



Výživářské zkoušky ÚKZÚZ
1972 - 2022



Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

Problematika stanovení a hodnocení půdní organické hmoty v agendách ÚKZÚZ

Michaela Smatanová, Ivana Komprsová, Silvie Jančíková,
Jaroslav Hynšt



10. - 11. 11. 2022

Náměšť nad Oslavou ✕ areál společnosti Zera



Definice



- **Organické látky** = rostlinné nebo živočišné zbytky, které neprošly rozkladem, struktura pletiv je stále neporušená a vizuálně rozpoznatelná
- **Organická hmota** = veškerý neživý organický materiál, nacházející se v půdě nebo na jejím povrchu, v různém stupni rozkladu či syntézy



Vznik organické hmoty probíhá anaerobním rozkladem na jednoduché anorganické sloučeniny = **MINERALIZACÍ** (příznivá teplota, nižší vlhkost, zejména v lehčích půdách a provzdušněných).

Význam: uvolnění energie a živin pro půdní mikroorganismy

Množství organické hmoty zanechané plodinami	(t/ha/rok)
Zrniny a olejnin	2,0 - 2,5
Okopaniny, jednoleté pícniny, zeleniny	0,9 - 1,5
Luskoviny	1,0 - 2,5
Víceleté pícniny	3,0 - 6,5
Jetelovino trávy (víceleté), úhor	10 a více



- **Stabilní** - co nejméně ovlivňovaný v čase (v rámci roku), počasím a jednorázovými agrotechnickými zásahy (hnojení, kultivace...)
- **Charakteristický** - markantní, reprezentativní -> co nejvíce odrážet stav půdy a hospodaření na ní, dokázat odlišit dopady dlouhodobých agrotechnických zásahů
- **Metoda levná a sériově použitelná** Cox, glomalin (NIR) spektroskopie v blízké infračervené spektrální oblasti. Současné měření dvou a více parametrů z jednoho vzorku





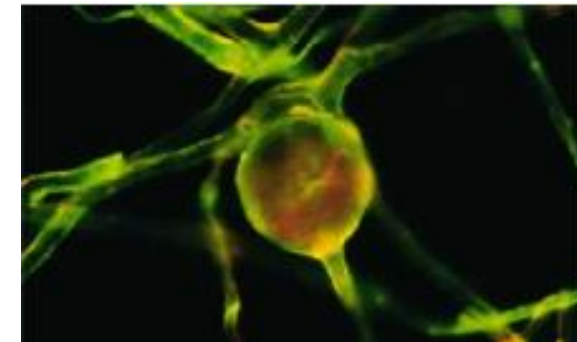
Oxidovatelný uhlík $C_{ox} = C_{org}$ (%)

- dominantní součástí POH
- primární org. hmota - kořeny, vlášení, posklizňové zbytky, org. hnojiva, odumřelé mikroorganismy



Glomalin (mg/g)

- glykoprotein produkovaný arbuskulárními mykorhitickými houbami (AMF)
- stabilní, nerozpustný ve vodě, odolný k tepelné degradaci
- zásobárna uhlíku, 28-35 % C
- chrání hyfy před ztrátami vody a živin
- spojuje a stabilizuje půdní agregáty





Trvale zakotveno ve dvou agendách ÚKZÚZ

- **Agrochemické zkoušení zemědělských půd (AZZP)**

pravidelné zjišťování vybraných parametrů půdní úrodnosti v důsledku používání hnojiv, pomocných půdních látek, rostlinných biostimulantů, substrátů, upravených kalů a sedimentů (zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech)

Služba poskytovaná zdarma státem zemědělským subjektům a vlastníkům půdy.

- **Dlouhodobé výživářské pokusy**

Na zkušebních stanicích ústavu, výstupy a měření zcela nezávislé a objektivní, metodika stacionárů beze změny, precizní a přesná pokusnická práce
Hodnocení stupňování minerálních živin, jejich náhrada organickými (kompost, chlévský hnůj, digestát, kejda...)

Metodika Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP)



- V rámci AZZP výběry vzorků od roku 2014
- Sada 30 tisíc vzorků -> prozkoušení 380 tis. ha, 87 % o. p.
- Vzorkování výběrem v různých půdně klimatických podmínkách ČR
- Pět základních kultur: orná p., sady, vinice, chmelnice, TTP
- Pravidla pro vzorkování stejná jako pro stanovení živin (vyhláška č. 275/199
 - a) ORNÁ půda - 7 - 10 ha
 - b) VINICE - 2 ha (2 horizonty)
 - c) CHMELNICE - 4 ha
 - d) OVOCNÉ SADY - 3 ha
 - e) TTP - 7 - 10 ha



Informace známé

- prostorová informace vzorku s naměřenou hodnotou
- BPEJ
- kultura v LPIS (orná p., vinice, chmelnice, sad, TTP)
- zrnitost
- klimatický region
- hlavní půdní jednotka
- výrobní oblast



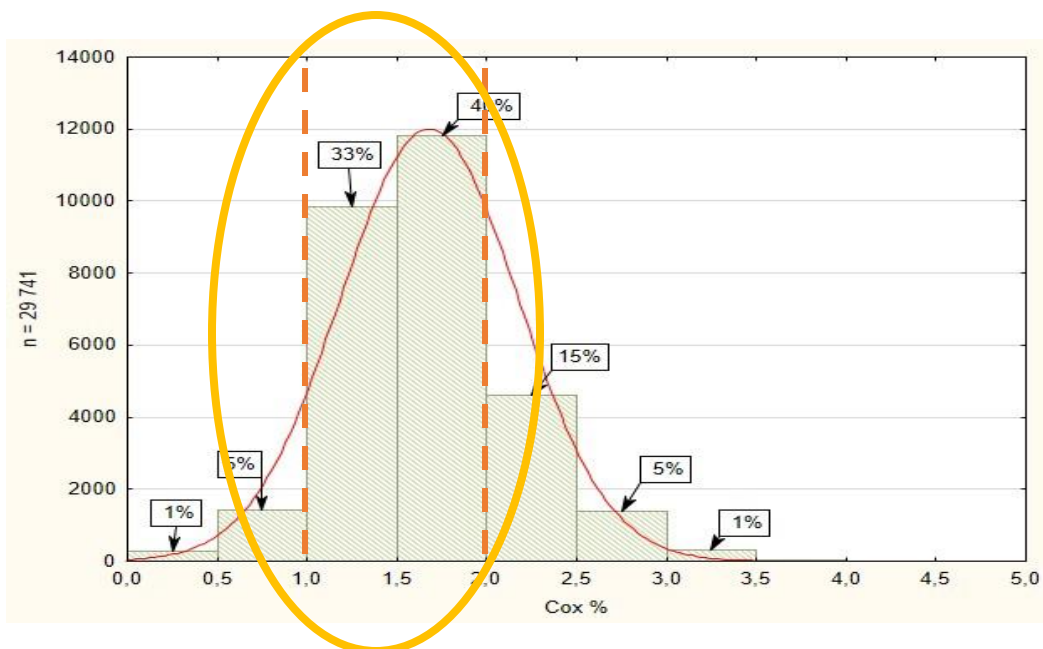
Informace neznámé

- agrotechnika
- osevní postup
- posklizňové zbytky
- organické a minerální hnojení
- ostatní vstupy

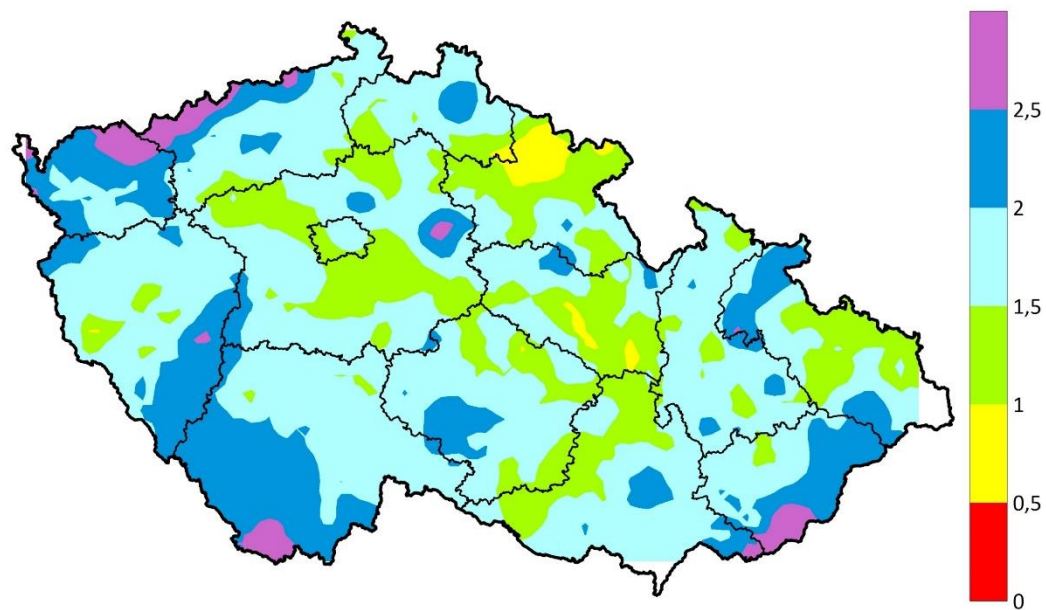
Oxidovatelný uhlík Cox (%)



Kultura	Vážený průměr	Minimum	Maximum	Výměra
Orná půda	1,60	0,35	5,05	337 697
Chmelnice	1,39	0,67	1,84	252
Vinice	1,39	0,82	2,55	86
Ovocný sad	1,78	0,73	3,35	606
TTP	2,24	0,35	4,31	30 771
Zemědělská p.	1,65	0,35	5,05	369 414

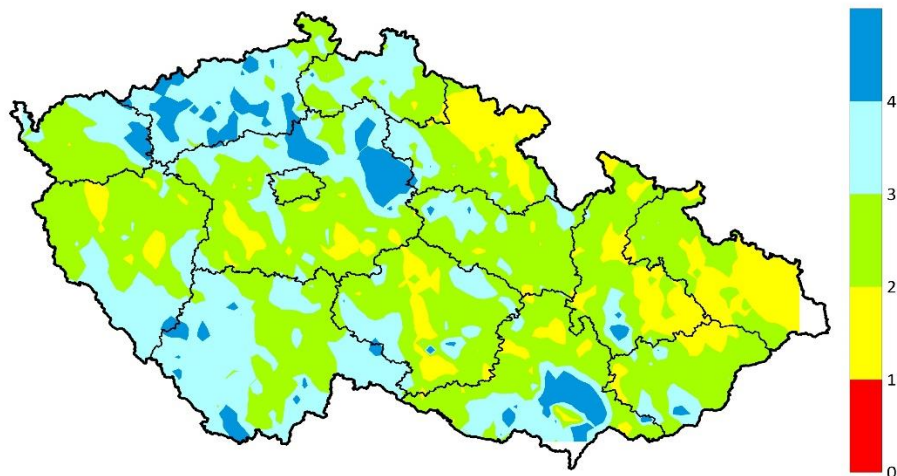


Rozložení obsahu Cox



Četnost obsahu Cox (%)	Počet vzorků	Zastoupení (%)	Vážený průměr
pod 1,0	1 598	5,3	0,75
1,0 - 2,0	21 834	73,1	1,53
nad 2,0	6 432	21,5	2,38

Rozložení obsahu glomalinu



Četnost obsahu glomalinu (mg/g)	Počet vzorků	Procento zastoupení %	Vážený průměr
pod 2,0	6 988	23,4	1,6
2,0 - 4,0	19 699	65,9	2,8
nad 4,0	3 177	10,6	4,8

Kultura	Vážený průměr	Medián	Počet záznamů	Výměra
Orná půda	2,82	2,61	22 095	338 433
Chmelnice	3,33	3,34	89	252
Vinice	2,73	2,74	73	87
Ovocný sad	2,80	2,61	119	609
Trvalý travní porost	3,02	3,12	2 316	30 818
Zemědělská půda	2,84	2,66	24 692	370 199

Hodnocení oxidovatelného uhlíku



Naměřená hodnota vzorku - nízká, vysoká nebo dostatečná?

- hospodaří se na pozemku dobře/špatně?

Neexistují Cox oficiální kritéria, limity - studiem a pokusy ověřené rozmezí

Kategorie obsahu Cox % ¹⁾

pod 1,0

1,0 - 2,0

nad 2,0

Kategorie obsahu Cox % ²⁾

Velmi nízký pod 1,2

Nízký 1,2 - 2,3

Střední 2,3 - 3,5

Vysoký 3,5 - 5,8

Velmi vysoký nad 5,8

Kategorie obsahu Cox % ³⁾

pod 0,6

0,6 - 1,1

1,2 - 1,8

1,8 - 2,9

nad 2,9

**Kritéria?....Intervaly hodnot
pro charakteristické půdně
klimatické podmínky**

¹⁾ Kubát J. a kol., 2008: Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty

²⁾ Sotáková, S. 1982: Organická hmota a úrodnost půdy, Příroda, Bratislava. 234 p.

³⁾ Jandák J. a kol., 2009: Půdoznalství. Skripta, Mendelu

Celkový organický uhlík – přepočítávací faktor



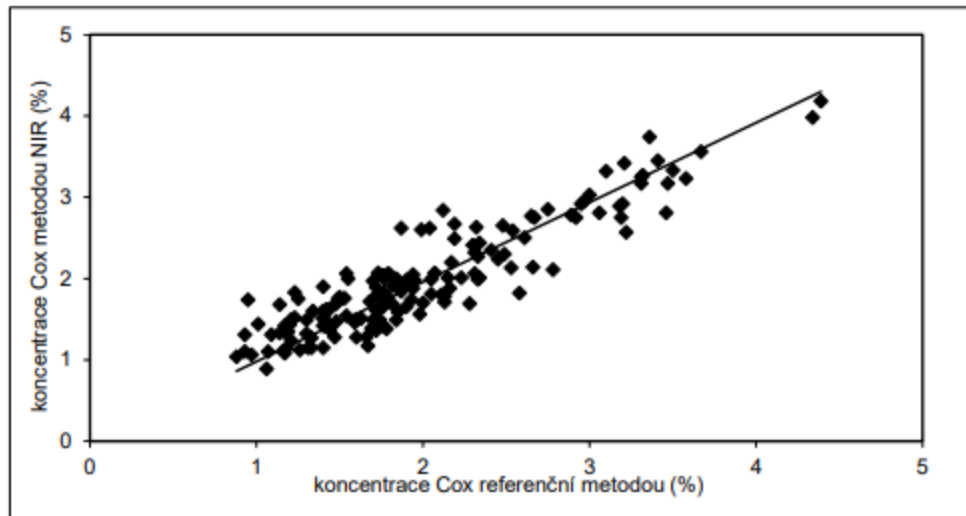
Metody:

- ~~Oxidimetrická titrace chromsírovou směsí podle Walkley-Blacka (z bezpečnostních a environmentálních důvodů bude zrušena)~~
- (NIR) spektroskopie v blízké infračervené spektrální oblasti EN ISO 17 184

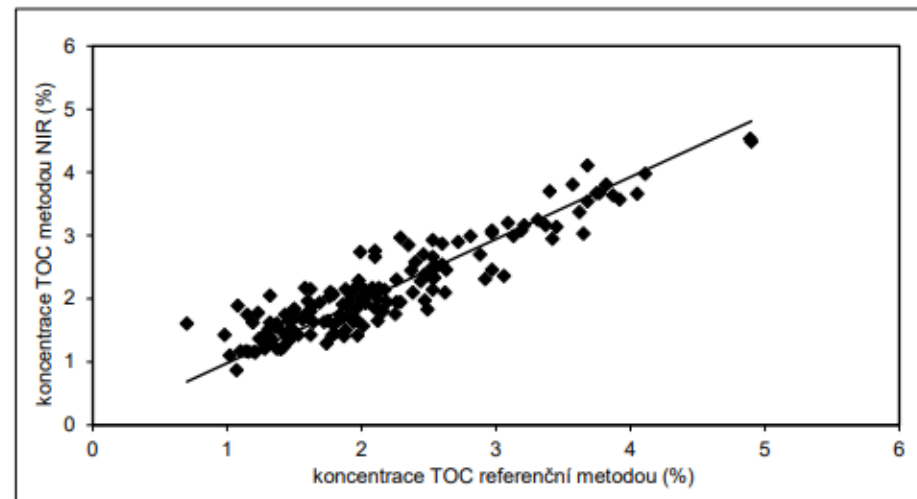
Matematické vyjádření vztahu mezi parametrem C_{OX} NIR spektroskopii a C_{TOC}

$$C_{TOC} = C_{OX} \times 1,09$$

$$C_{OX} = C_{TOC} / 1,09$$



Obrázek 1. Kalibrační závislost C_{OX} (%).



Obrázek 2. Kalibrační závislost C_{TOC} (%).

Celkový organický uhlík přepočítávací faktor



$$C_{\text{TOC}} = C_{\text{OX}} \times 1,09$$

$$C_{\text{OX}} = C_{\text{TOC}} / 1,09$$

Kategorie obsahu C_{TOC} %	
Velmi nízký	pod 1,0
Nízký	1,1 - 2,0
Střední	2,0 - 6,0
Vysoký	nad 6,0

Zaujec A., Chlpik J., Nádašský J, Szombathová N., Tobiašová E, 2009: Pedolgia a základy geologie, Nitra , SPU.399s. ISBN 978-80552-0207-5



**Půdní organická hmota
v dlouhodobých pokusech ÚKZÚZ**

Pokus: Různé systémy organického hnojení, od r. 1994; 10 lokalit

Rok osevního sledu	Výrobní oblast	
	výrobní typ řepařský	výrobní typ bramborářský
1.	cukrovka	brambory
2.	ječmen jarní	ječmen jarní
3.	hrách	hrách
4.	řepka ozimá	řepka ozimá
5.	pšenice ozimá	pšenice ozimá
6.	ječmen jarní	ječmen jarní

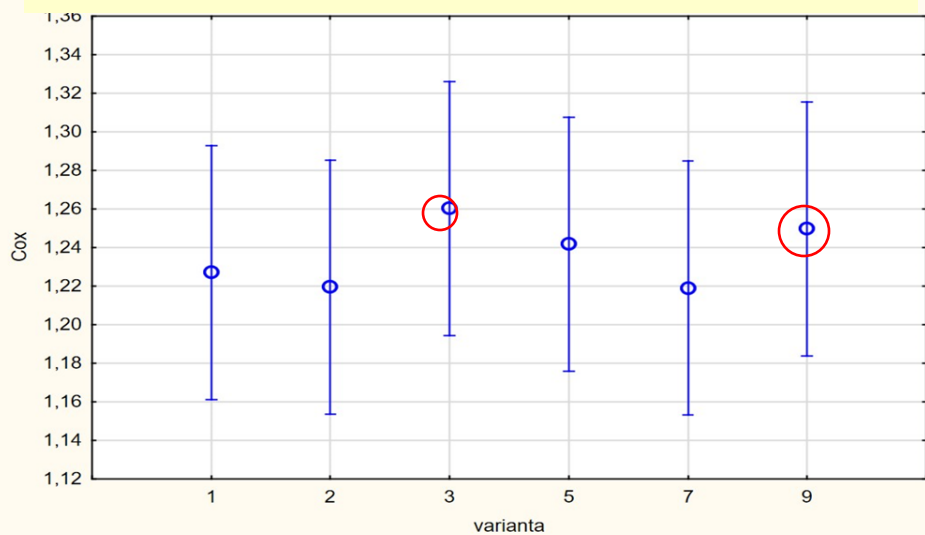
← hnůj, kompost

← hnůj, kompost

Variety hnojení

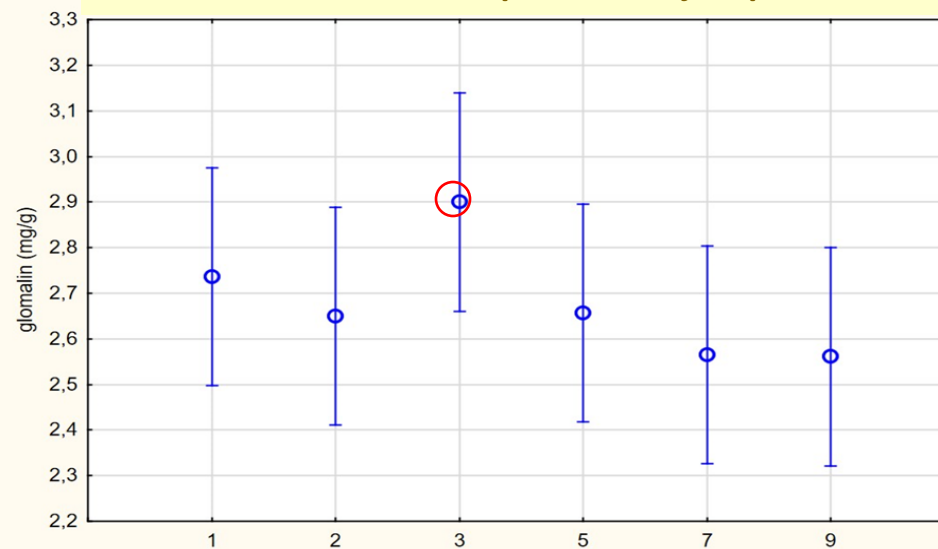
1. ZH + sl./chr. + kompost
2. ZH + sl./chr. + kompost + NPK
3. nehnojeno
4. NPK
5. chlévský hnůj
6. chlévský hnůj + NPK
7. sláma/chrást
8. sláma/chrást + NPK
9. zelené hnojení (ZH)
10. ZH + NPK

Cox v závislosti na způsobu hnojení po 27 letech



nehnojeno NPK hnůj sláma ZH ZH+sl.+kompost

Glomalin v závislosti na způsobu hnojení po 27 letech



nehnojeno NPK hnůj sláma ZH ZH+sl.+kompost

- i při dlouhodobém správném hnojení a dobrém osevním postupu jsou změny v obsahu velmi malé
- zásadní vliv má intenzita a způsob hospodaření, lokalita, klimatické a půdotvorné faktory podmínky stanoviště

Pokus: Stupňování intenzity hnojení na výnosy plodin a agrochemické vlastnosti půdy



- 25 % jetelovin, 25 % okopanin, 50 % obilovin
- jednotná, plastická odrůda na všech stanovištích
- 10 lokalit, od. r. 1972

rok osevního sledu	výrobní oblast	
	řepařská (ŘO)	bramborářská (BO)
1	vojtěška	jetel
2	vojtěška	jetel
3	pšenice ozimá	
4	brambory rané	
5	pšenice ozimá	
6	ječmen jarní	
7	cukrovka	brambory
8	ječmen jarní	

chlévký hnůj 40t/ha

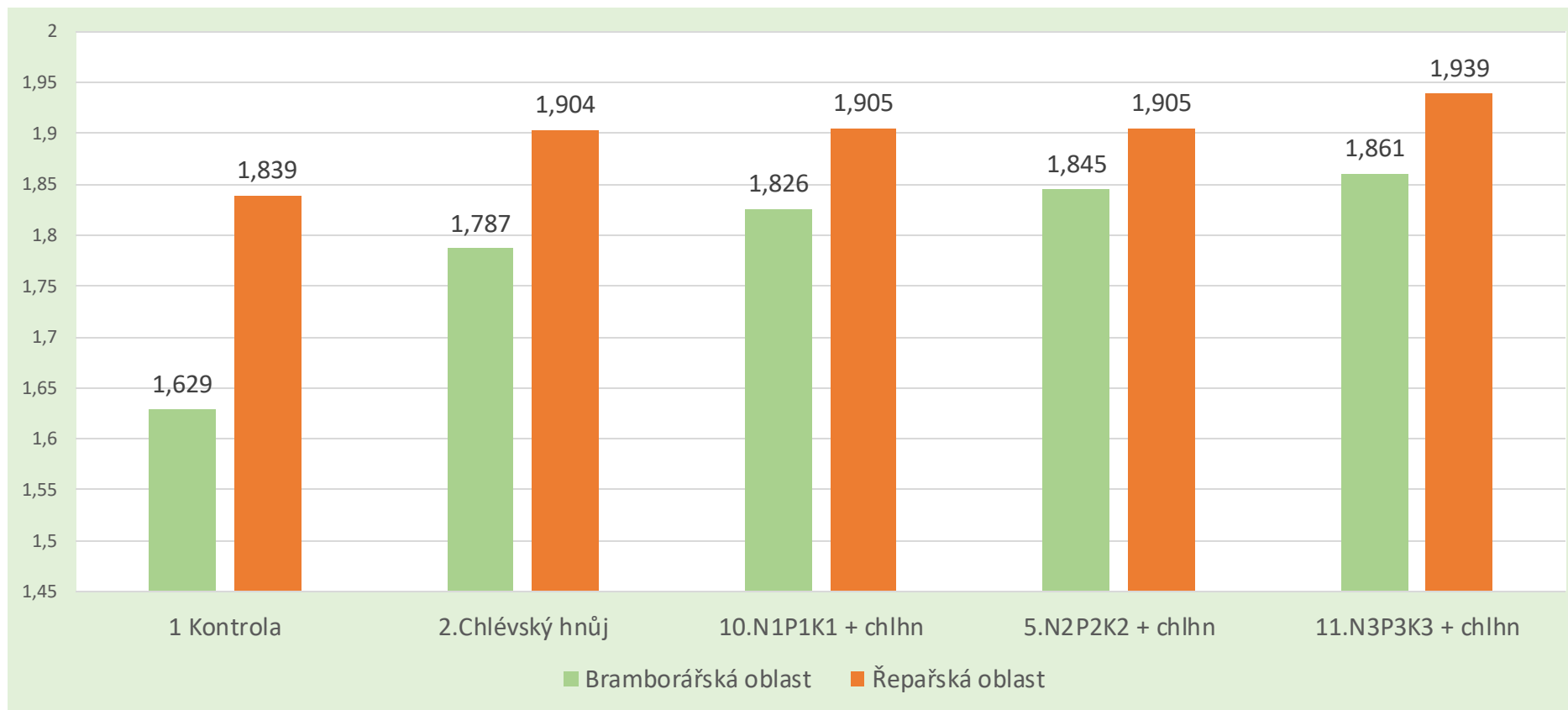
chlévký hnůj 40 t/ha



Vliv hnojení na obsah organické hmoty



Cox v závislosti na způsobu hnojení po 50 letech



Obsah C je zvyšován hnojením

Malý vliv hnojení v řepařské oblasti

Pokus: Porovnání účinnosti digestátů a kompostu ve zranitelné oblasti



Cíl: hodnocení osevního postupu bez zlepšující plodiny s jednostranným nevyváženým hnojením

2 osevní postup: 2011 - 2016; 2017 - 2022

Plodiny OP		dávka kg N/ha
1.	brambory	120
2.	pšenice ozimá (meziplodina)	120
3.	kukuřice silážní	150
4.	ječmen jarní	-
5.	ozimá řepka	130
6.	ozimá pšenice (meziplodina)	120



Zkušební stanice	Nadmořská výška m.n.m.	Půdní typ a druh
Jaroměřice	425	HNm - jílovitohlinitá
Hradec n. Svit.	460	HNm - jílovitohlinitá
Lípa	505	KAg - písčitochlinitá

Variety hnojení (4 opakování)	Průměr sušina %	Průměr N %	Průměr spalitelné látky %	C : N
1. Nehnojeno	-	-	-	-
2. LAV	-	27	-	-
3. Kejda	9,2	3,6	77,5	9,7
4. Digestát Lípa (kuk. siláž, kejda skotu)	7,1	5,6	73,1	6,6
5. Digestát Opatov (kuk. siláž, hnůj, kejda skotu, GPS)	5,5	7,8	73,8	5,6
6. Kompost Náměšť	69	1,2	26,5	14,2

Aplikace hnojiv vždy dle aktuálního obsahu, sušiny, N.



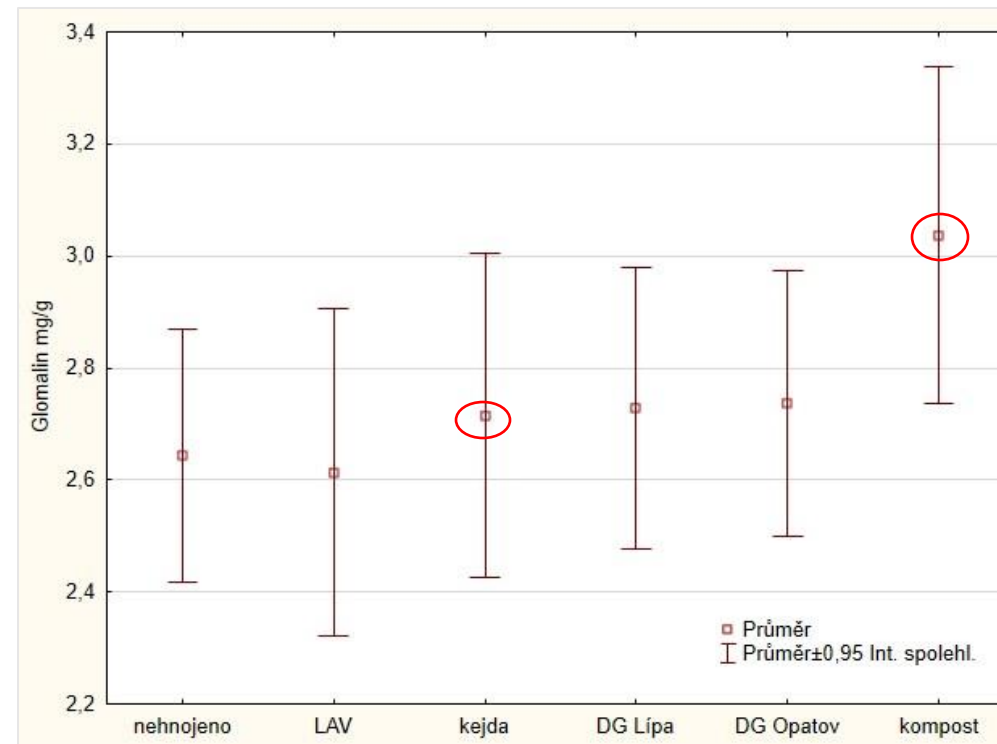
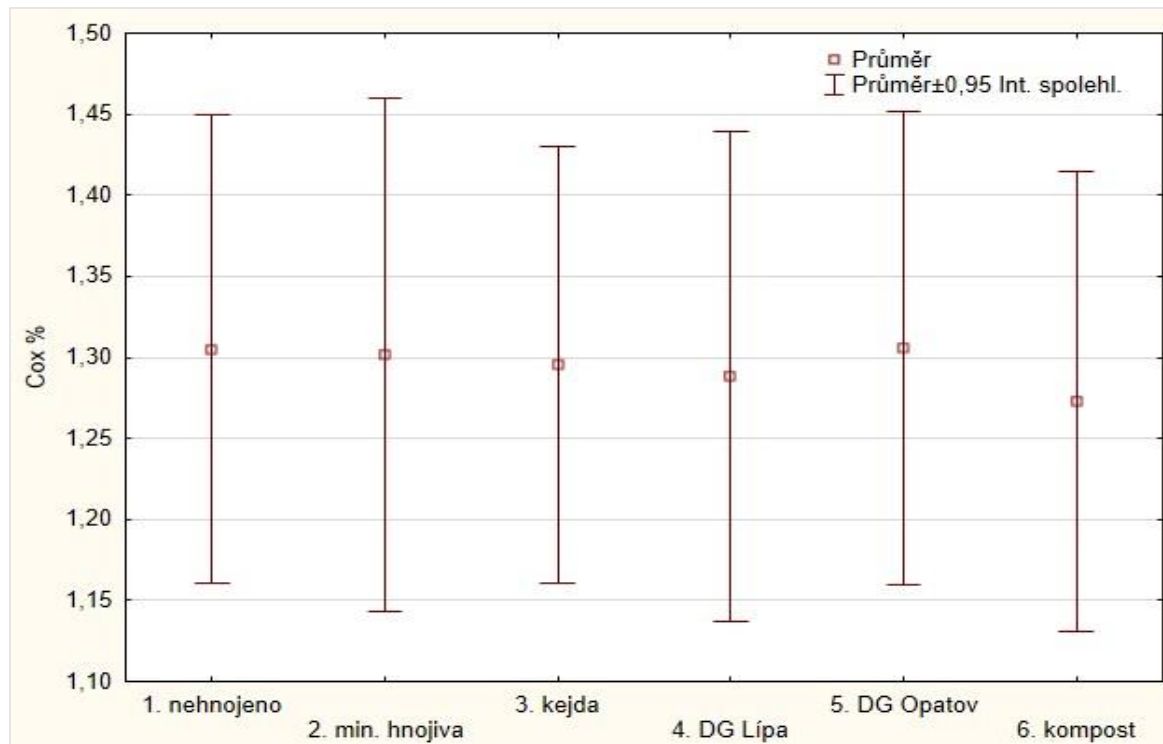
Varianty hnojení	Množství aplikovaných organických hnojiv (t/ha)					
	Brambory	Ozimá pšenice	Kukuřice silážní	Ječmen jarní	Ozimá řepka	Ozimá pšenice
	120 kg N/ha	120 kg N/ha	150 kg N/ha	-	120 kg N/ha	120 kg N/ha
3. Kejda	37	42	46	-	60	43
4. Digestát Lípa	30	26	39	-	42	37
5. Digestát Opatov	26	26	33	-	57	39
6. Kompost Náměšť	24	24	30	-	35	35



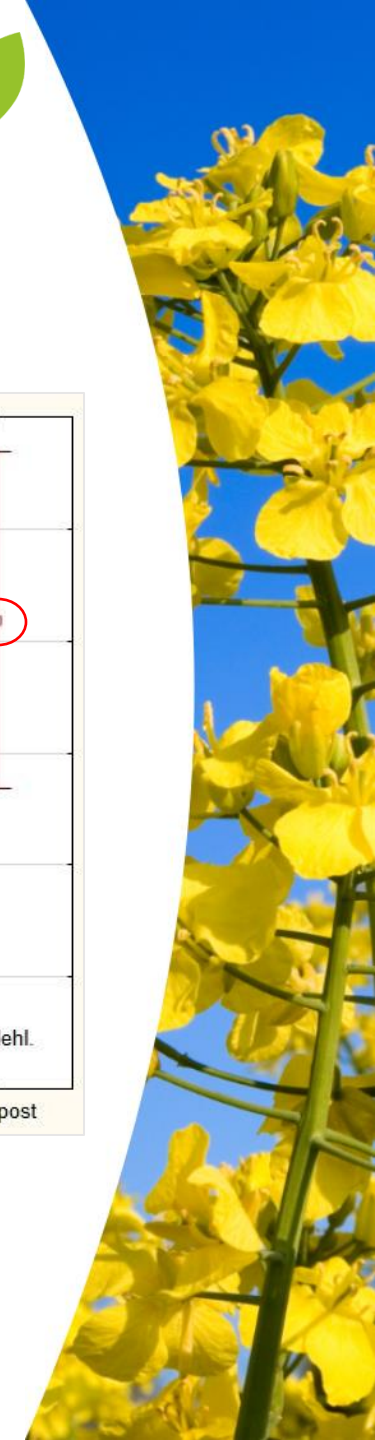
Oxidovatelný uhlík (Cox) a glomalin v půdě



- Cox primární a sekundární organická hmota v půdě
- Glomalin glykoprotein, pojidlo půdních agregátů
- Průměrný obsah po 2 rotacích; vzorkování 6 týdnů po hnojení; 0 - 30 cm



Metoda NIR spektroskopie v blízké infračervené spektrální oblasti
(Zbiral J. a kol., 2011: Analýza půd III, JPP ÚKZÚZ, JPP ÚKZÚZ, postup č. 30910.1)





Cíle: jak ovlivňuje půdní mikroorganismy a jejich společenstva aplikace organických hnojiv?

Vzorkování

- Jaroměřice nad Rokytnou (2016, 2017, 2018, 2019)
- 21 - 26 dní po aplikaci hnojiv
- Horizont 0 - 30 cm

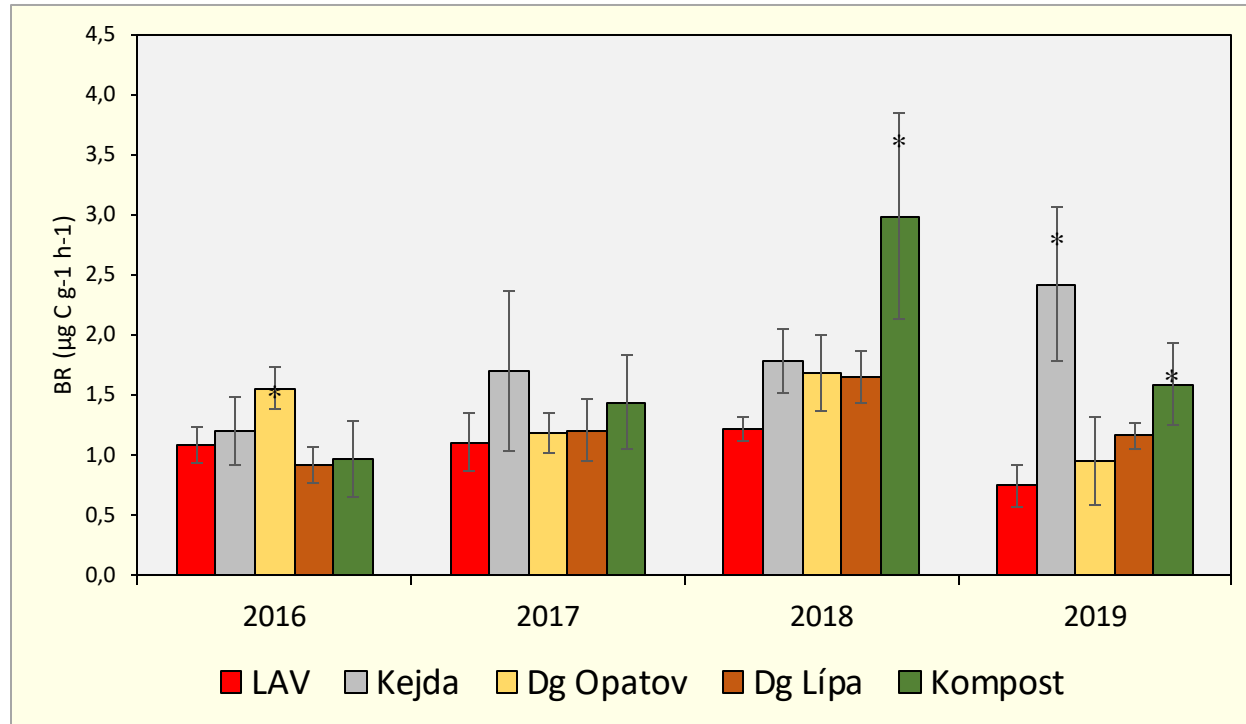
Pravidelně hodnocené ukazatele

C_{bio}	Mikrobiální biomasa
BR	Bazální respirace
SIR	Substrátem indukovaná respirace
μ	Specifická růstová rychlost
C_{ext}	Extrahovatelný C (v K_2SO_4)
WSC	Vodou extrahovatelný C
HWSC	Horkou vodou extrahovatelný C
SUVA	Specifická absorbance v UV oblasti (254 nm)





Bazální respirace BR - celková mikrobiální aktivita



LAV: nejslabší odpověď

Kejda: zdroj labilního org. C, rychle se spotřebovává, část využita na biomasu mikroorganismů

Digestáty: pro mikroorganismy málo využitelný zdroj organického uhlíku

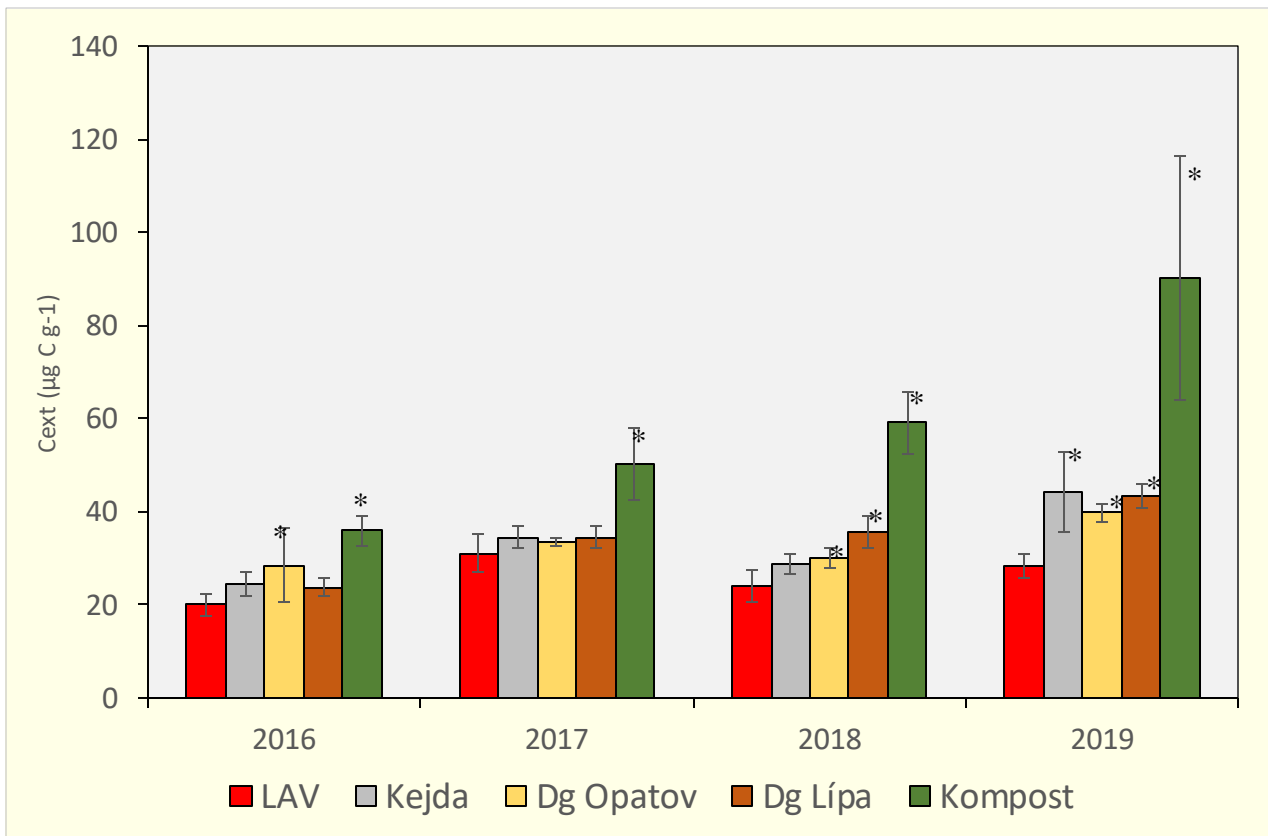
Kompost: obtížněji rozložitelný, částečně využit, v čase se projevuje součet každoročních dávek

- r. 2018 a 2019 rozdíl BR mezi LAV a kompostem -> současně významně vyšší C_{ext}
- rozdíl u BR vyšší a signifikantní také u C_{ext} -> pro **vyšší BR je C_{ext} podmínkou** (C_{ext} je substrátem pro BR)



C_{ext} - extrahovatelný C

Labilní, mikroorganismy snadno využitelná frakce C v půdní organické hmotě



MH: C_{ext} nízký

Kejda: labilní forma org. C, C_{ext} se rychle spotřebuje, část se využije na biomasu mikroorganismů

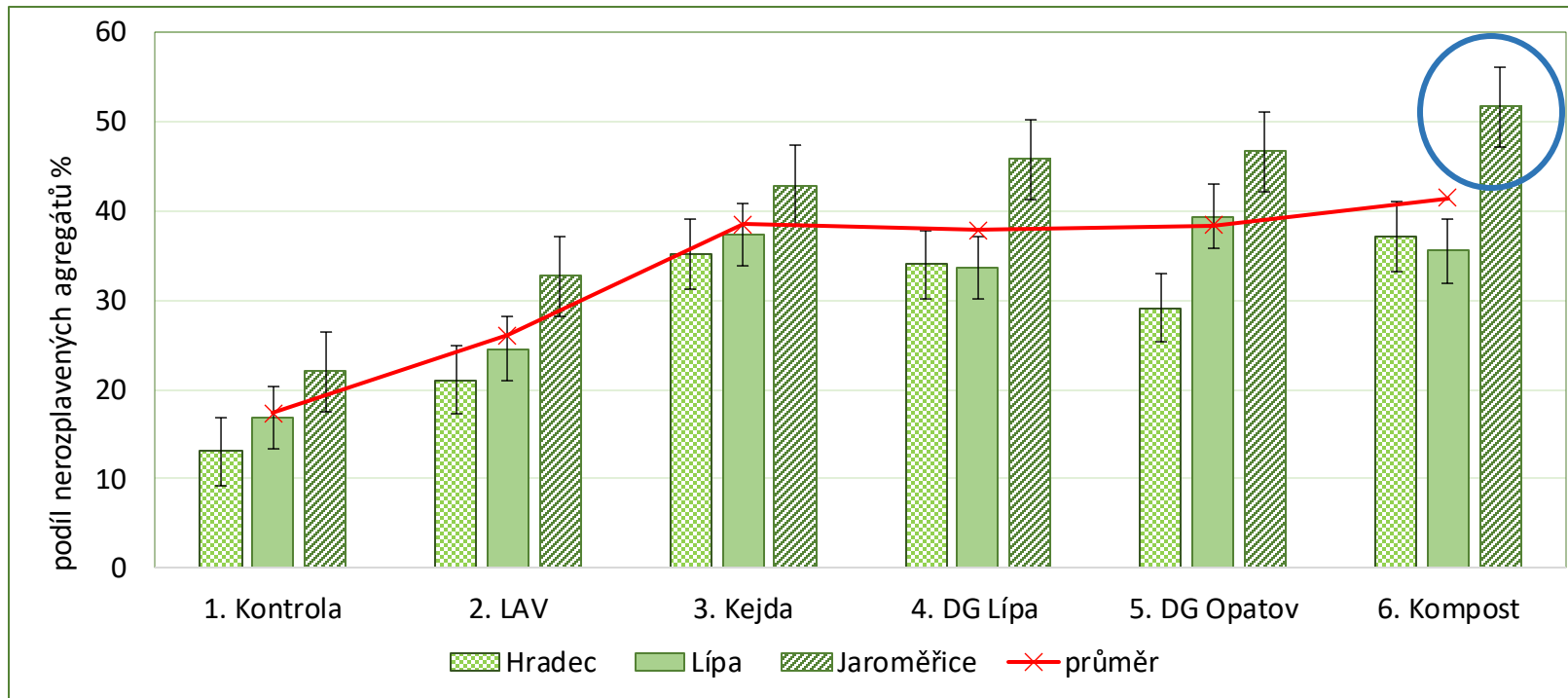
Digestáty: téměř nerozlišitelné

Kompost: pomalý rozklad, v čase stoupá, v letech se zřejmě projevuje součet dávek (akumulace)

Vodostálost půdních agregátů



metoda mokrého prosévání (Kandeler, 1996) -> procentický podíl nerozplavených agregátů



Relativní srovnání %	Vodostálost půdních agregátů		
	Hradec n. Svitavou	Lípa	Jaroměřice
	HNm - jílovitohlinitá	KAg - písčitochlinitá	HNm - jílovitohlinitá
1. Kontrola	62	69	67
2. LAV	100	100	100
3. Kejda	167	152	131
4. DG Lípa	162	137	140
5. DG Opatov	138	160	142
6. Kompost	176	145	158





Hodnocené parametry a jejich výši ovlivňuje řada faktorů, rozpětí mezi minimálními a maximálními hodnotami ukazuje na značnou diverzitu půdních a klimatických podmínek v ČR

Výsledky

- a) jsou místně specifické a jsou ovlivňovány složitým komplexem faktorů včetně agrotechniky a způsobu hospodaření
- b) by měly být v praxi na konkrétním pozemku posuzovány společně s rutinně stanovovanými přístupnými živinami a výměnnou půdní reakcí, čímž se získá komplexní informace o kvalitě půdy a hospodaření

Kritéria?....Intervaly hodnot pro charakteristické půdně klimatické podmínky



Úskalí interpretace výsledků OH: vždy uvádět metodu a formu uhlíku (C_{TOT} , C_{org} , C_{ox} , C_{HK} , C_{FK} , C_{HWS})

Sekvestraci C v půdě podpořit pravidelným dodáváním organické hmoty do půdy omezením ztrát mineralizací, erozí a dalšími mechanismy

Mineralizaci lze snížit minimalizací zpracováním půdy -> nižší provzdušnění -> (minimalizace nevhodná na těžkých, jílovitých půdách, které mají přirozený sklon k zhutňování)

Zlepšení stavu: hnůj, kompost, sláma, posklizňové zbytky, vícedruhový mulč meziplodin, osevní postup - hlubokokořenící pícniny, vojtěška, jetel, leguminózy

Pouze 2 opatření mají zásadní význam:

- převod orné půdy na TTP => prakticky nereálné
- razantní a pravidelné hnojení hnojem může dodat i 1 t C ha/rok => nedostatek, nereálné!





Děkuji za vaši pozornost

michaela.smatanova@ukzuz.cz