

ZLEPŠOVÁNÍ ZÁKLADNÍCH PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ A ELIMINACE DOPADŮ SUCHA NA VÝŠI PRODUKCE PLODIN POMOCÍ APLIKACE PŮDNÍCH AKTIVÁTORŮ

Improving the basic soil properties and elimination the impact of drought on
crop production levels by using of soil activators

Ing. František Václavík, OLMIX GROUP ČR



OSNOVA METODIKY

1. Úvod	3
2. Cíl metodiky	4
3. Vlastní metodika	5
3. 1. Charakteristika stavu degradace půd v České republice	6
3. 2. Současný stav využitelnosti aplikovaných živin	8
3. 3. Management živin produkovaných na farmě	14
3. 4. Vývoj obsahu organické složky v půdách ČR a jeho dopady	18
3. 5. Vliv utužení půdy na další půdní vlastnosti a zpracování půdy	22
3. 6. Zlepšení struktury půdy nemechanickou cestou	28
3. 7. Retenční kapacita půdního fondu ČR	31
3. 8. Vodní režim v půdním profilu a dopad na výnos kukuřice	35
3. 9. Dopad zlepšení půdních podmínek na ekonomiku zemědělského podniku	39
3. 10. Současný stav poznání a předchozí řešení	44
4. Doporučení pro zlepšení současného stavu	45
5. Popis uplatnění metodiky	47
6. Seznam použité literatury	48

1. ÚVOD METODIKY

Půda představuje významnou složku životního prostředí se širokým rozsahem funkcí. V podmínkách ČR jsou půdy ohroženy erozí (vodní a větrnou), acidifikací, utužením, znečištěním a kontaminací, úbytkem organické hmoty, úbytkem biodiverzity, ztrátou stability půdní struktury a dále pak jejím nezemědělským využíváním - výstavbou a těžbou surovin aj. Degradace půd, její rychlost závisí na působení okolního prostředí, ale i na vnitřních vlastnostech samotné půdy – její genetiky.

O degračních procesech všeobecně platí, že všechny jejich příčiny i následky jsou spolu vzájemně spjaty, že jedna primární forma degradace podmiňuje vznik sekundárních forem, a tím i celkově urychluje procesy degradace až destrukce půdy.

Intenzita a rychlost procesu degradace půdy je ovlivňována vnějšími faktory, které na ni působí. Mezi vnější faktory můžeme zařadit např. způsob hospodaření, extrémní projevy počasí a změny klimatu. Některé faktory lze hospodařením ovlivnit, jiné – jako například podnebí - nikoli. Změna klimatu má zákonitě dopad také na půdní klima – dochází ke změně oxidačně - redukčního potenciálu, ovlivněny jsou složení půdní fauny, procesy mineralizace, zvětrávání atd. Otázkou pak tedy je, jak, resp. jakým způsobem a jakou rychlostí ovlivňují změny podnebí jednotlivé degrační procesy.

Podnebí České republiky je typické svou vysokou proměnlivostí. Významným půdotvorným faktorem je právě vliv průběhu počasí a následně podnebí. Je nutné zdůraznit, že se v posledních dvaceti letech zažili několik extrémních stavů počasí. Došlo k mimořádným výskytům srážek a následně výskytu plošných povodní v letech 1997, 2002 a díky rychlému tání vysoké sněhové pokrývky i v roce 2006. Rok 2010 byl srážkově nadnormální a vyskytl se vysoký počet lokálních povodní z přívalových dešťů. Naopak v letech 2000, 2003 a 2007 roce došlo k výskytu mimořádného sucha díky extrémně nízkým úhrnům srážek a dlouhým bezsrážkovým obdobím, které se opět opakovalo v roce 2015, 2017, 2018. S tím, že průměrné srážky jsou stále stejné, ale zvyšuje se průměrná teplota, kdy srážky nepokryjí vláhové nároky polních plodin.

Přestože fyzikální a biologické půdní vlastnosti jsou v půdním prostředí vnitřně propojeny, často bývají studovány zvlášť (Crittenden, 2016). Je potřeba si uvědomit, že základem optimálních fyzikálních vlastností půdy je aktivita půdní biologie a intenzita aktivity půdních mikro a makro organismů. Mezi negativní procesy, které ohrožují naše půdy, patří tedy především její fyzikální degradace. Vlivem degradace textury a ztuhnutí půdy se snižuje biologická aktivita v půdě a produktivita půdy klesá (Stefanovits, 1975, Taylor, 1987). Příčinou nižších výnosových výsledků lze z pohledu poruch půdní úrodnosti označit špatný fyzikální stav, nízkou kvalitu humusu, nízké zastoupení hořčíku na sorpčním komplexu a poruch biologické aktivity způsobené nedostatkem lehce rozložitelných organických látek.

V takto porušeném prostředí klesá účinnost živin dodávaných v průmyslových hnojivech. Výnosová stabilita klesá v důsledku větší závislosti pěstovaných plodin na počasí. (Pokorný, 2002). Eliminaci degračních procesů půdy lze významně podpořit aplikací půdních aktivátorů se specifickým účinkem (Badalíková, Novotná, 2015)

Klíčová slova: degradace půdy, infiltrace, retence vody, produktivita, biologická aktivita půdy, eroze, bio-stimulanty.

2. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je definovat možnosti eliminace negativních dopadů degradačních půdních procesů. Tato metodika obsahuje dostupná a jednoduchá řešení vedoucí ke zlepšení půdních vlastností (biologických, fyzikálních a chemických) se zaměřením na kategorie, které jsou definovány ve vztahu k půdě v rámci dobrého zemědělského environmentálního stavu (DZES).



Obr. 1: Je důležité a velmi podstatné zaměřit veškerou pozornost na kořenovou zónu zemědělských plodin a to tím, že začneme jako hospodáři plně vnímat funkci půdy a důležitost půdní biologie.

3. VLASTNÍ METODIKA

Metodika prezentuje výsledky dosažené v provozní praxi, které byly prováděny v zahraničí i v České Republice. Výsledky monitorují jednotlivé možnosti využití půdních bio-stimulačních technologií v polních podmínkách.

Některá zjištění nejsou exaktně měřitelná, ale přesto je tato metodika předkládána jako návod k řešení specifických problémů v přesně definovaných faremních podmínkách.

V jednotlivých kapitolách metodiky jsou prezentovány problémy a kritická místa, které mají negativní dopad na kvalitu půdy a celkové ekonomiky sledovaných podniků. Současně jsou prezentovány dosažené výsledky a návrhy řešení vedoucích k odstranění příčin negativních jevů.

Metodika je rozdělena do jednotlivých kapitol, tak aby mohla podat jasný zkrácený přehled o použitých půdních bio-stimulačních technologiích a vysvětlila tak principy jejich fungování. Metodika zahrnuje souhrn výsledků při využití půdních bio-stimulantů NEOSOLu, EXPLORERu a AKEO z provozní praxe a dále metodické pokyny pro úspěšnou aplikaci půdních bio-stimulantů a stanovení jejich ekonomických přínosů.

3. 1. CHARAKTERISTIKA STAVU DEGRADACE PŮD V ČR

Půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství každého státu a neobnovitelným přírodním zdrojem. Představuje významnou složku životního prostředí s širokým rozsahem funkcí a je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. Půda ovšem neplní jen produkční funkce, ale má i neméně významné funkce mimoprodukční: akumulární, filtrační, asanační, transportní, transformační apod. Vznik půdy je následek tzv. půdotvorných procesů, které probíhají stovky až tisíce let, během kterých prochází půda různými stupni vývoje. Půdní pokryv ČR vykazuje velkou šíři a rozmanitost, která vyplývá z pestrosti uplatnění faktorů a podmínek půdotvorných procesů (Vopravil, 2009).

Půda je nenahraditelným základem výroby potravin!

Půdy v ČR jsou více než z poloviny ohroženy vodní erozí, nejrozšířenějším typem degradace půd u nás. Během jedné erozní události může být spláchnuto až několik cm půdy a dojít tak k její nenávratné ztrátě. V případě eroze se k degradaci půdy přidávají ještě další negativní efekty způsobené přenosem půdního materiálu a dochází tak k ohrožování obecního a soukromého majetku, zanášení vodních toků a nádrží a zhoršování jakosti povrchových vod. Vážné projevy degradace půdy erozí jsou každoročně mapovány při aktualizacích bonitovaných půdně ekologických jednotek, což se projevuje i výrazným snížením základní ceny půdy, která má vliv na výši výběru daní. Podmínky pro výskyt vodní eroze jsou v ČR specifické – půdní bloky jsou v ČR největší v Evropě díky intenzifikaci zemědělské výroby v minulosti, ve velkém byly také rušeny hydrografické a krajinné prvky (rozorání mezí, zatravněných údolnic, polních cest, likvidace rozptýlené zeleně apod.), které zrychlené erozi účinně bránily.

Eroze půdy ochuzuje zemědělské půdy o nejurodnější část – ornici, zhoršuje fyzikálně - chemické vlastnosti půd, zmenšuje mocnost půdního profilu, zvyšuje šterkovitost, snižuje obsah živin a humusu, poškozují plodiny a kultury, znesnadňuje pohyb strojů po pozemcích a způsobuje ztráty osiv, sadby, hnojiv a přípravků na ochranu rostlin.

Pěstované plodiny nenajdou v erodované půdě dostatečné množství živin a celková úroda dosahuje nižších objemů (nižší klíčivost, vymílání sadby a kořenů, zatopení níže ležících plodin smytými částicemi, poškození plodin atd.). Na slabě erodovaných půdách se snižují hektarové výnosy o 15 - 20 %, na středně erodovaných půdách o 40 - 50 % a na silně erodovaných půdách až o 75 %. Problém eroze nesouvisí jen s poškozením půdy, jak by se na první pohled zdálo, ale jsou tu i další následky týkající se transportovaného materiálu. V případě dlouhodobé intenzivní eroze a sedimentace na silně ohrožených půdách může sedimentace dosahovat mocnosti i jednotek metrů a následkem může být zásadní ovlivnění půdních vlastností případně i vznik nových půdních útvarů. Transportované půdní částice a na nich vázané látky znečišťují vodní zdroje a zanášejí akumulární prostory nádrží, snižují průtočnou kapacitu toků, vyvolávají zakalení povrchových vod, zhoršují prostředí pro vodní organismy, zvyšují náklady na úpravu vody a těžbu usazenin. Ze zkušeností řešitelů vyplývá, že náprava takovéto situace na vodní nádrži o objemu 3,5 tis m³ znamená likvidaci 1 600 m³

sedimentu, což přináší minimální náklady přesahující 600 000 Kč. Erozní události vznikající na zemědělské půdě v blízkosti intravilánu 5 obce bývají v některých případech takového rozsahu, že dochází k zapojení hasičských záchranných sborů. V intravilánech obcí dochází následkem erozních událostí zejména ke škodám na dopravní infrastruktuře. Náklady na opětovné zprovoznění komunikací jsou, dle sdělení zástupců obcí, v řádu desítek až stovek tisíc korun.

Degradační procesy půd a důsledky jejich působení

Abychom mohli lépe popsat dopady klimatologického sucha na půdní prostředí v aridních oblastech, je nutné znát stav půdy a potenciál k projevům jednotlivých degradačních faktorů. Především schopnost půdy infiltrovat vodu, resp. zadržet ji po dlouhou dobu, je důležitým parametrem ovlivňujícím zemědělskou produkci. Degradaci půdy a tedy i hydrologických funkcí jsou pak znásobeny dopady klimatologicky extrémních suchých period.

Degradační procesy půdy: vodní a větrná eroze, utužení půdy (Obr. 2), acidifikace půdy, zastavování území, dehumifikace půdy, podmáčení půdy, zaselování půdy, kontaminace půdy.

Důsledky působení degradačních faktorů na cenu půdy

Hodnocení vlivu některých degradačních faktorů na cenu půdy je obtížné. Např. při utužení půdy či jejím okyselení se jedná o stále stejný půdní typ, proto úřední cena půdy zůstává stejná, přestože vlastnosti půdy jsou zhoršeny. Jiná situace nastává u vodní eroze půdy, kde je možné snížení ceny poměrně přesně určit.



Obr. 2: Cenných 10 mm srážkové vody „stojí“ na utužené půdě (Cvrčovice)

3. 2. SOUČASNÝ STAV V APLIKACI HNOJIV A VYUŽITELNOSTI ŽIVIN

Je známo, že naprostá většina fosforu aplikovaného v průmyslových hnojivech do půdy přechází díky různým fixačním mechanismům do forem pro rostliny nedostupných. Kromě toho téměř veškerý aplikovaný fosfor zůstane působením fixace vázán na místě aplikace, tedy v ornici, takže při běžném způsobu zapravování hnojiv se do podorničí prakticky vůbec nedostane.

Tím ovšem narůstá nežádoucí disproporce v obsahu dostupného fosforu mezi ornici a podorničím. Při erozních smyvcích jsou odplavovány především nejjemnější půdní částice, na nichž jsou fosfáty sorbovány, a tak se zvětšuje fosfátová kontaminace povrchových vod. Kromě toho hnojení fosforečnými hnojivy přináší často nezanedbatelné zamoření půdy doprovodnými toxickými látkami (zejména kadmíem a arzénem). Intenzivní těžba přírodních surových fosfátů vede nevyhnutelně k postupnému vyčerpání jejich světových nalezišť. Když si však naopak nepříznivá ekonomická situace vynutí velmi výrazné omezení fosforečného hnojení (jako je tomu v posledních letech i v našem zemědělství), dochází následně k postupnému poklesu hladiny dostupného fosforu v půdě a tím ke snižování produkční schopnosti půdy. Z bludného kruhu vede patrně jediná cesta: zvyšovat efektivnost redukovaného fosforečného hnojení, tzn. v podmínkách úsporného hnojení omezit fixaci aplikovaného fosforu do forem rostlinám nedostupných - při současné mobilizaci značných zásob fosforu rostlinám nedostupného (lépe řečeno zásob fosforu potenciálně dostupného).

Nejprve trochu historie a statistiky

Nástin dlouhodobého vývoje dávek živin aplikovaných každoročně v průběhu období 1951 až 1998 vychází z údajů Ministerstva zemědělství ČR. Dávky základních živin, na počátku menší než 50 kg/ha byly postupně zvyšovány až na asi 250 kg/ha v průběhu osmdesátých let, po razantním omezení počátkem devadesátých let dosahují sotva jedné třetiny úrovně konce osmdesátých let. Z podrobnějšího přehledu vývoje spotřeby základních rostlinných živin za posledních 15 let podle údajů Mezuliánika 2000, však vyplývá, že zřetelné snižování dávek průmyslových hnojiv bylo možné pozorovat dokonce už v průběhu osmdesátých let – sice v menší míře u hnojení dusíkem, zato však výraznější v aplikaci fosforečných a draselných hnojiv. Od roku 1990 nastává, z převážně ekonomických důvodů, již zmíněný velmi prudký útlum minerálního hnojení. U dusíku se v devadesátých letech spotřebovává ročně méně než 50 % průměrné roční spotřeby osmdesátých let. U fosforečných hnojiv je však útlum podstatně výraznější. V porovnání s předchozím desetiletím se jich spotřebovává pouze 15-20 %; draselných hnojiv bylo v devadesátých letech aplikováno dokonce pouze kolem 12-15 % spotřeby minulého období (Mikanová a kol. 2011).

Je zřejmé, že na počátku sledovaného období tvořila více než 45 % aplikovaných hnojiv draselná hnojiva, asi 30 % fosforečná hnojiva a jen asi 25 % dusíkatá hnojiva. Tento poměr živin se však postupně měnil ve prospěch dusíku, což samozřejmě souviselo i s vývojem cen jednotlivých druhů hnojiv. Těsně před rokem 1989 byl už podíl dusíkatých hnojiv asi 44 %, zatímco fosforečných pouze 28 %, a stejně tomu bylo i u draselných hnojiv. V průběhu devadesátých let, při drastickém snižování dávek všech hnojiv, je patrný další relativní nárůst podílu hnojení dusíkem. Podíl dusíkatých hnojiv vzrostl z 56 % v letech 1990 - 1992 na asi

70 % v letech 1993 - 1998, při současném snižování podílu zbývajících živin. U fosforu poklesl na 24 % (v letech 1990 - 1992) a v posledním období (1993 - 1998) až na 16 %. U draslíku činil pouhých 20 % a nakonec jen 13 %. Velmi snížené dávky živin (zejména fosforu a draslíku) aplikované v devadesátých letech se v dalším období v podstatě stabilizovaly, takže další průměrné roční úbytky jsou jak u fosforu, tak i draslíku vcelku zanedbatelné v porovnání s mnohem výraznějšími každoročními redukcemi dávek živin v osmdesátých letech.

Současný útlum hnojení průmyslovými hnojivy, zejména hnojení fosforem a draslíkem, má samozřejmě negativní dopad na hladiny dostupných živin v půdě. V důsledku postupně stoupající intenzity minerálního hnojení od šedesátých až do počátku devadesátých let narůstal podíl půdy, kterou můžeme kategorizovat jako dobře až velmi dobře zásobenou těmito rostlinnými živinami - při současném poklesu podílu půdy charakteristické nízkým až velmi nízkým obsahem dostupného fosforu a draslíku. Podíl půdy se střední zásobou dostupného fosforu v tomto období rovněž narůstal (od 15 až do 50 %), zatímco u draslíku byly změny v této kategorii méně výrazné.

Avšak hned od počátku devadesátých let nastal odlišný vývoj: nejprve se zastavil pokles podílu půdy s nízkou zásobeností a již v polovině devadesátých let výrazně stoupl podíl půdy nedostatečně zásobené jak u fosforu (z 12,5 % na 27,5 %), tak i u draslíku (z 9 % na 14 %). Analogicky se postupně snížil podíl půdy patřící do kategorie s vysokou zásobeností - u fosforu asi o 6 %, u draslíku až o 10 %.

Navzdory nízké účinnosti hnojení, zejména fosforečného, zůstává aplikace průmyslových hnojiv, včetně fosforečných, i nyní jedním z nejdůležitějších faktorů rozhodujících nejen o výši a kvalitě dosahovaných sklizní, ale i o celém půdním chemismu, zejména o hladině rostlinných živin ve formě dostupné rostlinám.

Je bohužel známou skutečností, že v půdě existuje veliký rozdíl mezi celkovým (totálním) obsahem fosforu a obsahem jeho rostlinám dostupných forem. Bylo zjištěno, že podíl dostupných forem fosforu v naší půdě tvoří v průměru pouze 1,5 - 4,5 % fosforu celkového (Damaška, Voplakal, 1979).

Fosfor vnesený do půdy ve formě hnojiv značnou měrou (v některých případech až z 90 %) podléhá fixaci, resp. přeměně na obtížně rozpustné a rostlinám málo dostupné (až prakticky nedostupné) formy fosfátů. Tato neproduktivní zásoba fosforu se může dále zvyšovat v důsledku fixace či retrogradace - „zvrhávání“ fosforu, zejména není-li při hnojení dostatečně přihlédnuto k půdním podmínkám. Tak zvané stárnutí fosforu je v podstatě jeho znehybnění (imobilizace), tj. přechod do termodynamicky stabilnějších forem v důsledku krystalizačních, dehydratačních a aglomeračních procesů. Ze vzájemného porovnání koeficientů využití jednotlivých makrobiogenních prvků (dusík 40 - 90 %, draslík 45 - 70 %) dosahuje fosfor se svými 10 - 25 % jen zlomku využitelnosti ostatních živin. Při tak nízké využitelnosti vneseného hnojiva, při jeho vysokých cenách a současných ekonomických problémech zemědělství se jeví neúnosné, aby extenzivním hnojením byla nadále draze zvyšována tzv. mrtvá, neefektivní půdní zásoba fosforu. Kromě toho je evidentní, že světové zásoby fosfátů se významně zmenšují. Z ekologického hlediska je při fosforečném hnojení nutné zohledňovat riziko kontaminace půdy těžkými kovy, zejména kadmíem, obsaženým

v surových fosforitech. Je tedy přirozené, že nyní více než kdykoli předtím nabývá na důležitosti problematika zvýšení účinnosti omezeného, úsporného fosforečného hnojení. Na zefektivnění fosforečného hnojení má přímý vliv cílevědomá regulace přeměn fosforu v půdě. Fosforečné ionty přicházející hnojením do půdy se fixují především účinkem půdních kationtů, takže dochází ke změnám tzv. frakčního složení půdního fosforu, tedy ke změnám vzájemného poměru Al-fosfátů, Ca-fosfátů, Fe-fosfátů - v závislosti na půdních faktorech a na typu i dávce hnojiva. Transformační procesy jsou kromě toho výsledkem působení půdní reakce, typu a podílu jílových minerálů, množství a kvality půdní organické hmoty, stavu nasycení půdního sorpčního komplexu dvojmocnými kationty, přítomnosti uhličitánů a dalších faktorů. Záleží samozřejmě na pufracní (ústojně) schopnosti půdy, konkrétně na její odolnosti vůči okyselujícímu účinku hnojiva, zejména superfosfátu. Tato odolnost je naopak funkcí většiny již uvedených faktorů.

V řadě prací byl prokázán velice příznivý účinek vápnění kyselé půdy na zvýšení účinnosti fosforečného hnojení. Úpravou půdní reakce je možné dosáhnout příznivého ovlivnění frakčního složení fosforu, resp. příznivějšího způsobu vazby fosforu v půdě. Jelikož aktivita iontů železa a hliníku je vysoká v kyselé oblasti půdní reakce a rovněž tak i adsorpce na jílech je v kyselém prostředí velmi intenzivní, dosáhneme úpravou pH snížení aktivity těchto fixátorů fosforu za současného vzniku relativně rozpustnějších Ca-fosfátů (jejich maximum rozpustnosti se totiž nachází v oblasti neutrální reakce). Pro zvýšení podílu dostupného fosforu je velmi významné především hnojení organickými materiály - vzhledem k jejich účinku na způsob vazby fosforečné kyseliny v půdě. Už před lety bylo ověřeno, že organické hnojení výrazně omezuje tvorbu málo dostupných Fe-fosfátů ve prospěch forem pro rostliny dostupnějších. Je to zřejmě důsledek úspěšné konkurence organických iontů vůči iontům fosforečnanovým, které se takto uvolňují do roztoku. Uplatňuje se patrně rovněž chelatizační účinek organických iontů vzhledem k iontům vápníku, železa a hliníku, čímž se omezuje jejich srážecí aktivita vzhledem k iontům ortofosforečnanovým.

V polních i nádobových pokusech Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy bylo prokázáno, že míchání průmyslových hnojiv s organickými hnojivy mělo za následek výraznější přechod aplikovaného fosforu do rostlinám dostupných vazeb i při značně snížených dávkách minerálního hnojiva. V maloparcelkových i nádobových pokusech byla prověřována mobilizační schopnost čistých organických, lehce rozložitelných látek na málo dostupné půdní fosforečnany. Jako velmi perspektivní se jeví využití symbiózy půdních mikroorganismů a kořenů rostlin (vesikulární-arbuskulární endomykorrhizy (VAM) pro zlepšení zásobování rostlin fosforem na deficitních půdách. Solubilizace fosfátů závisí na řadě faktorů: kromě půdní reakce se uplatňuje především již zmíněný chelatizační účinek organických iontů pro Al^{3+} , Fe^{3+} ionty a sorpce vápenatých iontů z fosfátů. Byla testována a v řadě případů i prokázána významná efektivnost využití mikrobiologických kmenů s vysokou schopností solubilizace, resp. „zpřístupnění“ běžně nedostupných forem půdního fosforu pro výživu pěstovaných plodin. (Voplakal, 2001)

Příčiny snižování podílu přístupných živin

Příčinou nižších výnosových výsledků ječmene jarního a jeho výnosových trendů lze z pohledu poruch půdní úrodnosti označit špatný fyzikální stav, nízkou kvalitu humusu, nízké zastoupení hořčíku na sorpčním komplexu a poruch biologické aktivity způsobené nedostatkem lehce rozložitelných organických látek. V takto porušeném prostředí klesá účinnost živin dodávaných v průmyslových hnojivech. Výnosová stabilita klesá v důsledku větší závislosti pěstovaného ječmene na počasí. V roce 1991 bylo na 1 kg NPK vyprodukováno 75 kg ječmene, v roce 2000 už jen 17 kg! (Pokorný, 2002)

Z výše uvedených skutečností, známým už více než 15 let, lze v současné době zdůraznit zejména deficit půdní vláhy, nedostatek vzduchu v půdě a minimální aktivitu půdních mikroorganismů, které se svou enzymatickou činností podílejí na transformaci živin do přístupných forem a jejich zastoupení v půdním roztoku.

Za současné situace nelze očekávat, že tento stav se dá napravit zvyšováním dávek průmyslových hnojiv. Ba naopak – tento přístup zhoršuje nejen fungování základních půdních mechanismů, ale výrazně zhoršuje rentabilitu plodinových systémů, zvláště v zemědělských podnicích bez živočišné výroby.

Možnosti řešení

Těžko asi v tržně orientované výrobě s omezenými zdroji budeme znova rozšiřovat živočišnou výrobu ve stájích s produkcí hnoje či kejdy a zvyšovat podíl pícnin a jiných zlepšujících plodin. Bohužel situaci nezachrání ani zavedení určitě dobře míněného ozelenění, či nutné pěstování leguminóz bez tržní produkce.

Můžeme však půdě pomoci efektivním využitím organických zbytků rostlin a technologií zpracování půdy, které neničí její strukturu.

Biologickou aktivitu půdy pak můžeme zvýšit zařazením přípravků, které stimulují rozvoj půdní mikroflóry a následně i půdní fauny. Vzápětí se to projeví vysoce pozitivně i na zlepšení struktury půdy a zvýšení obsahu i kvality organické hmoty. Tento stav půdy pak zabezpečí i vyšší infiltraci srážkové vody, čímž se snižuje povrchový odtok i riziko eroze půdy.

Zde nabývá významu smysluplné používání produktů s bio-stimulačními účinky na půdu a její vlastnosti. Nejdůležitější je jejich schopnost stimulace půdní biologie.

Velmi efektivními a praxí prověřenými jsou produkty společnosti PRP Technologies, člena skupiny OLMIX GROUP. Zejména NEOSOL, aktivátor vitálních funkcí půdy se včetně svého předchůdce PRP SOL již více než 12 let, osvědčuje na našich polích a jeho výkony rostou s postupujícími procesy degradace půdy.

Půdní bio-stimulant NEOSOL je nástrojem strategickým s rychlým a dynamickým nástupem účinku a komplexním působením na zlepšení všech půdních vlastností v dlouhém časovém úseku na vybraných pozemcích. Tento produkt lze bez omezení využívat na všech půdních typech a druzích jako součást plodinových systémů u všech známých plodin.

NEOSOL díky zlepšení struktury půdy a odstranění utužení půdy, stimuluje gravitační růst kořenů. Prokořenění do hloubky půdního profilu má význam především při zajištění přístupu rostlin k půdní vláze a přístupným živinám rozpuštěným do půdního roztoku.

Jak se to projeví v praxi

Po aplikaci půdního bio-stimulantu NEOSOL, je možné velmi rychle sledovat pozitivní změny struktury půdy, snížení odporu půdy při penetrometrickém měření a při zpracování půdy a co je velmi důležité pro výsledný efekt pěstování plodin – očividně mohutnější kořenový systém, prokořenění do hloubky i bohatě rozvinuté vlásečnicové kořeny, které jsou základním předpokladem optimálního příjmu vody a živin až do finálních fází růstu a vývoje rostlin, kdy se rozhoduje o výnosech plodin.

NEOSOL - především pozitivně stimuluje biologickou půdní aktivitu, zlepšuje půdní strukturu, vodní a vzdušný režim a následně i stabilizaci organické hmoty v půdě podporou procesů mineralizace a humifikace. Po jeho použití se významně zvyšuje využití živin z organických i průmyslových hnojiv i z půdní zásoby. Toto se děje především díky stimulaci aktivity půdních mikroorganismů, které svou enzymatickou činností transformují živiny do přístupných forem.

Lepší půdní struktura, rozklad posklizňových zbytků bez produkce toxinů a lepší vláhový režim jsou zárukou vysoké kvality založení porostů plodin ve správném termínu.

NEOSOL lze aplikovat na všechny půdní typy i druhy ve všech výrobních podmínkách bez ohledu na způsob zpracování půdy a to i v ekologickém zemědělství. Protože jeho působení je ve vztahu k půdě, nejlepších výsledků dosahujeme při aplikaci na strniště ihned po sklizni plodin s následnou mělkou podmítkou. Tak docílíme okamžitého nástupu účinku a optimalizace rozkladu posklizňových zbytků. Taktéž prakticky okamžitě startují procesy mineralizace a humifikace, čímž se zamezí ztrátám živin ze všech zdrojů v půdě.

Příklady zlepšení přístupu živin

Podrobné studie ukázaly, že po aplikaci půdních bio-stimulantů se dynamicky mění podíl jednotlivých forem živin v půdě ve prospěch forem bio-disponibilních.

Výsledky výzkumu půdní úrodnosti, VÚMOP, 2006

Tab. č. 1: Zlepšení přístupu živin po aplikaci půdního bio-stimulantu

ZPŮSOB HNOJENÍ	PODÍL JEDNOTLIVÝCH FOREM ŽIVIN Z JEJICH CELKOVÉHO OBSAHU V PŮDĚ (%)						
	DUSÍK	FOSFOR			DRASLÍK		
	celkový	Vodo- rozpus tný	přístupný	nepřístupný	Vodo- rozpus tný	přístupný	nepřístupný
KLASICKÝ	0,06	15	20	65	30	30	40
NEOSOL	0,12	15	50	35	30	45	25

Výsledky zahraničních studií realizovaných v dlouhé časové řadě dokazují, že i v modelu výživy rostlin bez použití průmyslových hnojiv se zásoba přístupných živin nesnižuje, ba naopak. Je to hlavně díky snížení jejich imobilizace z půdní zásoby a zlepšení procesů mineralizace a humifikace.

Z polních pokusů v severní Francii, kde byl aplikován na stanovištích každoročně PRP SOL v dávce 150 kg/ha po dobu 15 ti let bez použití fosforečných a draselných hnojiv vyplynuly následující výsledky, viz tabulka č. 2:

Tab. č. 2: Obsah přístupných živin při uplatnění aplikace půdního bio-stimulantu

Rok	Obsah humusu %	pH	P ₂ O ₅ ppm	K ₂ O ppm	MgO ppm	CaO ppm	Zn ppm	Mn ppm	Cu ppm	Fe ppm	B ppm
1997	1,7	7,8	55	306	100	4068	4	3,6	5,3	25,1	0,5
2011	2,3	8,2	95	336	109	7163	5	14,3	3,5	30,6	0,24

zdroj informací: www.gissol.fr

Tab. č. 2 a: Obsah humusu a jeho kvalita Litobratřice (Badalíková, 2015)

Varianta	hloubka (m)	Cox (%)	Humus (%)	HK/FK
A - Amofos 100 kg pod patu	0- 15	1,45	2,50	0,92
	15 - 30	1,47	2,53	0,87
	průměr	1,46	2,52	0,90
B - PRP SOL 100 kg pod patu	0 - 0,1	1,46	2,52	0,83
	0,1 - 0,2	1,49	2,57	0,92
	průměr	1,48	2,54	0,88
C - PRP SOL 150 kg pod patu	0 - 0,1	1,65	2,84	0,92
	0,1 - 0,2	1,65	2,84	0,92
	průměr	1,65	2,84	0,92
D - PRP SOL 150 kg plošně	0 - 0,1	1,69	2,91	0,87
	0,1 - 0,2	1,49	2,57	0,98
	průměr	1,59	2,74	0,93

Z tabulky 2 a je patrný vyšší obsah humusu u variant C a D. U variant A a B byl obsah humusu na stejné úrovni.

Stanovení kvality humusu (Cox) patří k důležitým ukazatelům kvality/zdraví půdy. Za kvalitnější považujeme ty půdy, u kterých převládá frakce huminových kyselin (HK) nad fulvokyselinami (FK) a tudíž poměr HK/FK je větší než jedna, jak uvádí Sotáková (1982). Bohužel kvalita humusu (HK/FK) byl nižší jak 1 u všech variant, a to v orniční vrstvě i v podorničí. Bylo to dáno průběhem počasí během vegetační doby, kdy bylo málo dešťových srážek, a byl nedostupný dusík, který také udává kvalitu humusu, tedy vyšší obsah huminových kyselin. Protože docházelo k pomalé mineralizaci humusu, docházelo tak i k pomalému uvolňování dusíku a tím i ke zhoršení kvality humusu. V průměru nejlepší kvalita humusu byla zjištěna u variant C a D.

3. 3. MANAGEMENT ŽIVIN PRODUKOVANÝCH NA FARMĚ

Plodiny pěstované v polních podmínkách na jedné straně živiny konzumují, na straně druhé je díky fungování rhizosféry (symbióza kořenů rostlin s půdními mikroorganismy a kulturními houbami) kumulují do celých svých organismů a značná část těchto živin pak v rostlinných posklizňových zbytcích zůstává na poli. V podnicích s živočišnou výrobou, kde je sláma sklízena na stláni nebo na krmení se pak živiny vrací na pole ve formě pevných či tekutých statkových hnojiv. V podnicích bez živočišné výroby jsou většinou posklizňové zbytky nadzemních částí rostlin rozdraceny a ponechány na poli s následným zapravením do půdy. Avšak bez ohledu na to, zda zemědělský podnik hospodaří s živočišnou výrobou či bez ní, vždy na poli zůstanou zbytky kořenů rostlin. A právě tyto jsou velmi cenným, i když opomíjeným zdrojem živin. Velký objem živin je v půdě koncentrován i do tělíček půdních mikro a makroorganismů. Živiny z těchto organických zdrojů se vrací do půdy v přístupných formách a záleží jen na způsobu hospodaření, jaký podíl v těchto bio-disponibilních formách zůstane a jak dlouho bude přirozeným zdrojem pro výživu rostlin a půdních mikroorganismů.

Nezákladnějším zdrojem živin je půda sama. Respektive její anorganická složka. Z ní jsou živiny uvolňovány enzymatickou činností mikroorganismů a kulturních hub a plísní, které si takto svoji výživu zabezpečují již miliony let. Tyto enzymatické procesy však nedokážou regulovat. Pokud mají k dispozici dostatek vody, vzduchu, energetických látek a uhlíku, uvolní přebytek živin do půdního roztoku a touto cestou je přijímají i vyšší rostliny. Takto rostliny přijímají až 95 % potřebných makro i mikroelementů. Na oplátku pak rostliny svými kořenovými výměšky dodávají energetické látky symbiotickým organismům v rámci rhizosféry a odumírající části kořenů jsou jedním ze zdrojů uhlíku v půdě a potravou pro vyšší půdní organismy, například žížaly.

Takto to fungovalo a funguje na zdravých půdách. Posledních 50 let je měřítkem intenzity v rostlinné výrobě stále výše výnosů a dávky průmyslových hnojiv a pesticidů. Často se však v těchto moderních plodinových systémech zapomíná na pojmy jako je rentabilita výroby a udržitelný způsob hospodaření na půdě.

Sláma jako zdroj živin

Kolik živin jsou schopny do půdy vrátit jednotlivé polní plodiny, ukazuje následující tabulka č. 3. Sláma, zbytky strniště a kořenů jsou skutečně velmi cenný zdroj přístupných živin, organických látek a energie pro podporu biologické půdní aktivity od mikroorganismů až po vyšší živočichy a rostliny. O bilanci uhlíku v půdě a snížení úrovně degradace půdy nemluvě. Pomocí uvedené tabulky č. 3, si můžete snadno spočítat finanční hodnotu živin ze zbytků plodin, které pěstujete. Stačí jen přepočítat na váš skutečný výnos a dosadit aktuální ceny živin N P K.

Z tabulky je mimo jiné patrné, že v kořenech rostlin je obsaženo mnohem více živin než ve zbytcích nadzemních částí rostlin. Je to dáno především tím, že část živin odvážíme z pole ve formě úrody hospodářských komodit, především zrna.

Tab. č. 3: Obsah živin v posklizňových zbytcích

PLODINA	VEDLEJŠÍ PRODUKT		OBSAH ŽIVIN v %			PRODUKCE ŽIVIN v kg/ha		
	DRUH	VÝNOS v t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Pšenice ozimá	Sláma	10	0,47	0,16	0,85	29 - 35	10 - 13	53 - 70
	Kořeny	1,2 - 1,5	1,15	1,37	0,94	14 - 17	16 - 21	11 - 14
Žito	Sláma	10,0 - 16,0	0,50	0,20	1,00	50 - 80	20 - 32	100 - 160
Ječmen	Sláma	6,2 - 11,3	0,56	0,17	1,00	35 - 63	10 - 19	62 - 113
Řepka ozimá	Sláma	3,2 - 9,5	0,40	0,20	0,70	13 - 38	6 - 19	22 - 67
	Kořeny	1,6 - 1,9	1,80	1,07	1,00	29 - 34	17 - 20	16 - 19
Kukuřice	Sláma	6,2 - 14,8	0,86	0,18	1,30	53 - 127	11 - 27	81 - 192
	Kořeny	3,1 - 4,5	1,00	0,81	0,48	31 - 45	25 - 36	15 - 22
Slunečnice	Sláma	3,8 - 5,5	0,50	0,30	0,50	19 - 28	11 - 17	19 - 28
	Kořeny	4,3 - 4,8	0,97	0,88	0,63	42 - 47	38 - 42	27 - 30
Hrách	sláma+kořeny	5,2 - 11,4	0,91	0,35	0,50	47 - 103	18 - 40	26 - 57
Bob	Sláma	2,5 - 3,3	1,60	0,26	1,15	40 - 51	29 - 37	29 - 37
	Kořeny	1,4 - 1,9	1,91	1,82	0,50	27 - 36	25 - 35	7 - 10
Sója	Sláma	2,9 - 3,7	1,55	0,19	1,35	45 - 57	6 - 7	39 - 50
	Kořeny	1,6 - 2,1	2,26	1,36	1,05	36 - 47	22 - 29	17 - 22
Brambory	Nat'	38,0 - 46,0	0,30	0,45	0,88	114 - 138	171 - 207	334 - 405
Cukrovka	Skrojky	30,0 - 56,0	0,36	0,10	0,42	108 - 201	30 - 56	126 - 235
Vojtěška	Kořeny	9,8 - 12,2	2,23	1,43	1,63	218 - 272	140 - 174	160 - 199



Obr. 3: Krátkodobý hospodářský zájem a prodej slámy může být v budoucnu fatální pro obsah živin a organických látek v půdě.

Produkce živin kořeny kukuřice

Kukuřice dokáže vytvořit mohutný kořenový systém i v sušších podmínkách, pokud nenarazí na podpovrchové technologenní utužení půdy. Výrazně napomáhají nárůstu biomasy kořenů i obsahu živin v nich půdní bio-stimulanty, jak je patrné z následujících tabulek. Údaje pocházejí z předních zemědělských podniků, které tyto technologie již využívají v praxi.

Tab. č. 4: Porovnání biomasy kořenů kukuřice a produkce živin při různém způsobu hnojení v ZS Slovec a.s., zpracování vzorků a výsledků laboratoř Agrotest fyto Kroměříž.

Varianta	Váha sušiny vzorku 4 rostliny (kg)	Počet jedinců	Váha sušiny kořenů (kg/ha)	Zvýšení objemu živin fixovaných na organickou hmotu (kg/ha)				
				ŽIVINY	Obsah živin		Cena živin	Hodnota živin
AMOFOS	0,0081	84,100	682.05	N	%	kg	Kč/kg	Kč/ha
PRP SOL	0,0221	84,100	1,857.77		P	1,5	17,64	27.5
ROZDÍL	0,0140 272 %	Rozdíl váhy kořenů	1,175.72	K		0,084	0,99	25
			1,175.72		Ca	1,76	20,69	20
			1,175.72	Mg		0,383	4,50	25
			1,175.72			0,122	1,43	50
					Finanční vyjádření zvýšení objemu kořenové hmoty (Kč/ha)			

Tab. č. 5: Hodnocení biomasy kořenů kukuřice, obsah živin a přínos na variantě Explorer, vyjádřeno v Kč/ha

Varianta	Váha sušiny vzorku 4 rostliny (kg)	Počet jedinců	Váha sušiny kořenů (kg/ha)	Zvýšení objemu živin fixovaných na organickou hmotu (kg/ha)				
				ŽIVINY	Obsah živin		Cena živin	Hodnota živin
AMOFOS	0,0081	84,100	682.05	N	%	kg	Kč/kg	Kč/ha
EXPLORER 20	0,0238	84,100	1999.06		P	1,5	19,76	27,5
ROZDÍL	0,0157 293 %	Rozdíl váhy kořenů	1,317.01	K		0,084	1,11	25
			1,317.01		Ca	1,76	23,18	20
			1,317.01	Mg		0,383	5,04	25
			1,317.01			0,122	1,61	50
					Finanční vyjádření zvýšení objemu kořenové hmoty (Kč/ha)			

Uvedené výsledky dokladují funkčnost systému koloběhu živin v plodinových systémech na polích v našich podmínkách. Není to však „perpetuum mobile“ a je třeba mít na zřeteli korekci výživy rostlin na základě pravidelných AZP, jakož i vybalancování dusíkatého hnojení s ohledem na danou plodinu a intenzitu výroby. Nesmírně důležitým faktorem je udržení obsahu humusu, respektive aktivní organické složky půdní, aby se neoslaboval organominerální sorpční komplex a nedocházelo k nechtěným ztrátám či imobilizaci jednotlivých živin.

Obrázek č. 4 Kořeny kukuřice po aplikaci Amofos pod patu. Limitovaný kořenový systém se zřetelnými projevy hydromorfie



Obrázek č. 5 Kořenový systém po PRP SOL plně vyvinuté, funkční kořeny včetně rosných kořenů ve dvou patrech



Dalším zdrojem přijatelných živin jsou meziplodiny pěstované jako mulč v rámci protierozní ochrany půdy nebo cíleně jako zelené hnojení. Nesmíme opomenout ani strništní směsi pro potřeby krmení zvířat, neboť jejich kořeny jsou též významným zdrojem živin.

Málokdo si však uvědomuje jejich význam pro management vody v půdě a to, že v mezi-porostním období přebírají funkci dodavatele energie a uhlíku pro půdní mikro i makrobiologii. V neposlední řadě sehrávají významnou roli i při eliminaci degradace půdy obecně.

3. 4. VÝVOJ OBSAHU ORGANICKÉ SLOŽKY V PŮDÁCH ČR A JEHO DOPADY

Organická hmota v půdě a humus jsou velmi důležité ukazatele půdní úrodnosti, úrovně její biologické aktivity i zdravotního stavu půdy.

Půdní organickou hmotu tvoří soubor všech neživých organických látek nacházejících se v půdě nebo na jejím povrchu v různém stupni rozkladu. Vytváří se z ní stabilní složka půdy – humus, ten tvoří organické látky, které prošly půdotvorným procesem humifikace. Humus má v půdě nezastupitelnou roli. V půdě vytváří s neživou anorganickou složkou organominerální komplexy a ovlivňuje mnohé procesy probíhající v půdě. Pokud jde o množství, je humusových látek v půdách podstatně méně než látek minerálních, jejich význam pro úrodnost půd je však rozhodující.

Během procesu humifikace dochází k rozkladu a následné syntéze (polymeraci) organického materiálu za vzniku humusových látek (humusu). Tyto látky mají koloidní charakter a liší se od sebe barvou, stabilitou, stupněm kondenzace a polymerace, kyselostí a rozpustností/pohyblivostí. Patří mezi ně huminové kyseliny (HK), fulvokyseliny (FK) a humin. Nejdůležitější jsou huminové kyseliny, které slouží v půdě jako katalyzátor podporující aktivitu mikroorganismů a celkově zlepšují fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti půdy. Také schopnost huminových kyselin vyměňovat ionty a jejich komplexotvornost jsou důležité pro půdní stabilitu, transport iontů kovů z půdy do rostlinných pletiv a stabilizaci půdní organické hmoty před mikrobiální degradací. Množství a kvalita humusových látek je ovlivněna podmínkami působícími během humifikace (aktivita mikroflóry a mikrofauny, charakter výchozím organických látek, provzdušnění/zamokření, teplota, půdní reakce, srážky apod.)

Současný stav a předpokládaný vývoj obsahu organické složky v půdách ČR

Tab. č. 6: Od počátku devadesátých let v ČR trvale klesají stavy hospodářských zvířat.

Rok	1986	1993	1996	2004	2006	2015	2016	2017
Skot celkem	3 462 392	2 511 737	1 988 810	1 428 329	1 373 645	1 407 132	1 415 658	1 421 242
Prasata celkem	4 332 653	4 598 321	4 016 246	3 126 539	2 840 375	1 559 648	1 609 945	1 490 775
Ovce celkem	389 361	354 301	134 009	115 852	148 412	231 694	218 493	217 141
Kozy celkem	43 381	44 544	42 385	11 912	14 402	26 765	26 548	28 174
Drůbež celkem	30 837 493	28 219 380	27 375 356	25 493 359	25 736 003	22 305 192	21 313 958	21 464 347

Z tabulky lze vyčíst, že od roku 1986 klesly stavy zvířat u všech druhů. Razantní pokles byl, zaznamenaný v chovu prasat a v chovu ovcí, kde stav klesl v roce 2004 až na 115 852 kusů. Poklesy zvířat mohou být zapříčiněny různými vlivy, mezi hlavní řadíme změny legislativy ČR a nařízení EU, změny výkupních cen, ale i cenu nákladů (krmivo, veterinární ošetření atd.), zvyšování užitkovosti zvířat, přestavby zastaralých ustájení a dojících zařízení, změny trendů v chovu zvířat.

Rok 2016 si je pozitivní z pohledu chovu skotu a chovu drůbeže. V kategorii v chovu skotu byl zaznamenán mírný nárůst – cca o 2500 zvířat. Počty v chovu drůbeže byly navýšeny o cca 2 700 000 ks. V roce 2017 byl zaznamenán nárůst opět v kategorii skot, drůbež a kozy. Mírný pokles zaznamenala kategorie ovce. Poměrně velký pokles zaznamenala opět kategorie prasat.

Tyto skutečnosti znamenají, že vyrovnaní úbytku organické hmoty v půdě formou statkových hnojiv z živočišné výroby je nereálné. Navíc v této bilanci se už dnes výrazně negativně projevuje dopad realizace osevních postupů orientovaných na produkci tržních komodit a významné snížení ploch leguminóz a jiných krmných plodin. Současně se ukazuje, že ponechání slámy a posklizňových zbytků na poli je pro dosažení kladné bilance organické složky půdní nedostatečné.

Pokles biologické aktivity půdy a zhoršující se fyzikální vlastnosti způsobují nežádoucí formy dekompozice organických zbytků, jako jsou procesy plesnivění nebo hniloba, či oxidace uhlíku při použití nevhodných technologií zpracování půdy.

Dopady poklesu podílu organické složky v půdě jsou dlouhodobě velmi dobře známé.

Již v roce 1983 publikoval Strnad, že v dlouholetých pokusech při vyšší intenzitě dusíkatého hnojení v osevním postupu je důležité pravidelné organické hnojení a vápnění. Jinak dochází k okyselování půd a výrazný je rovněž pokles obsahu přístupného fosforu.

V uplynulém století spotřeboval střeoevropský zemědělec více než polovinu organické hmoty, která se v půdách akumulovala 800 – 1000 let (Morowitz)

V roce 1991 se na celkové průměrné roční spotřebě organické hmoty ve výši 4.11 t/ha orné půdy v ČR z 57 % podílely posklizňové zbytky a 43 % měla pokrýt organická hnojiva, pokryla však pouze 31 % (Škarda a Římovský 1991)

V roce 2001 se na 1 ha orné půdy aplikovalo 0,6 – 0,7 t organických látek. To je o 1 – 1,5 t/ha méně, než je potřeba na dorovnání bilance uhlíku (Richter a kol. 2001).

Přesto současná zemědělská praxe nebere tato fakta na zřetel, a i nadále ve snaze udržení, či navýšení výnosů tržních plodin převládají přístupy mechanizačně-chemické a v posledních letech jsou intenzivně doplňovány metodami řízení polní výroby na dálku, bez kontaktu s půdou, s polem.

Výsledkem je skutečnost, že více než 70 % půd v ČR je poškozeno degradačními procesy, 60 % půdního fondu každoročně postihuje eroze půdy, nejúrodnější půdní tyty jako černozemě a hnědozemě vykazují často více než 50 % snížení obsahu humusu a půda jako celek ztratila téměř 50 % své retenční schopnosti. Za posledních 30 let se zvýšily náklady na přímé vstupy potřebné k zajištění rostlinné produkce o 200-300 %, kdežto výnosy hlavních plodin se zvýšily pouze o 20-30 % a ceny tržních komodit, až na výjimky, nenarostly více než o 30 % a v posledních letech vykazují spíše klesající trend.

Za této situace je bezpodmínečně nutné konsolidovat veškeré aktivity a využít všechny známé a dostupné metody vedoucí k nápravě tohoto doslova havarijního stavu.

Vágní doporučení typu ponechat slámu na poli, pěstovat meziplodiny, doplňovat obsah deficitních živin, uplatňovat minimalizace při zpracování půdy, rozdělit půdní celky na malá políčka a jiné metody doporučované „sólo“ specialisty zcela evidentně nefungují. Pokud se nedosáhne souladu v politické a hospodářské rovině od nejvyšších orgánů až na úroveň těch,

kteří na půdě hospodaří, pak nepomůže ani pozitivní motivace ve formě dílčích podpor a dotací a nebude fungovat ani sankční systém jasně definovaný v rámci Cross Compliance. Zde by mělo převažovat hledisko morální nad právním a je nanejvýš žádoucí dát prostor skutečným expertům na půdu, a to jsou pedologové, půdoznalci.

Stanovení obsahu humusu v půdě

Společným principem metod stanovení humusu v půdě je oxidace uhlíku z organických látek. Mezi nejvíce používané metody patří žihání vzorku v plameni/peci (přímé stanovení - C_I), nebo rozklad organického uhlíku za pomoci oxidačního činidla v kyselinosírovém prostředí (nepřímé stanovení - C_{ox}). Nepřímé metody jsou u nás nejpoužívanější. Stanovenou hodnotu C_{ox} je však nutné přenásobit Welteho koeficientem 1,724 (humus obsahuje 58 % uhlíku), abychom tak získali procentický obsah humusu. Hodnocení obsahu humusu dle C_{ox} stanoveného Tjurinovou metodou ukazují tabulky č. 7 a 8.

Tab. č. 7 a 8: Hodnocení obsahu humusu (Vopravil, 2010)

C_{ox} (%)	Humus (%)	Hodnocení	Půdní jednotka	Obsah humusu (%)
< 0,6	< 1	velmi nízký	černozem	2,2 - 4,5
0,6 - 1,1	1,0 - 2,0	nízký	hnědozem	1,7 - 1,9
1,1 - 1,7	2,0 - 3,0	střední	kambizem	1,5 - 3,6
1,7 - 2,9	3,0 - 5,0	vysoký	pseudoglej	1,9 - 4,0
> 2,9	> 5	velmi vysoký	fluvizem	3,3 - 4,5
			černice	3,8 - 5,3
			glej	0,9 - 2,9
			podzol	3,4 - 15,5
			regozem	2,1 - 3,4

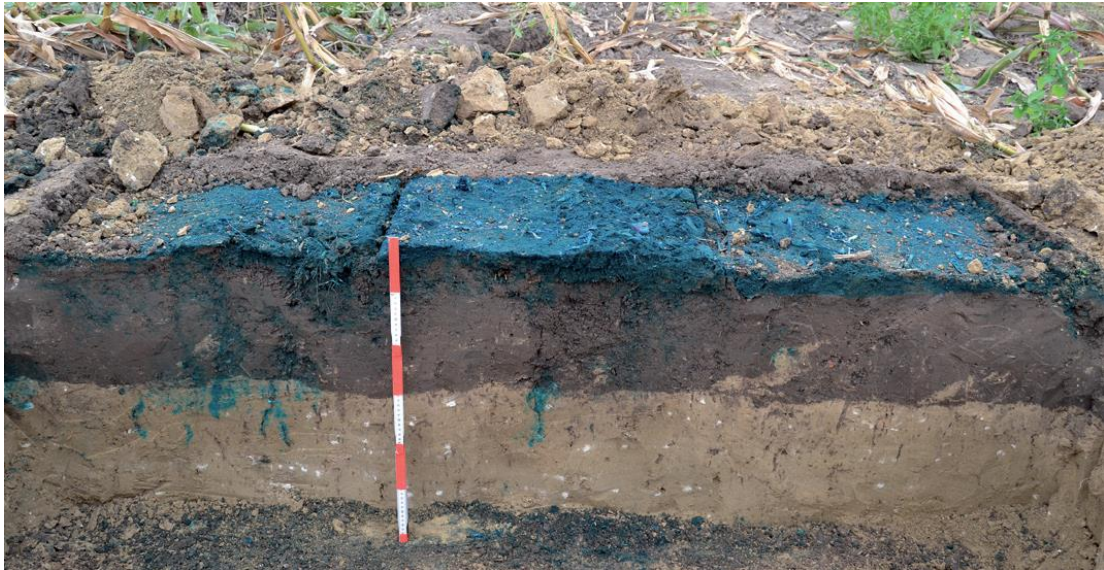
Vyšší obsah humusu neznamena vždy vyšší úrodnost půdy - závisí také je jeho kvalitě!!!

Vývoj obsahu organické hmoty

V relativně krátkém čase (během 6 let) došlo na půdě černozemního typu v oblasti jižní Moravy k amortizaci humusového horizontu o 25 %, kdy z původního horizontu A sahajícímu do hloubky 40 cm se díky utužení půdy, zhoršení vláhových poměrů a nedostatečné dotaci organické hmoty „ztratilo“ 10 cm, úplně zmizel přechodový horizont Ac a ve finále se to projevilo na zhoršení všech základních půdních vlastností (fyzikálních, chemických i biologických). (Obr. 6 a 7).

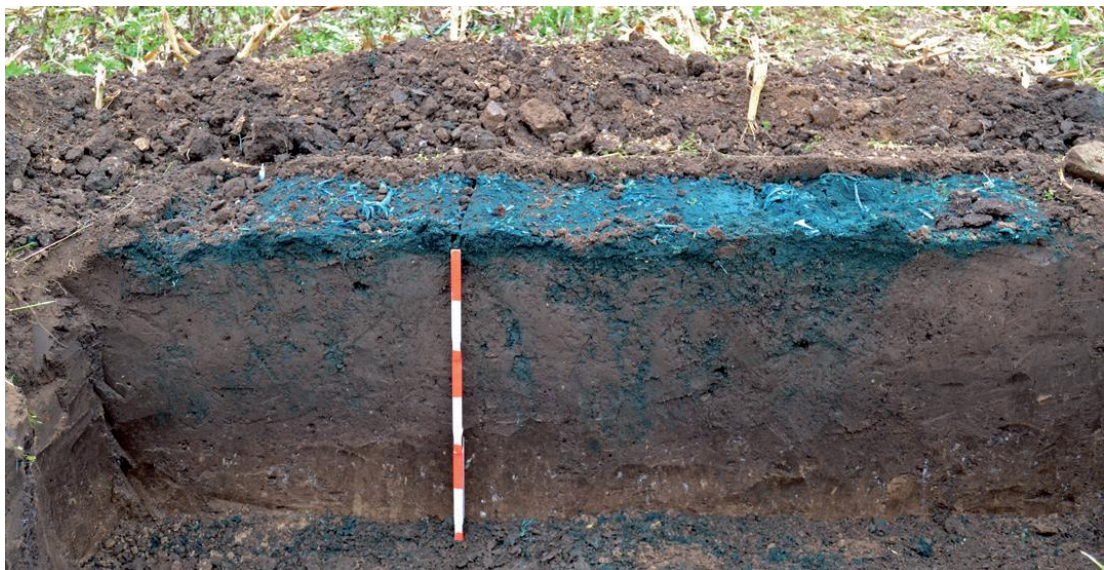
Rovněž tak se to projevilo i na výnosu kukuřice.

Měření infiltrace vody a hodnocení základních půdních vlastností



Obr. č. 6: Půdní profil na kontrolní variantě hnojené Amofosem

Vlivem utužení půdy a spotřebování uhlíku v přechodovém horizontu Ac, došlo k amortizaci humusového horizontu z původních 40 cm na 30 cm a to v časovém horizontu 7 let.



Obr. č. 7: Půdní profil po aplikaci bio-stimulantu NEOSOL 150 kg/ha plošně

Po 5 leté opakované aplikaci bio-stimulantu Neosol, došlo k rozšíření přechodového horizontu Ac o 20 cm. Tím se zvýšila mocnost fyziologicky využitelného půdního profilu až na hranici mateční horniny spraše v hloubce 60 cm, proti výchozímu stavu se zvětšil prostor pro kořeny a celkově pro půdní život o 50 %.

3. 5. VLIV UTUŽENÍ PŮDY NA DALŠÍ PŮDNÍ VLASTNOSTI A ZPRACOVÁNÍ PŮDY

Přestože fyzikální a biologické půdní vlastnosti jsou v půdním prostředí vnitřně propojeny, často bývají studovány zvlášť (Crittenden, 2016). Je potřeba si uvědomit, že základem optimálních fyzikálních vlastností půdy je aktivita půdní biologie a intenzita aktivity půdních mikro a makro organismů (Záhora, 2014). Jedním z negativních procesů, který ohrožuje půdu, je její fyzikální degradace (Nimmo, 2013), která je velmi rozšířená a patří mezi nejdůležitější a nejzávažnější problémy (Hamsa a Anderson, 2005; Munkholm et al., 2016). Vzhledem k degradaci půdní struktury a ztuhnutí půdy se snižuje biologická aktivita v půdě a produktivita půdy tak klesá (Jakšík a kol. 2015). Kvůli ztuhnutí půdy (Obr. 2 a 8), dochází ke škodlivé disfunkci, co se týče infiltrační schopnosti půdy (Javeed, 2013), vzdušné kapacity a tepelného režimu půdy (Chen, 2011; Du Preez et al., 2011) Mezi klíčové faktory hodnocení kvality půdy, určující její fyzikální vlastnosti, patří zrnitost, obsah půdní organické hmoty (POH) kvalita půdní struktury, kterou lze vyjádřit vodostálostí půdních agregátů (SAS) (Liu a kol., 2014). SAS je laboratorně snadno stanovitelná a poskytuje dobrou informaci o aktuální půdní kvalitě. Na změny hospodaření reagují vlastnosti agregátů pružněji, než celkový obsah POH (Stehlíková a kol. 2016, Stehlíková a kol. 2014). Vodostálost agregátů je odolnost půdních agregátů vůči rozplavení vodou, komplexně odráží různé důležité vlastnosti půdy a má také přímý vztah k infiltraci srážek (Haydu-Houdeshell a kol. 2018), tvorbě půdního škraloupu, povrchovému odtoku a půdní erozi (Regelink a kol., 2015). Stabilnější půdní struktura vede kromě omezení eroze k lepšímu využití srážkové vody, což má význam zejména v oblastech s častějším výskytem sucha. Pro zlepšování SAS a kvality půdy se často zmiňuje vliv osevních postupů a hnojení (Stehlíková a kol. 2016, Naveed a kol. 2014).



Obr. č. 8: Utužení půdy v celé hloubce půdního profilu. Jedná se o půdní typ fluvizem, kde se zemědělský podnik snaží eliminovat utužení půdy podrýváním na hloubku 40 cm, ovšem vlivem nízkého zastoupení organické složky půdní a nízké biologické aktivity půdní se tato operace zcela míjí účinkem.

Zhutňování půdy – akutní problém současné zemědělské výroby

Průběh a důsledky zhutňování půdy

Zhutňování půdy se projevuje především zvyšováním objemové hmotnosti půdy.

Následně se to projeví v zastoupení jednotlivých fází půdní hmoty – pevné, kapalné a plynné. To má přímý dopad na rozvoj kořenového systému rostlin a současně ovlivňuje růst a vývoj plodin, rovněž tak výši a stabilitu výnosů.

Snížení výnosů v důsledku zhutnění půdy se nejčastěji pohybuje v rozmezí 10 – 40 %.

Zhutňování půdy a dopad na kořenové systémy rostlin:

- menší objem a snížená aktivita rhizosféry
- morfologické deformace na kořenech
- spirálovitý růst kořenů
- růst kořenů převážně v horizontálním směru
- zhrubnutí kořenů
- menší hmotnost kořenové soustavy
- snížená fyziologická aktivita kořenové soustavy

Zhutňování půdy je příčinou snížení objemu půdy využívaného rostlinou, zkracování délky kořenů, zejména vlásečnicových a snížení příjmu vody a živin rostlinou.

Reakce rostlin na zhutnění půdy:

- zhoršené vzházení
- horší zapojení a vyrovnanost porostů
- nižší obsah chlorofylu v listech plodin
- snížení intenzity fotosyntézy
- častější a intenzivnější výskyt chorob
- zpomalený růst všech částí rostlin
- vyšší zaplevelení porostů
- nižší odolnost rostlin na výkyvy povětrnostních faktorů
- zvýšení náchylnosti na vyzimování porostů

Dobrý strukturní stav půdy a dostatečný obsah organické hmoty v půdě tvoří nejdůležitější přirozenou ochranu půdy před jejím zhutňováním!

Změny plynné fáze půdní hmoty zhutňováním:

- snížení vzdušné kapacity půdy
- zhoršení kontinuity makropórů, zejména vertikálních
- snížení intenzity aerace půdy
- zhoršení výměny plynů mezi půdou a ovzduším

Snížení celkového objemu pórů o 5 % představuje snížení obsahu nekapilárních pórů přibližně o 50 %. V podpovrchových vrstvách rychle převažují anaerobní podmínky s negativními důsledky pro biologickou aktivitu půdy a zpřístupňování živin z půdních zásob i živin dodávaných v průmyslových hnojivech. Využitelnost živin a účinnost hnojení následně klesá o 20 – 50 %.

Změny kapalné fáze půdní hmoty zhutňováním

Změny kapalné fáze půdní hmoty zhutňováním způsobují snížení rychlosti infiltrace gravitační vody, rozbahňování povrchu půdy a vznik mokřin, zkrácení časového intervalu pro agrotechnické práce a snížení jejich kvality.

Dalším průvodním jevem je zvýšení kapilární vodivosti a zvýšení neproduktivního výparu půdní vláhy z půdní zásoby, jakož i ztráta přirozené ochrany půdy porézní vrstvou – snížení pružnosti a odolnosti proti negativním dopadům pojezdů těžké mechanizace.

Zvýšení povrchového odtoku vody pak znamená nárůst rizika vodní eroze půdy a následně snížení přístupnosti půdní vody pro rostliny.

Zvýšení objemové hmotnosti půdy o 1 % sníží propustnost půdy pro vodu o 5,8 %.

Zvýšení objemové hmotnosti z 1 350 kg.m⁻³ (strukturní, neutužená půda) na 1 500 kg.m⁻³ (půda utužená) sníží obsah vláhy přístupné pro rostliny o 25 %.

Vliv zhutnění půdy na její kultivaci a možnosti řešení Výsledky provozních aplikací půdního bio-stimulantu NEOSOL

Za účelem vyhodnocení přínosů, které je možné jednoduchou změnou přístupu k půdě dosáhnout v hospodaření byla zrealizovaná měření tahového odporu náradí v půdě a rychlost infiltrace. Realizace těchto měření ve spolupráci s partnery z oblasti vědy a výzkumu, zejména VÚ Karcag (Maďarsko) a SPU Nitra (Slovensko) potvrdila, že přidanou hodnotou systémového přístupu k půdě a její biologické aktivity je možné získat pro lepší ekonomické efekty pěstování snadnější a zejména méně energeticky náročnou zpracovatelnost půdy a zároveň zlepšit tzv. "Management vody v půdě", který se v kontextu změn pravidelnosti a intenzity srážkové činnosti v budoucnu určitě vyplatí.

Výsledky z praxe

Na třech zemědělských podnicích na Slovensku a na dvou v Maďarsku byly v letech 2012 až 2015 založeny provozní dlouhodobé stacionární projekty za účelem ověření dostupných technologií vedoucích ke komplexnímu zlepšení půdních vlastností a zvýšení produkční schopnosti půdy. Na všech stanovištích hospodaří na těžkých půdách černozemního typu nebo fluvizemích. Klimaticky jsou to okrsky velmi suché a velmi teplé. Cílem projektu je definovat vhodné technologie pro lokální plodinové systémy vedoucí ke zvýšení rentability výroby.

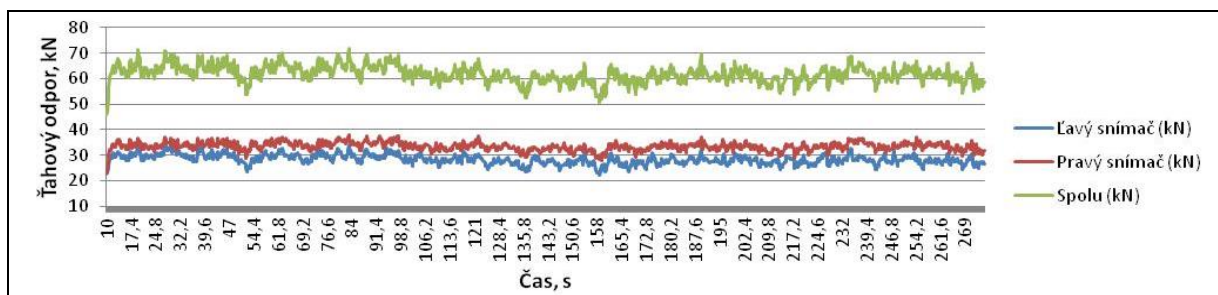
Měření tahového odporu jsou opakovaně realizována v časové řadě 6 let při operaci orba pětiradličným pluhem na hloubku 30 cm tenzometrickým zařízením (obrázek č. 9) v obou částech pozemku - ošetřované bio-stimulantem NEOSOL a na kontrolní části. Měřicí zařízení Spider-Mobile 8 společnosti Hottinger Baldwin Messtechnik, zaznamenává v intervalech 0,2 s hodnotu tahového odporu v kN (grafy 1 a 2). Analyzované výsledky byly zaznamenány během stejného času jízdy ve dvou opakováních při identickém nastavení pluhu. V tabulce 9 jsou zobrazeny dosažené hodnoty, které byly stanoveny jako průměrná hodnota naměřených dat.

Jedním z výsledků takového modelu je stacionární provozní pokus ve společnosti Agrodružstvo TP, s. r. o., Palárikovo (SK). Od roku 2013 je na vybraném pozemku aplikován půdní bio-stimulant NEOSOL v dávce 150 kg/ha (obrázek č. 10). Jako kontrola je na polovině pozemku praktikováno klasické hnojení NPK v dávce 200 kg/ha. Hnojení N je na obou variantách stejné. Rovněž tak základní agrotechnika a pesticidní ochrana rostlin jsou stejné.

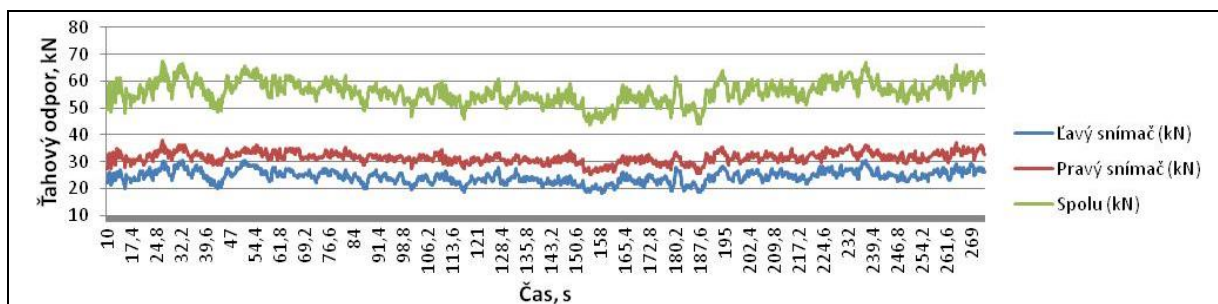


Obrázek č. 9: Mechanická část zařízení na měření tahového odporu

Graf č. 1: Záznam měření tahového odporu při orbě na kontrolní ploše



Graf č. 2: Záznam měření tahového odporu při orbě na parcele ošetřované půdním bio-stimulantem NEOSOL



Tab. č. 9: Srovnání průměrných hodnot tahových odporů

Tahový odpor	NEOSOL	KONTROLA
Průměr (kN)	55,87	61,89
Min. (kN)	22,57	47,02
Max. (kN)	67,61	71,99

Porovnáním naměřených a přepočtených hodnot tahového odporu náradí v půdě a celkové potřeby práce se ukázalo, že zpracovatelnost půdy je podstatně lepší na části pozemku ošetřované bio-stimulantem NEOSOL oproti kontrolní části pozemku.

Jednoduchá analýza těchto výsledků potvrzuje skutečnost, že zlepšenou funkcí biologické aktivity a následně struktury půdy došlo ke:

- snížení tahového odporu o 9,85 %
- snížení celkové potřeby práce přibližně o 15,5 %
- snížení spotřeby nafty na hektar přibližně o 23 %

V této souvislosti můžeme definovat soubor sekundárních přínosů spojených s lepší zpracovatelností půdy a to následovně:

- snížení počtu potřebných operací přípravy půdy
- vyšší kvalita přípravy půdy
- vyšší denní hektarová výkonnost souprav
- nižší hektarové náklady na přípravu a zpracování půdy
- nižší potřeba výkonu energetického prostředku na šířku pracovního záběru stroje

Pokud bychom otázku utužení půdy a její zpracovatelnosti měli vnímat komplexně, můžeme k dalším přínosům doplnit i jednodušší zabezpečení a včasnost prací v agrotechnickém termínu. Případně i snížení objemu vynucených investic, které musíme vynakládat na nákup výkonnější techniky pro zajištění stejných operací, jaké jsme v předchozím období vykonávali energetickými prostředky s nižším výkonem.



Obr. 10: Aplikace půdního bio-stimulantu plošně

Výnosy plodin jako přímý hospodářský výsledek

Rovněž tak se naplnil cíl zlepšení hospodářských výsledků. Jako jeden z ukazatelů je sledován výnos plodin na jednotlivých variantách, a to měřením výnosů metodou kombajnové sklizně (Tabulka 10).

Mimo první rok, kdy v případě sklizně cukrovky nebylo technicky možné realizovat odděleně sklizeň z obou variant, jsou rozdíly výnosů dosahovaných v dalších letech velmi významné. Pokud vezmeme do úvahy i reálné snížení nákladů, pak dopad této technologie na rentabilitu výroby je vysoce pozitivní

Tab. č. 10: Hodnocení výnosů plodin

Rok	Plodina	Varianta	Dávka, kg/ha	Sklizňová plocha, ha	Výnos, t/ha	Rozdíl	
						t/ha	%
2013	Cukrovka	Nevyhodnocené – sklizeň ve službách, jednotná polní skládka					
2014	Ječmen jarní	NPK 15:15:15	200	21	5,7	1,2	21,1
		NEOSOL	150	20	6,9		
2015	Pšenice ozimá	NPK 15:15:15	200	21	7,1	1,2	16,9
		NEOSOL	150	20	8,3		
2016	Kukuřice na zrno	NPK 15:15:15	200	21	10,5	0,8	7,6
		NEOSOL	150	20	11,3		



Obr. 11: Sklizeň pšenice ozimé. Příčinou nestabilních výnosů v České republice je špatný stav půd způsobený především činností člověka

3. 6. ZLEPŠENÍ STRUKTURY PŮDY NEMECHANICKOU CESTOU

V současné době hledá zemědělská praxe především mechanická řešení. Veškeré snahy však v převážné většině případů končí v hloubce půdního profilu okolo 20 cm, kde se pak následně odehrává až 80 % komunikace mezi rostlinou a půdním prostředím. Negativním projevem mnohanásobné kultivace je vytváření technogenně utužených vrstev v hloubkách každé kultivace opakované už 2x za sebou. K tomuto technogennímu utužení se často přidávána vytvoření prachové struktury na povrchu půdy což má ve svém důsledku vliv na snížení zasakování srážkové vody, riziko vzniku vodní či větrné eroze půdy ale i vytváření škraloupů, který je pak překážkou nejen pro zasakování vody ale i pro růst a vývoj rostlin.

Agresivní kultivace je pak příčinou snižování obsahu organické složky půdní, humusu a potažmo i obsahu uhlíku vlivem intenzivního okysličení zpracovávané vrstvy půdy.

Evidentně tento přístup ke zlepšení struktury půdy nevede.

Dobrá struktura půdy je velmi důležitým faktorem produkční schopnosti půdy. Současně výrazně ovlivňuje veškeré půdní vlastnosti - fyzikální, chemické a hlavně biologické. Toto pak má vliv na vodní a vzdušný režim v půdě, mineralizaci a humifikaci organických zbytků rostlin, obsah a kvalitu humusu i vybalancování aerobních a anaerobních procesů. S tím úzce souvisí obsah organické složky půdní, která se skládá z biomasy veškerých organismů žijících v půdě od bakterií přes kulturní houby a plísňe až po makroedafon a kořenový systém rostlin. Na zdravých půdách tato složka může činit 5-7 % z celkové půdní hmoty, což představuje 200 - 300 t/ha u strukturní půdy. U degradovaných, zejména utužených půd tento organický podíl činí méně než 100 t/ha.

Kořeny rostlin ve spolupráci s mikro a makro organismy v symbióze, která se odehrává v komunikační zóně kořenů rostlin a půdou nazývané rhizosféra, jsou nejlepší strukturotvorný činitel. Zemědělská praxe si tuto skutečnost dostatečně neuvědomuje a strukturotvorný efekt aktivní půdní biologie nevyužívá. Zlepšení stavu struktury půdy můžeme dosáhnout dotací organických hnojiv, a to nejen hnoje, kejdy či kompostu ale i využitím meziplodin na zelené hnojení včetně zařazení leguminóz do systému pěstování polních plodin. I zde však musíme brát zřetel na optimalizaci operací při zpracování půdy, a to jak co se týká hloubky kultivace tak i počtu operací a intenzity kypření. Posklizňové zbytky hlavních plodin, meziplodin, ale i hnůj, kejdu a digestát bychom měli promístit s biologicky nejaktivnější povrchovou vrstvou půdy, a ne zaklopit na dno brázdy do hloubky 20-25 cm. Promísením organických zbytků a hnojiv s biologicky aktivní půdou nastartujeme proces mineralizace, na kterém se podílejí především aerobní půdní bakterie, houby a plísňe. V tomto prostředí pak rozklad těchto zbytků pokračuje procesem humifikace, což po delší časové řadě 3 – 5 let má pozitivní vliv na zvýšení obsahu humusu a jeho kvalitu.

Především v zemědělských podnicích bez živočišné výroby se i v našich podmínkách osvědčuje zařazení přípravků se specifickým účinkem s obsahem organicky aktivních látek a makro i mikro elementů, které působí stimulačně na rozvoj půdních mikroorganismů i kořenů rostlin (Badalíková a kol. 2012). Aplikací půdních bio-stimulantů podpoříme nejprve rozvoj populací aerobních půdních bakterií, hub a plísňí, které svou enzymatickou činností

následně rozkládají organické zbytky v půdě a uvolňují živiny v přístupných formách do půdního roztoku. Jak pro svoji potřebu, tak pro potřebu rostlin. Rostliny pak především svým kořenovým vlášením zásobují tyto populace půdních mikro i vyšších organismů energetickými látkami a odumírající kůra starších kořenů rostlin je i zdrojem uhlíku jako potravy pro tyto půdní organismy.

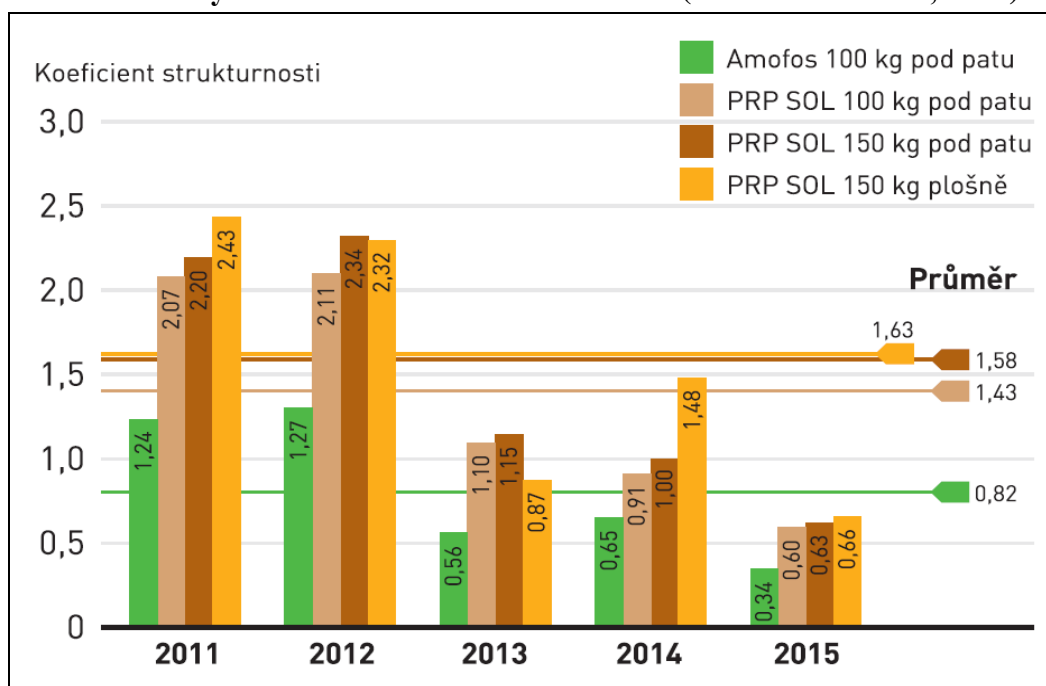
A právě kořeny rostlin včetně mikroorganismů v zóně rhizosféry, ale i makroorganismů jako jsou jejich nejnámější představitelé žížaly, významným způsobem zlepšují strukturu půdy do hloubky celého půdního profilu. Exkrementy žížal jsou velmi cenným zdrojem živin a energie pro mikroorganismy i rostliny a jsou velmi cennými prekurzory humusu. Vytvářením chodbiček vzniká vertikální systém makropórů procházející z povrchu do spodních vrstev půdy. Těmito makropóry pak může do půdy zasakovat větší množství vody, která díky zvyšujícímu se podílu organické složky je v půdě lépe zadržena. Taktéž tento systém chodbiček zlepšuje aeraci půdy, což je dalším předpokladem rozvoje biologické aktivity půdy. Chodbičky jsou vyhledávanými prostory pro růst kořenů rostlin a rozvoj půdních mikroorganismů, které zde mají snazší přístup k živinám. Žížaly tak žijí v těsné symbióze s kořeny rostlin, půdními houbami a dalšími mikroorganismy.

Na půdách v České republice můžeme nalézt až 300 jedinců žížal na metr čtvereční. Při přepočtu na biomasu to odpovídá 500-1000 kg/ha. Tato populace může vyprodukovat 40 t i více exkrementů (koprolitů) za rok, v případě jsou-li pěstovány leguminózy i několikanásobně vyšší objem.

Strukturní půda pak umožňuje snížení počtu operací při kultivaci i redukcí nutného hloubkového kypření či podrývání. To sebou nese i snížení spotřeby nafty, snížení potřeby tahové síly i práce a současně výrazné zlepšení kvality práce strojů a nářadí. Dále pak se zlepšuje přístupnost pozemků pro všechny druhy pojezdů v rámci agrotechnických operací včetně sklizně, což má v důsledku vliv i na výnos a kvalitu produkce. Snížení počtu pojezdů po pozemcích vede i ke snížení zhutnění půdy a odstranění zón technogenního utužení ve větších hloubkách půdního profilu.

Koeficient strukturnosti (KS) je vypočítaná hodnota, kterou se vyjadřuje kvalita půdní struktury. Je to poměr mezi strukturními částicemi (agregáty) a zbytkem půdy v půdním profilu. Hodnoty koeficientu strukturnosti sledovaných v letech 2011-2015 jsou vyjádřeny v grafu č. 4

Graf. 4: Průměrné hodnoty koeficientu strukturnosti po aplikaci PRP SOL na sledovaných variantách v letech 2011-2015 (Badalíková a kol., 2015)



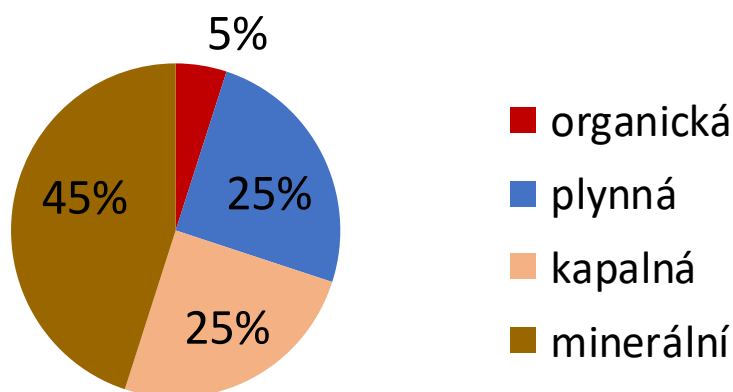
Obr. 12: Zdravá, biologicky aktivní půda dokáže sama zlepšit a udržet optimální půdní strukturu

3. 7. RETENČNÍ KAPACITA PŮDNÍHO FONDU ČR

Zasakování (infiltrace) srážkové vody do půdy je hlavním zdrojem obnovy zásob půdní vláhly a spodní vody. Pro zajímavost 1 m³ strukturní půdy zadržuje přibližně 200 až 500 l vody. To znamená, že 1 ha strukturní půdy s hloubkou profilu 0,5 m může disponovat zásobou 1 - 2,5 mil. litrů vody. Narušením fyzikálních parametrů půdy, hlavně její objemové hmotnosti zhutněním a nepříznivou strukturou půdních agregátů s nízkou vodostí, a tedy tendencí k rozplavování způsobenou slabou biologickou aktivitou v půdě, zásobní schopnost půdy výrazně klesá. Je to zejména tím, že v utužené půdě se výrazně zvyšuje podíl pevné půdní frakce (minerální složky) na úkor frakce plynné a kapalné (Graf č. 3 a 4) Rovněž se snižuje i jímací (retenční) schopnost pro vodu. Nestrukturní půda mimo jiné proto výrazně negativně ovlivňuje hospodaření s vodou v půdním profilu nemluvě o problému eroze, neproduktivním výparu i prokořenění do hloubky půdního profilu. Slabá biologická aktivita půdy způsobuje problémy při obnovování strukturních agregátů.

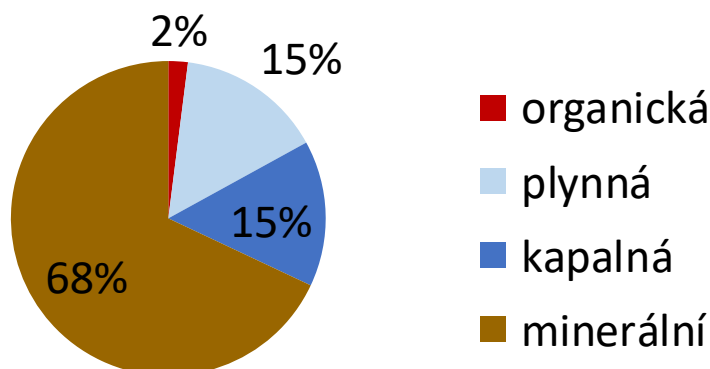
Graf č. 3: Optimální zastoupení půdních frakcí ve zdravé, strukturní půdě

Složení půdy - půdní frakce



Graf č. 4: převaha pevné půdní frakce v degradované, utužené půdě s objemovou hmotností redukovanou vyšší než 1,45 g/cm³

Složení půdy - půdní frakce



Pokud se prostor pro vodu v půdě vlivem zhutnění sníží o 10 %, pak to představuje v orničním horizontu 30 cm objem vody 300 000 litrů na hektar. To odpovídá 30 mm srážek, které by kompletně zasáklely do půdy. Půdní profil je však schopen jimat vodu až do hloubky 1 metru. Pak by snížení vodní kapacity půdy dosahovalo hodnoty 1 000 000 litrů a to odpovídá 100 mm srážek.

Vezmeme-li v potaz tyto skutečnosti, pak vodní retenční kapacita zemědělského půdního fondu České republiky představuje 8 400 000 000 litrů vody. Ovšem další, v tomto případě negativní, skutečností je, že 70 % půd u nás je poškozeno degradací, trpí různým stupněm utužení, erozí, dehumifikací a ztrátou biologické aktivity. Z těchto důvodů je skutečná retenční kapacita našich půd snížena na 5 040 000 000 litrů. Rozdíl tedy činí 3 360 000 000 litrů. Jestliže celková spotřeba vody v ČR v roce 2013 činila 1 700 000 000 litrů, pak voda chybějící v půdě představuje pokrytí této spotřeby na období dvou let. (Vopravil, 2016)

Možnosti řešení

Při dodávání organické hmoty do půdy dle pokynu www.organickahmota.cz, rozšířením uplatňování půdoochranných technologií, podporou a rozšířením pěstování víceletých pícnin apod., lze očekávat zlepšení stavu a zvýšení retenční kapacity půdního fondu ČR z původních 5 040 000 000 m³ vody následovně:

- Do roka: 6 500 000 000 m³ vody
- Do tří let: 6 800 000 000 m³ vody
- Do deseti let: 7 100 000 000 m³ vody

Tento odhad dopadů optimalizace hospodaření na retenční schopnost půdy vychází z výsledků měření realizovaných v provozních podmínkách na vybraných zemědělských podnicích v ČR. Pozitivní je to, že nejvyšší efekt hned po aplikaci zlepšujícího opatření je dosahován už v prvním roce.

Aplikace půdních bio-stimulantů

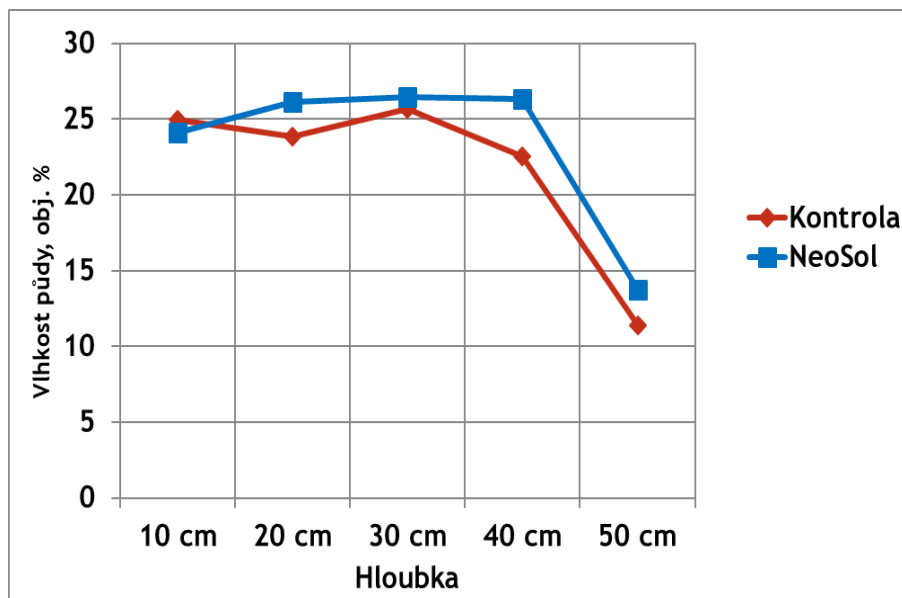
Půdní bio-stimulanty velmi rychle po aplikaci iniciují zvýšení biologické aktivity půdy. Následně dochází i na degradovaných půdách ke zlepšení fyzikálních půdních vlastností především zlepšení půdní struktury, snížení utužení půdy a zlepšení pórovitosti. V oblasti chemických vlastností je to zejména zvýšení podílu organické složky půdní. Ve svém důsledku to znamená optimalizaci zastoupení půdních frakcí a zlepšení vodního a vzdušného režimu.

Realizace půdního profilu 9. 11. 2017 – zlepšování půdní struktury

(Obrázky 13, 14 a 15, graf č. 5)

Graf č. 5: Agrotechnický popis půdního profilu 9. 11. 2017

Komentář aktuální vlhkosti půdy v % objemových, Ing. Lubomír Marhavý, Bioprutex s. r. o.



NEOSOL

- rovnoměrnější rozložení vlhkosti a plynulejší zasakování vláhy do hloubky půdy
- rychlejší zasakování vody do hloubky a tvorba vyšší zásoby půdní vláhy
- přestože technologie zpracování půdy je stejná na všech variantách, není zde patrné žádné technogenní utužení

KONTROLA

- nerovnoměrné rozložení vlhkosti v půdě a horší plynulost zasakování vody
- v jednotlivých horizontech mírné změny vlhkosti způsobené rozdílným utužením půdy vzniklým v důsledku zpracování půdy – půda ztratila pružnost.

V případě použití půdních bio-stimulantů se prokazatelně zvyšuje podíl organické složky půdní především díky zvýšení objemu biomasy kořenů (až o 300 %) a zvýšení podílu půdních mikro a makroorganismů, a to až o 200 %.

Zařazením půdních biostimulantů do plodinových systémů se dá reálně zkrátit interval zvýšení retenční vodní kapacity půdy o 2 až 3 roky.

V celém horizontu půdního profilu po aplikaci půdního bio-stimulantu NEOSOL, jsou viditelně více zastoupeny kořenové zbytky, které jsou výrazněji zastoupeny i v zóně spraše. V přechodové zóně od 40 cm je v profilu ošetřovaném biostimulantem viditelnější i posun organicky stabilních látek směrem do spraše = potvrzení pozitivní změny fyzikálních parametrů půdy s následným rovnoměrnějším pohybem vody a živin v celém profilu.

Obr. č. 13: Půdní profil na kontrolní variantě hnojené klasicky NPK



Obr. č. 14: Půdní profil na variantě s bio-stimulantem NEOSOL



Kontrola



**Půdní bio-stimulant
NEOSOL**

Obr. 15: Výřez půdními profily

3. 8. VODNÍ REŽIM V PŮDNÍM PROFILU A DOPAD NA VÝNOS KUKUŘICE

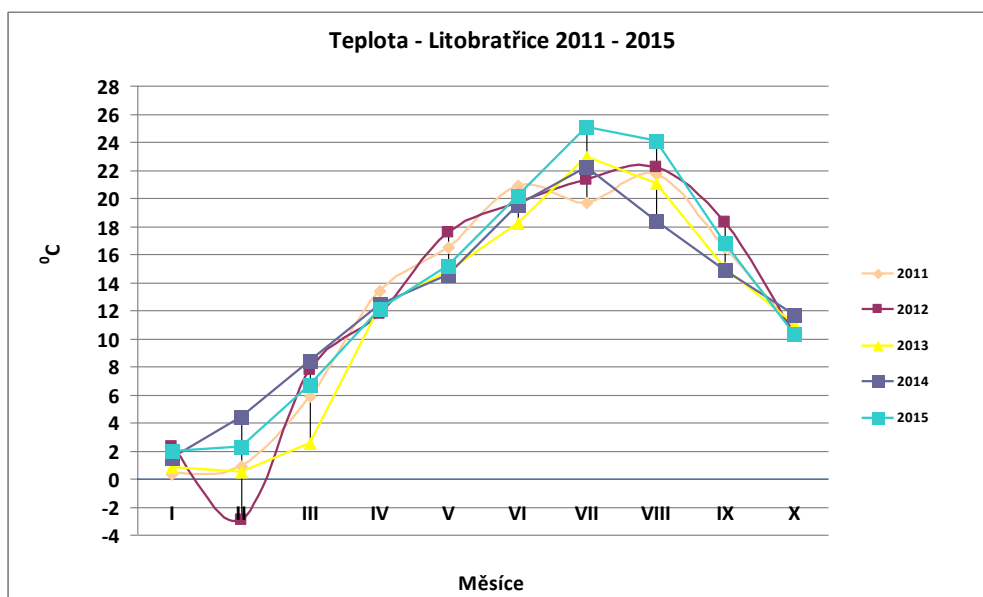
Pro sledování půdních vlastností po aplikaci půdních bio-stimulantů byl založen na jaře roku 2011 stacionární dlouhodobý pokus na pozemcích Agrocentra v Hrušovanech nad Jevišovkou v katastru obce Litobratřice (kukuřičná výrobní oblast, klima regionu T4), kde byla cíleně v monokultuře pěstována kukuřice na zrno z důvodu vyloučení vlivu střídání plodin. Půda je zde zařazena do černozemi modální na spraši, středně těžká až těžká, zrnitostně hlinitá až jílovitohlinitá půda, orníční horizont sahá do 0,4 m. Na základě výsledků získaných pětiletým sledováním (2011 – 2015) fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy s použitím různých dávek půdního přípravku PRP SOL (NEOSOL – inovovaná formulace produktu) bylo zjištěno, že přípravek pozitivně působí na zlepšení půdních vlastností. Byly prokázány zlepšení fyzikálních vlastností půdy, což způsobilo pokles utužení půdy, zlepšení její struktury, následně lepší schopnosti zadržet půdní vodu a lepší vzdušný režim v půdě. To bylo prokázáno i statistickým hodnocením výsledků. Současně byl sledován i vývoj biologické aktivity půdní, jako důležitého ukazatele změn celkového stavu půdních podmínek.

Odborným garantem a realizátorem hodnocení půdních vlastností i výsledků byl tým výzkumníků ze Zemědělského výzkumu spol. s r. o. Troubsko pod vedením Ing. Barbory Badalíkové.

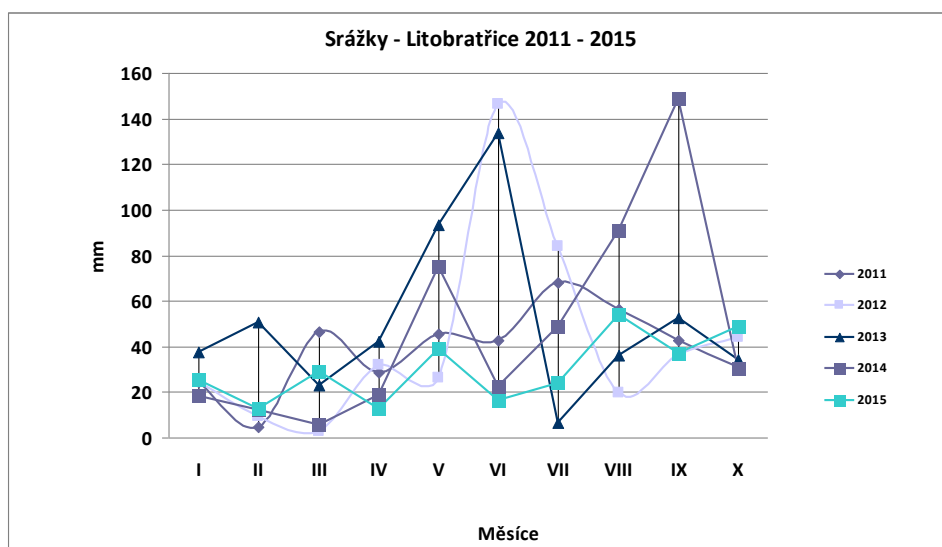
Klimatické podmínky: lokalita se nachází v kukuřičné výrobní oblasti, v nadmořské výšce 210 m a patří do klimatické oblasti T4 - nejteplejší. Uplatňuje se zde srážkový stín českomoravské vrchoviny. Dlouhodobé srážky se v tomto regionu pohybují v průměru kolem 461 mm, z toho během vegetace 302 mm a dlouhodobá průměrná roční teplota bývá 8,9 °C, z toho ve vegetačním období 15,3°C. V roce 2015 však byla naměřena během vegetační doby suma srážek 212 mm a průměrná teplota 17,2 °C, což je o 90 mm méně srážek a o 1,9 °C vyšší teplota, než je dlouhodobý průměr.

Průběh počasí během let 2011 – 2015 je zobrazen v grafu 6 (průměr měsíčních teplot) a v grafu 7 (sumy měsíčních srážek).

Graf č. 6: Průměrné měsíční teploty za sledované období



Graf č. 7: Suma měsíčních srážek za sledované období



V rámci projektu byly sledovány fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy a výnosy hlavní plodiny kukuřice na zrno.

Vzorky půdy byly odebírány v průběhu vegetačního období ze čtyř založených variant v rámci hodnocení vlivu aplikace a dávek PRP NEOSOL na půdní prostředí:

A Varianta kontrolní – bez PRP SOL (NEOSOL), minerální hnojení N na široko, P pod patu

B Varianta N + 100 kg přípravku PRP SOL (NEOSOL) aplikace pod patu, bez P a K

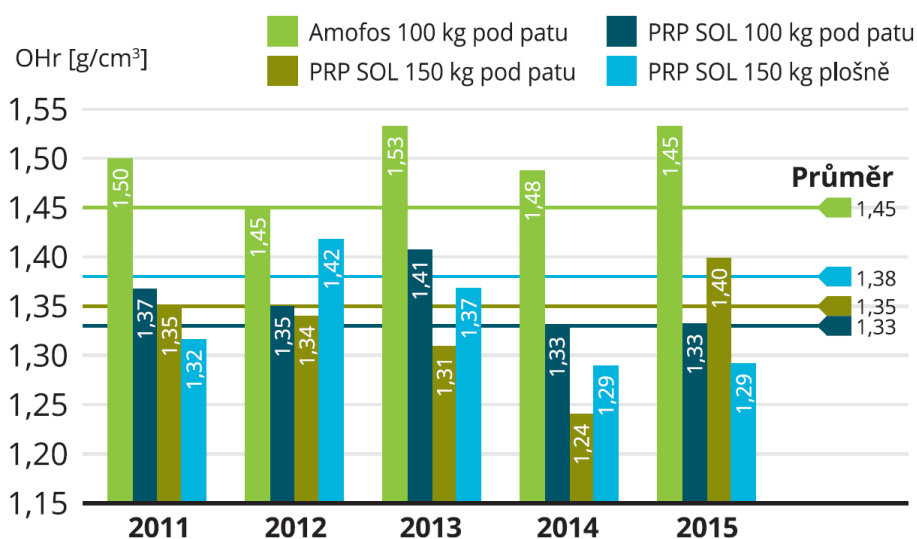
C Varianta N + 150 kg přípravku PRP SOL (NEOSOL), aplikace pod patu, bez P a K

D Varianta N + 150 kg přípravku PRP SOL (NEOSOL), aplikace plošně bez P a K

Výsledky

Zlepšení fyzikálních půdních vlastností ukazují následující graf č. 8 a tabulky č. 11, 12, 13, 14.

Graf č. 8. Objemová hmotnost redukovaná, ukazatel stavu utužení půdy, kdy hodnoty nad 1,45 g.cm⁻³ znamenají půdu utuženou.



Celkový výsledný stav fyzikálních vlastností půdy včetně vodního a vzdušného režimu znázorňuje následující tabulka č. 11.

Tab. 11: Fyzikální vlastnosti půdy – Litobratřice 2015

varianta	Hloubka půdy (m)	Objemová hmotnost red. (g.cm ⁻³)	Celková pórovitost (%)	Momentální obsah		Max.kapilár. kapacita	Min.vzduš. kapacita
				vody	vzduchu		
				%obj.		%obj.	
A	0 - 0,1	1,28	51,21	17,39	33,81	39,22	11,98
	0,1 - 0,2	1,47	43,88	24,90	18,97	33,76	10,12
	0,2 - 0,3	1,59	39,15	27,63	11,52	30,70	8,45
	0 - 0,3	1,45	44,75	23,31	21,44	34,56	10,18
B	0 - 0,1	1,13	56,69	12,77	43,93	39,41	17,28
	0,1 - 0,2	1,42	45,82	26,52	19,30	34,46	11,37
	0,2 - 0,3	1,44	45,06	25,20	19,86	32,76	12,30
	0 - 0,3	1,33	49,19	21,50	27,70	35,54	13,65
C	0 - 0,1	1,26	51,99	19,04	32,96	38,11	13,88
	0,1 - 0,2	1,50	42,71	24,78	17,93	31,23	11,48
	0,2 - 0,3	1,43	45,51	25,61	19,90	33,05	12,46
	0 - 0,3	1,40	46,74	23,14	23,60	34,13	12,61
D	0 - 0,1	1,14	56,45	15,35	41,10	39,72	16,73
	0,1 - 0,2	1,34	48,83	24,22	24,61	33,11	15,72
	0,2 - 0,3	1,39	46,81	25,03	21,78	33,61	13,20
	0 - 0,3	1,29	50,70	21,53	29,16	35,48	15,22

Snížení utužení půdy, zlepšení struktury půdy a pórovitosti znamenalo celkové zlepšení vodního i vzdušného režimu v půdě. Rovněž byl zaznamenán velmi výrazný nárůst obsahu půdní biomasy.

Biomasa je pro půdu definována jako žijící část organické hmoty.

V tabulce č. 12 jsou uvedeny průměrné hodnoty půdní biomasy mikrobiálního uhlíku (Cmic). Biomasa rostlinných kořenů, živočišná biomasa a biomasa mikroorganismů je důležitou složkou pro správné fungování půdního ekosystému. Vyšší dostupnost uhlíku by mělo zvýšit možnost růstu mikroorganismů a tím by mělo dojít i k vyšším hodnotám množství mikrobiálního uhlíku.

Tab. č. 12: Průměrné hodnoty Cmic (µg C/g sušiny) v půdní biomase za roky 2011- 2015

Varianta	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
A	218,00	115,5	261,16	220,5	124,85	188,00
B	205,00	162,73	441,43	290,5	110,2	241,97
C	202,67	112,37	431,33	570,83	92,27	281,89
D	210,00	153,37	466,33	270,37	105,19	241,05

V průběhu realizace projektu byla měřena i infiltrace vody do půdního profilu, kde byly na variantě D - PRP SOL 150 kg.ha⁻¹ plošně zaznamenány hodnoty až čtyřnásobně vyšší oproti kontrole (Kroulík, 2016)

To vše sebou přineslo i lepší využití živin a celkové zlepšení výnosů kukuřice i finančního výsledku.

Tab. č. 13: Průměrné hodnoty výnosu zrna kukuřice (t/ha, při 14 % vlhkosti) v letech 2011-2015

Varianta	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
Amofos 100 kg pod patu	10,52	5,65	7,48	3,36	7,13	6,83
PRP SOL 100 kg pod patu	10,85	5,99	8,29	3,82	12,62	8,31
PRP SOL 150 kg pod patu	11,63	7,52	8,10	3,10	13,29	8,73
PRP SOL 150 kg plošně	11,48	7,19	8,45	3,91	16,23	9,45

Tab. č. 14: Celkový finanční přínos aplikace technologie půdních bio-stimulantů

Varianta	2011		2012		2013		2014		2015		Celkem
	Výnos v t/ha	Přínos v Kč/ha	Výnos v t/ha	Přínos v Kč/ha	Výnos v t/ha	Přínos v Kč/ha	Výnos v t/ha	Přínos v Kč/ha	Výnos v t/ha	Přínos v Kč/ha	
Amofos 100 kg pod patu	10,52	0	5,65	0	7,48	0	3,36	0	7,13	0	0
PRP SOL 100 kg pod patu	10,85	1 318	5,99	1 371	8,29	3 241	3,82	1 851	12,62	21 960	29 741
PRP SOL 150 kg pod patu	11,63	4 459	7,52	7 470	8,10	2 499	3,10	-1 050	13,29	24 640	38 018
PRP SOL 150 kg plošně	11,48	3 854	7,19	6 150	8,45	3 895	3,91	2 207	16,23	36 400	52 505

V posledních letech je klíčovým faktorem úspěchu udržení vody v půdním profilu. Celkový úhrn srážek se nikterak výrazně neliší od dlouhodobého průměru, ale jejich rozložení během roku i intenzita jednotlivých srážkových případů bude nutit zemědělce hledat nová, účinná a nenáročná řešení vedoucí ke zvýšení infiltrace vody do půdy, snížení evaporace a celkové zvýšení retenční schopnosti půdy.

Jako velmi efektivním, s ohledem na výše uváděné výsledky, se v našich podmínkách jeví využití půdních bio-stimulantů.

3. 9. DOPAD ZLEPŠENÍ PŮDNÍCH PODMÍNEK NA EKONOMIKU ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU

Aplikace půdních bio-stimulantů jsou strategickým řešením. Tyto produkty se aplikují na vybrané pozemky bez ohledu na pěstované plodiny, půdní typ, či půdní druh a nejsou limitovány ani režimem hospodaření nebo technologií zpracování půdy.

Jejich aplikace je velmi jednoduchá a nevyžaduje tudíž žádnou speciální techniku. Vzhledem k tomu, že při jejich použití je možné snížit dávky běžných průmyslových hnojiv, nevyžadují ani náklady navíc. Ty jsou kompenzovány úsporou základních vstupů.

Vzhledem k tomu, že management zemědělských podniků v ČR stále ještě vidí využití půdních bio-stimulantů jako zbytečnou investici s odvoláním na to, že půda není v jejich vlastnictví a nevnímají přidanou hodnotu této technologie, využíváme zde výsledků z podniků v zahraničí, hlavně na Slovensku.

Zvýšení účinnosti živin a snížení aplikačních dávek průmyslových hnojiv

Jak je podrobně popsáno v kapitole 2.2. **Současný stav využitelnosti živin** v této metodice, aplikace půdních bio-stimulantů zabezpečuje vyšší využitelnost živin N P K v řádech několika procent a rovněž ve stejných intencích jsou redukovány jejich ztráty.

Následující tabulka č. 15 ukazuje možnosti snížení dávek průmyslových hnojiv. Tento přístup nejenže nemá negativní dopad na výši výnosů plodin a kvalitu produkce, ale je to i jedna z možností snížení chemické zátěže a eliminace negativních dopadů jednostranné minerální výživy rostlin na půdní biologické systémy.

Tab. č. 15: Možné úspory nákladů na hnojiva při použití půdních bio-stimulantů

HNOJIVO	OBSAH čž	CENA čž		DÁVKA čž	NÁKLADY Kč/ha	ÚSPORA	
	kg/lt	Kč/t	Kč/kg	kg/ha		%	Kč/ha
Močovina	460	10 000	22	160	3 913	30	1 043
Amofos	520	13 000	25	52	1 300	50	650
Draselná sůl	600	12 000	20	60	1 200	100	1 200
Vápenec	800	500	0,625	2 400	1 500	60	900
CELKEM							3 793

pozn.: čž – čistých živin

Snížení nákladů na základní agrotechniku

V zemědělském podniku AGRAFA Horovce s. r. o. (SK), byl půdní bio-stimulant - NEOSOL využíván při výrobě siláží pro potřeby bioplynové stanice v letech 2009-2012 na celé výměře 400 ha. Výsledky těchto technologií byly každoročně hodnoceny nejen v oblasti výnosů a ekonomiky výroby, ale byl hodnocen i dopad na jednotlivé kategorie základních vstupů. Nejvyšší přínosy byly dosaženy v oblasti základní agrotechniky, především díky úsporám nákladů na zpracování půdy, jak ukazuje následující tabulka č. 16:

Tab. č. 16: Úspora nákladů na základní agrotechniku dosažená změnou technologie

Standardní technologie (do roku 2008)					Systém hospodaření s NEOSOL (od roku 2009)				
Druh operace	Náklady		Spotřeba nafty		Druh operace	Náklady		Spotřeba nafty	
	€/ha	Celkem €	l/ha	celkem l		€/ha	Celkem €	l/ha	Celkem l
mulčování strniště	15	6 000	6	2 400	mulčování strniště	15	6 000	6	2 400
aplikace digestátu	45	18 000	5	2 000	aplikace digestátu	45	18 000	5	2 000
zapravení digestátu	28	11 200	12	4 800	zapravení digestátu	22	8 800	10	4 000
podrývání (30 cm)	48	19 200	20	8 000	podrývání (20% plochy)	42	3 360	15	1 200
Roundup management	23	9 200	3	1 200	Roundup management	23	9 200	3	1 200
aplikace digestátu	45	18 000	5	2 000	aplikace digestátu	45	18 000	5	2 000
příprava na setí	25	10 000	8	3 200	příprava na setí	22	8 800	6	2 400
setí kukuřice s přihnojením	41	16 400	6	2 400	setí kukuřice s přihnojením	41	16 400	6	2 400
aplikace herbicidů	8	3 200	3	1 200	aplikace herbicidů	8	3 200	3	1 200
přihnojení PPL	22	8 800	6	2 400	přihnojení PPL	22	8 800	6	2 400
sklizeň + odvoz hmoty	104	41 600	60	24 000	sklizeň + odvoz hmoty	104	41 600	60	24 000
silážování do vaků	132	52 800	8	3 200	silážování do vaků	132	52 800	8	3 200
Celkem	536	214 400	142	56 800	Celkem	521	194 960	133	48 400
Rozdíl - úspora	15	19 440		8 400					

Závěrečný komentář k výsledkům v tabulce č. 16:

1. Snížení spotřeby nafty při kultivaci půdy je důsledkem zlepšení fyzikálních vlastností půdy, zejména lepší struktury v celém půdním profilu, vyrovnanější vlhkosti a lepší stability půdních agregátů. Největší úspora nafty (6 800 l ročně) je u operace podrývání.
2. Podrývání 20 % plochy je pouze na utužených místech určených pomocí satelitních snímků a po upřesnění rekognoskací v terénu
3. Náklady na silážování jsou počítány při průměrném výnosu hmoty 46 t/ha při sušině 33 %
4. Aplikace NEOSOL, není nákladem navíc, je to náhrada Amofosu ve stejné dávce (100 kg/ha pod patu) při srovnatelné ceně.

Dalším příkladem z praxe (opět ze zahraničí), je společnost MATEX Veškovce (SK), kde po dvou letech implementace technologie bio-stimulace půdy došlo ke zvýšení produkční schopnosti polí v průměru o více než 20 %, viz tabulka č. 17. Jako modelový půdní blok pro ekonomická hodnocení byl vybrán pozemek Irtáš o výměře 86 ha, který patřil k dlouhodobě podprůměrným co do výše produkce (tabulka č. 18).

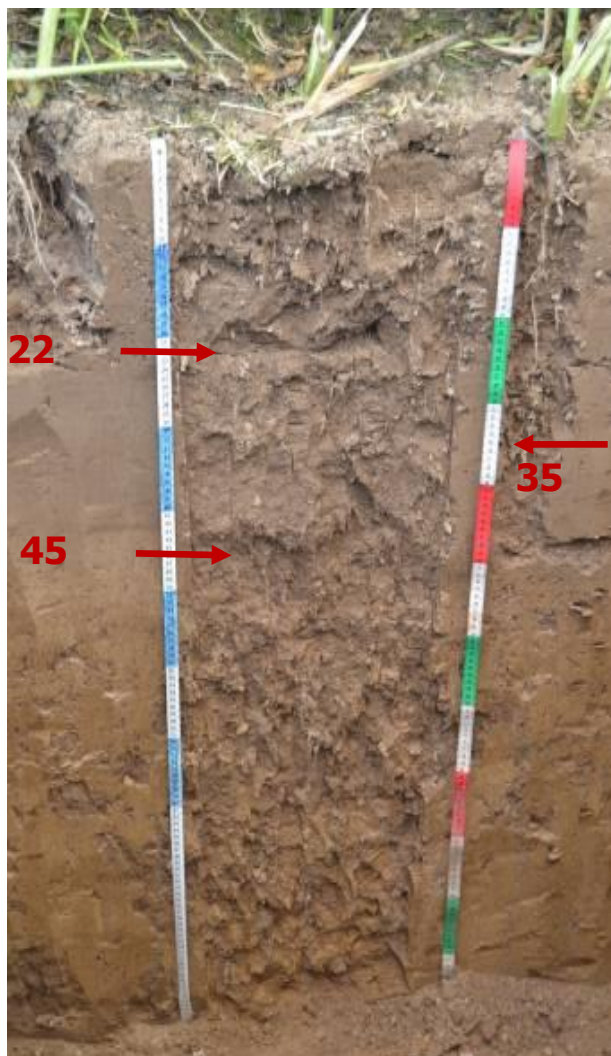
Tab. č. 17: Historie dosažených výnosů, porovnání plodin

Rok	Plodina	Výnos t.ha ⁻¹	Rok	Plodina	Výnos t.ha ⁻¹	Rozdíl t.ha ⁻¹	Rozdíl %
2006	Sója	2,68	2010	Sója	3,35	0,67	25
2007	Pšenice	4,51	2011	Pšenice	5,45	0,94	21
2008	Řepka	3,04	2012	Řepka	3,89	0,85	28
2009	Obilniny	4,88	2013	Pšenice	6,71	1,83	38

Tab. č. 18: Vývoj zlepšení produkční schopnosti – Irtáš ve srovnání s průměrným výnosem na podniku

Rok	Plodina	Ø výnos Irtáš (86 ha) t.ha ⁻¹	*Výměra ha	Ø výnos plodiny t.ha ⁻¹	Rozdíl %
2010	Sója	3,35	350	3,61	-7,81
2011	Pšenice	5,45	694	4,92	9,69
2012	Řepka	3,89	309	3,53	9,20
2013	Pšenice	6,71	719	5,79	13,68

* Výměra plodiny v podniku v daném roce snižená o výměru pozemku Irtáš (86 ha)



Půdní profil po aplikaci bio-stimulantu NEOSOL viz obr. 16:

- Poměrně homogenní struktura bez výraznějšího utužení.
- Křivý kořen řepky do hloubky 35 cm a vlásečnicové prokořenění i v hloubce 120 cm.
- Mírně ulehnutá půda v zóně 25 až 35 cm v důsledku vnikání vlhkosti na jaře 2013.
- Obnovená drobtovitá struktura do hloubky předseťové přípravy na 22 cm.

Zlepšení struktury půdy ve finále znamenalo na výměře 1 860 ha snížení spotřeby nafty na kultivaci o 22 000 litrů ročně.

To představovalo celkovou úsporu 22 000 €

Obr. 16: Půdní profil po aplikaci bio-stimulantu NEOSOL

Dalším příkladem zlepšení hospodářského výsledku zemědělského podniku v návaznosti na využití půdních bio-stimulantů a následné změny půdních vlastností je AGROVIS Rimavská Sobota (SK), kde se tyto technologie v provozních podmínkách uplatňují od roku 2010.

Ekonomická hodnocení, která uvádějí tabulky č. 19, 20, 21, jsou v uvedeném rozsahu realizována od roku 2013, kdy byla technologie rozšířena prakticky na všechny strategické pozemky.

Tab. č. 19: Podíl technologie s půdními bio-stimulanty na aktuálně osevané ploše v letech (KT = konvenční technologie)

Rok	Výměra (ha)				
	PRP	KT	Spolu	PRP/KT	PRP
2013 - 2014	942	3 052	3 994	31 %	24 %
2014 - 2015	879	2 669	3 548	33 %	25 %
2015 - 2016	1 117	1967	3 084	57 %	36 %

Tab. č. 20: Hodnocení výnosů plodin v t/ha dle technologie

ZVÝŠENÍ ÚRODY	2013 - 2014			2014 - 2015			2015 - 2016		
	PRP	Kontrola	Rozdíl	PRP	Kontrola	Rozdíl	PRP	Kontrola	Rozdíl
Kukuřice na zrna	9,73	7,35	32 %				10,06	9,11	10 %
Sója	3,84	3,34	15 %	2,15	1,85	17 %			
Pšenice ozimá	6,78	5,77	18 %	7,17	5,88	22 %	6,57	5,71	15 %
Ječmen ozimý							8,2	6,79	21 %
Slunečnice							3,92	3,57	10 %

Tab. č. 21: Kumulovaný hospodářský výsledek a finanční přínos celkem

PRP Kumulovaný HV	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016
Kukuřice na zrna	9 871	-	5 415
Sója	19 276	29 533	-
Pšenice ozimá	37 607	18 211	4 806
Ječmen ozimý	-	-	15 506
Slunečnice	-	-	1 204
Celkem v €	66 755	47 744	26 931
Celkem za sledované období v €	141 429		

Z výše uvedených výsledků je patrné, že věnovat systémovou péči zlepšování základních půdních vlastností se vysoce pozitivně projeví na výsledku hospodaření každého zemědělského podniku (obr. 17).



Obr. 17: Mechanicky jsme schopni ovlivňovat pouze vrchní vrstvy půdy do 30 cm. S těžkou technikou však nelze kalkulovat se zlepšením půdních vlastností do větší hloubky.

3. 10. SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ A PŘEDCHOZÍ ŘEŠENÍ

Pokud by všechna současná řešení, prezentována v rámci precision farming byla účinná, pak by degradace půdy nemohla být na takové úrovni na jaké ve skutečnosti je.

Od dílčích inovací k systémovým řešením

1. Současná technická řešení v oblasti zpracování půdy směřují k dokonalejšímu prokypření půdního profilu do hloubky. U orebných technologií je snaha o dokonalé zapracování posklizňových (organických) zbytků a rozdrobení brázdy. U bezorebných technologií je trend slučování několika operací do jednoho pojezdu, tedy kombinace různých pracovních orgánů na rámu jednoho stroje. Téměř všechny nové konstrukce tohoto typu jsou prezentovány v souvislosti s precizním zemědělstvím. Byť nové technologie zpracování půdy se často uvádějí, jako půdoochranné nelze říct, že vždy je to pravdou. Pokud by to tak bylo, pak dynamika degradace půdy by nenabírala takové turbulence.

2. Taktéž většina základních vstupů v oblasti osiv, hnojiv, pesticidů je výrobci uváděna jako inovace směřující k vyšším výnosům, šetření půdy a zvýšení rentability výroby. Bylo by to reálné, pokud by půda byla v pořádku. V současné době se však ceny těchto vstupů zvýšily o 200-300 %, oproti cenám okolo roku 2000, avšak výnosy hlavních plodin i ceny komodit se zvýšily pouze o 10-30 % a zemědělská výroba je rentabilní ve většině případů pouze díky dotacím.

3. Komplexní systém péče o půdu prakticky neexistuje. Je narušena uhlíková bilance i rovnováha všech přirozených půdních procesů. Za této situace veškeré inovace v oblasti zemědělské techniky, osiv, hnojiv i pesticidů se stávají kontraproduktivními.

4. Inovativní v našem řešení je systémové propojení všech výše uvedených vstupů a kategorií při respektování konkrétních půdně klimatických podmínek se zaměřením především na zlepšení všech důležitých půdních vlastností cestou výrazného zvýšení biologické aktivity půdní. A to jak v oblasti mikrobiologie, tak i v oblasti makrobiologie s uplatněním vybraných půdních bio-stimulantů.

V návaznosti na to je reálné očekávat i zlepšení fyzikálních vlastností půdy především vodního a vzdušného režimu a taktéž zlepšení managementu vody v půdě a využitelnosti živin především z přírodních zdrojů. Pak se zhodnotí všechny dílčí inovace v oblasti základních vstupů i zemědělské techniky. Do budoucna je reálné touto cestou zlepšit rentabilitu zemědělské výroby a snížit závislost na dotacích.

4. DOPORUČENÍ PRO ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Na základě dlouhodobých výsledků dosahovaných v projektech, a hlavně v praxi v podmínkách ČR lze významného zlepšení dosáhnout aplikací půdních bio-stimulantů, to je přípravků na bázi organických látek a specifického poměru makro i mikro elementů. Cílem a výsledkem jejich použití je zlepšení biologické aktivity, půdní struktury, managementu vody a vzduchu v půdě a transport organické složky půdní do hloubky zlepšením prokořenění.

Funkce a cíle využití bio-stimulantů

Bio-stimulace jsou metody využívající podpory přirozených biologických procesů k harmonizaci pochodů (procesů) v přírodě.

Bio-stimulanty v rostlinné výrobě jsou látky, případně produkty, které ovlivňují především rozvoj živých organismů v půdě (půdní bio-stimulanty) a stimulací fyziologických procesů v rostlinách (rostlinné bio-stimulanty).

Mezi stimulanty používané v zemědělství patří různé prvky, sloučeniny a mikroorganismy, které se aplikují na rostliny nebo do půdy s cílem zlepšit její úrodnost, výnosy a kvalitu produkce a toleranci rostlin k abiotickým i biotickým stresům.

Bio-stimulanty podporují, jak zlepšení půdního prostředí, tak i růst a vývoj rostlin po celý jejich životní cyklus od klíčení semen po stádium zralosti, a to v mnoha směrech, mezi které patří především:

- Zvýšení úrodnosti (produkční schopnosti) půdy především podporováním rozvoje společenstev půdních mikroorganismů a rozvoje rhizosféry
- Zlepšení všech základních půdních vlastností biologických, fyzikálních i chemických.
- Zvýšení efektivnosti využívání vody (zlepšení hospodaření s vodou).
- Zvýšení efektivnosti rostlinného metabolismu s cílem zvýšit výnos a kvalitu produkce.
- Zvýšení tolerance a zlepšení regenerace rostlin ve stresových podmínkách.
- Usnadnění asimilace transportů a využití živin a metabolitů.
- Zlepšení kvalitativních parametrů produktů včetně obsahů cukrů, vybarvení, násady plodů a chuťových vlastností jakož i zdravotního stavu finálních produktů.

Rostlinné bio-stimulanty jsou přípravky, které obsahují látky nebo mikroorganismy, jež po aplikaci na listovou plochu rostlin nebo do půdy stimulují základní přírodní procesy důležité pro optimální růst a vývoj rostlin a komunikaci mezi půdou a rostlinami. Půdní preparáty se aplikují většinou na povrch půdy s následným mělkým zapravením nebo při setí do oblasti set'ového lůžka.

Jejich primárním úkolem je zvýšit úroveň fungování rhizosféry s cílem zlepšit asimilační procesy v rostlinách, zvýšit využití vody a živin a zlepšit odolnost vůči abiotickým i biotickým stresovým faktorům. Finálním a nejdůležitějším cílem je vždy dosáhnout lepších výnosů a lepší kvality produkce. To vše bez závislosti na jejich hnojivém účinku v případě, že obsahují významný podíl základních živin.

S ohledem na aktuální situaci v oblasti sledovaných půdních vlastností na vybraných pozemcích a způsob hospodaření zemědělského podniku, to je především orientace na produkci tržních plodin bez živočišné produkce lze doporučit následující opatření:

1. Posklizňové organické zbytky rostlin po sklizni plodin rozdrtit a ponechat na pozemcích
2. Optimalizovat procesy mineralizace a humifikace organických zbytků včetně kořenového systému rostlin pomocí aplikace půdního bio-stimulantu Neosol. Aplikaci realizovat okamžitě po sklizni na posklizňové zbytky s následným mělkým zapravením do půdy.
Doporučená dávka 150 kg/ha při první aplikaci, 120 Kg/ha při druhé aplikaci a dalších aplikacích.
3. Podpořit mineralizaci organických zbytků a rozvoj kořenového systému plodin aplikací bio-stimulantu rhizosféry Explorer 20, při setí pod patu, především u širokořádkových plodin. V případě setí jarních plodin využít možnosti zvýšení podílu organické složky půdní výsevem meziplodin nebo dle možnosti využít organická hnojiva pocházející ze živočišné výroby ale i jiných zdrojů (kaly z ČOV, digestát, separát, komposty)
4. Aplikací rostlinných bio-stimulantů na list stimulovat růst kořenů pěstovaných plodin a posílit tak rozvoj půdní mikrobiologie, čímž současně dosáhneme nejen zlepšení celkové kondice pěstovaných plodin ale i zvýšení objemu organické hmoty pocházející z kořenové soustavy rostlin a z odumřelých půdních mikro a makro organismů.
5. Na základě monitoringu aktuálního stavu půdy pečlivě řídit jednotlivé operace při zpracování půdy i v rámci běžné agrotechniky s cílem maximální možné míře eliminovat počty přejezdů.
6. Upravit půdní reakci vápněním, avšak použít velmi jemně mleté vápence nebo dolomitické vápence v dávkách polovičních oproti běžně uváděným dle potřeby vápnění.

Cílem řešení je uvést do rovnováhy biologické půdní systémy v zájmu optimalizace půdních procesů pomocí produktů se specifickým poměrem minerálních látek a stopových prvků – půdních bio-stimulantů, které budou systémově začleněny do pěstebních technologií. Jsou rychlým a hlavně účinným řešením. Na zdravé půdě pak logicky prosperují zdravé rostliny. Předpokládá se, že zdravější, méně chemicky kontaminované, chutnější a výživnější produkty budou více poptávány konzumenty. Zlepší se i celková image zemědělství z pohledu dopadu hospodaření na životní prostředí.

5. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Úkolem je pochopit půdu a její využití jako systém, dále ho rozvíjet a optimalizovat ve vztahu k měnícím se ekologickým a ekonomickým podmínkám.

Nejdůležitějším úkolem a cílem této metodiky je poskytnout odpovídající podněty a pomoc zemědělské praxi se současnou situací stavu půdy.

Tuto publikaci doporučujeme zemědělské praxi, stejně tak i politikům, a těm odpovědným osobám, které hovoří o ochraně klimatu, půdy, vody. Navzdory katastrofálním následkům permanentního ničení půdy (odlesňování, neodborné zpracování půdy, či jejího zastavování). Navzdory mnoha konferencím o klimatu a suchu, jakož i vědeckým poznatkům, je pocíťován nedostatek politické vůle prosadit „zdravé zemědělství“ jako důslednou ochranu klimatu, půdy a vody cestou masivní podpory vzdělávání zemědělské praxe, výzkumu a vývoje.

„Ani ocel nedokáže to, co dokáží kořeny rostlin“



6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- Badalíková B., Novotná J., Pospíšilová L. 2016: Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze. Uplatněná certifikovaná metodika 33/16, Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko, 41 str. ISBN 978-80-88000-10-5.
- Badalíková B., Bartlová J. 2015: Possibilities of elimination of water erosion on slopes. In Proc. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2015, Albena 18-24 June, Bulgaria, pp. 255-262 ISBN 978-619-7105-37-7, ISSN 1314-2704.
- Badalíková B., 2015: Možnost zamezení degradace půdy pomocí půdních přípravků. In: Sborník Mezinárodní rok půdy, Asociace soukromého zemědělství ČR, s. 12-14.
- Badalíková B., 2014: Budoucí prioritá voda. (Future priorities – water). Zemědělský týdeník 18/2014, roč. XVIII, s. 8-11.
- Badalíková B. (2013): Pomocný přípravek PRP SOL. Zemědělský týdeník, Poľnohospodársky týždenník 72013, s. 10-12
- Badalíková, B. 2012: Zlepšení půdních vlastností pomocí aplikace podpůrného přípravku. Úroda 12, vědecká příloha, LX, s. 85-90. ISSN 0139-6013.
- Birkás M.; 2002. Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés. (Ekologické a energeticky efektivní zpracování půdy). Gödöllő. Akaprint Nyomdaipari Kft., 25-97.
- Brtnický Martin: Degradace a regenerace krajiny: krajina, těžba, půda, voda: monografie. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-583-6.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil 383, 3–41. 10.1007/s11104-014-2131-8
- Chen, G., Weil, R. R., 2010. Penetration of cover crop roots through compacted soils. Plant Soil 331, 31–43.
- Crittenden, S. J. a R. G. M. De Goede. Original article: Integrating soil physical and biological properties in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *European Journal of Soil Biology*. 2016, **77**, 26-33. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2016.09.003. ISSN 11645563.
- Damaška J., Voplakal K.: Ukazatelé fosforečného režimu půd v závislosti na intenzitě hnojení. Rostlinná výroba 27, 1981, 5, 503-509
- Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hortic*. 196, 3–14. 10.1016/j.scienta.2015.09.021
- Fiala, R., Kohut, M., Chuchma, F., Rožnovský, J. 2016: Zemědělské sucho na území České republiky v roce 2015. Konference: In sborník příspěvků z mezinárodní konference "Půdní a zemědělské sucho v Kutné Hoře 2016. VÚMOP, Str.: 66-81. ISBN 978-80-87361-55-9.
- Gregorich E. G., Carter M. R., Angers D. A., Montreal C. M., Ellert B. H. (1994): Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, 74, 367-385.
- Haydu-Houdeshell, Carrie-Ann, Robert C. Graham, Paul F. Hendrix a Adam C. Peterson. Soil aggregate stability under chaparral species in southern California. *Geoderma*. 2018, **310**, 201-208 DOI: 10.1016/j.geoderma.2017.09.019. ISSN 00167061.
- Jakšík, O, Kodešová, R., Kubiš A., Stehlíková I., Drábek O., Kapička A. 2015: Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. *Catena*. **127**, 287-299. DOI: 10.1016/j.catena.2015.01.010. ISSN 03418162.
- Javeed, H. M. R., Zamir, M. S. I., Tanveer, A., Yaseen, M. 2013. Soil physical properties and grain yield of spring maize (zema mays L.) as influence by tillage practices and mulch treatments. *Agronomical Research in Moldavia*,1(153): 69 – 75.
- Kosolapova, A., Yamaltdinova, V., Mitrofanova, E., Fomin, D., a Teterlev, I. 2016: Biological Activity of Soil Depending on Fertilizer Systems. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* [online]. 2016, **22**(6), 921-926 [cit. 2018-09-11]. ISSN 13100351.

- Lhotský, J., 2000: Zhutnění půd a opatření proti němu. Studijní zpráva UZPI Praha, 61 s.
- Liu, Meng-Yun, Qing-Rui Chang, Yan-Bing QI, Jing Liu a Tao Chen. Aggregation and soil organic carbon fractions under different land uses on the tableland of the Loess Plateau of China. *Catena*. 2014, **115**, 19-28. DOI: 10.1016/j.catena.2013.11.002. ISSN 03418162.
- Mccaskill, M. R., M. C. Raeside, S. G. Clark, C. Macdonald, B. Clark a D. L. Partington. Pasture mixes with lucerne (*Medicago sativa*) increase yields and water-use efficiencies over traditional pastures based on subterranean clover (*Trifolium subterraneum*). *Crop* [online]. 2016, **67**(1), 69-80 [cit. 2018-07-19]. DOI: 10.1071/CP14179. ISSN 18360947.
- Mikanová, O., Šimon, T., (2011): Alternativní výživa rostlin fosforem. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., 30 s.
- Miller, R. H., 1990. Soil microbiological inputs for sustainable agricultural systems. In: Edwards, C. A., Lal, R., Madden, P., Miller, R. H., House, G. (Eds.), Sustainable Agricultural Systems. Soil Water Conservation Society, pp. 614–623.
- Nimmo, J. R. 2013. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.05087-9. ISBN 9780124095489.
- Novotná J., Badalíková B., Hladký J., Brtnický M., 2016: Effect of water erosion on soil physical properties. In Proc. 16thInternational Multidisciplinary Scientific GeoConferences SGEM 2016, Albena 28. 6. - 7. 6. 2016, Bulgaria, Book 3, pp. 95-102 ISBN 978-619-7105-37-7.
- Pokorný E., Denešová O., Podešvová J. 2002: Ječmenářská ročenka.
- Pokorný E., Stráalková R., Brtnický M., Foukalová J., Denešová O., Podešvová J.: Analýza dlouhodobých srážkových a teplotních řad a hodnocení jejich dopadu na změny vlastností půd vybraného agroekosystému. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2011. 118 s. ISBN 978-80-7375-584-3.
- Rasmussen, J., Søgaard, K., Pirhofer-Walzl, K., Eriksen, J., 2012. N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *Eur. J. Agron.* 36, 66–74.
- Sotáková, S. 1982: Organická hmota a úrodnost půdy. *Příroda*, Bratislava, s. 234
- Stehlíková I., Teplá D., Madaras M., 2014: Vliv různých systémů hospodaření na půdě na stabilitu půdních agregátů. *Úroda*, 12, 425-428.
- Stehlíková, I., Madaras, M., Lipavský, J., Šimon, T., 2016: Study on some soil quality changes obtained from long-term experiments. *Plant Soil and Environment*, 62 (2), 74-79.
- Stefanovits P.; 1992. Soil science. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest
- Stefanovits P.; 1975. Talajpusztulás, talajszennyezés (Znečištění půdy). In: A környezetvédelem biológiai alapjai. (Biologické základy životní prostředí), (Szerk. Kovács K.) *Mezőgazdasági Kiadó*. Budapest. 167-196.
- Szűcs L., Zsembeli J.; 2014. Improvement of soil productivity by application of PRP-SOL in reduced tillage. *Úroda* 12/2014, vědecká příloha, roč. LXII, 119-126. ISSN 0139-6013.
- Šimanský, V. 2003. Testovanie vplyvu biopreparátov na rozklad rastlinných zvyškov. In IX. Vedecká konferencia študentov a doktorandov. Nitra: SPU, 2003, s. 87-88.
- Šindelková I., 2018.: Biostimulátory – nové účinné řešení. *Selská revue*, číslo 5, 2018, Asociace soukromého zemědělství, str. 56-57, ISSN: 2533-3607
- Šindelková, I.: Priorita dneška – vodní režim v půdě. *Úroda* 2018. sv. 66, č. 8, s. 48-50. ISSN 0139-6013.
- Šindelková I., 2018.: Základem budoucí úrody je půdní vláha. *Agrární obzor*, číslo 8, 2018, str. 10-11, ISSN: 1214-1291.
- Taylor H. M.; 1987. Soil structure and plant performance. *Trans. XIII. Congr. Hamburg*, Vol.V. 301-309. Cit. in Várallyay. 1996.
- Tobiašová E., Šimanský, V. 2003. Transformation of plant residues and bio-stimulators effects. In *Humic Substances in Ecosystems 5 (Abstracts)*. Duszniki : University of Technology and Agriculture - Bydgoszcz (Poland), 2003, p. 28.

- Tobiašová E., Zaujec A., Šimanský V. 2003. Influence of bio-stimulators on decomposition of wheat and rape residues. In Humic Substances in Ecosystems 5. Dusniky: University of Technology and Agriculture, 2003, p. 127-132.
- Voplakal, K.: Fosfor v půdě. Úroda 3, 2001, 24-27.
- Vopravil 2016: https://www.cuzk.cz/O-resortu/Nemoforum/Akce-Nemofora/Seminare/BPEJ-a-pozemkove-upravy/01122016_BPEJ; (Vopravil_Khel.aspx)
- Vopravil, J. a kol. 2010: Půda a její hodnocení v ČR. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, str. 54, 2009-2011. 2 sv., 148 s., ISBN 978-80-87361-05-4.
- Wolińska Agnieszka, Stępniewska Zofia, Szafranek-Nakonieczna Anna: Effect of Selected Physical Parameters on Respiration Activities in Common Polish Mineral Soils. *Polish Journal of Environmental Studies* [online]. 2011, **20**(4), 1075-1082 [cit. 2018-06-27]. ISSN 12301485.
- Zaujec A., Šimanský V., Tobiašová E. 2003. The influence of biopreparates on mineralisation rates of plant residues in two soil. In Practical solution for managing optimum C and N content in agricultural soils II. Prague: Research institute of crop production and Czech agricultural university and Matrin Luther Universität (Halle-Wittemberg), 2003, p. 120.
- <http://www.org.up.wroc.pl/ptsh/HSE11p.htm>
- Nedavna konferencia IHSS v PL. IHSS je zdruzenie vyrobco v huminovyh produktov. EBIC (Europské sdružení výrobců bio-stimulantů)



Aplikace bio-stimulantu rhizosféry Explorer20 zabezpečí od počátku mohutný kořenový systém, který umožňuje čerpat vodu i živiny v celé hloubce fyziologicky využitelného půdního profilu.



Aplikace půdních biostimulantů je velmi jednoduchá a nevyžaduje žádné speciální technické řešení.

Tato metodika byla vytvořena za podpory UZEI – Ústav zemědělské ekonomiky a informací

Poděkování

Autor děkuje Ing. Ivaně Šindelkové za pomoc při zpracování údajů a grafickou úpravu publikace.

Autoři fotografií: Ing. František Václavík, Ing. Ivana Šindelková

Vydáno: Listopad 2018