Realizace výzkumného projektu DKRVO MZE - RO1720 „Protierozní a půdoochranné technologie“ financovaného Ministerstvem zemědělství České republiky

Řešitelská organizace:
Zemědělský výzkum, spol. s r. o., Troubsko

Uplatněná certifikovaná metodika

Metodika 50/20

ZLEPŠENÍ MANAGEMENTU PŮDNÍ VLÁHY PROSTŘEDNICTVÍM PŮDNÍCH BIOSTIMULACÍ

Ing. Ivana Šindelková

Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko,

Uplatněná certifikovaná metodika

Metodika 50/20

ZLEPŠENÍ MANAGEMENTU PŮDNÍ VLÁHY PROSTŘEDNICTVÍM PŮDNÍCH BIOSTIMULACÍ

Ing. Ivana Šindelková

© Ivana Šindelková
© Zemědělský výzkum, spol. s r. o., 2020

ISBN 978-80-88000-31-0

OBSAH METODIKY

1. Úvod **4**

2. Cíl metodiky **5**

3. Biostimulace – nový směr v zemědělské výrobě **6**

4. Popis místa experimentu a popis půdních podmínek **9**

4.1 Povětrnostní podmínky **9**

4.2 Půdní podmínky **10**

5. Vlastní popis metodiky **12**

5.1 Metodika stanovení půdních analýz **12**

5.1.1 Fyzikální vlastnosti půdy **12**

5.1.2 Chemické vlastnosti půdy **13**

5.2. Statistická analýza **13**

6. Výsledky půdních vlastností **14**

6.1. Sledování vlivu půdních biostimulantů na fyzikální vlastnosti **14**

6.2 Sledování vlivu půdních biostimulantů na chemické vlastnosti **18**

6.3 Poměr C/N **19**

7. Výsledky workshopů a půdních profilů **24**

8. Dopad zlepšení půdních podmínek na ekonomiku zemědělského podniku **30**

9. Ekonomické vyhodnocení **35**

10. Srovnání novosti postupů - současný stav poznání a předchozí řešení **36**

11. Doporučení pro zlepšení současného stavu **37**

12. Popis uplatnění metodiky **38**

13. Seznam použité související literatury **39**

14. Seznam publikací předcházející metodice **41**

15. Dedikace, jména oponentů **42**

1. ÚVOD METODIKY

PŮDA je základní a nejdůležitější výrobní prostředek, který má schopnost eliminovat negativní dopady klimatických změn. Vyžaduje porozumění, respekt a citlivou péči. Za zodpovědnou péči se nám odvděčí svou schopností dosahovat přiměřené výnosy a zisk ze zemědělské výroby.

Jednou z hlavních funkcí půdy je zajištění koloběhu vody v krajině. Půdní vláha na území ČR představuje 10 x více vody než všechna naše jezera a vodní toky. V souvislosti se změnou klimatu můžeme očekávat nárůst četnosti extrémních projevů počasí (Renne a kol. 2019). Rozhodující je intenzita a distribuce srážek a teplot. Průměrné srážky posledních let jsou stále stejné, ale zvyšuje se průměrná teplota, kdy srážky nepokryjí vláhové nároky polních plodin. V posledních letech byl nedostatek vody (Katerji a kol. 2004) omezujícím faktorem pro růst rostlin, výnos (Peña-Gallardo a kol. 2019) i následný rozklad posklizňových zbytků v půdě (Lützow a kol. 2006). Tyto poruchy zvýrazňují zhoršené fyzikální vlastnosti půdy (Hábová a kol. 2016) způsobené nedostatkem organické hmoty v půdě a degradací půdní struktury – zhutněním (Nimmo a kol 2013). Destrukce půdní struktury vede ke zhoršení všech půdních charakteristik s negativními dopady na zemědělskou techniku a na výnosy pěstovaných plodin (Vopravil a kol. 2011). Tyto negativní faktory snižují zasakování srážkové vody do půdy a nastává problém ji zadržet v půdním profilu (Jaša a kol. 2019). Nedostatek srážek a utužení půdy nižuje biologickou aktivitu v půdě a produkční schopnost půdy významně klesá (Nimmo a kol 2013). Optimální fyzikální vlastnosti půdy vznikají pomocí aktivní a intenzivní půdní biologií (Jakšík a kol. 2015). Přestože fyzikální a biologické půdní vlastnosti jsou v půdním prostředí vnitřně propojeny, často bývají studovány zvlášť (Crittenden a kol. 2016). Díky zlepšené struktuře půdy v rámci zvýšené pórovitosti a schopnosti půdy se zachytí více dešťových srážek (Bartlová a kol. 2015). Pro řešení tohoto problému vznikly biostimulanty (Caradonia a kol. 2019), které jsou definovány jako materiály obsahující jednu nebo více účinných přírodních látek a ve vědeckých kruzích získávají stále větší pozornost (Calvo a kol. 2014, Caradonia a kol. 2019, EBIC 2020). Díky biostimulacím dochází k nárustu organické hmoty což, příznivě ovlivňuje biologické a následně fyzikální vlastnosti půdy a využitelnost živin (Gobin 2012). Biostimulanty stimulují aktivitu mikroorganismů rhizosféry (Hellequin a kol. 2018) a půdních enzymů a zvyšují fotosyntézu (Vandenkoornhuyse a kol. 2015, Kałuzewicz a kol. 2017). Biostimulanty zvyšují příjem živin, toleranci k biotickému, abiotickému stresu a zlepšují kvalitu výnosu (Calvo a kol 2014). Mezi hlavní příčiny snižování biodiverzity v půdě a jejím nejbližším okolí patří nevhodné zemědělské postupy, přemíra používaných pesticidů, nevyvážené hnojení průmyslovými hnojivy. Všechny tyto vlivy představují rizika pro vývoj půdní úrodnosti a kvalitu půdy. Nedostatek hospodářských hnojiv je v posledních letech problémem mnoha zemí. V České republice se jedná především o pokles počtu hospodářských zvířat, zejména skotu a prasat. Cílem projektu je ověření systému pěstování pomocí půdních biostimulací v provozním pokusu v rámci osevního postupu sledovaného hospodařícího podniku v suchých podmínkách. (Du Jardin a kol. 2015, a Calvo a kol 2014), potvrzují, že z důvodu absence živočišné výroby a nedostatku chlévského hnoje roste význam použití pomocných půdních přípravků – biostimulantů, které můžou eliminovat nedostatky organického materiálu.

2. CÍL METOIDKY

Cílem metodiky je ozřejmit zemědělské veřejnosti význam jednoduché aplikace půdních biostimulantů ve vztahu k potřebě revitalizace půdní struktury s ohledem na eliminaci negativních projevů půdně-klimatických změn. Přiblížit a výzkumem potvrdit přínosy těchto produktů z přírodních zdrojů pro zlepšení fyzikálních vlastností půdy. V souvislosti s následným zlepšením mikrobiálního života, zvýšení obsahu půdní organické hmoty dále jen (POH) a zlepšení retenční schopnosti půdy. Uvést tak do kontextu symbiotický vztah půdní biologické aktivity v závislosti na kvalitě struktury půdy jakožto limitujícího faktoru pro optimalizaci půdních procesů. Cílem je zabezpečení stabilizace výnosů a kvality produkce polních plodin v systému trvale udržitelného hospodaření na půdě.

Metodika je zaměřena na problematiku půdy a sucha. V čase ukončování práce na metodice, podzim 2020, nastala na polích situace, kdy mokro se ukazuje být o mnoho větším problémem, nežli je sucho. Oba tyto problémy mají společného jmenovatele - degradovaná struktura půdy!

Obr. 1: Nefunkční infiltrace a narušená retenční schopnost půdy - na nestrukturní půdě srážky nejsou schopny zasáknout do půdního profilu

Obr. 2: Výmoky - následky nefunkční infiltrace na nestrukturní půdě

3. BIOSTIMULACE – NOVÝ SMĚR V ZEMĚDĚLSKÉ VÝROBĚ

Nestabilní výnosy v České republice odpovídají stavu půd. Poruchy půdní struktury a nerovnoměrný vláhový management půdy se dotýkají většiny pěstovaných plodin a kultur. Toto vše na sebe úzce navazuje a významně se ovlivňuje. Ve většině případů je půdní struktura narušena utužením s následnou nízkou půdní biologickou aktivitou a stálým nedostatkem organických látek. Dochází ke zhoršení zasakování srážkové vody do půdy či nechtěnému výparu. Půda tak ztrácí jednu z nejdůležitějších funkcí – udržení vody v půdním profilu. Následně se zhoršenými fyzikálními i chemickými vlastnostmi půdy, dochází ke klesající úrovni využitelnosti živin.

Aktuální problémy ve vztahu k půdě v ČR

Zvyšující se utužení půdy	Snižující se půdní úrodnost
Snižující se biologická aktivita půdy	Dlouhodobý pokles obsahu humusu
Výrazně zvýšené riziko eroze půdy	Snižující se schopnost krajiny a půdy zadržet vodu

K pochopení živého půdního světa je zaměřit pozornost na interakce mezi rostlinným kořenem, živou a neživou složkou půdy.
Intenzita jejich vzájemné komunikace přímou úměrou ovlivňuje biologickou aktivitu půdy, to znamená objem půdní biomasy, látkovou výměnu a koloběh uhlíku v půdě. Aby se mohly půdní mikro a makroorganismy rozmnožovat, potřebují (stejně jako lidé) dostatek kyslíku, vody a potravy.

Funkce a cíle využití biostimulantů

Biostimulace jsou metody, které využívají podporu přirozených biologických procesů k harmonizaci pochodů (procesů) v přírodě. Mezi biostimulanty 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. Zejména v podnicích s absencí živočišné výroby nabývají na významu řešení, která dokážou zhodnotit především organickou hmotu vytvořenou v půdním prostředím kořeny rostlin a makro i mikro biosférou.

Biostimulanty v rostlinné výrobě jsou to látky, případně produkty, které ovlivňují především rozvoj živých organismů žijících přirozeně v půdě (půdní biostimulanty). Dále jsou to látky (rostlinné neboli listové biostimulanty), které stimulují fyziologické procesy v rostlinách.

Biostimulanty tedy 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 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,
- zlepšení úrodnosti půdy především podporováním rozvoje společenstev půdních mikroorganismů a rozvoje rhizosféry.

Půdní biostimulanty jsou přípravky, které obsahují látky podporující půdní mikroorganismy, jež po aplikaci do půdy stimulují základní přírodní procesy důležité pro komunikaci mezi půdou a rostlinami a podporují optimální růst a vývoj rostlin. Půdní biostimulanty se aplikuji většinou na povrch půdy. Mohou být mělce zapraveny nebo pří setí aplikovány do oblasti seťového lůžka.

Jejich primárním úkolem je zvýšit úroveň fungovaní 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.

Přínos stimulace rhizosféry

Je to především zlepšení prokořenění půdního profilu do hloubky. S tím úzce souvisí zvětšení biomasy kořenů, lepší větvení i větší hustota kořenového vlášení. Současně se zvyšuje biologická aktivita půdy, a to především funkčnost mykorhizy, což je symbióza rostlin a kulturních hub, kde se odehrává převážná část látkové výměny a konzumace živin. Výsledkem je pak více přístupných živin v půdním roztoku a lepší využití vody. Je tak zajištěno i efektivnější využití živin z aplikovaných průmyslových a statkových hnojiv. Díky menším ztrátám na živinách se to pozitivně projevuje i v oblasti ochrany životního prostředí.
Nejlepších výsledků dosahují zemědělci při aplikaci biostimulantu – stimulátor biologické aktivity rhizosféry při setí pod patu.

Obr. 3: Aplikace půdního biostimulantu plošně

Obr. 4: Aplikace půdních biostimulantů je velmi jednoduchá a nevyžaduje žádné speciální technické řešení

Obr. 5: První aplikace půdních biostimulantů 5. 4. 2017

4. POPIS MÍSTA EXPERIMENTU A POPIS PŮDNÍCH PODMÍNEK

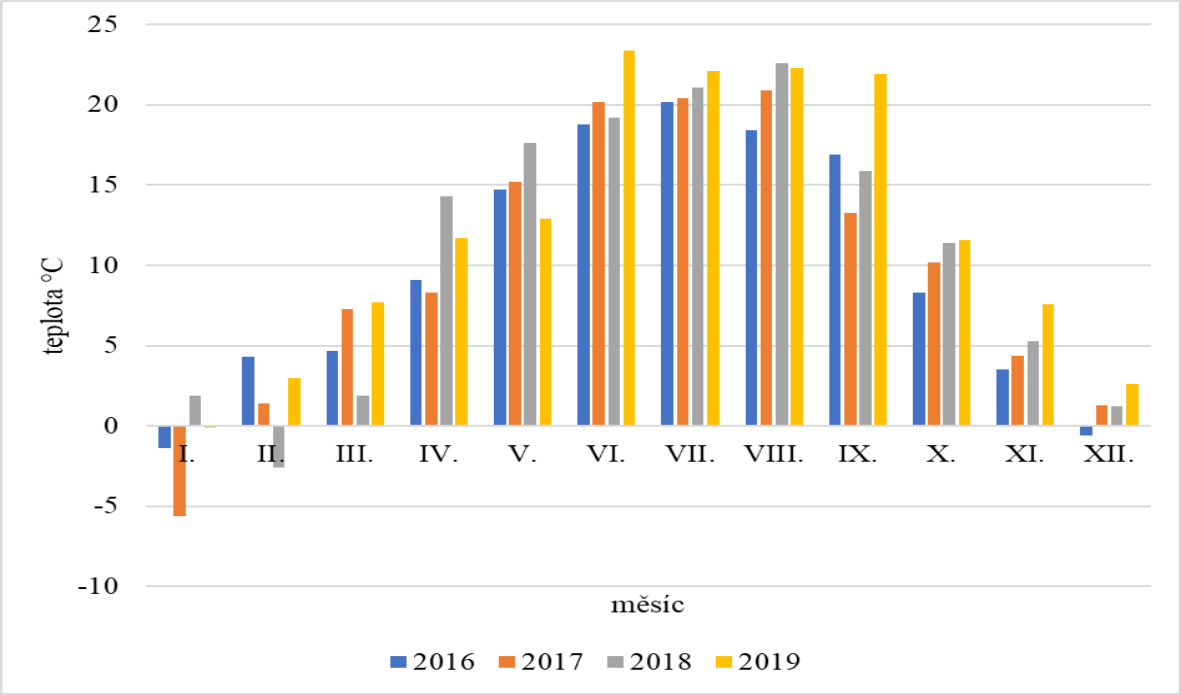
Na základě studia ortofotomap, map půdních typů a satelitních snímků, byl proveden výběr stanoviště. Provozní pokus byl sledován v letech 2017-2019 na pozemcích Statku Litobratřice spol. s. r. o., v katastru obce Litobratřice p. č. 4302/1, (obr. 6), okr. Znojmo, Jižní Morava, Česká republika.

4.1. Povětrnostní podmínky

Provozní pokus byl na stanovišti v kukuřičné výrobní oblasti, v nadmořské výšce 210 m a patří do klimatické oblasti VT - velmi teplý suchý s průměrnou roční teplotou 9-10 °C a průměrným úhrnem srážek 500 - 600 mm. Uplatňuje se zde srážkový stín Českomoravské vrchoviny.

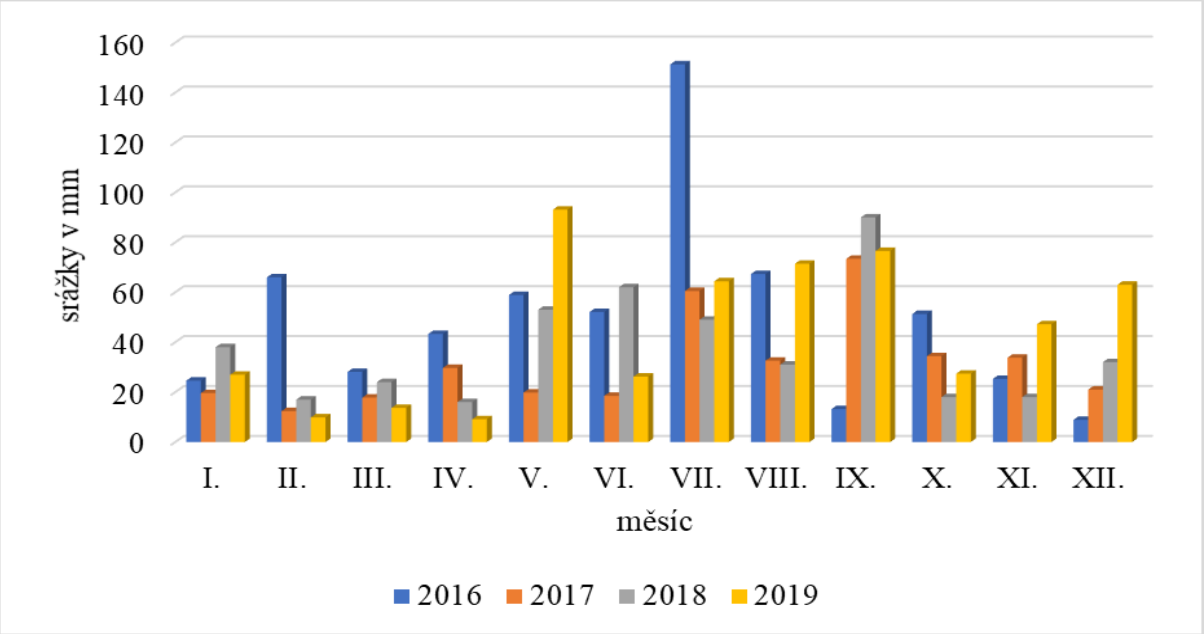
Průměrná teplota v roce 2016 činí 9,8 °C, z toho ve vegetačním období (březen-září) 14,7 °C.
Průměrná teplota v roce 2017 činí 9,8 °C, z toho ve vegetačním období (březen-září) 15,1 °C.
Průměrná teplota v roce 2018 činí 10,8 °C, z toho ve vegetačním období (březen-září) 16,1°C.
Průměrná teplota v roce 2019 činí 12,2 °C, z toho ve vegetačním období (březen-září)17,4°C.

Graf 1: Průběh měsíčních teplot – 2016-2019



Celoroční srážky na sledované lokalitě v roce 2017 byly 370 mm, z toho během vegetace (březen - 10. 7. 2017), kdy byla na pozemku pšenice jarní spadlo pouze 146,3 mm srážek.
V roce 2018 byly srážky 448 mm a během vegetace, kdy byla na pozemku pšenice ozimá (říjen - 3. 7. 2018) spadlo 295 mm srážek.
V roce 2019 byly srážky 529 mm a během vegetace, kdy byla na pozemku řepka oz. (srpen - 8. 7. 2019) spadlo 432 mm srážek.

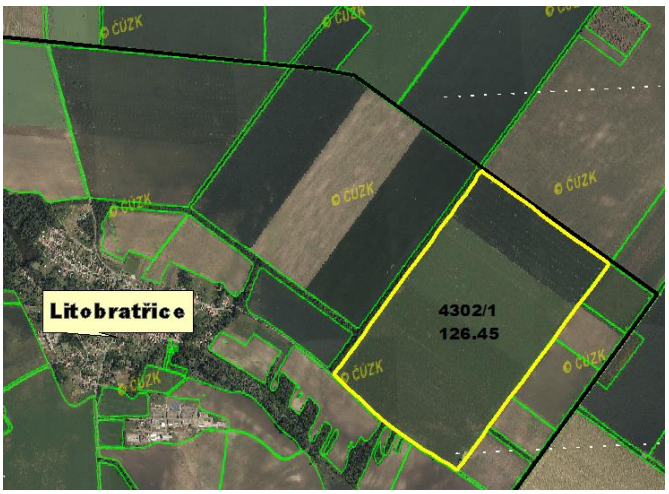
Graf 2: Průběh měsíčních srážek – 2016-2019



4.2 Půdní podmínky

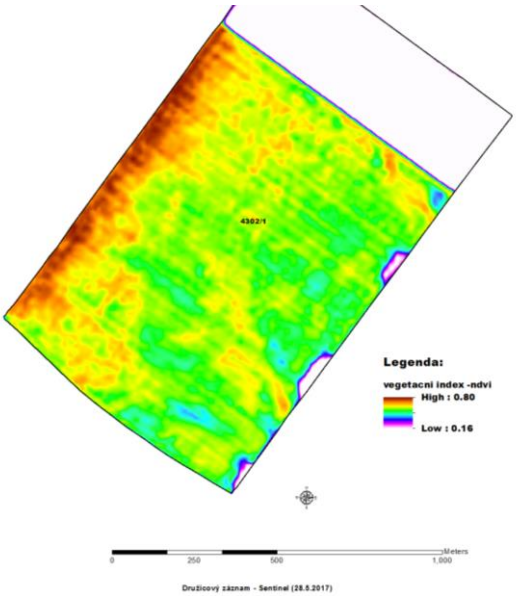
Černozem modální na spraši, středně těžká až těžká, zrnitostně hlinitá až jílovitohlinitá půda. Klasifikace byla provedena podle taxonomického systému klasifikace půdy Česká republika (Němeček a kol 2011).

Lokalita se nachází v širokém pásmu půd vzniklých na čtvrtohorních eolických sedimentech, především spraších, ale lokálně i na jemných píscích nebo směsích spraší s písky. Vývoj recentních půd zde začal před několika tisíci let, po skončení poslední doby ledové. Z hlediska půdní taxonomie se jedná především o půdní typ **černozem** v subtypech **modální**, **luvická**, **karbonátová**, **černická** a **arenická**. V místech terénních depresí přecházejí **černozemě** do půdního typu **černice.**



Obr. 6: Letecký snímek sledované lokality

Obr. 7: Zastoupení půdních druhů PT 1: 50000



Obr. 8: Družicový náhled na ZP u PB 4302/1 (05/2017)

Obr. 9: Sledovaná lokalita Litobratřice

Obr. 10: Vstupní půdní profil na začátku experimentu 2017

5. VLASTNÍ POPIS METODIKY

Na vybraném pozemku před začátkem provozního pokusu byla v roce 2016 jako předplodina cukrová řepa. Na jaře 2017 byl založen poloprovozní pokus s respektováním agrotechnických zásahů v rámci hospodařícího podniku. V roce 2017 byla pěstována pšenice jarní a v roce 2018 pšenice ozimá. V roce 2019 byla pěstována řepka ozimá. Po zasetí pšenice jarní byla provedena plošná aplikace 150 kg/ha granulí půdního biostimulantu plošně. Na podzim 2017 byla zaseta pšenice ozimá a následně byla provedena plošná aplikace 120 kg/ha granulí půdního biostimulantu plošně. Po pšenici ozimé byla v roce 2018 zaseta řepka ozimá s následnou třetí aplikací půdního biostimulantu v plošné dávce 120 kg/ha.
V rámci hodnocení pokusu byly sledovány fyzikální a chemické vlastnosti půdy a výnosy hlavní plodiny - pšenice jarní - Sirocco, pšenice ozimá - Julie a řepka ozimá - Architect.
Každá sledovaná varianta měla výměru 3 ha. O šířce 36 m šířky a 850 m délce.
Popis jednotlivých variant je uveden v tab. 1, obrázek 11.

Obr. 11: Sledovaná lokalita, varianty pokusu (LPIS 2015)

Tab. 1: Hnojení jednotlivých variant polního experimentu

Varianta	
1	Kontrola
2	NeOsol – stimulátor životně důležitých funkcí půdy
3	50 % Amofos + 50 % NeOsol – stimulátor životně důležitých funkcí půdy s vyšším využitím živin
4	ExplOrer – stimulátor biologické aktivity rhizosféry

5.1 Metodika stanovení půdních analýz

5.1.1 Fyzikální vlastnosti půdy

Kopeckého válečky byly použity pro terénní pozorování fyzikálních vlastností půdy. Následně byla laboratorní metodou stanovena objemová hmotnost redukovaná (OHR), celková pórovitost, okamžitý obsah vody a vzduchu, maximální kapilární kapacita

a minimální vzduchová kapacita. Odběr vzorků pro stanovení fyzikálních vlastností půdy byl proveden na konci vegetačního období ve dvou hloubkách 0-20 a 20-40 cm, vždy na stejném místě odběru, ve třech opakováních.

Struktura půdy byla stanovena prosetím suché půdy na sítech s průměrnými otvory 0,25, 0,5, 2,0, 5,0, 10,0 a 20,0 mm. Vzorky byly odebírány na stejném místě odběru (obr. 12) jako vzorky odebrané Kopeckými válečky na konci vegetačního období ze dvou hloubek, 0-20 a 20-40 cm, ve třech opakováních, celkem tedy až 6 průměrných vzorků ročně z jedné varianty. Dále byla každá strukturní frakce vážena odděleně v laboratoři a počítána v procentech. Jako hodnotící proměnná byl vypočítán strukturní koeficient. Koeficient půdní struktury je vztah mezi agronomicky hodnotnými (0,25 - 10,00 mm) a méně hodnotnými strukturálními prvky (> 10,00 a <0,25 mm). Opakovaně byla prováděna jarní inventarizace porostů (obr. 13)

5.1.2 Chemické vlastnosti půdy

Byl sledován obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}), humus. Půdní vzorky na chemické analýzy pro zjištění obsahu (C_{ox}) a základního obsahu živin v půdě byly odebírány ze dvou hloubek: 0-20 a 20-40 cm ve třech opakováních. Výměnná půdní reakce pH byla stanovena z výluhu KCl a měřena na pH-metru. Společným principem metod stanovení humusu v půdě je oxidace uhlíku organických látek. Celkový obsah (C_{ox}) byl stanoven metodou oxidimetrické titrace podle (Nelson a kol., 1982).

Výnosy pšenice jarní a ozimé i řepky ozimé, byly získány kombajnovou sklizní z každé varianty ve třech opakováních. Sledované plodiny byly sklizeny 10. července 2017, 3. července 2018 a 8. července 2019. Byl zjištěn počet klasů na 1 m^2, vlhkost zrna při sklizni, který byl přepočten na výnos při standardní vlhkosti 14 % a hmotnost tisíce zrn. Pojem jednotka zrna (GU), zavedený (Woermannem 1944), umožňuje vzájemné srovnání pomocí jediného ukazatele výnosu různých plodin lišících se nutričními a energetickými hodnotami.

5.2. Statistická analýza

Získané výsledky byly vyhodnoceny pomocí programu Statistica 12.0 CZ. Rovněž byla použita vícefaktorová analýza rozptylu a Tukeyův test. Statistické výpočty byly provedeny na základě našeho vlastního algoritmu popsané v aplikaci Excel (Tretowski a kol. 1991)

Obr. 12: Odběr půdních vzorků

Obr. 13: Jarní inventarizace porostu

6. VÝSLEDKY PŮDNÍCH VLASTNOSTÍ

6.1. Sledování vlivu půdních biostimulantů na fyzikální vlastnosti

V rámci projektu byl sledován vliv aplikace půdních biostimulantů – granulát NeOsol a ExplOrer, Akeo na bázi uhličitanů vápenatých a hořečnatých s příměsí makroelementů (Ca, Mg, N, P, K, S, Na) a mikroelementů Fe, Zn, Mn, B, Cu, I), podle systému MIP – Mineral Inducer Process (Olmix Group, Francie), o vlastnostech: sušina 98,9 %; spalitelné látky v sušině 25,0 %; pH 8,0 – 10,0; vápník (jako CaO) 28,0 %; hořčík (jako MgO) 15,9 % jako jedné z možností vedoucích ke zlepšení půdních vlastností při nedostatku organické hmoty (dále OH) v půdě.

Objemová hmotnost redukovaná (OHR) je přímým ukazatelem utužení půdy. U půd strukturních a neutužených se tato hodnota pohybuje v rozmezí 1,30-1,45 g.cm^{-3} (Vopravil a kol. 2010). V prvním roce sledování 2017 (tab. 2), nebyly naměřeny hodnoty u OHR a u pórovitosti významné rozdíly výchozích hodnot na kontrole a variantách s půdními biostimulanty (viz tab. 1). Bylo to především vlivem hloubkového kypření na 30 cm realizovaného na podzim roku 2016 po předplodině cukrovce.

Tab. 2: Fyzikální vlastnosti půdy – Litobratřice 2017

Varianta	Hloubka (m)	Obj. hm. red. (g.cm^{-3})	Pórovitost (%)	Aktuální obsah		Max. kap. kapacita	Min. vzduš. kapacita
				voda	vzduch	% obj.	
				% volume			
1	0-20	1,13^{a}	57,99	20,42	37,57	39,61	18,38
	20-40	1,39^{c}	47,09	13,95	33,14	37,31	9,78
	Průměr	**1,27 ^{a}**	**51,5 ^{a}**	**17,2^{a}**	**35,4 ^{a}**	**38,5 ^{a}**	**14,1^{a}**
2	0-20	1,12^{ab}	57,7	19,3	38,4	40,6	17,1
	20-40	1,44^{cd}	45,0	16,4	28,7	34,4	10,6
	Průměr	**1,28 ^{a}**	**51,4 ^{a}**	**17,9 ^{a}**	**33,6 ^{a}**	**37,5 ^{a}**	**13,9 ^{a}**
3	0-20	1,12^{a}	57,36	20,5	36,86	37,79	19,57
	20-40	1,43^{cde}	45,25	16,1	29,15	34,54	10,71
	Průměr	**1,28 ^{a}**	**51.3 ^{a}**	**18,3 ^{a}**	**33,0 ^{a}**	**36,2 ^{a}**	**15,4 ^{a}**
4	0-20	1,17^{ab}	55,31	21,04	34,27	39,76	15,54
	20-40	1,39^{bc}	47,07	14,06	33,01	39,1	7,97
	Průměr	**1,28 ^{a}**	**51,2 ^{a}**	**17,6 ^{a}**	**33,6 ^{a}**	**39,4 ^{a}**	**11,8 ^{a}**

Hodnoty označené stejným písmenem se při P = 0,95 významně neliší

Hodnoty naměřené v roce 2018 již vykazují významné rozdíly (tab. 3). Z naměřených hodnot lze usoudit, že varianty s aplikovanými biostimulanty vykazovaly nižší úroveň utužení půdy, což dokazují hodnoty OHR. U varianty 1 byla hodnota OHR nejvyšší a nejnižší pórovitost, což korelovalo s ostatními sledovanými veličinami fyzikálních vlastností půdy. Nejlepší fyzikální vlastnosti vykazovala varianta 2 - aktivátor mineralizace a humifikace s vyšším využitím živin. To svědčí o velmi krátkodobém efektu podrývání, kdy na kontrolní variantě se zvýšila OHR v roce 2018 nad úroveň silného utužení půdy, a to na hodnotu 1,51 g.cm^{-3}. Podle Lhotský a kol. 2000) je limit u hlinitých půd 1,45 g.cm^{-3} a ten byl překročen v ornici i podorničí v roce 2018 u varianty 1. Na variantách s půdními biostimulanty, se udržela na

úrovni roku 2017. S tímto trendem koresponduje i významný pokles celkové pórovitosti na kontrolní variantě 1.

Tab. 3: Fyzikální vlastnosti půdy – Litobratřice 2018

Varianta	Hloubka (m)	Obj. hm. red. (g.cm^{-3})	Pórovitost (%)	Aktuální obsah		Max. kap. kapacita	Min. vzduš. kapacita
				voda	vzduch	% obj.	
				% obj.			
1	0-20	1,49^{d}	42,9	27,3	15,6	36,2	6,7
	20-40	1,53^{ed}	40,9	14,8	26,1	33,6	8,0
	Průměr	**1,51^{a}**	**41,9^{a}**	**21,1^{a}**	**20,9^{a}**	**34,9^{a}**	**7,4^{a}**
2	0-20	1,31^{c}	49,9	29,9	20,0	39,6	10,3
	20-40	1,26^{bc}	51,9	14,5	37,4	35,8	16,1
	Průměr	**1,29^{b}**	**50,9^{b}**	**22,2^{a}**	**28,7^{b}**	**37,7^{b}**	**13,2^{b}**
3	0-20	1,30^{bc}	50,5	24,3	26,2	37,2	13,3
	20-40	1,39^{bcd}	46,9	14,9	31,9	39,0	9,9
	Průměr	**1,35^{c}**	**48,1^{b}**	**19,6^{a}**	**29,1^{b}**	**38,1^{b}**	**11,6^{b}**
4	0-20	1,34^{c}	48,1	25,1	23,0	36,3	11,9
	20-40	1,36^{cd}	47,4	17,4	30,0	38,9	8,5
	Průměr	**1,35^{c}**	**47,8^{b}**	**21,3^{a}**	**26,5^{b}**	**37,6^{b}**	**10,2^{b}**

Hodnoty označené stejným písmenem se při P = 0,95 významně neliší

Tab. 4: Fyzikální vlastnosti půdy – Litobratřice 2019

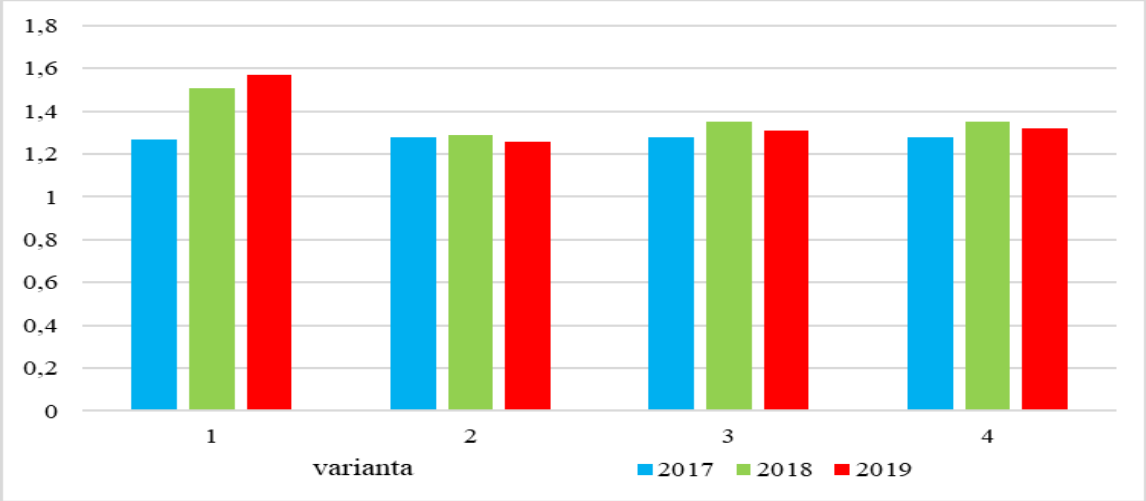
Varianta	Hloubka (m)	Obj. hm. red. (g.cm^{-3})	Pórovitost (%)	Aktuální obsah		Max. kap. kapacita	Min. vzduš. kapacita
				voda	vzduch	% obj.	
				% obj.			
1	0-20	1,55^{d}	40,4	25,4	13,4	34,1	5,9
	20-40	1,58^{e}	38,8	13,6	25,2	29,1	6,0
	Průměr	**1,57^{a}**	**41,9^{a}**	**19,5^{a}**	**19,39^{a}**	**31,6^{a}**	**6,0^{a}**
2	0-20	1,29^{c}	52,1	31,2	24,8	41,3	12,1
	20-40	1,23^{b}	53,5	18,5	41,3	37,4	17,8
	Průměr	**1,26^{c}**	**52,8^{b}**	**24,9^{b}**	**33,0^{c}**	**39,4^{b}**	**15,0^{b}**
3	0-20	1,28^{bc}	51,7	25,1	27,7	38,9	14,5
	20-40	1,34^{bc}	49,4	16,2	33,2	39,0	10,1
	Průměr	**1,31^{c}**	**50,6^{b}**	**20,7^{a}**	**30,1^{a}**	**39,0^{b}**	**12,3^{b}**
4	0-20	1,32^{c}	52,8	28,4	25,1	40,6	16,9
	20-40	1,34^{c}	49,3	19,8	33,6	38,2	10,2
	Průměr	**1,32^{c}**	**51,1^{b}**	**24,1^{b}**	**29,4^{b}**	**38,9^{b}**	**13,6^{b}**

Hodnoty označené stejným písmenem se při P = 0,95 významně neliší

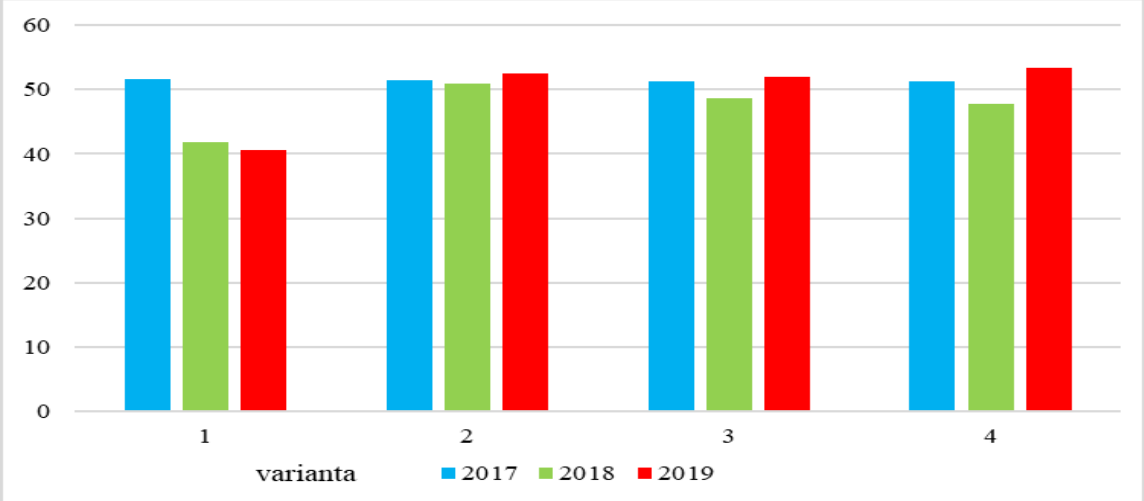
Třetí rok sledování aplikace půdních biostimulací 2019 potvrzuje signifikantní rozdíly oproti kontrolní variantě (tab. 4). Z naměřených hodnot lze usoudit, že varianty s aplikovanými půdními biostimulanty vykazovaly průkazně nižší utužení půdy – OHR a větší pórovitost oproti variantě 1. U varianty 1 byla hodnota nejvyšší a nejnižší pórovitost, což korelovalo na ostatních sledovaných variantách. Nejlepší fyzikální vlastnosti vykazovala varianta 2 - aktivátor mineralizace a humifikace s vyšším využitím živin a varianta 4 - stimulátor biologické aktivity rhizosféry. Obě tyto vlastnosti významně ovlivňují také vzdušný režim v půdě, který přímo souvisí s intenzitou její biologické aktivity. Z hodnot OHR je patrné, že půdní biostimulant působí pozitivně na provzdušněnost a způsobuje nižší utuženost orniční vrstvy. To potvrdil i (Miller a kol. 1990), kteří ve své práci popisují zlepšení půdních vlastností pomocí aplikace půdních kondicionérů a dalších pomocných látek.

Grafy 3 a 4 barevně znázorňují, vývoj a trend změn fyzikálních vlastností OHR a celkové pórovitosti ve sledovaných letech 2017 - 2019. Na fyzikální vlastnosti mělo mimo jiné důležitý vliv zpracování půdy před začátkem projektu, nedostatek srážek a odvoz pšeničné slámy v balících k další spotřebě.

Graf 3: Fyzikální vlastnosti půdy - OHR v g.cm^{-3} - Litobratřice 2017 - 2019



Graf 4: Fyzikální vlastnosti půdy - Celková pórovitost v % - Litobratřice 2017 - 2019



Koeficient strukturnosti (KS). Hodnoty koeficientu strukturnosti sledované v letech 2017 - 2019 a neměřené v jednotlivých variantách vyjadřuje (tab. 5). KS je vypočítaná hodnota, kterou se vyjadřuje kvalita půdní struktury v pěti velikostních kategoriích na základě procentuálního zastoupení na celkové hmotnosti vzorku. Je to poměr mezi strukturními částicemi (agregáty) a zbytkem půdy v půdním profilu.

Při hodnotách vyšších než 1,0 má půda lepší strukturu a představuje proto menší riziko nežádoucího zhutnění, zatímco hodnoty menší než 1,0 jsou nízké strukturní stability (Hůla a kol. 2010). To souvisí s kvalitním složením půdního humusu, čímž se vytváří agronomicky hodnotná struktura. Výsledné hodnoty naznačují, že nižší hodnoty strukturního koeficientu se dosahují u varianty 1. Rok 2017 ukazuje hodnoty KS na kontrole nad hranicí 1, což je těsně nad hranicí strukturní stability. U varianty 2, byl také nižší KS, z důvodu vyšší mineralizace díky aplikaci aktivátoru mineralizace v půdě (Du Jardin 2015). Varianta 3 - kořenový biostimulant vykazoval vysoce průkazný rozdíl oproti kontrole. V roce 2018 u variant (2, 3, 4) vyšel KS statisticky průkazně vyšší oproti varianta 1. Tento stav může z hlediska dalších fyzikálních vlastností vést ke zlepšení kvality půdního prostředí a následně může mít pozitivní vliv na chemické vlastnosti půdy.

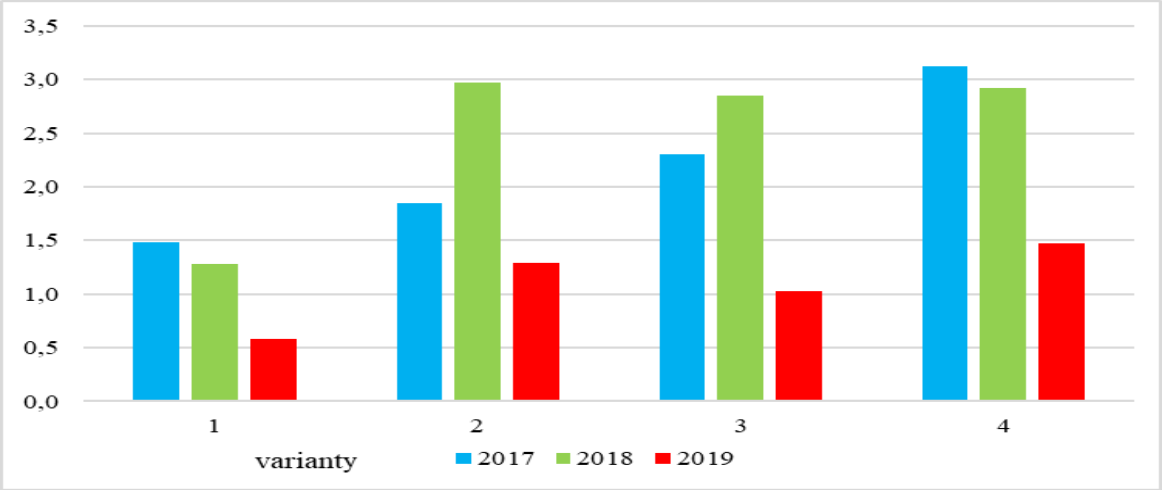
V roce 2019 bylo toto působení potvrzeno naměřenými signifikantními výsledky KS na variantách 2, 4 a 3. Došlo však ke zhoršení struktury oproti prvnímu roku 2017 (graf 5), díky nařízenému intenzivnímu mechanickému zásahu pro potlačení hraboše polního. Navzdory tomu, pomoci aplikace půdních biostimulantů patrně dochází k pozitivnímu ovlivnění strukturotvornosti a tvorby půdních agregátů. Autoři (Crittenden a kol. 2016) příspěvkem potvrzují pozitivní vliv snížené intenzity zpracování na půdní vlastnosti.

Tab. 5: Průměrné hodnoty koeficientu strukturnosti 2017 - 2019

Rok	Varianta	Strukturní elementy (% hmot.)						Koeficient strukturnosti
		nad 10 mm	5–10 mm	2–5 mm	0.5–2 mm	0.25-0.5 mm	pod 0.25 mm	
2017	1	39,45	26,82	18,96	13,57	0,33	0,87	**1,48**
	2	34,36	28,50	22,12	13,90	0,31	0,82	**1,84**
	3	29,48	27,96	25,27	16,16	0,38	0,75	**2,31**
	4	23,72	24,43	31,19	19,76	0,36	0,55	**3,12**
2018	1	40,06	22,62	18,23	13,68	1,48	3,92	**1,28**
	2	28,21	22,56	23,70	19,38	2,26	3,90	**2,97**
	3	26,02	25,88	24,63	17,47	2,06	3,94	**2,85**
	4	27,56	32,63	18,41	17,66	1,21	2,53	**2,92**
2019	1	62,84	15,63	14,62	6,42	0,16	0,32	**0,58**
	2	43,15	24,99	21,40	9,79	0,22	0,45	**1,29**
	3	48,88	20,44	21,48	8,64	0,18	0,37	**1,03**
	4	39,79	22,47	26,35	10,41	0,33	0,36	**1,47**

Analýza průběhu rozptylu 72 hodnot vzorků procentního zastoupení 5 kategorií prvků struktury poskytlo poměr F 0,00018534 s výslednou hodnotou P větší než 0,05 na hladině významnosti α = 5 % a statisticky významný rozdíl průměrné hodnoty závislá variabilní struktura půdy v různých variantách experimentu.

Graf 5: Fyzikální vlastnosti půdy – Koeficient strukturnosti - Litobratřice 2017 - 2019



6.2. Sledování vlivu půdních biostimulantů na chemické vlastnosti

V polním experimentu byl dále sledován obsah organických látek, který koreluje s obsahem humusových látek. Na konci vegetace byl v půdě laboratorně změřen obsah (C_{ox}) a následně byl přepočten na obsah půdního humusu. Množství půdní organické hmoty patří k důležitým indikátorům kvality půdy Kosolapova a kol. 2016. Půdní reakce patří mezi důležité ukazatele stavu půdního prostředí. Výsledky ukazují na statisticky významný rozdíl mezi variantami s aplikací půdních biostimulantů (2, 3, 4) oproti kontrole.

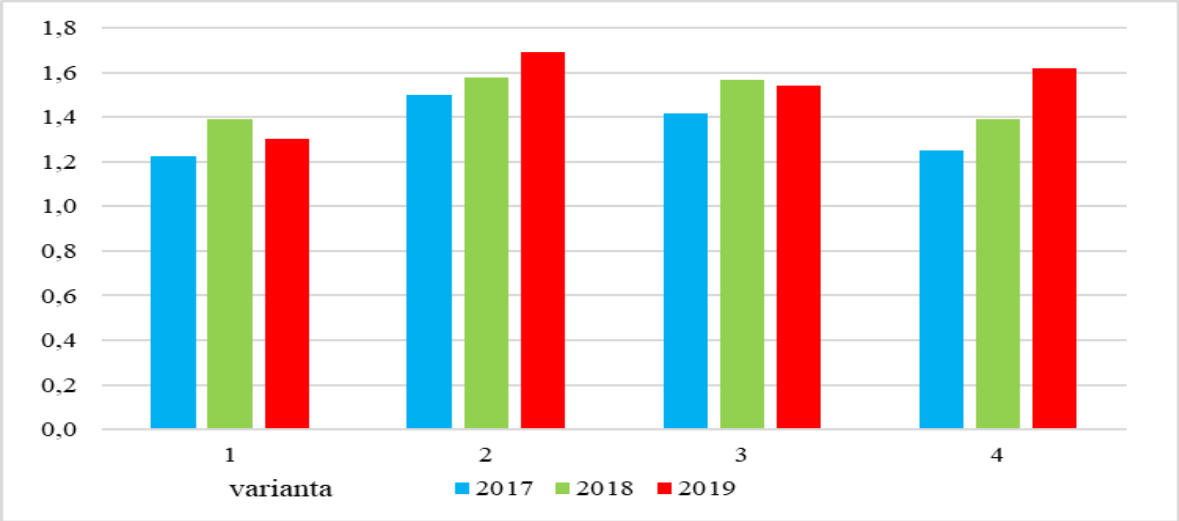
Hodnocení obsahu humusu podle Cox ukazuje, že obsah primární organické hmoty v druhém roce 2018 statisticky významně stoupal, viz tab. 6. Je zde také patrný vyšší obsah C_{ox} u variant 2, 3. U varianty 1 (kontrolní) byl obsah Cox nejnižší s hodnotou 1,39. Rok 2019 potvrdil trend vlivu aplikace půdních biostimulantů do půdy u variant 2 a 4, kdy byl pozitivní účinek na tvorbu kořeně a podporu kořenového vlášení což potvrzují i naměřené hodnoty. Tato skutečnost poukazuje na fakt, že dostatečně rozvinutý kořenový systém s případnou biostimulací může pozitivně ovlivnit zásobu POH i v případě absence organického hnojení.

Tab. 6: Tukeyův HSD test

Varianta	Rok	pH	Sg.	C_{ox} (%)	Obsah humusu	Sg.
1	2017	6,3	**a**	1,23	2,13	**a**
2	2017	5,8	**ab**	1,50	2,59	**b**
3	2017	5,9	**ab**	1,42	2,46	**b**
4	2017	6,8	**c**	1,25	2.16	**a**
1	**2018**	6,0	**a**	1,39	2,40	**a**
2	**2018**	6,1	**a**	1,58	2,72	**b**
3	**2018**	6,5	**b**	1,57	2,71	**b**
4	**2018**	6,6	**c**	1,39	2,40	**a**
1	2019	6,0	**a**	1,30	2,24	**a**
2	2019	6,7	**b**	1,69	2,91	**c**
3	2019	6,8	**b**	1,54	2,70	**b**
4	2019	6,7	**b**	1,62	2,79	**c**

* Sg. = signification

Graf 6: Chemické vlastnosti půdy – Obsah C_{ox} v % - Litobratřice 2017 - 2019



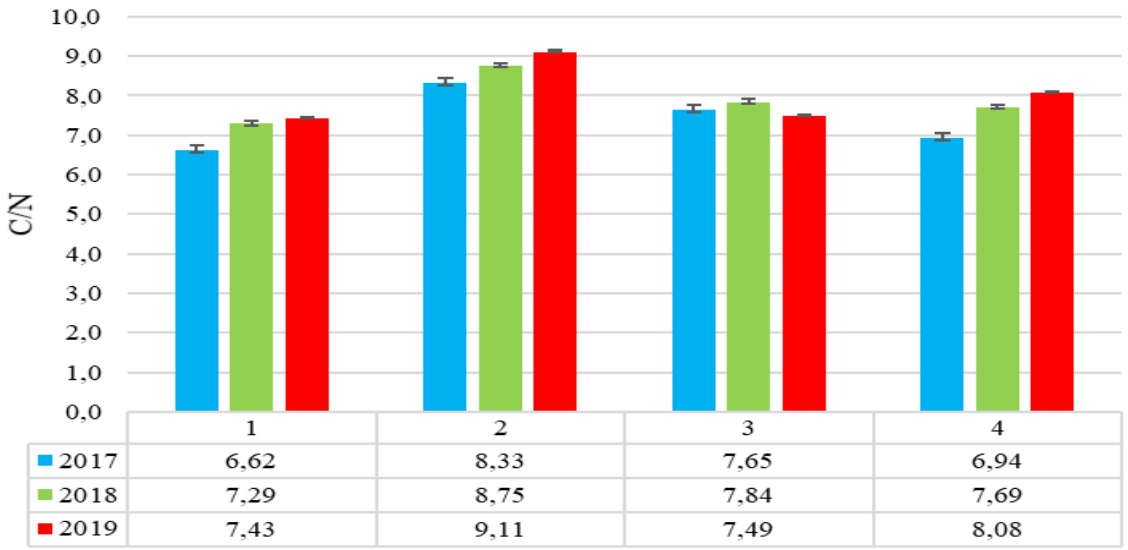
Pozitivní účinky půdních biostimulantů lze vysvětlit obsahem lehce rozložitelných látek na bázi uhlíku - C, které mají v počátečním stádiu rozvoje kořenového systému pozitivní vliv na symbiózu s mikrobiální aktivitou, dochází tak k tvorbě bohatšího kořenového vlášení s následným vlivem na obsah POH. Tím se zvyšuje i obsah Cox, což potvrzuje i autor Du Jardin 2015. Tímto směrem je možné zajistit udržování a zvyšování obsahu POH pro produktivní a neproduktivní funkce půdy.

6.3 Poměr C/N

Poměr C/N je důležitý indikátor kvality mineralizace organické hmoty v půdě. Můžeme tedy konstatovat, že užší poměr C/N je výsledkem vyšší kvality procesu humifikace a doporučená hodnota poměru je 10/1 nebo hodnoty nižší. Poměr uhlíku k dusíku definuje množství uhlíku ve vztahu k obsahu dusíku v organickém materiálu. Cyklus dusíku v půdě představuje neoddělitelnou součást v systému půda – rostlina – atmosféra – půda. Naměřené hodnoty poměru C/N uvádí graf 7. Naměřené a přepočtené hodnoty C/N v grafickém vyjádření potvrzují skutečnost, že použití biostimulantů varianty 2 a 3, ovlivňují nárůst obsahu POH ve formě kořenového vlášení. Dochází tak k rozšíření poměru C/N při absenci minerálního hnojení dusíkem. Tuto skutečnost potvrzuje i varianta č. 3, kde byl poměr C/N zúžen aplikací biostimulantu s hnojivem NPK. Podobně tento proces dokladuje i výsledek poměru C/N u kontrolní varianty, tj. absence N hnojení s nárůstem POH, způsobuje rozšíření poměru C/N.

Dynamika poměru C/N je zásadní, protože je charakteristická pro biologickou aktivitu půdy. Poměr C/N v organické hmotě ovlivňuje pohyb dusíku. Organická hmota se sníženým poměrem C/N je snadněji mineralizována mikroorganismy, což následně vede k potvrzujícímu poklesu celkového obsahu organických látek v půdě. Mineralizace je významně ovlivněna obsahem vody a teplotou půdy. Zemědělec, který zná poměr C/N v půdě, se může vyhnout aplikaci příliš velkého nebo příliš malého množství dusíku, což by mělo ekonomický dopad i dopad na životní prostředí.

Graf 7: Průměrné hodnoty poměru C/N u sledovaných variant



	1	2	3	4
2017	6,62	8,33	7,65	6,94
2018	7,29	8,75	7,84	7,69
2019	7,43	9,11	7,49	8,08

6.4. Sledování vlivu půdních biostimulantů na výnosy plodin

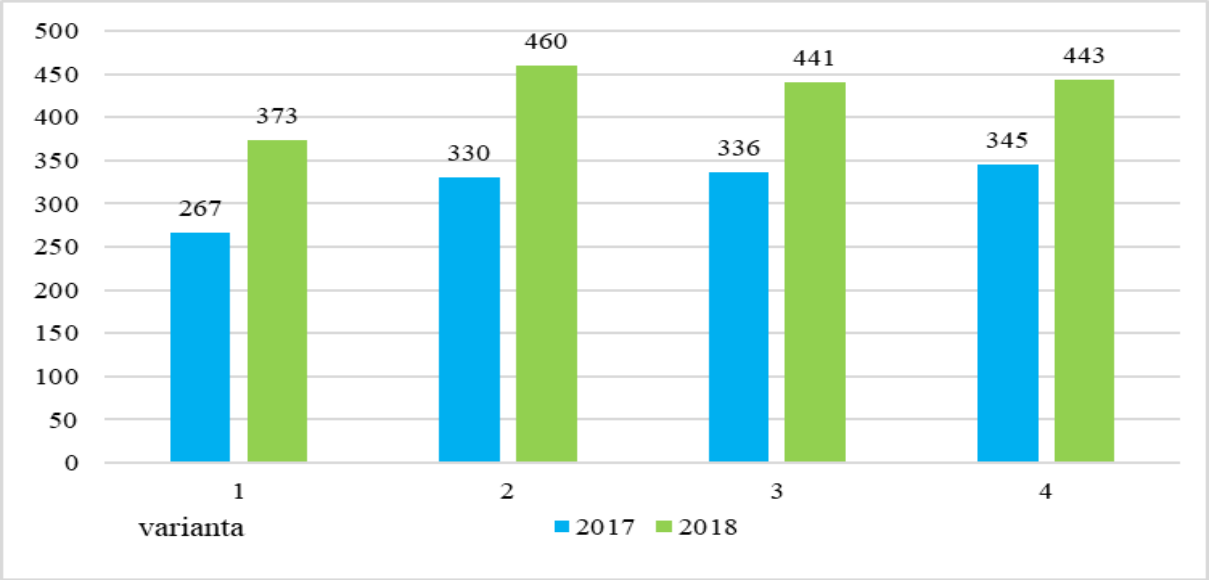
V roce 2017 se snížila úroda u většiny hlavních polních plodin pěstovaných v České republice. Výrazně poklesl průměrný výnos na hektar zejména u hlavních tržních plodin obilovin, řepky a kukuřice. V roce 2018 propad výnosů pokračoval. Statistiky sice hovořily o poklesu produkce pšenice cca o 8 %, ovšem zemědělci spontánně uvádí pokles výnosů o 30 - 50 % a jsou i takoví farmáři, kteří tvrdí, že pole pouze „uklidili“. Tento stav společně s nízkými cenami komodit velmi negativně ovlivňuje ekonomickou situaci většiny zemědělských podniků.

Příčinou nestabilních výnosů v České republice je špatný stav půd, způsobený dlouhodobým snižováním zásoby uhlíku v půdě a s tím související nízkou biologickou aktivitou v půdním profilu. S tímto pak úzce souvisí **zhoršování fyzikálních i chemických vlastností půdy**, porušený vodní a vzdušný režim i klesající úroveň využitelnosti živin.

Pokud farmáři, pro které by půda měla být základním výrobním prostředkem, nezačnou půdu a její degradaci vnímat jako problém, který je nutno napravit, nedá se očekávat, že by se naplnily cíle jejich podnikatelských záměrů. Je potřeba si konečně uvědomit, že silnější traktory, super osiva či hnojiva nebo kompenzace ztrát v hospodaření formou dotací na sucho či jiné populistické počiny doposud nic nevyřešily a zcela evidentně ani do budoucna tristní stav s degradací půdy nevyřeší.

Sledování vlivu biostimulací na výnos pšenic

Výnos zrna u obilnin je podmíněn úrovní základních výnosových prvků, ke kterým patří počet klasů na jednotku plochy, počet zrn v klasu a jejich hmotnost (HTZ). Tyto prvky se postupně tvoří během růstu a vývoje rostliny. Ze všech sledovaných výnosotvorných prvků se nejvíce projevil celkový počet klasů na m^2. V prvním roce 2017 na pšenici jarní již byly patrné rozdíly v počtu klasů na m^2. Můžeme z výsledků konstatovat, že po aplikaci biostimulantů byla pšenice méně stresována suchem, lépe dokázala využít dodané mikroprvky, které podpořily odnožování, což se projevilo i v roce 2018 (graf 8).

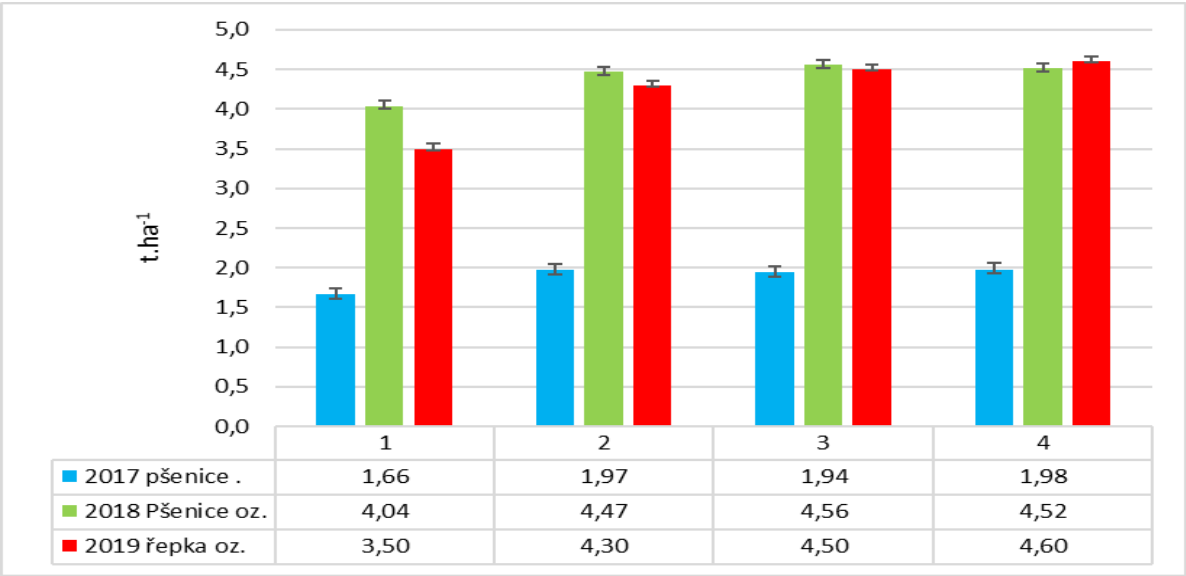


Graf 8: Pšenice jarní - 2017, pšenice ozimá - 2018, počet klasů na m^2

Z výsledků výnosů pšenic graf 8 a 9 vyplývá, že u variant s půdními biostimulanty byly výnosy v roce 2018 oproti kontrole statisticky průkazně vyšší i při nedostatku srážek během vegetace. Byla však lépe využita zimní vláha a tím došlo k lepší tvorbě základních výnosotvorných prvků. Následně se pak díky lepší funkci kořenů a lepšímu využití půdní vláhy a tím i živin projevilo zvýšení výnosů. Půdní biostimulanty po aplikaci iniciují zvýšenou biologickou aktivitu půdy. Došlo ke zlepšení fyzikálních půdních vlastností. To znamená optimalizaci zastoupení všech půdních frakcí a zlepšení vodního a vzdušného režimu.

Výnosy 2017-2019 sledovaných polních plodin jsou uvedeny v grafu 9. Z výsledků vyplývá, že u variant s použitými biostimulanty (2, 3, 4) byly výnosy oproti kontrole (1) statisticky průkazně vyšší v roce 2018 i při nízkých srážkách během vegetace.

Graf 9: Výnosy polních plodin 2017-2019 v t.ha^{-1}



	1	2	3	4
2017 pšenice .	1,66	1,97	1,94	1,98
2018 Pšenice oz.	4,04	4,47	4,56	4,52
2019 řepka oz.	3,50	4,30	4,50	4,60

Sledování vlivu biostimulací na výnos řepky

Ve třetím roce sledování (2019) jsou výnosy řepky graf 9. Výsledky potvrzují v roce 2019 navýšení výnosu, díky zlepšeným fyzikálním vlastnostem půdy byla lépe využita zimní vláha a tím došlo k lepší tvorbě základních výnosotvorných prvků. Následně se potvrdila lepší funkce kořenů (potvrzeno měřením kořenové aktivity obr. 15), projevilo se lepší využiti půdní vláhy a následně i živin. Došlo ke zvýšení výnosů, což ve své práci potvrzuje i (Calvo a kol. 2014, Fei a kol. 2020). Je důležité zdůraznit, že i přes zvýšení výnosů oproti kontrolní variantě, nedošlo ke snížení olejnatosti na jednotlivých variantách. Na všech sledovaných variantách byla olejnatost 41 %.

Obr. 15: **Měření kořenové aktivity ze dne 17. 6. 2019**

Shrnutí

V porovnání jednotlivých let došlo k signifikantním změnám ve sledovaných variantách půdních biostimulací proti kontrole. Změny OHR v roce 2018 byla snížena o 10.6 - 14.5 % u variant s aplikaci půdních biostimulantů. Rovněž v roce 2019 lze konstatovat snížení OHR o 16 - 20 % proti kontrole. Z uvedených výsledků v porovnání s prvním rokem sledování 2017 vyplývá, že aplikace půdních stimulantů pozitivně ovlivňuje základní fyzikální vlastnosti půdy. Naměřené výsledky obsahu C_{ox} vyjádřené přepočtem poměrem C/N dokazovaly trend zlepšení půdních vlastností proti kontrole. Těmito aspekty byl potvrzen rostoucí trend vlivu strukturního koeficientu nad 1.0. Došlo k lepšímu zakořenění polních plodin, což pozitivně ovlivnilo výnosy, které byly průkazně vyšší oproti kontrolní variantě. Provozní pokus jednoznačně prokázal spojitost biologické aktivity půdy ve vztahu k parametrům ovlivňujícím přirozenou půdní úrodnost.

Obr. 15: Porost pšenice jarní 6. 6. 2017

Obr. 16: Porost pšenice ozimé 20. 6. 2018

Obr. 17: Porost řepky ozimé 20. 4. 2019

7. VÝSLEDKY WORKSHOPŮ A PŮDNÍCH PROFILŮ

V rámci projektu byl realizován na podzim v termínech 9. 11. 2017, 5. 11. 2018, 31. 10. 2019 výkop půdních profilů. Toto podrobnější sledování bylo zaměřeno na variantu kontrola a 1 půdní biostimulant.

Hodnoty fyzikálních vlastností půdy jsou uvedeny v tab. 7.
Výchozí hodnoty v roce 2017 korespondují se založenými variantami. V roce 2018 již lze z hodnot usoudit, že varianty s aplikovaným půdním biostimulantem vykazovaly nižší úroveň utužení půdy, což dokazují hodnoty OHR. U varianty 1 – kontrola byla vysoká hodnota OHR 1,51 g.cm^{-3} a nízká pórovitost 41,9 %, což korelovalo s ostatními sledovanými veličinami fyzikálních vlastností půdy. Rok 2019 potvrdil trend roku 2018, u varianty 1 - vykazoval statisticky průkazný pokles a nárůst OHR a pórovitosti oproti kontrolní variantě.

Tab. 7: Stanovení fyzikálních vlastností půdy Litobratřice 2017, 2018 a 2019

	2017			2018			2019		
Varianta	Hloubka půdy (cm)	Objemová hmotnost red. (g.cm^{-3})	Celková pórovitost (%)	Hloubka půdy (cm)	Objemová hmotnost red. (g.cm^{-3})	Celková pórovitost (%)	Hloubka půdy (cm)	Objemová hmotnost red. (g.cm^{-3})	Celková pórovitost (%)
Kontrola	0-20	1,13	57,9	0-20	1,49	42,9	0-20	1,39	41,4
	20-40	1,39	47,1	20-40	1,53	40,9	20-40	1,54	39,2
	Průměr	**1,27^{a}**	**51,5^{a}**	**Průměr**	**1,51^{b}**	**41,9^{a}**	**Průměr**	**1,46^{b}**	**40,3^{a}**
Půdní biostimulant	0-20	1,12	57,7	0-20	1,31	49,9	0-20	1,21	58,9
	20-40	1,44	45	0-40	1,26	51,9	20-40	1,34	55,4
	Průměr	**1,28^{a}**	**51,4^{a}**	**Průměr**	**1,29^{a}**	**50,9^{b}**	**Průměr**	**1,28^{a}**	**57,15^{b}**

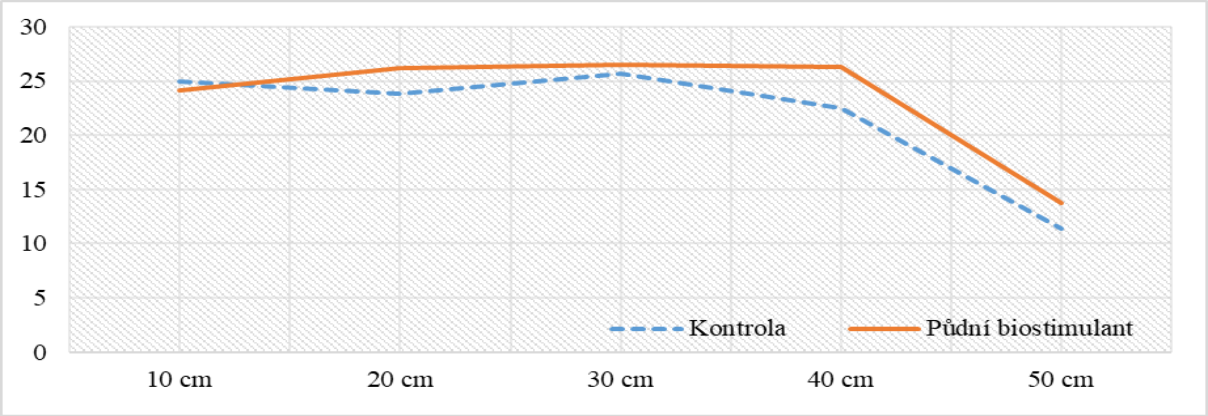
Tab. 8, graf 10 ukazují průběh aktuálních půdních vlhkostí při odkryvu celého půdního profilu v prvním roce sledování 2017. Po prvním roce sledování lze již na podzim zaznamenat patrný rozdíl mezi kontrolní variantou a variantou s půdním biostimulantem, kdy varianta s půdním biostimulantem má rovnoměrnější rozložení vlhkosti a plynulost zasakování.
Dle výpočtů můžeme konstatovat, že v roce 2017 na variantě s půdním biostimulantem, bylo navíc k dispozici oproti variantě kontrolní 10,9 mm srážek.

Tab. 8: Měření vlhkostí Litobratřice 9. 11. 2017

Hloubka	Průměrná vlhkost v obj. %		ROZDÍL		
	Kontrola	Půdní biostimulant	%	Voda m^3 na 1 ha	Ekvivalent srážek (mm)
10 cm	24,94 ^{a}	24,10 ^{a}	-0,84	-10,95	-1,09
20 cm	23,86 ^{a}	26,14 ^{b}	2,29	29,72	2,97
30 cm	25,66 ^{a}	26,46 ^{a}	0,81	10,48	1,05
40 cm	22,53 ^{a}	26,31 ^{b}	3,77	49,04	4,90
50 cm	11,40 ^{a}	13,76 ^{a}	13,76	30,73	3,07
Celkem v půdním profilu				**109,02**	**10,90**

Dále byla měřena aktuální půdní vlhkost v sedmi hloubkách v pěti opakováních (vlhkoměrem Delta T Devices HH2 moisture meter). V roce 2017 pouze v pěti hloubkách z důvodů sucha, kdy měření nebylo do větších hloubek realizovatelné.

Graf 10: Aktuální půdní vlhkost, Litobratřice 2017, v obj. %



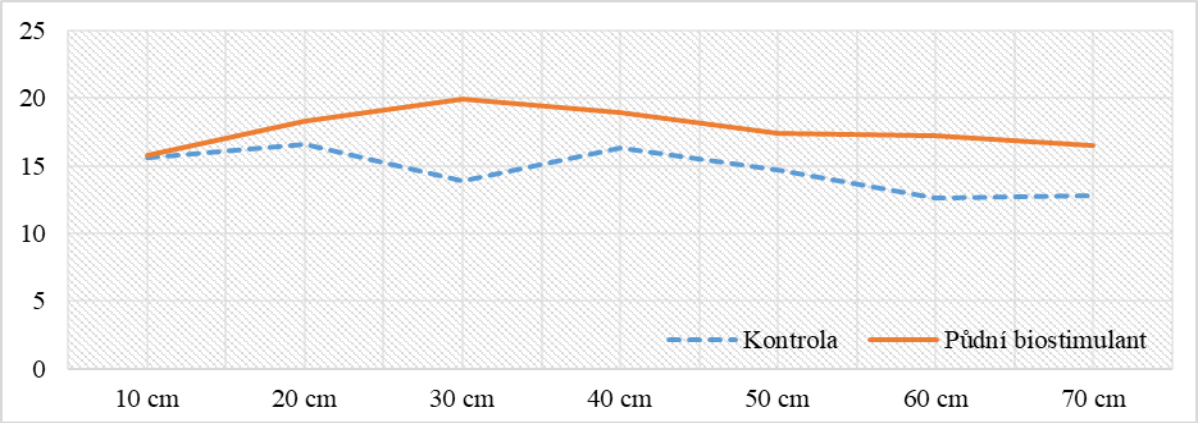
Ve druhém roce sledování půdních profilů 2018 ukazují průběh aktuálních půdních vlhkostí (tab. 9, graf 11). Na kontrolní variantě v povrchové vrstvě 10 cm je část vláhy z vydatných zářijových srážek (graf 2) odtranspirována stále ještě vegetující řepkou. Ve vrstvě 10-20 cm se nakumulovalo více srážek nad první technogenně utuženou vrstvou. Ve vrstvě 20–30 cm srážky chybí vlivem nižší retenční kapacity způsobené technogenním utužením projevujícím se polyedrickými půdními agregáty. Ve vrstvě 30-40 cm je vlhkost opět mírně vyšší podobně jako v zóně 10-20 cm; tento stav je způsoben rychlejším zasáknutím vody přes praskliny ve druhé utužené zóně, která zatím nebyla odtranspirována kořeny rostlin.

Tab. 9: Měření vlhkostí Litobratřice 5. 11. 2018

Hloubka	Průměrná vlhkost v obj. %		ROZDÍL		
	Kontrola	Půdní biostimulant	%	Voda m^3 na 1 ha	Ekvivalent srážek (mm)
10 cm	15,56 [a]	15,76 [a]	0,20	2,6	0,26
20 cm	16,62 [a]	18,32 [b]	1,70	22,1	2,21
30 cm	13,92 [a]	19,90 [b]	5,98	77,74	7,77
40 cm	16,32 [a]	18,96 [b]	2,64	34,32	3,43
50 cm	14,66 [a]	17,44 [b]	2,78	36,14	3,61
60 cm	12,60 [a]	17,24 [b]	4,64	60,32	6,03
70 cm	12,82 [a]	16,54 [b]	3,72	48,36	4,84
Celkem v půdním profilu				**281,58**	**28,16**

Varianta s půdním biostimulantem má rovnoměrnější rozložení vlhkosti a lepší plynulost zasakování vody. Tvoří se zde trvalá zásoba půdní vláhy. Drobtovitá půdní struktura ve vrstvě do 10 cm umožňuje infiltraci vody do hloubky. Hodnoty naměřené ve vrstvách 20-70 cm dokumentují rovnoměrnější zasakování srážek do celé hloubky půdního profilu a potvrzují tak skutečnost, že strukturní půda s absencí zón technogenního utužení dokáže lépe hospodařit s vláhou i v suchých podmínkách. Dle výpočtů můžeme konstatovat, že v roce 2018 na variantě s půdním biostimulantem, bylo navíc k dispozici oproti variantě kontrolní 28,2 mm srážek.

Graf 11: Aktuální půdní vlhkost, Litobratřice 2018, v obj. %

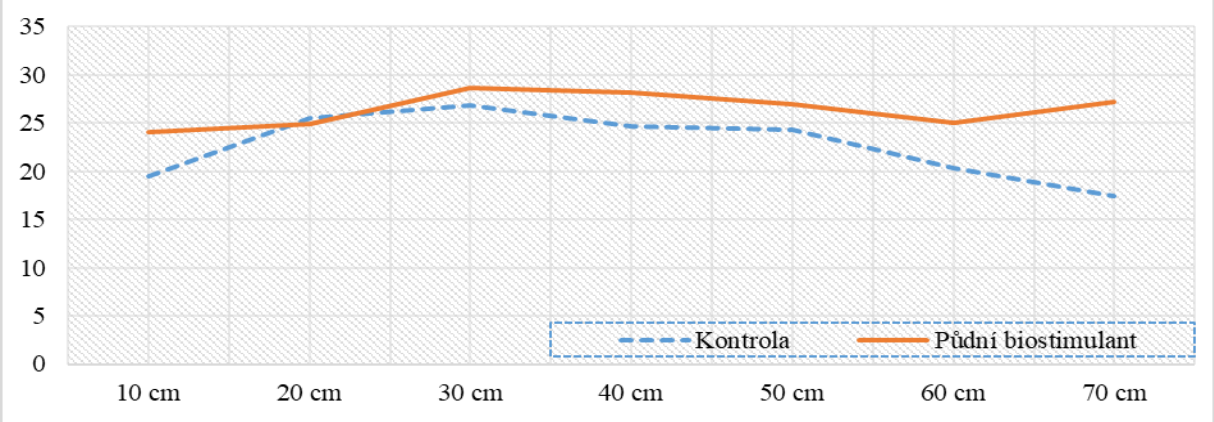


V roce 2019 bylo provedeno třetí sledování půdních profilů tab. 10, graf 12. Rozdíly mezi variantami ukazují na průběh aktuálních půdních vlhkostí v půdním profilu zcela jasně. Skutečnost, že rok 2019 přinesl větší množství srážek oproti předešlým letům, potvrdil funkčnost sledovaného systému. Kontrolní varianta nedokázala tyto cenné srážky správně zadržet a využít. Potvrdilo se, že varianta s půdním biostimulantem dokázala díky lepší struktuře půdy, zadržet průměrně o 34,4 mm na hektar srážek více, něž varianta kontrolní.

Tab. 10: Měření vlhkostí Litobratřice 31. 10. 2019

Hloubka	Průměrná vlhkost v obj. %		ROZDÍL		
	Kontrola	Půdní biostimulant	%	Voda m^3 na 1 ha	Ekvivalent srážek (mm)
10 cm	19,48 [a]	24,12 [b]	4,64	60,32	6,03
20 cm	25,46 [b]	24,96 [a]	-0,50	-6,50	-0,65
30 cm	26,80 [a]	28,62 [b]	1,82	23,66	2,37
40 cm	24,72 [a]	28,14 [b]	3,42	44,46	4,45
50 cm	24,34 [a]	26,96 [b]	2,62	34,06	3,41
60 cm	20,34 [a]	25,06 [b]	4,72	61,36	6,14
70 cm	17,46 [a]	27,22 [b]	9,76	126,88	12,69
Celkem v půdním profilu				**344,24**	**34,40**

Graf 12: Aktuální půdní vlhkost, Litobratřice 2019, v obj. %



Z hodnot je patrné, že půdní biostimulant působí pozitivně na provzdušněnost půdy díky podpoře půdní biologie, která tak přirozeným způsobem pracuje v půdě. To potvrdili i Miller a kol. (1990), kteří ve své práci popisují zlepšení půdních vlastností pomocí aplikace půdních kondicionérů a dalších pomocných látek.

Závěr

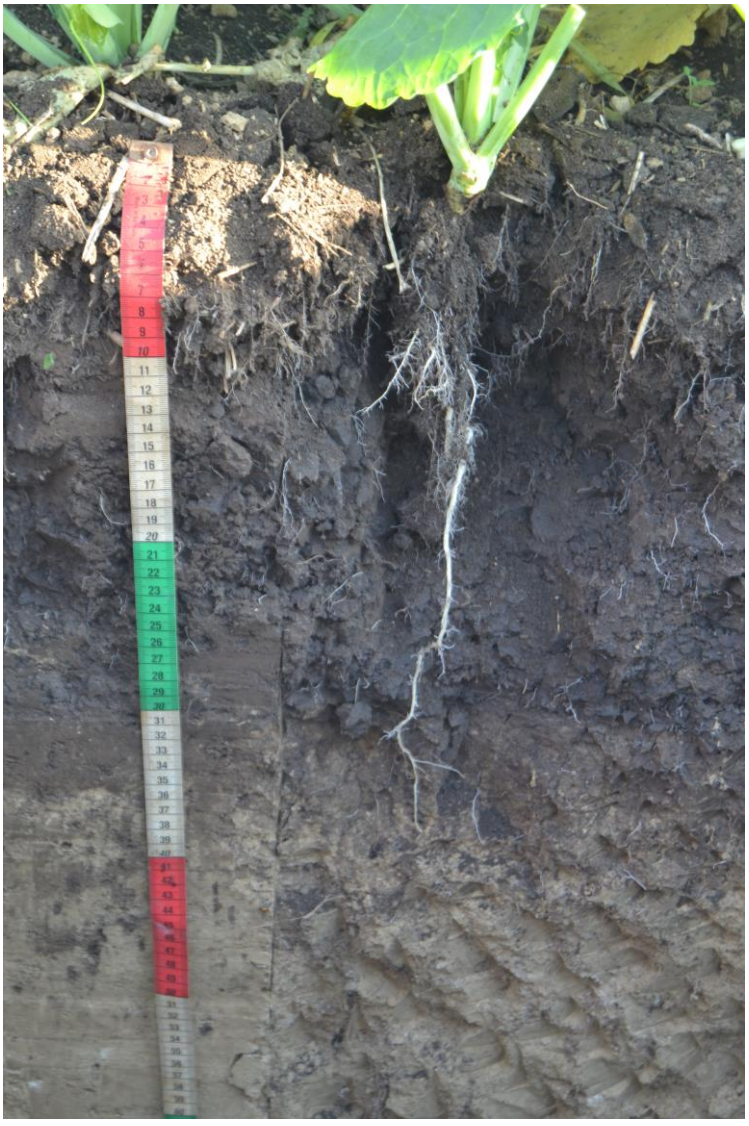
Během sledovaného provozního pokusu v oblasti suché Jižní Moravy, je z měření OHR, pórovitosti a aktuálních půdních vlhkostí průkazná tendence nárůstu schopnosti půdního profilu kumulovat větší objem srážkové vody o 314 %. To znamená trojnásobné zlepšení oproti prvnímu roku sledování. Strukturní půdní profil je tak schopný zadržet dešťové srážky a lépe je využít. Zejména v zóně pod 30 cm, která je méně náchylná na prosychání to umožnuje nárůst zásoby půdní vody pro nastávající porosty. Můžeme konstatovat, že systémová aplikace přírodního půdního biostimulantu tak napomáhá zabezpečit doplňování půdní zásoby vody.

Obr. 18: Porovnání varianty kontrolní (vlevo) a varianty s půdním biostimulantem

Obr. 19: Polní den Litobratřice 5. 11. 2018

Obr. 20: Polní den Litobratřice 31. 10. 2019, ambasador půdy Ing. Ľubomír Marhavý

Obr. 21: Patrný rozdíl mezi kvalitní a nekvalitní strukturou půdy



Obr. 22: Základem dobré úrody je kvalitní kořenový systém

8. DOPAD ZLEPŠENÍ PŮDNÍCH PODMÍNEK NA EKONOMIKU ZEMĚDĚLSKÉHO PODNIKU

Provozní ověřování aplikací půdních biostimulantů jako náhrady základního hnojení průmyslovými hnojivy

V rámci projektu provozního pokusu byla předem naplánována základní agrotechnika, jednotná pro všechny plodiny po celé období trvání projektu. Pouze v roce 2019 bylo z rozhodnutí ÚKZÚZ realizováno navíc podrývání na hloubku 30 cm jako opatření na eliminaci výskytu hrabošů. Toto opatření se nesetkalo s pozitivním účinkem ani z pohledu výskytu hrabošů, ani v oblasti odstranění utužení půdy na kontrolní variantě.

V rámci přípravy pole na zabezpečení projektu byla na podzim roku 2016 realizována orba na hloubku 30 cm po cukrové řepě.
Celkový přehled operací v jednotlivých letech včetně jednotné ceny na hektar a spotřeby nafty v rámci naplánované základní agrotechniky ukazují tabulky číslo 11-13.

Mimo sledování výnosů plodin na jednotlivých variantách byly v rámci vybraných ekonomických ukazatelů hodnoceny především produkce z jednoho hektaru v Kč, náklady v Kč/ha, spotřeba nafty v litrech/ha a hrubý zisk v Kč/ha. Podnik kalkuloval s vnitropodnikovými fakturačními cenami operací.

Obr. 23: Ošetření strniště po pšenici oz. plytkou podmítkou

Tab. 11: Ekonomické ukazatele sledované lokality pro rok 2017 – Pšenice jarní

PLODINA		PŠENICE JARNÍ 2017 – odrůda Sirocco			
Varianta		1 - Kontrola Amofos	2 - Neosol	3 - Akeo	4 - Explorer
Výnos zrna při 14% vlhkosti	**t/ha**	**1,66**	**1,97**	**1,94**	**1,98**
Ceny komodit	Kč/t	3700	3700	3700	3700
Ceny produktů	Kč/t	10000	15980	12000	14350
Dávkování produktů	kg/ha	150	150	200	150
Náklad na produkt	Kč/ha	1500	2397	2400	2153

Základní agrotechnika

Operace	Dávka hnojiva	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha
Diskování 10 cm		850	10								
Podrývání 30 cm		1 400	25	1 400	25	1 400	25	1 400	25	1 400	25
Základní hnojení		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
Amofos/ Biostimulant	150 kg/ha	1 500		1 500		2 397		2 400		2 152	
Přihnojení N		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
LAV 27 %	200 kg/ha	1 040		1 040		1 040		1 040		1 040	
Příprava na setí 6 cm		800	7	800	7	800	7	800	7	800	7
Setí		1 100	10	1 100	10	1 100	10	1 100	10	1 100	10
Osivo		2 100		2 100				2 100		2 100	
Aplikace herbicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Herbicid		400		400		400		400		400	
Přihnojení N		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
DAM 390	100 l/ha	637		637		637		637		637	
Aplikace fungicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Fungicid		500		500		500		500		500	
Sklizeň		1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15
Podmítka 10 cm		850	10	850	10	850	10	850	10	850	10
CELKEM				**13 677**	**76**	**14 574**	**76**	**14 577**	**76**	**14 329**	**76**
VÝNOSY - PRODUKCE v Kč/ha				**6 142**		**7 289**		**7 178**		**7 326**	
HRUBÝ ZISK v Kč/ha				**-7 535**		**-7 285**		**-7 399**		**-7 004**	

Rok 2017 byl na sledované lokalitě pro pěstování jařin nevhodný z důvodu extrémního sucha, během jejich vegetačního cyklu.

Nerovnoměrné rozložení srážek v kalendářním roce je rizikem pro plodiny s krátkým vegetačním cyklem.

Hospodářský výsledek pěstitelského systému byl proto ve ztrátě. Na variantách s půdními biostimulacemi díky vyššímu výnosu však byla ztráta hospodářského výsledku nižší.

Tab. 12: Ekonomické ukazatele sledované lokality pro rok 2018 – Pšenice ozimá

PLODINA		PŠENICE OZIMÁ 2018 – odrůda Julie			
Varianta		1 - Kontrola Amofos	2 - Neosol	3 - Akeo	4 - Explorer
Výnos zrna při 14% vlhkosti	**t/ha**	**4,04**	**4,47**	**4,56**	**4,52**
Ceny komodit	Kč/t	4 100	4 100	4 100	4 100
Ceny produktů	Kč/t	10 000	15 980	12 000	14 350
Dávkování produktů	kg/ha	150	120	150	120
Náklad na produkt	Kč/ha	1 500	1 918	1 800	1 722

Základní agrotechnika

Operace	Dávka hnojiva	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha
Diskování 10 cm		850	10								
Podrývání 30 cm		1 400	25								
Základní hnojení		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
Amofos/ Biostimulant	150 kg/ha	1 500		1 500		1 918		2 400		1 722	
Přihnojení N		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
LAV 27 %	200 kg/ha	1 040		1 040		1 040		1 040		1 040	
Příprava na setí 6 cm		800	7	800	7	800	5	800	6	800	5
Setí		1 100	10	1 100	10	1 100	9	1 100	9	1 100	9
Osivo				2 200		2 200		2 200		2 200	
Aplikace herbicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Herbicid		400		400		400		400		400	
Přihnojení N		300	1	300	3	300	3	300	3	300	3
DAM 390	100 l/ha	637		637		637		637		637	
Aplikace fungicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Fungicid		500		500		500		500		500	
Přihnojení N		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
Močovina	100 kg/ha	760		760		760		760		760	
Sklizeň		1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15
Podmítka 10 cm		850	10	850	10	850	8	850	8	850	8
CELKEM				**13 337**	**56**	**13 754**	**51**	**10 937**	**52**	**10 937**	**51**
VÝNOSY - PRODUKCE v Kč/ha				**16 564**		**18 327**		**18 696**		**18 532**	
ROZDÍL v Kč/ha				**3 224**		**4 572**		**4 459**		**4 973**	

V roce 2018 u pšenice ozimé byla situace v hospodářském výsledku pozitivní. Protože následovala jako ozimá plodina s dlouhým vegetačním cyklem. Nerovnoměrnost srážek měla menší vliv na výnos. Díky zlepšení strukturního stavu půdy na variantách s půdními biostimulanty a lepšímu hospodaření s půdní vláhou, byla úroda vyšší a také zisk z pěstování byl vyšší v průměru o 35 - 47 %.

Tab. 13: Ekonomické ukazatele sledované lokality pro rok 2019

PLODINA		ŘEPKA OZIMÁ 2019 – odrůda Architect			
Varianta		1 - Kontrola Amofos	2 - Neosol	3 - Akeo	4 - Explorer
Výnos zrna při 8 % vlhkosti	**t/ha**	**3,50**	**4,30**	**4,50**	**4,60**
Ceny komodit	Kč/t	9 800	9 800	9 800	9 800
Ceny produktů	Kč/t	10 000	15 980	12 000	14 350
Dávkování produktů	kg/ha	150	120	150	120
Náklad na produkt	Kč/ha	1 500	1 918	1 800	1 722

Základní agrotechnika

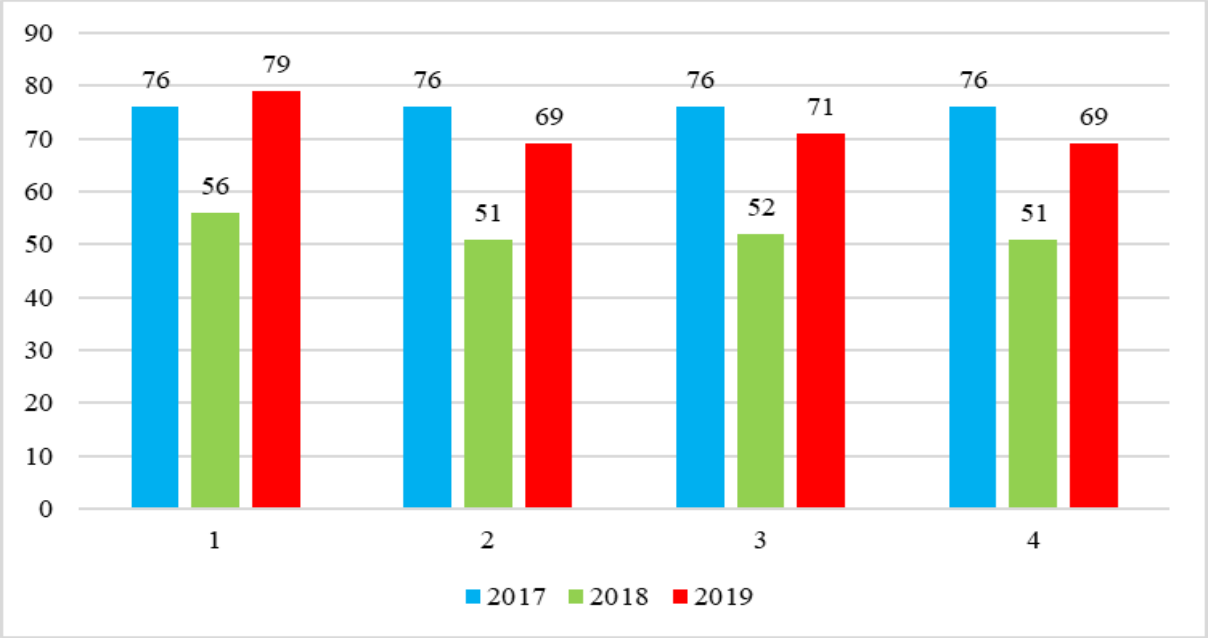
Operace	Dávka hnojiva	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha	Cena Kč/ha	Nafta l/ha
Diskování 10 cm		850	10								
Podrývání 30 cm		1 400	25	1 400	25	1 400	20	1 400	22	1 400	20
Základní hnojení		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
Amofos/ Biostimulant	150 kg/ha	1 500		1 500		1 918		2 400		1 722	
Přihnojení N		300	3	300	3	300	3	300	3	300	3
LAV 27 %	200 kg/ha	1 040		1 040		1 040		1 040		1 040	
Příprava na setí 6 cm		800	7	800	7	800	5	800	5	800	5
Setí		1 100	10	1 100	10	1 100	9	1 100	9	1 100	9
Osivo				2 000		2 000		2 000		2 000	
Aplikace herbicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Herbicid		400		400		400		400		400	
Přihnojení N		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
DAM 390	100 l/ha	637		637		637		637		637	
Aplikace fungicidů		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
Fungicid		500		500		500		500		500	
Přihnojení N		300	1	300	1	300	1	300	1	300	1
DAM 390	100 l/ha	637		637		637		637		637	
Aplikace insekticidů		300	1	600	2	600	2	600	2	600	2
Insekticid				1 200		1 200		1 200		1 200	
Sklizeň		1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15	1 850	15
Podmítka 10 cm		850	10	850	10	850	8	850	8	850	8
CELKEM				**16 314**	**79**	**16 732**	**69**	**17 214**	**69**	**16 536**	**71**
VÝNOSY - PRODUKCE v Kč/ha				**34 300**		**42 140**		**44 100**		**45 080**	
ROZDÍL v Kč/ha				**17 986**		**25 408**		**26 886**		**28 544**	

Následně v roce 2019 se u řepky ozimé potvrdil pozitivní vliv půdních biostimulantů na ekonomiku pěstování. Srážkově vydatnější ročník 2018/2019 přinesl uspokojivý výsledek úrody řepky přes 3,5 t/ha. U variant s biostimulací byla oproti kontrole úroda vyšší o 0,8 - 1,1 t/ha. To se projevilo na celkovém hospodářském výsledku výrazným navýšením výnosů. Zisk byl v průměru vyšší o 40 - 57 %.

Nejvyšší výnos byl dosažen na variantě 4 - Explorer a to hlavně díky schopnosti tohoto půdního biostimulantu velmi účinně podpořit růst kořenů do hloubky půdního profilu. Stejně tak na této variantě byla zaznamenána nejvyšší produkce i výsledný hrubý zisk v Kč/ha.

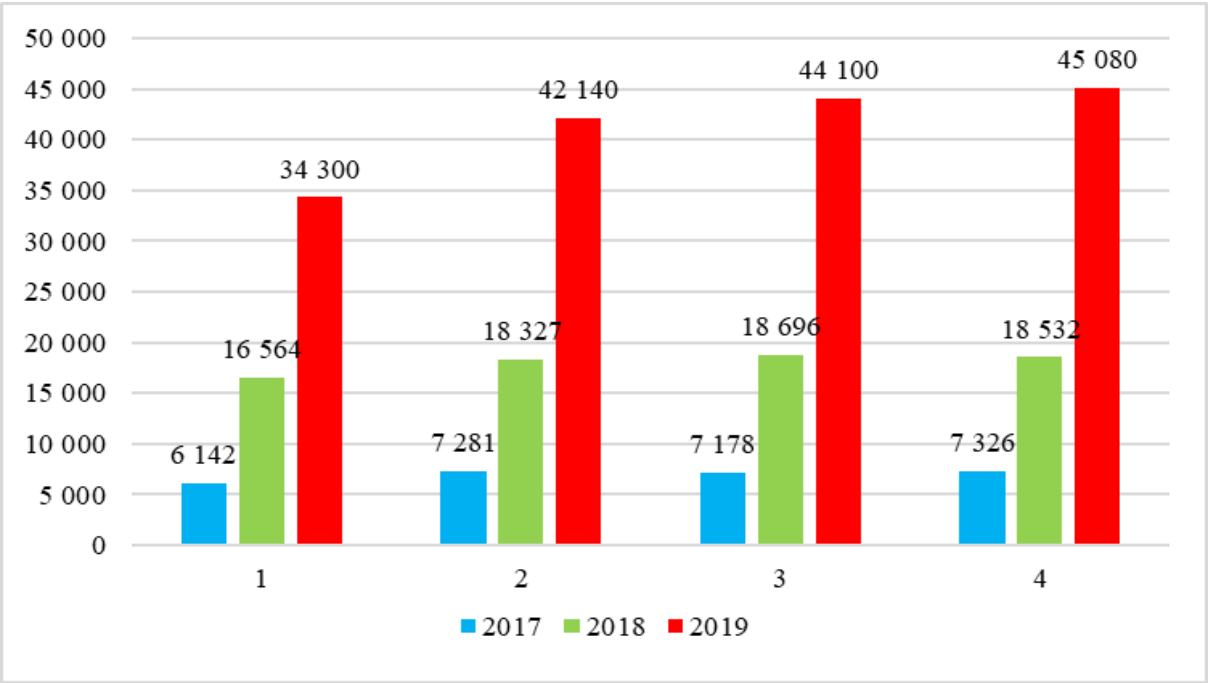
Grafické výsledky z ekonomických kategorií v jednotlivých letech (plodinách) a variantách jsou shrnuty v grafech 13- 15.

Graf 13: Spotřeba naft y na ha, v jednotlivých letech na jednotlivých variantách

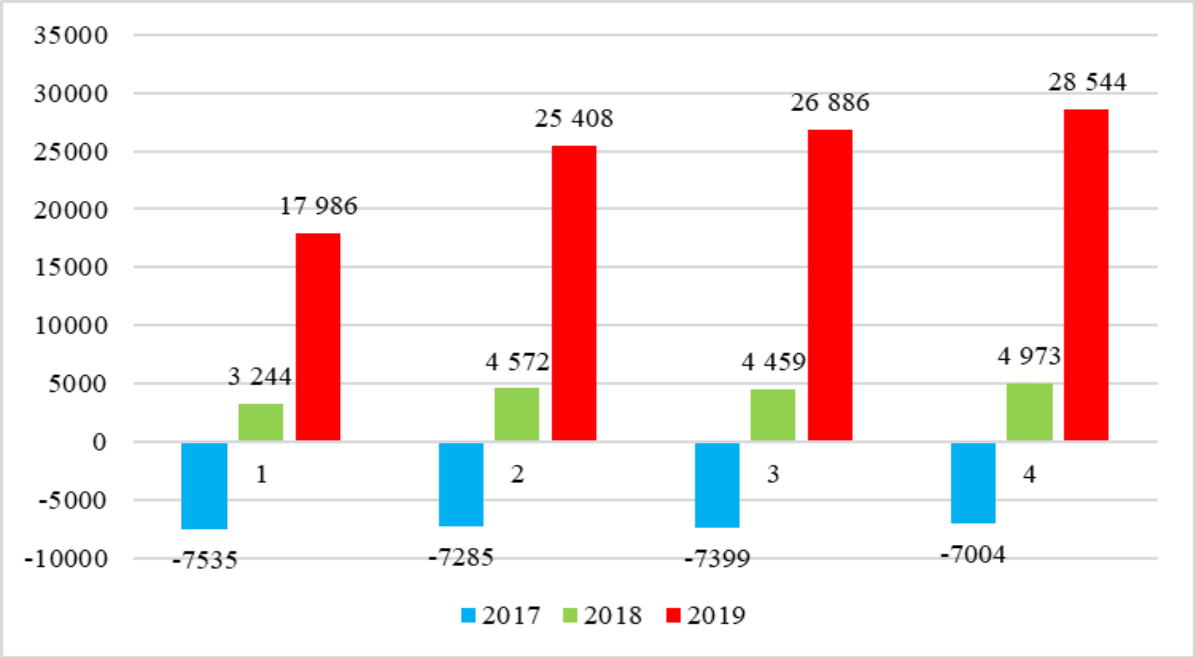


Snížení spotřeby nafty při kultivaci půdy je důsledkem zlepšení fyzikálních vlastností půdy, zejména lepší struktuře v celém půdním profilu, vyrovnanější vlhkosti a lepší stabilitě půdních agregátů.

Graf 14: Produkce v Kč/ha v jednotlivých letech na jednotlivých variantách



Graf 15: Hrubý zisk v Kč/ha, vypočítaný v jednotlivých letech na jednotlivých variantách



9. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

Z výsledných propočtů po jednotlivých ročnících vyplývá, že aplikace půdních biostimulantů jsou účinným strategickým řešením. Jejich aplikace je jednoduchá a nevyžaduje žádnou speciální techniku, tudíž je i praktická. Vzhledem k tomu, že při jejich použití je možné snížit dávky běžných průmyslových hnojiv, nevyžadují ani náklady navíc. Ty jsou kompenzovány úsporou základních vstupů. Biostimulace jsou investice do budoucna.

10. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ - SOUČASNÝ STAV POZNÁNÍ A PŘEDCHOZÍ ŘEŠENÍ

Pokud by všechna současná řešení, prezentována v rámci konvenčního hospodaření na půdě a 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 by degradace půdy by nenabírala takovou dynamiku.

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 jako o živý ekosystém 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 biostimulantů.

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 efektivněji zhodnotí všechny dílčí inovace v oblasti základních vstupů i zemědělské techniky. Do budoucna je reálné tímto přístupem jako jednou z reálných komplexních možností zlepšit rentabilitu zemědělské výroby a snížit závislost na dotacích.

Získané výsledky v této metodice potvrzují poznatky o aplikaci půdních biostimulantů jako možnosti řešení.

11. DOPORUČENÍ PRO ZLEPŠENÍ SOUČASNÉHO STAVU

Na základě tříletých výsledků dosažených výzkumným provozním projektem můžeme konstatovat, že aplikací půdních biostimulant lze dosáhnout významného zlepšení struktury půdy a její biologické aktivity, čímž umožňují zmírnit negativa chybějícího organického hnojení. Výsledkem jejich použití dochází k prohloubení aktivního fyziologicky využitelného půdního horizontu.

Doporučení pro praxi

V současné době dostupné a využívané pěstební technologie řešící problémy související s degradací půdy jsou převážně operativního charakteru a situaci neřeší jako trvale udržitelný systém. Je nutné hledat přirozenější a regenerativní přístupy a začlenit je do pěstitelských systémů. Cílem je najít systémové řešení, které respektujte přirozené fungování půdy, zájmy a potřeby pěstitelů a zároveň zabezpečuje ochranu půdního fondu a respektuje podmínky ochrany životního prostředí.

Zásady pro obnovení půdního života a zlepšení managementu vody v půdě:

- využívat technologie se snížením intenzity zpracování půdy,
- udržovat vegetaci na orné půdě, nejlépe po celý rok,
- cílovou plodinu střídat s druhově bohatou meziplodinovou směsí,
- nadzemní biomasu meziplodin a posklizňové zbytky nejlépe nechávat na povrchu, resp. zapravit do 10 cm,
- dodávat dusík do půdy přes dusík fixující rostliny,
- podpořit půdní biologii prostřednictvím půdní biostimulace nebo zařazením meziplodin společně s využitím biostimulací.

Možnost systémového doplnění zásoby uhlíku při nedostatku organického hnojení

Nejjednodušším řešením jak komplexně a celoplošně nahradit nedostatek organického hnojení s ohledem na zvýšení zásoby uhlíku v půdě je intenzivnější prokořenění aplikací biostimulantů nebo v kombinaci s meziplodinovými systémy. V tomto ohledu by meziplodinové systémy měly být významným zdrojem organické hmoty a půdní biostimulanty nástrojem pro silnější kořeny a rychlejší rozklad rostlinných zbytků.

Cílem je stabilizovat a zvýšit zásobu uhlíku v půdě jako paliva pro život v půdě. Na základě dlouhodobých výsledků dosahovaných ve výzkumných projektech a rovněž v praxi v podmínkách ČR a SR lze významného zlepšení struktury půdy a její biologické aktivity dosáhnout aplikací půdních biostimulantů.

Perspektivní dopad a přínosy biostimulací pro praxi:

- vyšší produktivita a výměra efektivně obdělávatelné půdy pro systémy pěstování plodin,
- snížený negativní dopad na životní prostředí prostřednictvím snížení vstupů (pesticidů, průmyslových hnojiv, energie a vody),
- bohatší půdní biodiverzita pro vyšší úrodnost půdy, lepší kontrola škůdců, chorob a účinnější ochrana spodních i povrchových vod,
- vyšší příjmy pro zemědělce s nižším ekonomickým rizikem,
- zásobování trhu zdravějšími potravinami a krmivy.

12. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Úkolem a cílem této metodiky je poskytnout podněty a pomoc zemědělské praxi pochopit vzájemnou souvislost mezi strukturním stavem půdy, její biologickou aktivitou s ohledem na současnou situaci degradace půdy a její neschopnost efektivně využívat půdní vláhu.

Tuto publikaci doporučujeme zemědělské praxi, stejně tak i politikům a těm odpovědným osobám, kteří hovoří o změně klimatu, ochraně půdy a zadržování vody v krajině. Katastrofální následky permanentního poškozování půdy (úbytek půdy - zástavbou, nevhodné zpracování půdy, nešetrné hospodaření na půdě) se stále skutečně neřeší navzdory mnoha konferencím a vědeckým poznatkům o klimatu, suchu, nebo protipovodňových opatření. Realitou je nedostatek politické vůle prosadit „zdravé zemědělství“ jako nástroj pro eliminaci vlivu změn klimatu, důslednou ochranu půdy a racionální zadržování vody v krajině. Například motivací ke změně hospodaření a přístupu k zemědělské půdě, podporou vzdělávání zemědělské praxe, výzkumu a vývoje.

Obr. 24: Pokusná lokalita 2018

Poděkování

Tato metodika aplikovaného výzkumu v praxi vznikla díky kvalitní spolupráci s vedoucím provozního pokusu Ing. Broňkem Formánkem a díky zodpovědným pracovníkům v přímém kontaktu s půdou a porosty Karlem Kovaříkem a Eduardem Ertlem.

13. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Bartlová J., Badalíková B., Pospíšilová L., Pokorný E., Šarapatka B. (2015): Water stability of soil aggregates in different systems of tillage. Soil & Water Res., 10: 147–154.

Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant Soil 383, 3–41. 10.1007/s11104-014-2131-8

Caradonia, F., Battaglia V., Righl L., Pascali G. a La Torre A. Plant Biostimulant Regulatory Framework: Prospects in Europe and Current Situation at International Level. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019, 38(2), 438-448. ISSN 07217595. Dostupné z: doi:10.1007/s00344-018-9853-4.

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.

Du Jardin P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Sci. Hortic. 196, 3–14. 10.1016/j.scienta.2015.09.021

EBIC. 2020. What are biostimulants? Available online at: http://www. biostimulants.eu/about/what-are-biostimulants

Fei, H., Crouse M., Papadopoulos Y. A., Vessey J. K.: Improving biomass yield of giant Miscanthus by application of beneficial soil microbes and a plant biostimulant. *Canadian Journal of Plant Science*. 2020, 100(1), 29-39. ISSN 00084220. Doi:10.1139/cjps-2019-0012

Gobin, A. Impact of heat and drought stress on arable crop production in Belgium. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2012, 12(6), 1911-1922. DOI: 10.5194/nhess-12-1911-2012. ISSN 15618633.

Hábová M., Pospíšilová L., Novotná J., Badalíková B., Jurica L. Haplic Chernozem Properties as Aff ected by Diff erent Tillage Systems. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2016, 64(1): 63–69.

Hellequin, E., C. Monard, A. Quaiser, M. Henriot, O. Klarzynski a F. Binet. Specific recruitment of soil bacteria and fungi decomposers following a biostimulant application increased crop residues mineralization. *Plos One*. 2018, 13(12). DOI: 10.1371/journal.pone.0209089. ISSN 19326203.

Hůla, J. et al. 2010. Impact of non-traditional technologies of soil treatment on soil environment. VÚZT, v. v. i.

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.

Jaša S., Badalíková B., Červinka J. Influence of Digestate on Physical Properties of Soil in ZD Budišov. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2019, 67(1): 75-83.

Kałuzewicz, A.; Krzesi ´nski, W.; Spi ˙zewski, T.; Zaworska, A. Effect of biostimulants on several physiological characteristics and chlorophyll content in broccoli under drought stress and re-watering. Not. Bot. Horti Agrobo. 2017, 45, 197–202. ISSN 0255965X. DOI:10.15835/nbha45110529

Katerji, N., Van Hoorn J. W., Hamdy A. a Mastrorilli M. Comparison of corn yield response to plant water stress caused by salinity and by drought. *Agricultural Water Management*. 2004, 65(2), 95-101. ISSN 03783774. DOI: 10.1016/j.agwat.2003.08.001

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.

Lützow, M. v., I. Kögel-Knabner, Ekschmitt K., E. Matzner, G. Guggenberger, Marschner B.a Flessa H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. *European Journal of Soil Science*. 2006, 57 (4), 426-445. ISSN 13510754. DOI:10.1111/j.1365-2389.2006. 00809.x

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.

Nelson, D. W., Sommers, L. E.: Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. ASA, SSSA Publ., Madison, Wisconsin, 1982.

Němeček, J. et al.: Taxonomic classification system of soils Czech Republic. 2. adj. edition Prague: Czech University of Agriculture, 2011, pp 94. ISBN: 978-80-213-2155-7.

Renne, R. R., Schlaepfer D. R., Palmquist K. A., Bradford J. B., Burke I. C. a Lauenroth W. K. Soil and stand structure explain shrub mortality patterns following global change-type drought and extreme precipitation. *Ecology*. 2019, 100(12), e02889. ISSN 19399170. DOI:10.1002/ecy.2889

Tretowski, J.; Wójcik, R. Methodology of Agricultural Experiments; Wyzsza Szkoła Rolniczo-Pedagogiczna: Siedlce, Poland, 1991; pp. 331–334. (In Polish)

Vandenkoornhuyse, P., Quaiser, A., Duhamel, M., Le Van, A., and Dufresne, A. (2015). The importance of the microbiome of the plant holobiont. New Phytol. 206, 1196–1206. doi: 10.1111/nph. 13312.

Vopravil J. et al: Soil and its evaluation in the Czech Republic. 1. ed. Prague: Research Institute for Soil and Water Conservation, 2009-2011, pp 55, 2 vol., 148 p., ISBN 978-80-87361-05-4.

Woermann E.: Ernährungswirtschaftliche Leistungsmaßstäbe. Mitteilungen der Landwirtschaft, 1944, 59: 787–792.

14. SEZNAM PUBLIKACÍ PŘEDCHÁZEJÍCÍ METODICE

Šindelková I.: Biostimulátory – nové účinné řešení. Selská revue, číslo 5, 2018, Asociace soukromého zemědělství, str. 56-57, ISSN: 2533-3607

Šindelková, I.: „Úrodná půda je největším bohatstvím hospodáře“. Úroda 2018. sv. 66, č. 4, s. 48-50. ISSN 0139-6013.

Šindelková, I.: Priorita dneška – vodní režim v půdě. Úroda 2018. sv. 66, č. 8, s. 48-50. ISSN 0139-6013.

Šindelková I.: Základem budoucí úrody je půdní vláha. Agrární obzor, číslo 8, 2018, str. 10-11, ISSN: 1214-1291.

Šindelková I.: Strukturní půda zabezpečí lepší vodní režim. Selská revue, číslo 2, 2019, Asociace soukromého zemědělství, str. 59-61, ISSN: 2533-3607.

Šindelková I., Marhavý Ľ.: Může půdní biostimulace nahradit nedostatek chlévského hnoje? Úroda 2019. Ročník LXVII, č. 6, s. 46-48. ISSN 0139-6013.

Šindelková I.: Půda – základ efektivní produkce i kvality. Agromanuál 08/2019, ročník 14, str. 91-93.

Šindelková I., Badalíková B., Kubíková Z.: The soil biostimulant usage effect on soil properties in dry area. Proceedings of the 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019. Soils, Forst ecosystems. Albena, Bulgaria. Issue: 3.2, pp 561–568. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/S13.073. ISSN 13142704.

Šindelková I., Badalíková B.: Využití biostimulantů v suché oblasti jižní Moravy. Use of the biostimulants in a dry area within South Moravia. In Sb. CD: Rostliny v suchých oblastech a klimatická změna Lednice 23. -24. 10. 2019, vydala Mendelova univerzita v Brně, s. 31. ISBN 978-80-7509-680-7.

Šindelková I., Badalíková B.: Aplikace půdních bio-stimulantů a jejich vliv na změny půdních vlastností v suché oblasti jižní Moravy. The influence of bio-stimulants on soil properties in a dry area within South Moravia. In Sb. CD: Hospodaření s vodou v krajině Třeboň 13. – 14. 6. 2019, vydal ČHMÚ Praha, s. 37. ISBN 978-80-87577-88-2.

Šindelková I., Marhavý Ľ.: Vodní režim v půdě v návaznosti na agrotechniku řepky ozimé. Agromanuál 08/2020, ročník 14, str. 107-109.

15. DEDIKACE, JMÉNA OPONENTŮ

Certifikovaná metodika *„Zlepšování základních půdních vlastností a eliminace dopadů sucha na výši produkce plodin pomocí aplikace půdních biostimulantů*“ je výsledkem řešení výzkumného projektu ***Dlouhodobá koncepce rozvoje výzkumné organizace MZE RO-1720*** pod názvem *„Protierozní a půdoochranné technologie“*.

Oponenti

Ing. Jan Vopravil Ph.D. – VUMOP v. v. i.
Ing. Marek Batysta Ph.D. – MZe ČR
Ing. Karel Čadek – LUKROM plus spol. s r. o.

Obr. 24: Management půdní vláhy

Zahrnuje několik podstatných změn, které je potřeba zavést v rámci hospodaření

Vydal: Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko

Náklad: 300 výtisků

Tisk: AGRIPRINT s r. o., Olomouc

Cena: 100 Kč

Autor fotografií: Ing. Ivana Šindelková

ISBN 978-80-88000-31-0

Vydal:

Zemědělský výzkum, spol. s r. o. Troubsko

Náklad: 300 výtisků

ISBN 978-80-88000-31-0