi nízké úrovni. V roce 2014 se jednalo o druhou nejméně utuženou variantu, taktéž v roce 2015, v roce 2016 zde bylo utužení třetí nejnižší.

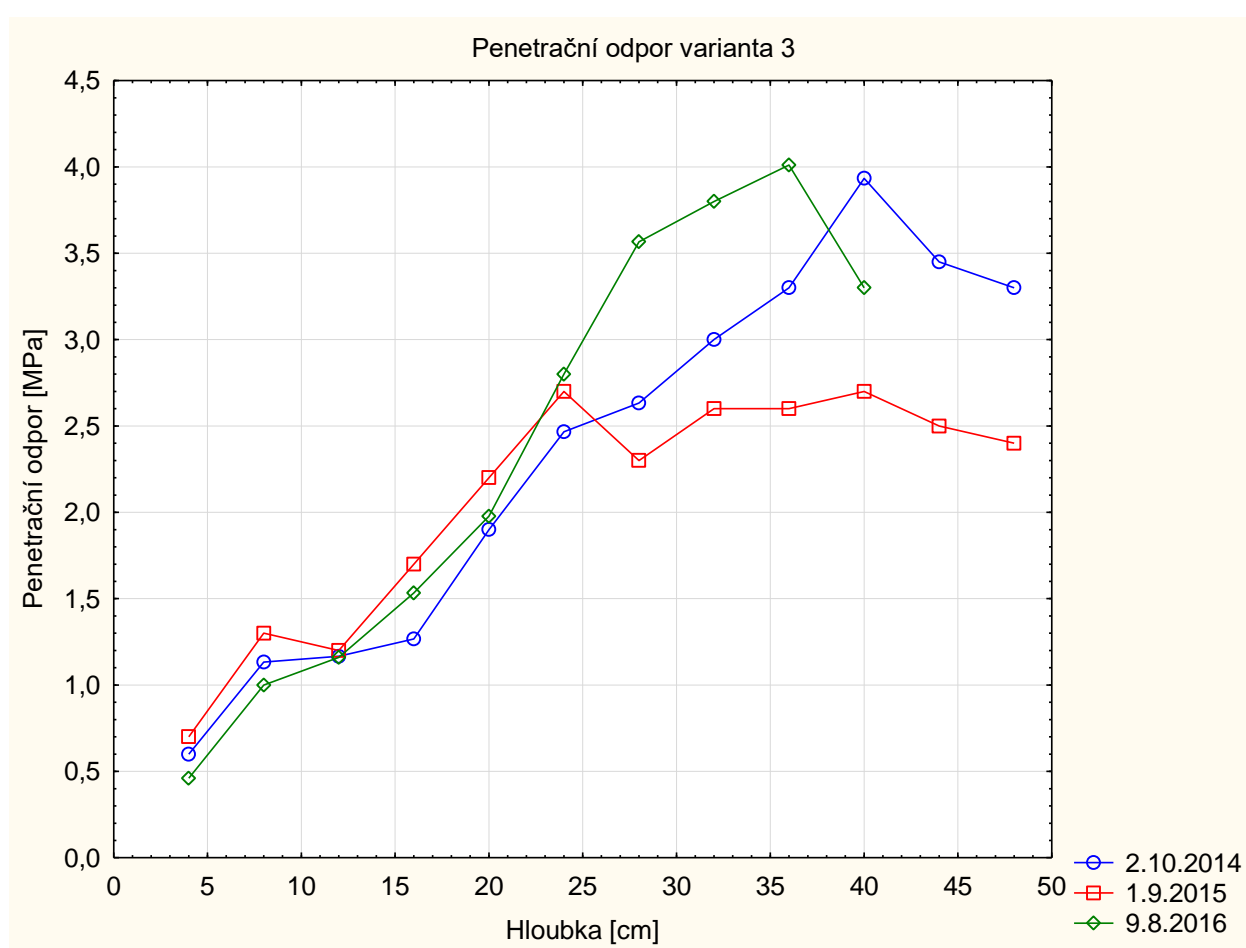
Graf 6 Penetrační odpor – varianta 2



Varianta 3

Do hloubky 24 cm průběh penetračního odporu ve všech letech koresponduje. V roce 2016 nabývá nejnižších hodnot. V roce 2014 pak následuje pozvolný nárůst na hodnotu 3,9 MPa. O rok později se toto ztuhnutí vytratilo a maximální naměřená hodnota byla jen 2,6 MPa. V posledním roce měření, tedy v roce 2016, byla naměřena maximální hodnota 4 MPa už v hloubce 32 cm. V roce 2016 proběhlo měření jen do hloubky 40 cm vzhledem k značnému utužení podorničí.

Graf 7 Penetrační odpor – varianta 3

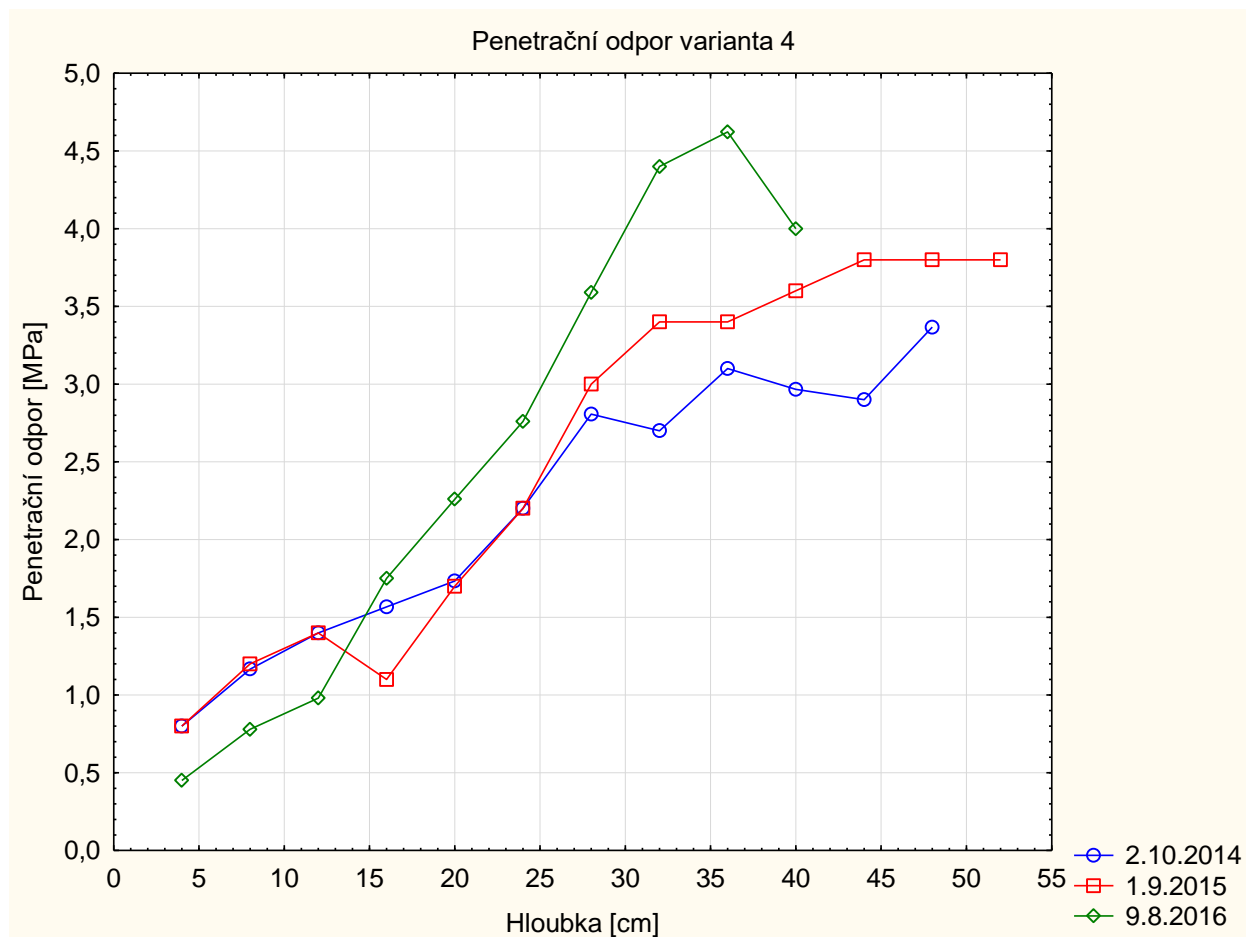


Varianta 4

V roce 2016 bylo naměřeno nižší utužení ve vrchní vrstvě půdního profilu do hloubky 12 cm. Poté byl ale zaznamenán značný nárůst utužení až na maximální hodnotu 4,6 MPa v hloubce 36 cm. Tento velký nárůst penetračního odporu oproti předchozím letem, může být způsoben vyšším vyschnutím spodních vrstev půdy. Z naměřených hodnot v jednotlivých letech je zde nárůst utužení spodních vrstev patrný. V roce 2016 bylo možné provést měření

jen do hloubky 40 cm. Vzhledem zapravení kravského hnoje a přípravku PRP SOL do horních vrstev půdního profilu lze uvažovat o příznivém účinku této aplikace zatím jen zde.

Graf 8 Penetrační odpor – varianta 4

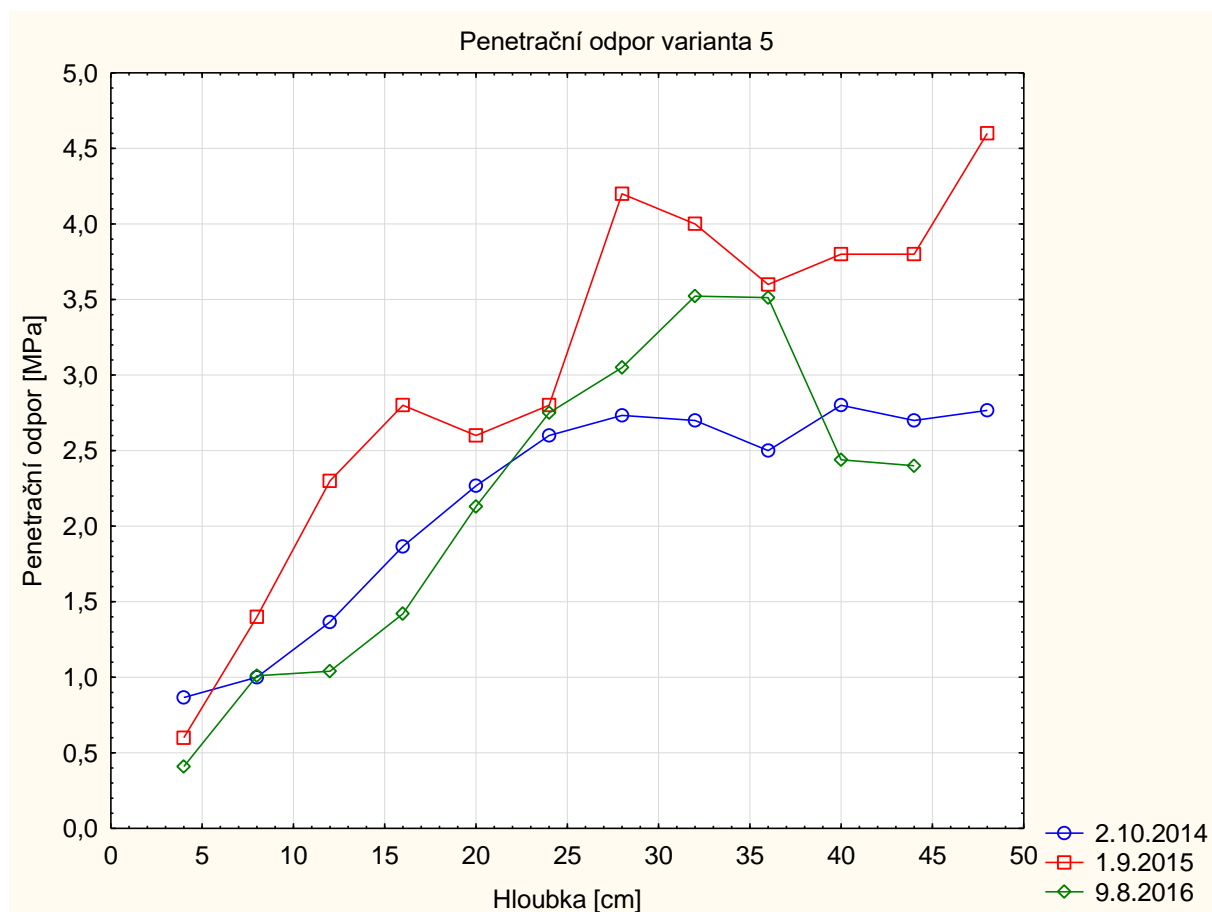


Varianta 5

Varianta, na kterou byl aplikován přípravek PRP SOL společně s hnojivem NPK. V roce 2014 vykazovala velmi příznivé hodnoty utužení. Penetrační odpor ve 4 cm, byl sice poměrně vysoký, ale dále došlo jen k pozvolnému nárůstu na 2,7 MPa v 28 cm. Nebylo zde přítomno větší utužení spodních vrstev. O rok později došlo k rapidnímu nárůstu penetračního odporu ve všech hloubkách, kromě hloubky 4 cm. Od hloubky 24 cm utužení velmi prudce narůstalo, byla zde znát utužená podorniční vrstva. V hloubce 28 cm byla hodnota utužení 4,2 MPa. V roce 2015 se jednalo o jednu z nejutuženějších variant. Měření z podzimu roku 2016 prokázalo značné zlepšení v celém sledovaném profilu. Do hloubky 22 cm vykazovalo menší

utužení než na začátku měření. Maximální hodnoty dosáhl penetrační odpor v hloubce 32 cm a bylo to 3,5 MPa.

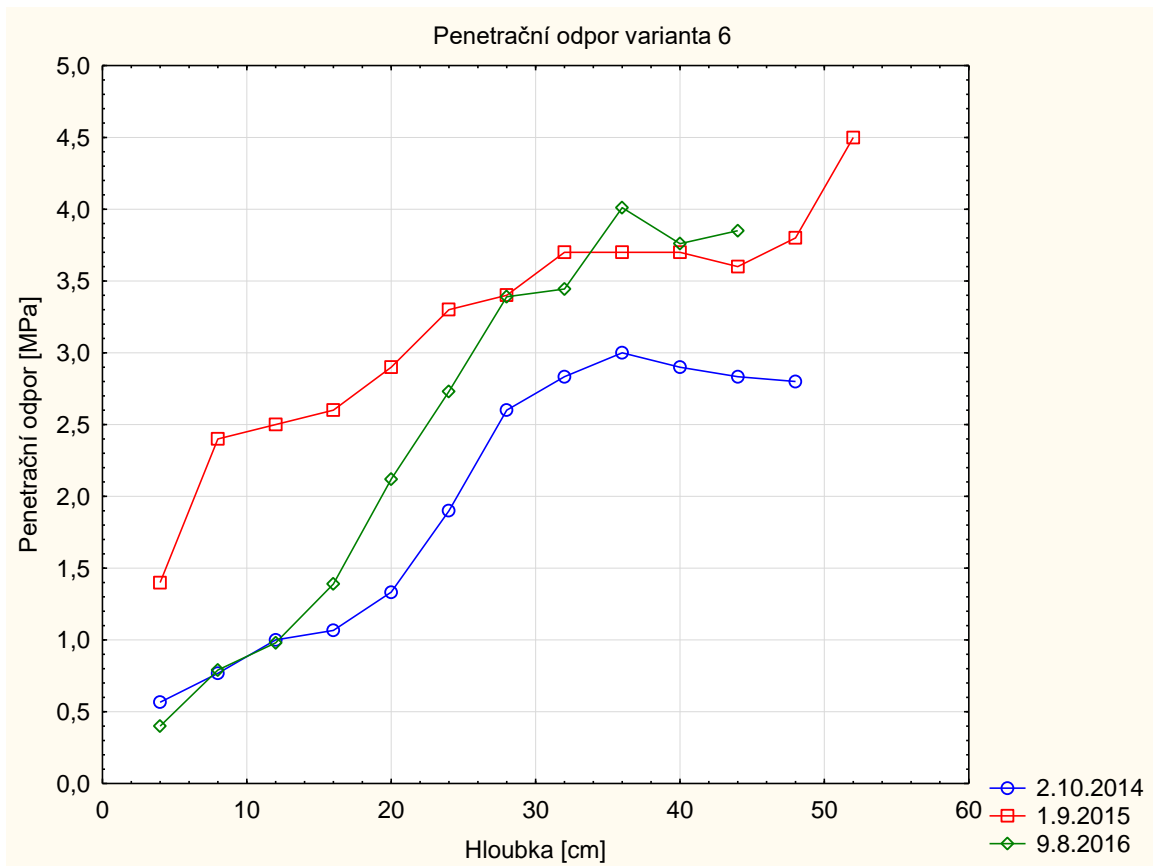
Graf 9 Penetrační odpor – varianta 5



Varianta 6

Penetrační křivky kontrolní varianty svědčí o narůstajícím ztuhnutí téměř ve všech hloubkách. S výjimkou vrchní vrstvy půdy měřené v roce 2016 došlo ve všech hloubkách k nárůstu utužení. Patrné je zvláště velmi silné utužení vrstvy od 4 do 8 cm, naměřené v roce 2015. To může indikovat vznik tuhé krusty zabraňující infiltraci vody do půdy. Nejvyšší hodnota byla naměřena v hloubce 52 cm v roce 2015. Nutno podotknout, že podle průběhu penetrační křivky a na srážky chudého počasí z roku 2016 lze předpokládat ještě vyšší hodnotu penetračního odporu v hloubce 52 cm v roce 2016. V tomto roce se ale nepodařilo dostat kužel penetrometru hlouběji než do 44 cm.

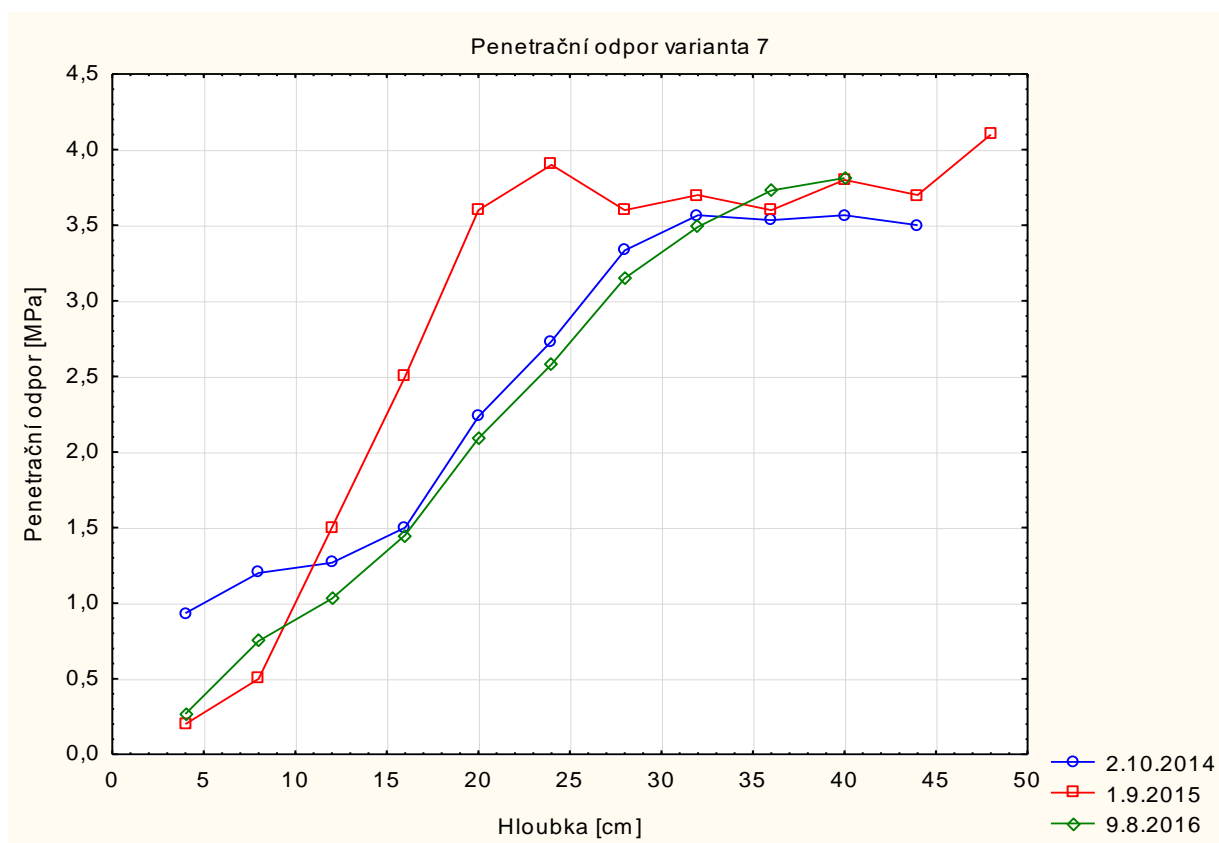
Graf 10 Penetrační odpor – varianta 6



Varianta 7

Jedná se o poměrně vyrovnané průběhy penetračních odporů. Hlavní rozdíl lze vyzorovat ve vrchní vrstvě půdního profilu. Zvláště pokud dojde k porovnání roku 2014 a roku 2016, je patrný pokles utužení až do hloubky 16 cm. Potom spolu křivky s nevýznamnými odchylkami korespondují. Za povšimnutí stojí velmi nízké hodnoty penetračního odporu v hladině 4 – 8 cm. Pro rok 2015 byl naměřen poněkud strmější průběh penetrační křivky s maximem 3,9 MPa v hloubce 24 cm. Dále je penetrační odpor poměrně konstantní do maxima 4,2 MPa v hloubce 48 cm.

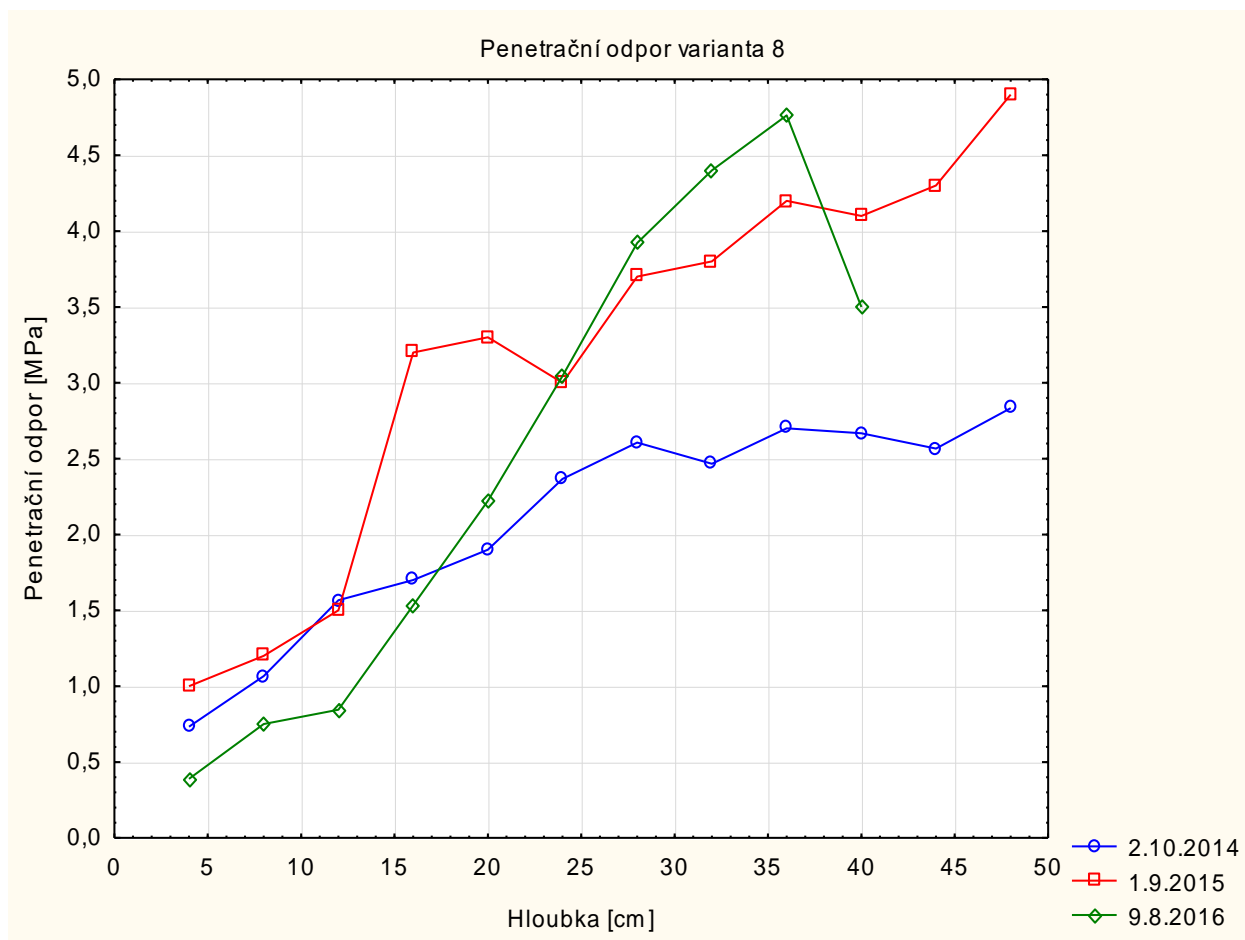
Graf 11 Penetrační odpor – varianta 7



Varianta 8

Kombinace prasečího hnoje, NPK a PRP SOL, se na začátku měření vyznačovala velmi příznivým rozložením utužení, jeho maximum dosahovalo pouze 2,8 MPa v hloubce 48 cm. V následujícím roce došlo vlivem velkého sucha k rapidnímu zhoršení. V hladině 12 – 16 cm došlo k prudkému nárůstu penetračního odporu až na hodnotu 3,2 MPa. Poté následuje méně strmý růst na hodnotu 4,9 MPa. O rok později začal strmý nárůst penetračního odporu opět od 12 cm. V hloubce 28 cm byl naměřen penetrační odpor už 3,9 MPa. Nejvyšší hodnotu tohoto měření v roce 2016 představuje odpor 4,8 MPa v hloubce 36 cm. V roce 2016 se také kvůli silnému utužení podařilo půdní profil proměřit jen do 40 cm hloubky. V roce 2015 i 2016 představovala tato varianta jednu z nejutuženějších.

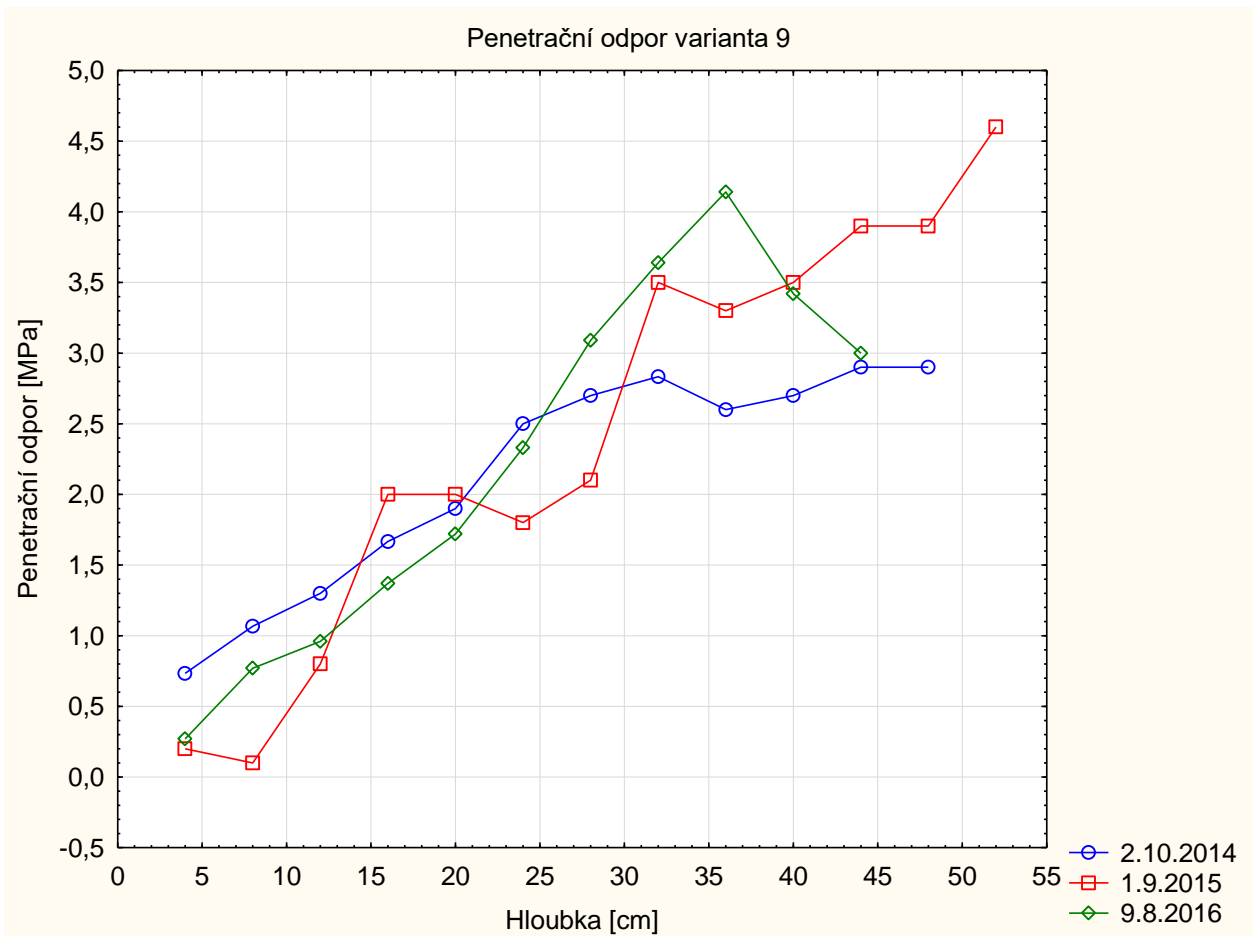
Graf 12 Penetrační odpor – varianta 8



Varianta 9

Další aplikace prasečího hnoje, tvarem penetračních křivek připomíná předchozí variantu. Zde ale není dosahováno tak vysokých hodnot penetračního odporu. A v roce 2016 je patrné snížení utužení v horní vrstvě půdního profilu oproti dvěma předcházejícím sezonám. Shodná je naopak v roce 2016 koncentrace zhutnělé vrstvy v hloubce 36 cm. V této variantě má výše zmiňovaná vrstva nižší penetrační odpor oproti předchozí o 0,5 MPa. Tato zhutnělá vrstva může tvořit významnou překážku při zasakování dešťové vody. V případě tohoto utužení by bylo vhodné uvažovat o narušení této vrstvy vhodným mechanickým zásahem.

Graf 13 Penetrační odpor – varianta 9

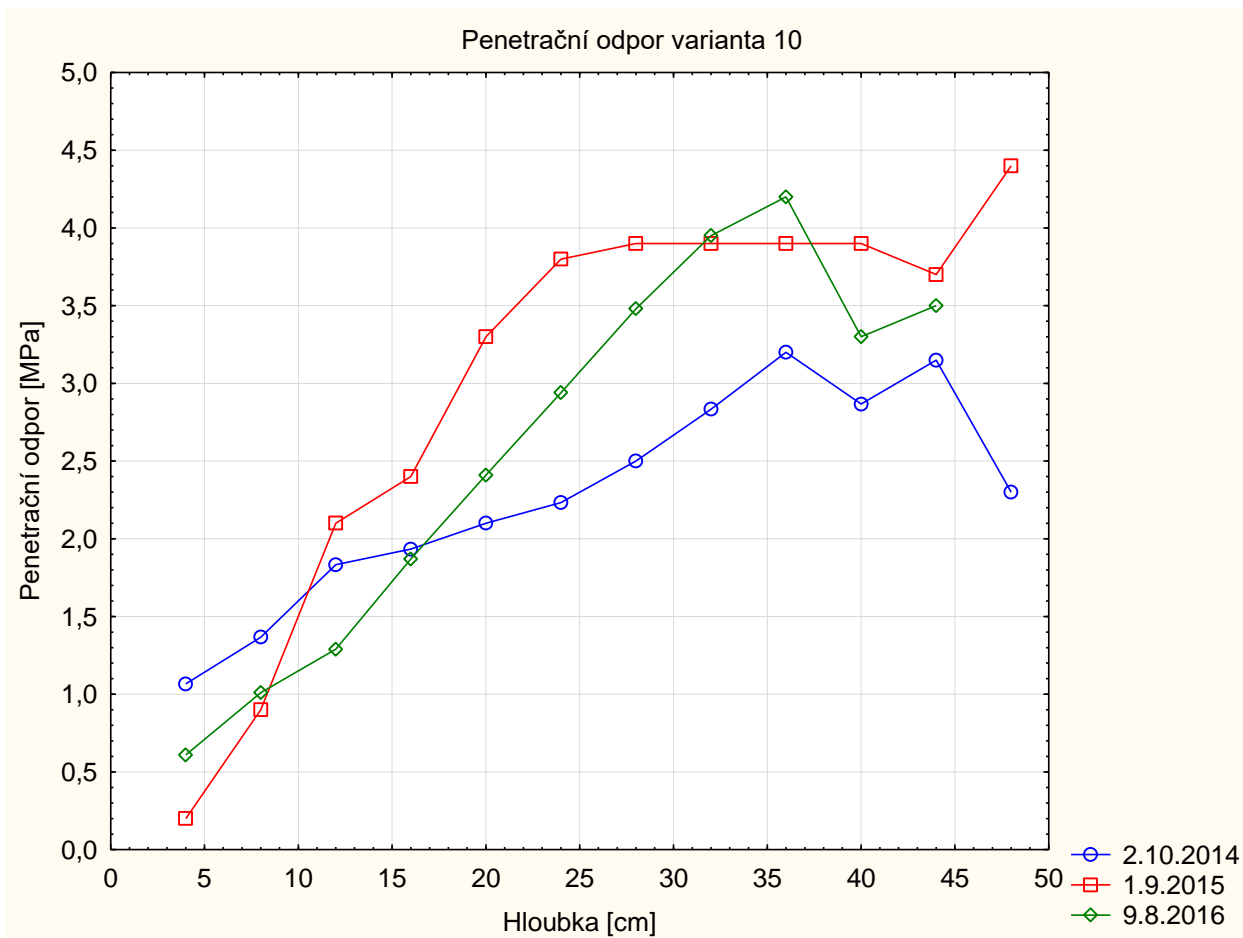


Varianta 10

V této variantě je k prasečímu hnoji a NPK přidáván ještě přípravek PRP SOL. Zde je velmi výrazný suchý rok 2015. Nárůst penetračního odporu je v roce 2015 velmi výrazný. V 25 cm byl zaznamenán odpor 3,8 MPa. Potom má hladina odporu konstantní průběh.

Měření z podzimu 2016 ukazuje snížení utužení v horní vrstvě půdního profilu oproti předchozím letům. Oproti předchozímu roku je nárůst odporu s hloubkou méně dramatický, ale vrcholí na hodnotě 4,2 MPa opět v hloubce 36 cm.

Graf 14 Penetrační odpor – varianta 10



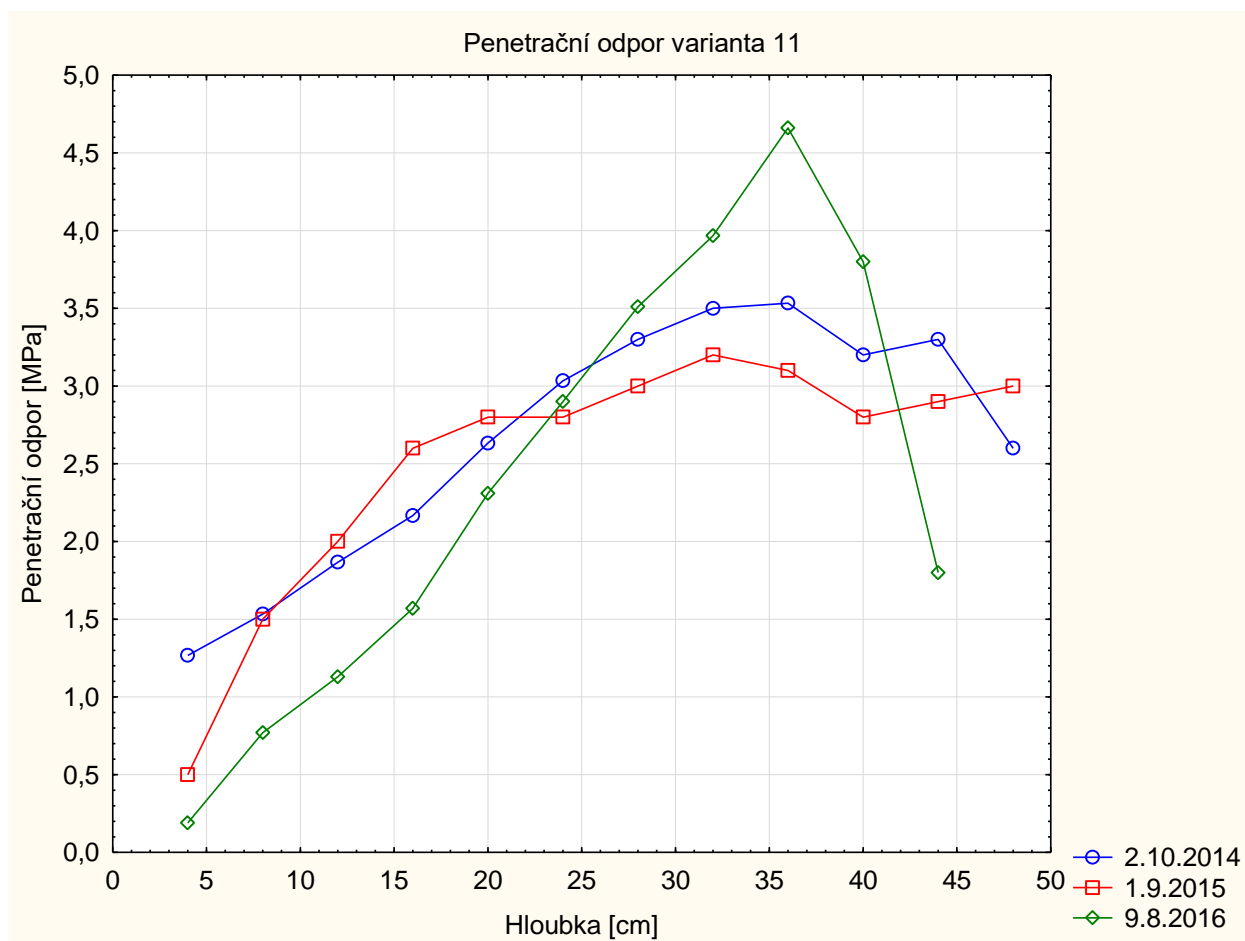
Varianta 11

Zde byl aplikován drůbeží hnůj ošetřený přípravkem FIX a NPK. Vyskytuje se zde podobnost penetračních křivek z prvních dvou let. Průběh utužení v roce 2014 je příznivý. Problém může představovat pouze vysoké utužení vrchní vrstvy oproti ostatním variantám.

Následující rok tento problém odpadá. Utužení vrchní vrstvy se zmenšilo o polovinu na hodnoty podobné ostatním variantám. Celý průběh utužení je v porovnání s ostatními variantami velmi příznivý. Není zde žádná utužená vrstva, odpor roste mírně s přibývajícím hloubkou a jeho maximální naměřená hodnota dosahuje 3,2 MPa ve 32 cm.

Následuje rok 2016, kdy jako na některých dalších parcelách došlo k vytvoření ztuhlé vrstvy v hloubce 36 cm, zde se jedná o penetrační odpor 4,7 MPa.

Graf 15 Penetrační odpor – varianta 11



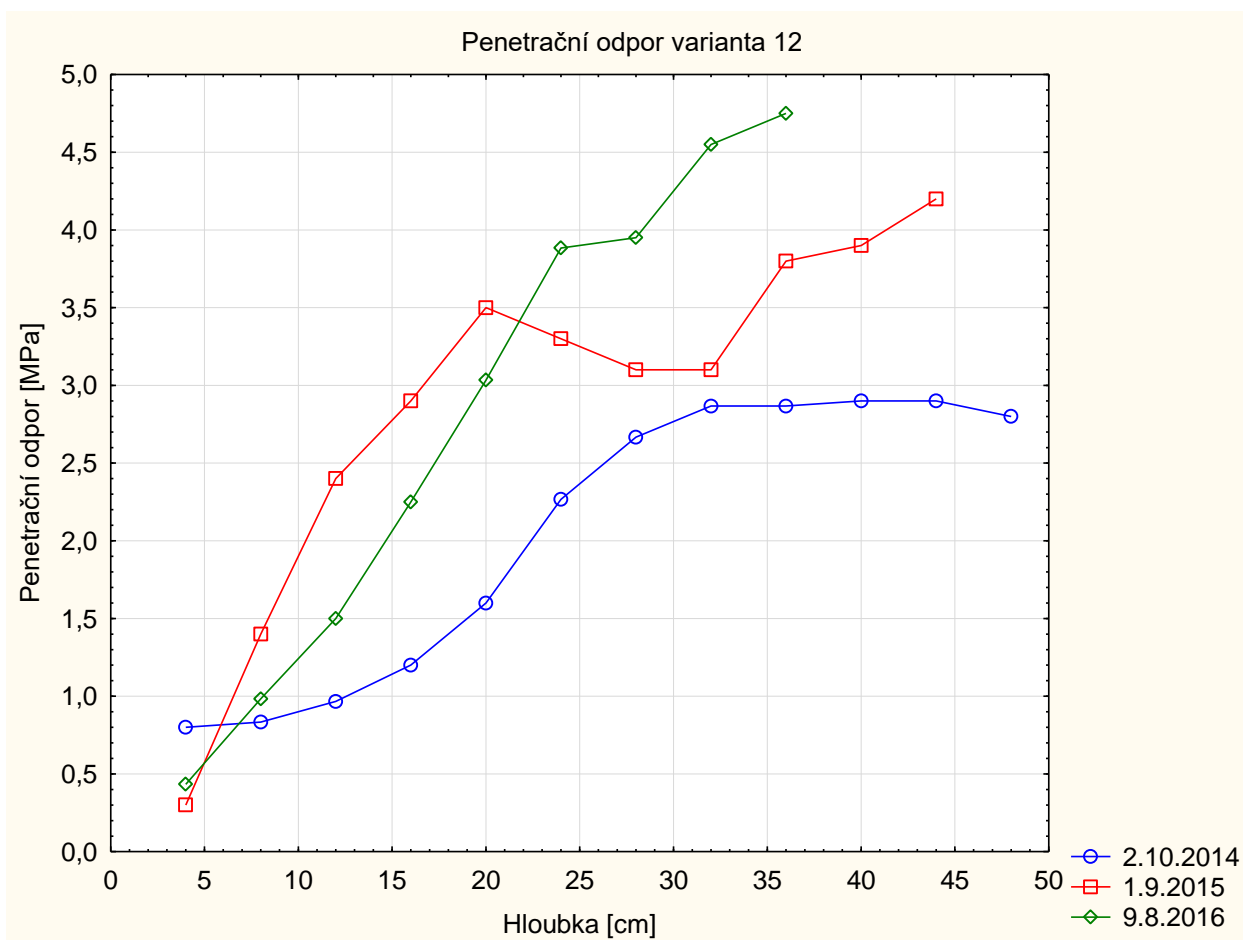
Varianta 12

Zde se jedná opět o hnojení drůbežím hnojem a NPK. K tomu je ještě použit přípravek PRP SOL. Měření z roku 2014 ukazuje velmi příznivý průběh utužení. Je zde patrná prokypřená ornice a mírně utužené podorničí.

Zhoršení nastává v suchém roce 2015. Zde je vidět utužená ornice do hloubky 20 cm. V roce 2015 se jedná o jenu z nejméně utužených variant. Proměření penetračního odporu proběhlo do hloubky 44 cm.

Z hlediska roku 2016 se jedná o nejméně utuženou variantu. Strmý růst penetračního odporu až na 4,7 MPa v 36 cm, což je konečná hloubka proměření, ukazuje výrazné zhoršení stavu fyzikálních vlastností příslušné parcely.

Graf 16 Penetrační odpor – varianta 12



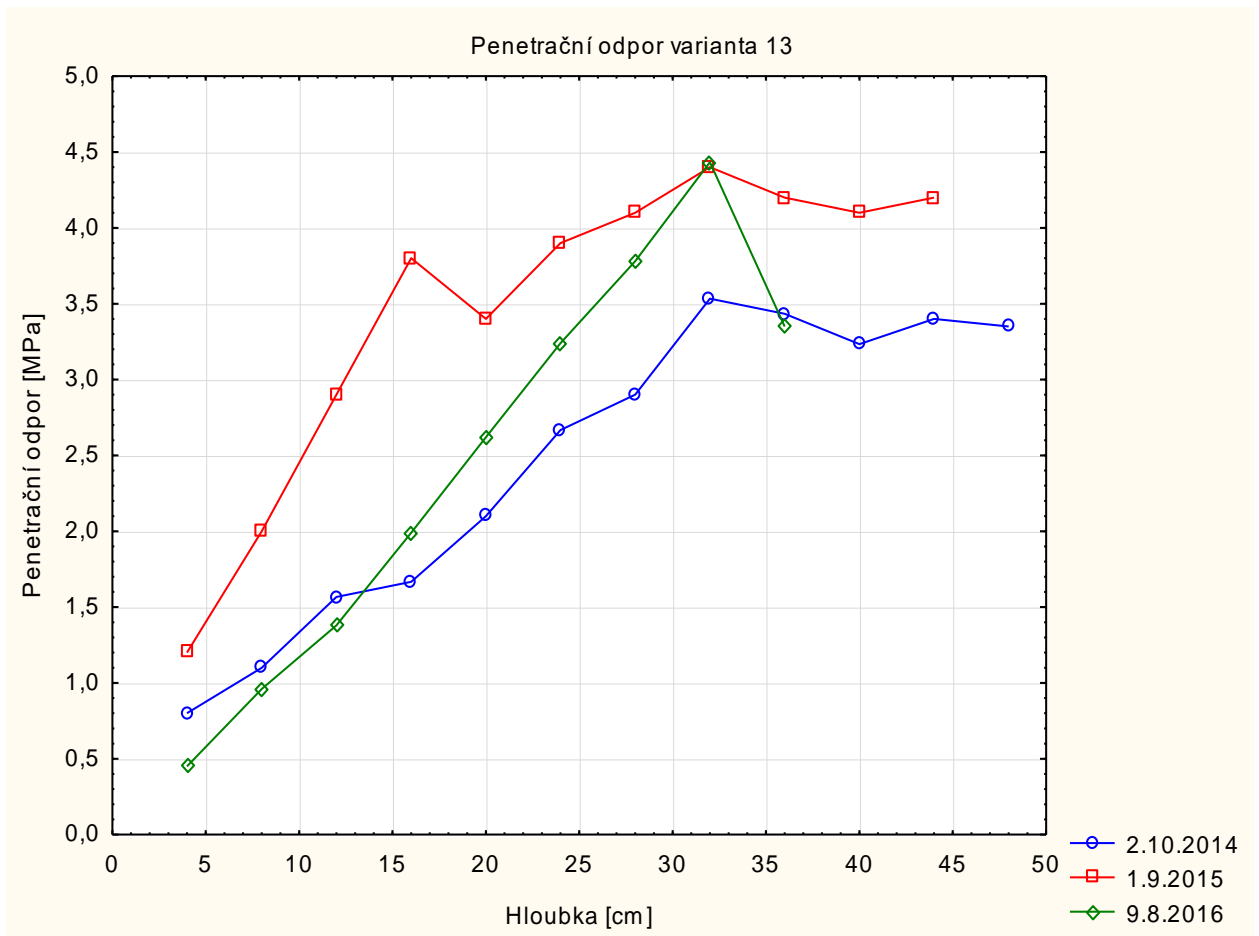
Varianta 13

Opět varianta s drůbežím hnojem, ale tentokrát jen v kombinaci s minerálním hnojivem NPK. Průběh a hodnoty penetračního odporu v roce 2014 jsou podobné dvěma předcházejícím variantám a daly by se nazvat příznivými.

V roce 2015 došlo k zásadnímu nárůstu penetračního odporu a ke změně jeho průběhu. Už v 15 cm nabýval penetrační odpor výše 3,8 MPa. Poté následovala stagnace a následný mírný růst na maximální hodnotu 4,4 MPa v hloubce 32 cm. V této hloubce se nalézala ztuhlá vrstva. Ze všech měření na všech variantách toto je co do průběhu zřejmě nejhorší.

Následující rok přinesl mírné zlepšení, kdy bylo hodnoty 3,8 MPa dosaženo až v hloubce 32 cm.

Graf 17 Penetrační odpor – varianta 13



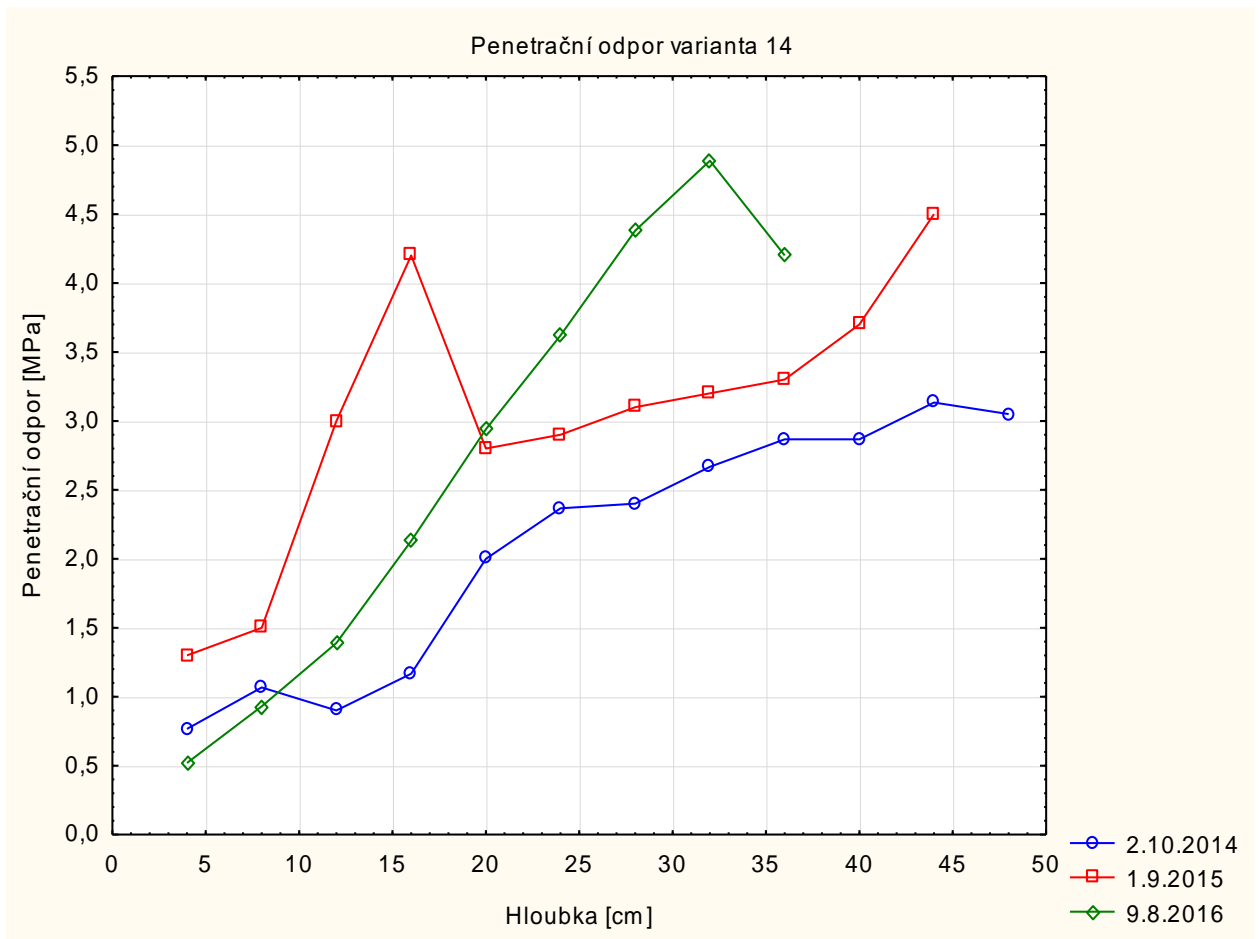
Varianta 14

Zde byl k drůbežímu hnoji a minerálnímu hnojivu použit přípravek PRP SOL. Rok 2014 opět připomíná předchozí varianty.

Na průběhu penetrační křivky naměřené na podzim 2015 je na první pohled patrný strmý nárůst penetračního odporu od 8 cm do 16 cm. Jedná se nejspíše o zhutnělou vrstvu jako u variant 12 a 13, která ale zde nemá takovou mocnost. V tomto případě by určitě pomohlo prokypření.

O rok později se vrchol penetrační křivky přesunul na hloubku 32 cm jako u variant 11, 12 a 13. Zde byl naměřen odpor nutný k penetraci 4,8 MPa.

Graf 18 Penetrační odpor – varianta 14



Vyhodnocení průběhu penetračních odporů

Rok 2015

Kvůli velkému suchu v létě 2015 došlo při měření na podzim k nárůstu průměrné hodnoty penetračního odporu o 0,5 MPa. Tento nárůst nebyl tak patrný u variant, na které byl aplikován kravský hnůj, zde byl průměrný nárůst oproti předchozímu roku pouze o 0,1 MPa. Naopak varianty s kombinacemi prasečího hnoje vykazovaly průměrný nárůst hodnot o 0,5 MPa. Nárůst utužení u variant hnojených drůbežím hnojem činil 0,2 MPa. U kontrolní varianty činil průměrný nárůst hodnot 1,1 MPa.

Nejnižší průměrné hodnoty sledované veličiny byly zjištěny u varianty 3 s průměrem 2,05 MPa. Hned poté následovala varianta 2 s průměrnou hodnotou 2,09 MPa. Výše průměrné hodnoty kontroly činila 3,02 MPa. Největší penetrační odpor byl zjištěn u varianty

13, jehož průměrná výše činila 3,47 MPa. Varianta 13 byla následována variantou 14 a kontrolou.

V porovnání druhů hnoje si výrazně nejlépe vedl kravský hnůj s průměrným utužením 2,19 MPa. Následován byl hnojem drůbežím. Varianty hnojené prasečím hnojem vykazovaly zdaleka nejvyšší míru utužení.

Ačkoliv celkově došlo k zásadnímu zvýšení penetračních odporů, v hladině od 4 cm do 8 cm odpory většinou nestoupaly, ale spíše klesaly. U varianty 2 to bylo snížení utužení v této vrstvě o 0,5 MPa. Tam kde byla aplikována organická hnojiva až na varianty 13, 14 došlo ke snížení nebo o stagnaci odporu v horní vrstvě půdy oproti předchozímu roku.

Dopad přípravku PRP SOL nebyl výrazný. V porovnání s kontrolní variantou vykazala sice variant, tedy varianta s aplikací PRP SOL a NPK, lepší výsledky v průměru o 0,1 MPa. V případě kombinace PRP SOL s kravským a drůbežím hnojem nebyl pozorován takřka žádný vliv přípravku PRP SOL. Kombinace PRP SOL a prasečího hnoje (varianty 10, 8) vykazala oproti ostatním dvěma kombinacím prasečího hnoje horší výsledky.

Rok 2016

Při měření na podzim tohoto roku byl zjištěn pokles průměrné hodnoty utužení na všech variantách o 0,2 MPa ve srovnání s předcházejícím rokem. Pokles utužení zaznamenaly varianty s aplikací prasečího hnoje. Naopak varianty hnojené hnojem kravským prodělaly nárůst utužení. Ve srovnání s prasečím hnojem byly ale průměrné hodnoty variant hnojených kravským nebo drůbežím hnojem na nižší úrovni. Pokles penetračního odporu v díky odlišnému průběhu počasí potvrzuje také pokles průměru sledované veličiny u kontrolní varianty o 0,6 MPa.

Nejnižší utužení bylo zaznamenáno na variantě 5, tedy hnojené kombinací NPK a PRP SOL. Průměrná výše utužení této varianty činila 2,15 MPa. Za ní následovala varianta 7 s průměrným utužením 2,23 MPa. Naopak nejvyšší průměrný penetrační odpor byl naměřen u varianty 12 a činil 2,81 MPa, podobný výsledek byl zaznamenán u varianty 13, kde průměrná výše penetračního odporu představovala 2,78 MPa.

Opět bylo, s výjimkou varianty 2, potvrzeno zlepšování penetračních vlastností vrchní hladiny půdního horizontu. Toto zlepšení se poměrně významně projevuje u varianty 10.

Z průběhů penetračních křivek je také vidět vznik silně utužené vrstvy, která se nachází v hloubce 32 cm u variant 13 a 14, v hloubce 36 cm u variant 3,4,6,8,9,10,11,12 a v hloubce 40 cm u variant 1 a 2. Měření ukazuje, že mocnost vrstvy může být 4 – 8 cm. Podle hloubky, ve které se toto utužení vytvořilo, se jedná o utužení přechodu orničního a podorničního horizontu.

Pokud jde o dopad účinků přípravku PRP SOL, tak zde se v kombinaci s minerálním hnojivem prokazatelně podařilo snížit penetrační odpor. V kombinaci s organickými hnojivy se pozitivní přínos sledovaného přípravku nepodařilo prokázat. Naopak kombinace s drůbežím hnojem vykazovala vyšší hodnoty penetračního odporu než aplikace samotného drůbežního hnoje. Na variantách kombinujících drůbeží hnůj a PRP SOL byly průměrné hodnoty penetračního odporu o 0,3 MPa vyšší než na variantách jen s drůbežím hnojem. Tuto kombinaci je tedy nutné spíše zavrhnout.

5.4.5. Tahový odpor

Tahový odpor má zásadní vliv na spotřebu paliva soupravy provádějící zpracování půdy. Náklady na palivo tvoří značnou část variabilních nákladů na soupravu, proto se tahový odpor zásadně promítá do celkové ekonomiky obhospodařování příslušných ploch.

Tahový odpor je vlastně odpor, který klade půda, když do ní vniká cizí těleso. Velikost tahového odporu je ovlivňována celou řadou faktorů. Mezi ně patří i vlhkost půdy. Zvláště u těžkých půd je důležité provádět kultivační operace za příznivých vlhkostních podmínek. Tahový odpor samozřejmě také závisí na typu půdy, zhutnění, struktuře aj. Pro účely tohoto pokusu je důležité porovnání jednotlivých variant hnojení.

Samotné měření se provádí pomocí tenzometrického měřicího zařízení uchyceného mezi taženou soupravou a traktorem, který vyvozuje tažnou sílu. Měřicí zařízení je zapřaženo do spodních táhel tříbodového závěsu tažného traktoru a do oka na závaží taženého traktoru. Důležitá je vodorovná poloha měřicího zařízení, kvůli eliminaci svislých sil.

Obr. 4 Měření tahového odporu



[Látal, 2014]

Nejdříve se musí změřit tahový odpor soupravy na prázdko, který zahrnuje valivý odpor soupravy. Poté se změří pracovní odpor soupravy v příslušné pracovní hloubce. Od pracovního odporu soupravy se odečte tahový odpor naprázdno a výsledkem je tahový odpor půdy.

Při měření v roce 2014 pracoval dlátový kypřič o pracovním záběru 3m v průměrné hloubce 11,7 cm. V roce 2015 byl použit radličkový kypřič o pracovním záběru 4,8m. Byl proměřován odpor ve 2 pracovních hloubkách a to 8 a 14cm. Při zatím posledním měření byl použit radličkový podmítač o pracovním záběru 3m a proměřovány byly hloubky 10,5 a 16cm.

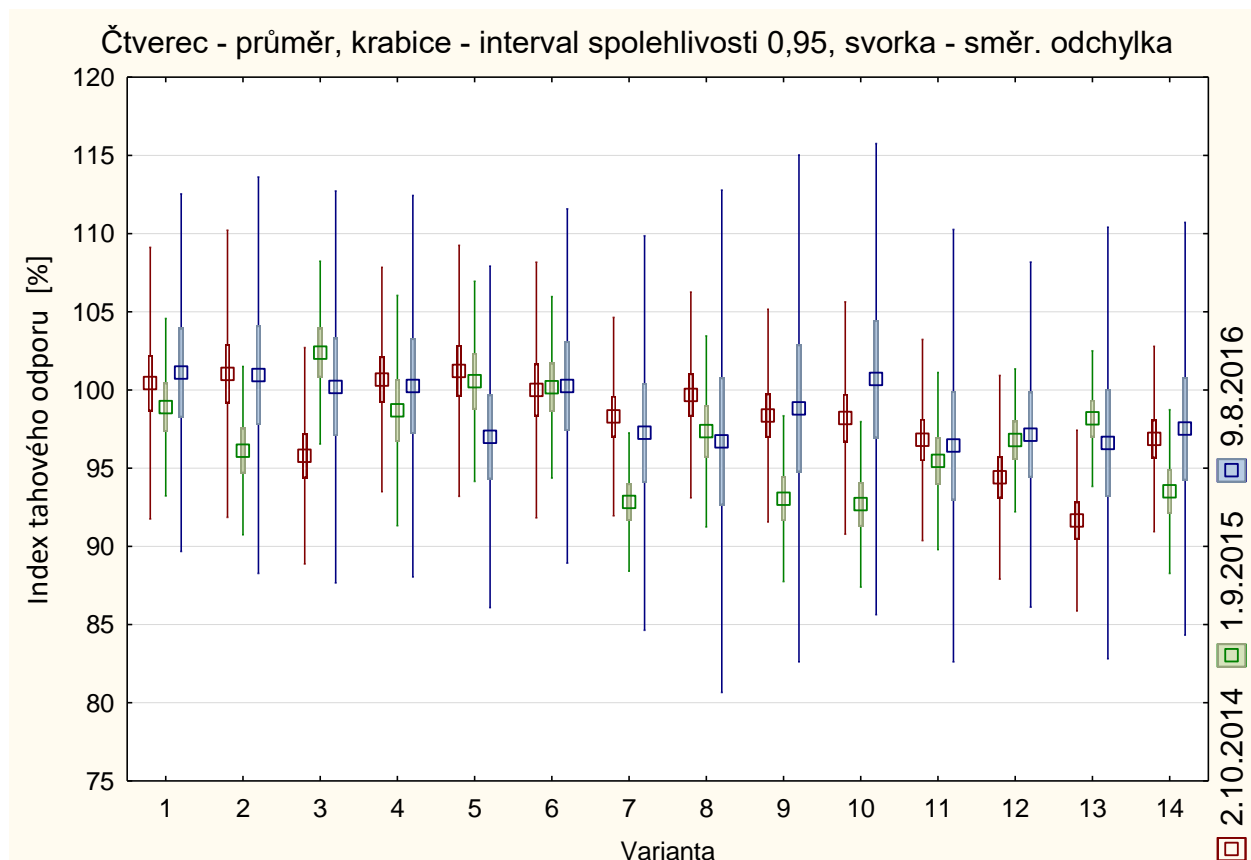
Pro možnost porovnatelnosti výsledků se tahový odpor půdy přepočítává na pracovní šířku stroje a hloubku zpracování půdy. Výpočet měrného odporu se provede pomocí vzorce 2, [ŠAŘEC P., ŠAŘEC, O., 2007]

$$R_M = \frac{R_T}{b_W \cdot h_p} \quad [N \cdot m^{-2}] \quad (2)$$

kde R_T je tahový odpor půdy v Newtonech, b_w je pracovní záběr stroje v metrech a h_p je pracovní hloubka stroje.

Pro porovnání tahových odporů, je nejvíce vypovídající index měrného tahového odporu. Je to hodnota měrného tahového odporu jednotlivých variant vztažená k hodnotě měrného tahového odporu kontroly. Statistická analýza indexů tahového odporu je zobrazena v následujícím grafu.

Graf 19– Měrný odpor vztažený ke kontrolní variantě



Při prvním měření vykazovala nejmenší hodnotu tahového odporu půdy varianta 13 následovaná variantou 3 a 12. Následující rok byly nejnižší hodnoty na variantách 10 a 7, rozdíl mezi nimi byl minimální. Dále pak následovaly varianty 9 a 14. V roce 2016 měly nejnižší tahový odpor varianty hnojené drůbežím hnojem, rozdíl mezi nimi byl malý. V roce 2016 se také projevil účinek PRP SOL na variantě 5. Oproti kontrole došlo ke snížení tahového odporu o 3 %.

6. Závěr

Úvodní část této práce byla věnována literární rešerši, která sloužila k objasnění zkoumané problematiky. První část rešerše popisovala půdu, její složení, vznik a obecný význam. Dále byla zaměřena na význam a popis půdních vlastností, z nichž některé byly

předmětem praktické části této diplomové práce. Druhá část literární rešerše měla na zřeteli půdní pomocné látky. Nejdříve byl tento pojem objasněn a poté bylo popsáno rozdělení dle původu a použití. Některé vybrané půdní pomocné látky byly poté blíže popsány. Zvláštní zájem byl věnován pomocné půdní látce PRP SOL. Bylo zde uvedeno několik pokusů, které se na použití této látky zaměřovaly. Výzkum účinků tohoto prostředku probíhal u nás i v zahraničí. Zkoumal se jeho vliv na výnos a kvalitativní parametry rozličných plodin. Dále se výzkumné práce zabývaly možností nahrazení fosforečných a draselných hnojiv tímto přípravkem. A samozřejmě účinkem na široké spektrum půdních vlastností.

Praktickou část této práce tvořilo hodnocení probíhajícího pokusu na zlepšování půdních vlastností, který se koná na pozemku a za spolupráce ZS Sloveč a.s. Pokus zahrnuje 14 variant hnojení, jejichž výhodnost je v rámci celého pokusu vyhodnocována podle širokého spektra hledisek, nicméně tato práce se zabývala jen vybranými fyzikálními vlastnostmi. Všechna měření byla samozřejmě ovlivněna heterogenitou pozemku.

První sledovanou charakteristikou byla redukovaná objemová hmotnost, která indikuje prokypření a pórovitost půdy. Na začátku pokusu bylo zjištěno překročení limitní hodnoty $1,35 \text{ g.cm}^{-3}$ téměř u všech variant s výjimkou variant 10 – 14. Následující rok se všechny varianty dostaly výrazně pod tuto hodnotu. V roce 2016 se pod limitní hodnotou udržely varianty 10 až 14. Vliv přípravku PRP Sol byl znát u variant hnojených kravským hnojem, kde u variant s PRP SOL byla naměřena v průměru o $0,12 \text{ g.cm}^{-3}$ nižší redukovaná objemová hmotnost. Jinak nebyl pozorován výrazný vliv přípravku PRP SOL na tuto vlastnost.

Měření probíhala za různých vlhkostních podmínek. Podzimní měření roku 2014 vykazovalo ze všech měření nejvyšší průměrnou vlhkost. Výše vlhkosti byla na všech variantách podobná, jen varianta 10 se od kontroly lišila o 8%. Suchý rok 2015 přinesl vyšší variabilitu, varianta 5 se od kontroly lišila o 32%. V tomto roce byla mezi variantami zaznamenána značná vlhkostní variabilita. Naopak při měření v roce 2016 se rozdíly pohybovaly v rozmezí 10%.

Při měření infiltračních schopností byly varianty, které byly v jednom roce nejlepší, byly v druhém skoro nejhorší. Stabilně dobrou hydraulickou vodivost si držela varianta ošetřovaná PRP SOL a varianta hnojená prasečím hnojem, ošetřeným přípravkem Z FIX.

Měření penetračního odporu poskytlo přehled o půdním profilu sledovaných variant. Pro tuto práci byla k porovnání vybrána 3 podzimní měření.

Na začátku měření byla nejutuženější varianta 11, oproti kontrole byl průměr penetračních odporů o 54% vyšší. Nejmenší penetrační odpory byly naměřeny na variantě 6, tedy na kontrole. To mohlo být způsobeno absencí přejezdů techniky aplikující hnojiva.

Z měření v roce 2015 vyšly jako nejméně utužené varianty 2, 3, 9 u všech byl průměr penetračních odporů o 35 % nižší než u kontrolní varianty. Varianta 5, na kterou byl samostatně aplikován PRP SOL, vykazovala o 6% nižší míru zhutnění než kontrolní varianta. Byl tedy prokázán pozitivní účinek přípravku PRP SOL na penetrační odpor. Pokud byl PRP SOL aplikován v kombinaci s hnojem nebyla pozorována výrazná zlepšující nebo zhoršující závislost oproti samostatnému použití organického hnojiva. V tomto měření nejlépe dopadly varianty hnojené kravským hnojem.

Následující rok proběhlo měření ve druhém týdnu v srpnu. Měření bylo ovlivněno vlhkostními podmínkami, kdy kvůli suchu nebylo většinou možné proměřit půdní horizont do hloubky srovnatelné s předchozími měřeními. Všechny varianty kromě variant hnojených drůbežím hnojem dosahovaly podobné průměrné míry zhutnění, výchylka se pohybovala v rozmezí 20%. Nejmenší utužení bylo zjištěno na variantě 9, kde byla míra utužení o 10% nižší. Druhá nejméně utužená byla varianta 5, kde byla průměrná hodnota utužení oproti kontrole nižší o 5%. Naopak nejvíce utuženou variantou se stala varianta 14. Výsledky hnojení drůbežím hnojem v kombinaci s PRP SOL vykazovaly průměrně o 20% vyšší utužení než hnojení samotným drůbežím hnojem, tato kombinace se ukázala jako nevýhodná.

Z průběhu penetračních křivek lze usuzovat na kladný vliv organických hnojiv na vrchní vrstvu půdy, což dokazuje i následující tabulka. V tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty odporů jednotlivých variant, vztažené ke kontrolní variantě.

Tab. 5 Velikost penetračního odporu vztažená ke kontrolní variantě v jednotlivých letech v hloubce 16 cm

Varianta	02.10.2014	01.09.2015	09.08.2016
1	131	65	106
2	100	58	111
3	119	65	110
4	147	42	126
5	175	108	102
6	100	100	100
7	141	96	104
8	159	123	110
9	156	77	99
10	181	92	135
11	203	100	113
12	113	112	162
13	156	146	143
14	109	162	153

Zajímavé je, že kontrolní varianta je v prvním i posledním roce nejméně utužená. V roce 2015 je možné sledovat pozitivní vliv organických hnojiv na penetrační odpor, v roce 2016 je tomu právě naopak. V případě aplikace PRP SOL samostatně lze sledovat relativní snižování penetračního odporu.

Pro přehledné zhodnocení indexu měrného tahového odporu slouží následující tabulka.

Tab.6 Průměrné hodnoty indexu tahového odporu jednotlivých variant

Varianta	02.10.2014	01.09.2015	09.08.2016
1	100,5	99	101,5
2	102	96	101,5
3	96	102,5	100
4	101	98	100
5	102	101	96
6	100	100	100
7	98	92,5	97,5
8	99,5	97,5	97,5
9	98	93	98,5
10	97	93	100,5

11	96,5	95,5	96
12	94	96	97
13	92	98,5	97
14	96,5	93,5	97,5

Rozdíl v tahovém odporu u jednotlivých variant je na hraně statistické chyby. U varianty 5 můžeme sledovat zlepšující se trend. Odpovídalo by to tvrzením výrobce PRP SOL.

Výrobce PRP SOL slibuje zlepšení půdních charakteristik v horizontu 3 a více let. V našem pokusu nebyl prokázán vliv přípravku PRP SOL na snížení redukované objemové hmotnosti. Byl prokázán vliv přípravku PRP SOL aplikovaného samostatně na snížení penetračního odporu půdy. Výsledky aplikace PRP SOL s různými druhy hnojů neprokázaly výrazné zlepšení. Byl také prokázán příznivý vliv přípravku PRP SOL na hydraulickou vodivost. Při použití PRP SOL došlo také k relativnímu snížení tahového odporu půdy.

V započatém pokusu by bylo dobré pokračovat, aby byly potvrzeny nebo vyvráceny trendy zachycené v této práci. Teprve dlouhodobější pokus ukáže, jestli zkoumaný přípravek může skutečně výrazně zlepšit půdní vlastnosti.

Seznam literatury

1. ABBOTT, L. K.. MURPHY, D. V. *Soil Biological Fertility: A Key to Sustainable Land Use in Agriculture*. Springer, 2007. 268 pp. ISBN 978- 1402066184.
2. BAGARELLO, V., Iovino, M. and Elrick, D., 2004. A Simplified Falling-Head Technique for Rapid Determination of Field-Saturated Hydraulic Conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, Volume 68, pp. 66-73.
3. BERNER, A., *Základy půdní úrodnosti*. Olomouc: Bioinstitut, 2012. ISBN: 978-80-87371-22-0
4. BUCHAROVÁ, J., *Jak vzniká rašelina?*. [online]2016-01-28, [cit. 2017-02-20]. Dostupné na <http://www.ireceptar.cz/zahrada/uzitkova-zahrada/jak-vznika-raselina/>
5. ČAPEK, L., a kol. Využití zeolitů a mesoporézních materiálů v heterogenních katalytických reakcích. *CHEMAGAZÍN*, Roč. 2011, č. 4, s. 8 - 11
6. DOSKOČI, L., *Neenergetické aplikace lignitu*. [online]2012-05-21, [cit. 2017-02-20]. Dostupné na <http://www.chempoint.cz/neenergeticke-aplikace-lignitu>
7. HŘIVNA, L. : Vliv hnojiv PRP SOL a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovnického ječmene. In Sborník z konference „Sladovnický ječmen – přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna“, 8.–11. 2.2010, s. 49–50
8. HŮLA, J., et al. *Dopad netradičních technologií zpracování půdy na půdní prostředí*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2010. ISBN 978-80-86884-53-0
9. JANDÁK, Jiří, Alois PRAX a Eduard POKORNÝ. *Půdoznalství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. 140 s. ISBN 8071575593.
10. KOZÁK, J., et al. *Pedologie*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2005. ISBN: 978-80-213-0907-4
11. KUMHÁLA, František. *Zemědělská technika: stroje a technologie pro rostlinnou výrobu*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-1701-7
12. KUNTZE, H., G. Roeschmann und G. Schwerdtfeger: *Bodenkunde*; 5. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1994 (UTB Große Reihe); 423 Seiten, 178 Abbildungen, 4 Farbtafeln, 188 Tabellen, DM 58,-. ISBN 3-8252-8076-4
13. KUTÍLEK, M. *Půda planety Země*. 1. vydání. Praha: Dokořán, 2012. 199 s. ISBN 978-80-7363-212-0
14. LÁTAL, O., *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2014*. Agrovýzkum Rapotín 2014
15. LÁTAL, O., *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2014*. Agrovýzkum Rapotín 2015
16. LÁTAL, O., *Odborná zpráva o postupu prací a dosažených výsledcích za rok 2014*. Agrovýzkum Rapotín 2016

17. LEHMANN, J. *Biouhel. Svědectví Dr. Johannese Lehmana z Cornellovy university, Ithaca, NY, USA* [online]. 2009-06-18 [cit. 2017-03-15] Dostupné na http://amper.ped.muni.cz/gw/uhel/Lehmann_cz.pdf, [online].
18. PODHRÁZSKÁ, J, et al. "Sledování vlivu podpůrné látky PRP SOL na hydrofyzikální vlastnosti půdy při pěstování cukrové řepy." *Listy Cukrovarnické a Reparské* 128.4 (2012).
19. STRAKA, J., STRAKOVÁ, M. *Práce s půdou. Učební texty pro seminář Základní kurz v rámci projektu Zelená linie – vzdělávání v oboru zakládání zeleně a péče o zeleň*. Brno: Svaz zakládání a údržby zeleně, 2010, 1. vyd., 32 str.
20. 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
21. SULEWSKA, H, et al. "Response of maize to use the PRP SOL and PRP EBV fertilizers." *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 61.4 (2016)
22. SULEWSKA, H., et al. "Potatoes reaction on PRP SOL fertilisation." *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 57.4 (2012): 116-121.
23. SZÜCS L., ZSEMBELI, J.: Zlepšení produkční schopnosti půdy s použitím PRPSOL při redukováném zpracování půdy. *Úroda* 12, 2014, vědecká příloha, s. 119 –
24. Šařec, P., Žemličková, N., "Soil physical characteristics and soil-tillage implement draft assessment for different variants of soil amendments." *Agronomy Research* 14.3 (2016): 948-958.
25. URBÁNKOVÁ, O., *Role uhlíku v půdě a biouhel jako možnost hospodaření v zemědělství*. [online]. 2015-04-01 [cit.2017-03-15]. Dostupné z <http://www.asz.cz/cs/odborne-clanky-a-analyzy/role-uhliku-v-pude-a-biouhel-jako-moznost-hospodareni-v-zemedelstvi.html>
26. VRBA, V, HULEŠ, L: Humus - půda - rostlina (2) Humus a půda. *Biom.cz* [online]. 2006-11-14 [cit. 2017-03-31]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/humus-puda-rostlina-2-humus-a-puda>>. ISSN: 1801-2655.
27. VALLA, M., et al. *Pedologické praktikum*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita, katedra pedologie a geologie AF, 2002, 148 s., ISBN 80-213-0637-8
28. VOLTR. V. a kol.: *Hodnocení půdy v podmínkách ochrany životního prostředí*. ÚZEI, Praha 2011, 480 s., ISBN 978-80-86671-86-4.
29. Firemní prospekty firmy ZEOCEM
30. Firemní prospekty firmy Hydrogel
31. Firemní prospekty firmy PRP Technologies
32. Firemní prospekty firmy ZEOCEM

Seznam grafů

Graf 1 Redukovaná objemová hmotnost

Graf 2 Objemová vlhkost

Graf 3 Hydraulická vodivost nasycená měření 13.5. 2015

Graf 4 Hydraulická vodivost nasycená měření 12.4. 2016

Graf 5 – Penetrační odpor – varianta 1

Graf 6 – Penetrační odpor – varianta 2

Graf 7 – Penetrační odpor – varianta 3

Graf 8 Penetrační odpor – varianta 4

Graf 9 Penetrační odpor – varianta 5

Graf 10 Penetrační odpor – varianta 6

Graf 11 Penetrační odpor – varianta 7

Graf 12 Penetrační odpor – varianta 8

Graf 13 Penetrační odpor – varianta 9

Graf 14 Penetrační odpor – varianta 10

Graf 15 Penetrační odpor – varianta 11

Graf 16 Penetrační odpor – varianta 12

Graf 17 Penetrační odpor – varianta 13

Graf 18 Penetrační odpor – varianta 14

Graf 19– Měrný odpor vztažený ke kontrolní variantě

Seznam tabulek

Tab. 1 Přibližné hodnocení strukturního stavu humusového horizontu [Jandák, Prax, Pokorný, 2001]

Tab.2 Zrnitostní složení půdy na pracovišti Sloveč[Látal, 2014]

Tab. 3 Varianty hnojení [Šařec,Žemličková 2015]

Tab. 4 Dávky hnojiv/PPL [Látal, 2014]

Tab. 5 Velikost penetračního odporu vztažená ke kontrolní variantě v jednotlivých letech v hloubce 16 cm

Tab.6 Průměrné hodnoty indexu tahového odporu jednotlivých variant

Seznam obrázků

Obr. 1 Zrnitostní trojúhelník

Obr.2 Měření infiltračních schopností jednoválcovou metodou

Obr. 3 Penetrometr PN 10

Obr. 4 Měření tahového odporu