



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MF
MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



Česká zemědělská univerzita v Praze
**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Biochar jako půdní aditivum?

prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.

Ing. Jindřich Černý, Ph.D.



Co je to biochar (biouhel)

- ❑ Jemnozrnná porézní látka podobající se dřevěnému uhlí (*charcoal* – odtud biochar)
- ❑ Základem jsou aromatické sloučeniny charakterizované šesti atomy uhlíku
- ❑ Vysoký obsah uhlíku (33 – 82,4 %)
- ❑ Alkalická hodnota pH (8,2 – 13)
- ❑ Vysoké hodnoty specifického povrchu



Vlastnosti biocharu nelze přesně specifikovat.
Závisí na způsobu přípravy a typu materiálu, z kterého je připravován.

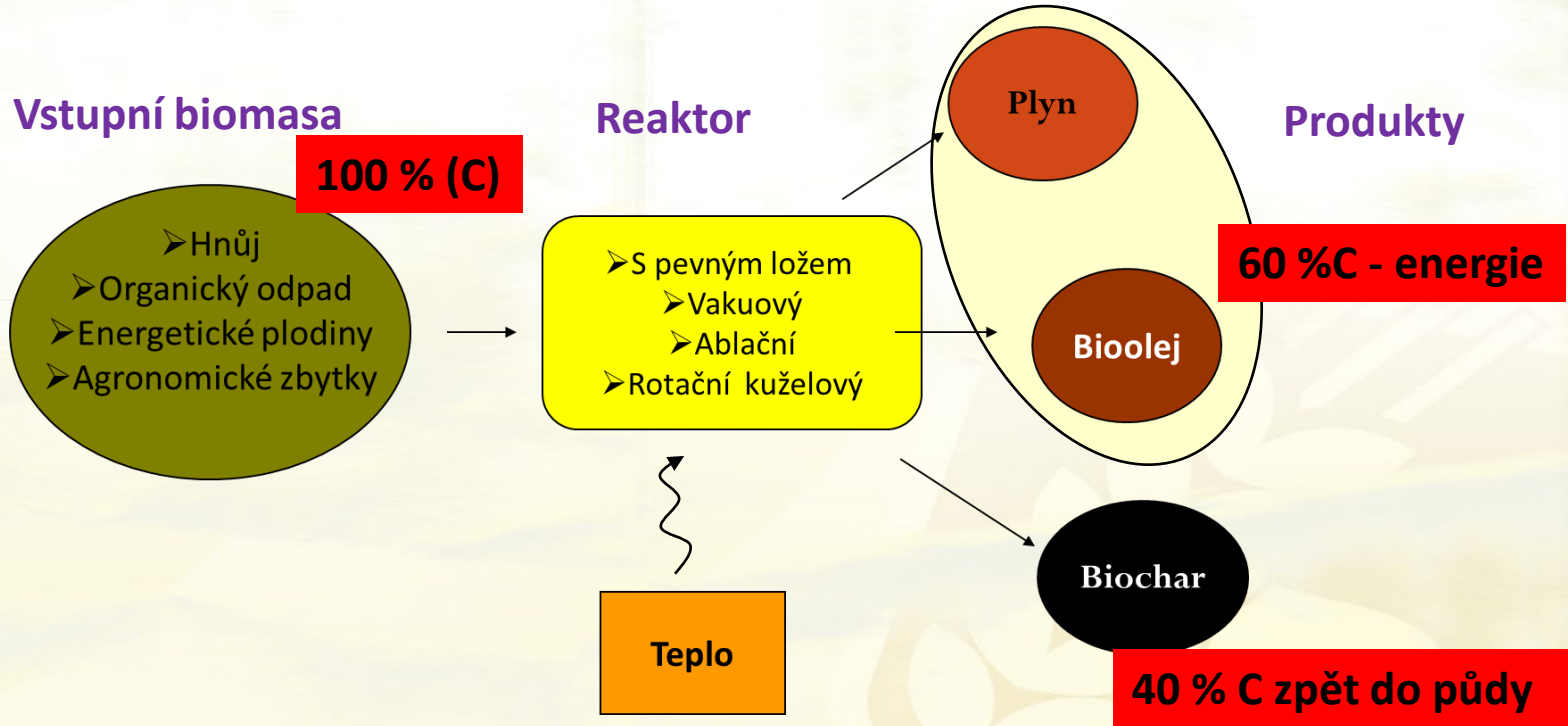


Jak se biochar připravuje ?

- Pyrolýzou – termochemickým rozkladem organických látek bez přístupu kyslíku, v prostředí alternativního plynu (nejčastěji dusíku)
- Biomasa je zahřívána postupným nárůstem na finální teplotu, za té je v reaktoru určitou konkrétní dobu zdržena
- Výsledkem pyrolýzy je plynná složka – pyrolýzní plyn, kapalná složka – bio olej (obě složky mohou sloužit jako biopaliva) a pevná složka, **biouhel**, nebo častěji **biochar**.



Jak se biochar připravuje ?



Vliv podmínek pyrolýzy na tvorbu jednotlivých produktů

Poměr produktů (olej, biouhel (koks), plyn) závisí na:

- teplotě
- době zdržení

Vlastnosti produktů závisí na

- teplotě, době zdržení, **vstupní biomase!!!**

Režim	Podmínky	Olej	Koks	Plyn
Rychlá	mírné teploty (kolem 500 °C), krátká doba zržení pyrolýzních par (cca 1s)	75%	12%	13%
Střední	mírné teploty (kolem 500 °C), střední doba zdržení (cca 10-20 s)	50%	20%	30%
Pomalá (Karbonizace)	nižší teplota (kolem 400 °C), velmi dlouhá doba zržení	30%	35%	35%
Zplyňování	vysoké teploty (kolem 800 °C), dlouhá doba zdržení par, ox.médium	5%	10%	85%

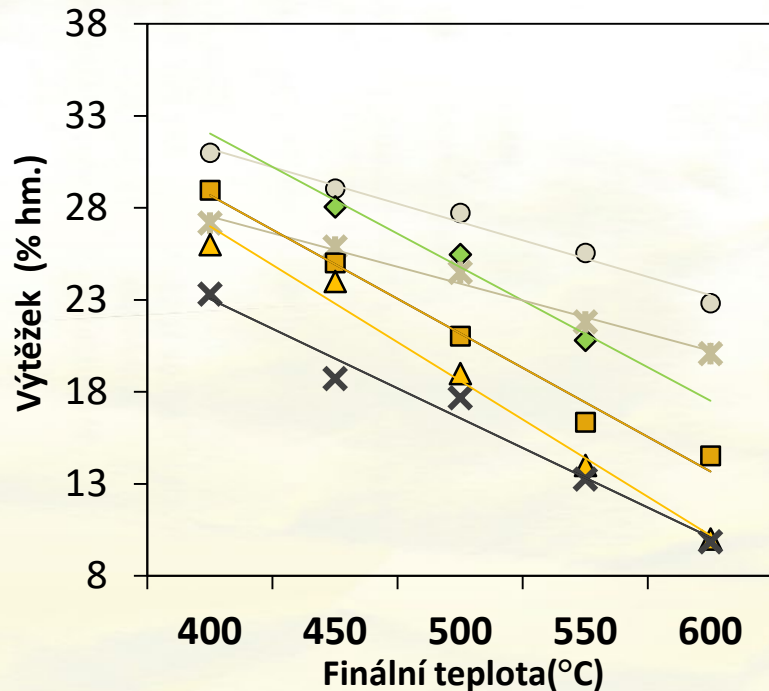
Koks -biochar



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Vliv finální teploty na výtěžek biocharu



- Pšencie sláma
- ◆ Luční seno
- × Pšenice zrno
- Dřevní štěpka
- ▲ Kukuřice
- × Topol nekon.



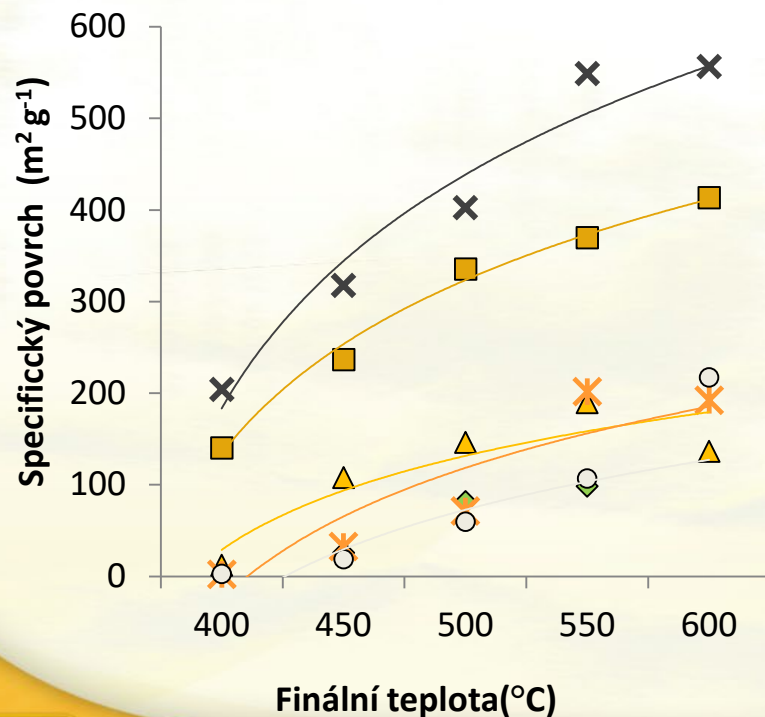
Typ biocharu dle vstupní biomasy	R ²
Pšenice oz. sláma	0.99
Pšenice oz. zrno	0.98
Luční seno	0.97
Dřevní štěpka	0.99
Kukuřice	0.98
Nekon. Topol	0.98



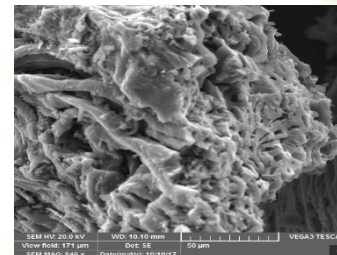
Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Vliv finální teploty na specifický povrch biocharu



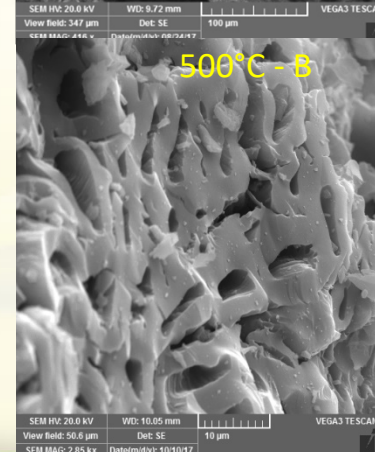
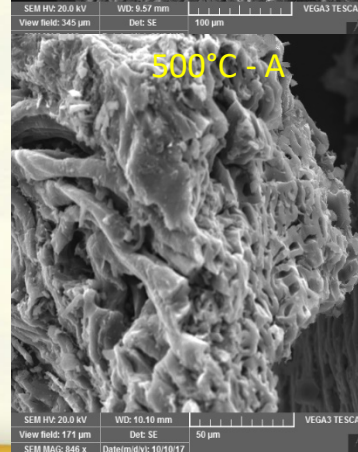
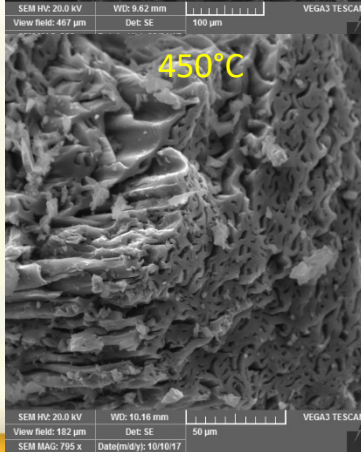
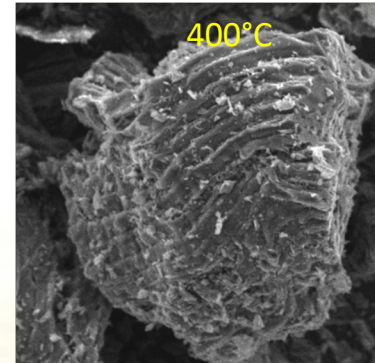
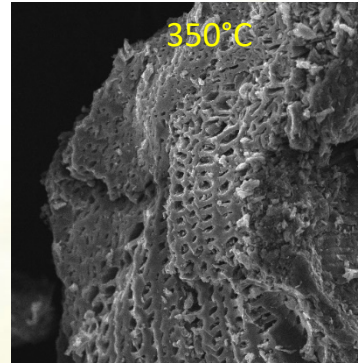
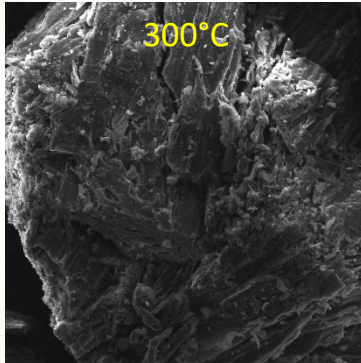
- ✕ Topol nekon.
- Dřevní štěpka
- ▲ Kukuřice
- ◆ Luční seno
- ✕ Pšenice zrno
- Pšenice sláma



Typ biocharu dle vstupní biomasy	R ²
Nekont. topol	0.95
Dřevní štěpka	0.99
Kukuřice	0.80
Luční seno	0.96
Pšenice oz. zrno	0.81
Pšenice oz. sláma	0.74



Vliv teploty pyrolýzy na struktura dřevního biocharu



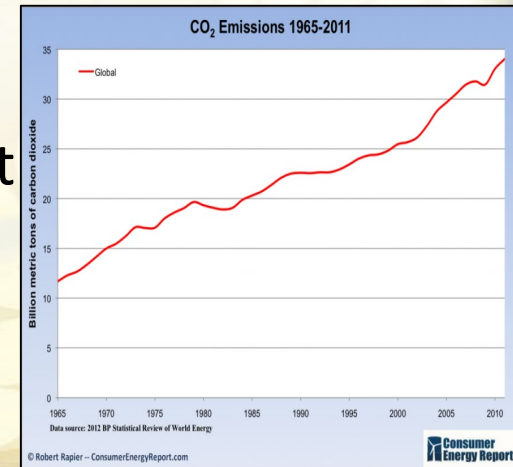
Význam biocharu v půdě

- ☐ Sekvestrace uhlíku v půdě
- ☐ Redukce mineralizace půdního uhlíku
- ☐ Zvýšení retenční kapacity půdy
- ☐ Zvýšení hodnoty půdního pH
- ☐ Zlepšení sorpčních schopností půdy
- ☐ Imobilizace přístupnosti rizikových prvků a sloučenin
- ☐ Zdroj živin

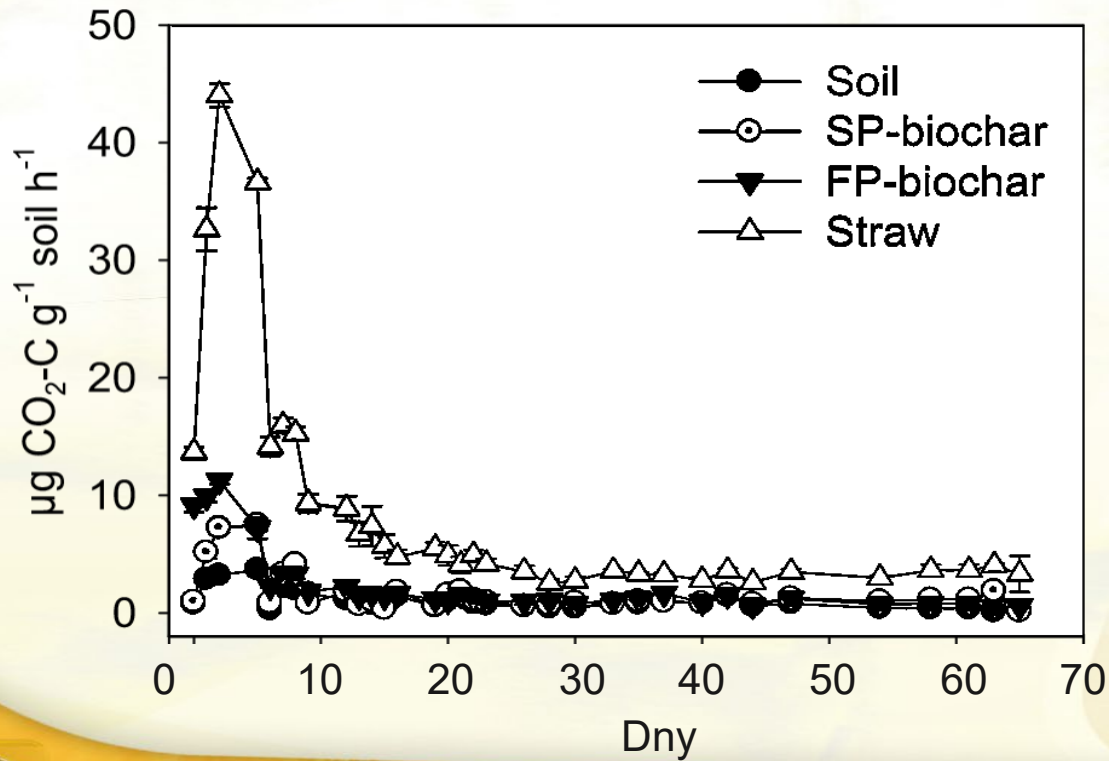


Sekvestrace uhlíku

- ☐ Oxid uhličitý z atmosféry je asimilován rostlinami a po pyrolýze ve formě biocharu obohacuje půdu
- ☐ Biochar obsahuje uhlík ve velmi stabilních aromatických formách a v půdě se rozkládá velice pomalu
- ☐ Uhlík se neuvolňuje zpět do atmosféry v podobě CO_2 a předpokládá se, že v půdě může přetrvávat stovky až tisíce let



Redukce mineralizace půdního uhlíku



Ztráty CO_2 z povrchu
půdy po přidavku
biocharu byly
významně nižší než
po aplikaci
nepyrolyzované
slámy (5% w/w)



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Zvýšení retenční kapacity půdy

- ❑ Zvýšení retenční kapacity půdy pomocí biocharu má velký význam u půd s vyšším podílem písku, jelikož zadržování vody v těchto půdách je omezené a nedostatek vody je kritickým faktorem pro počáteční růst rostlin
- ❑ Zvýšení objemu půdní vody zlepšuje uvolňování živin do půdního roztoku.
- ❑ Zadržování vody v půdě má také význam pro stabilizaci půdního prostředí a zachování biologických funkcí půdy.

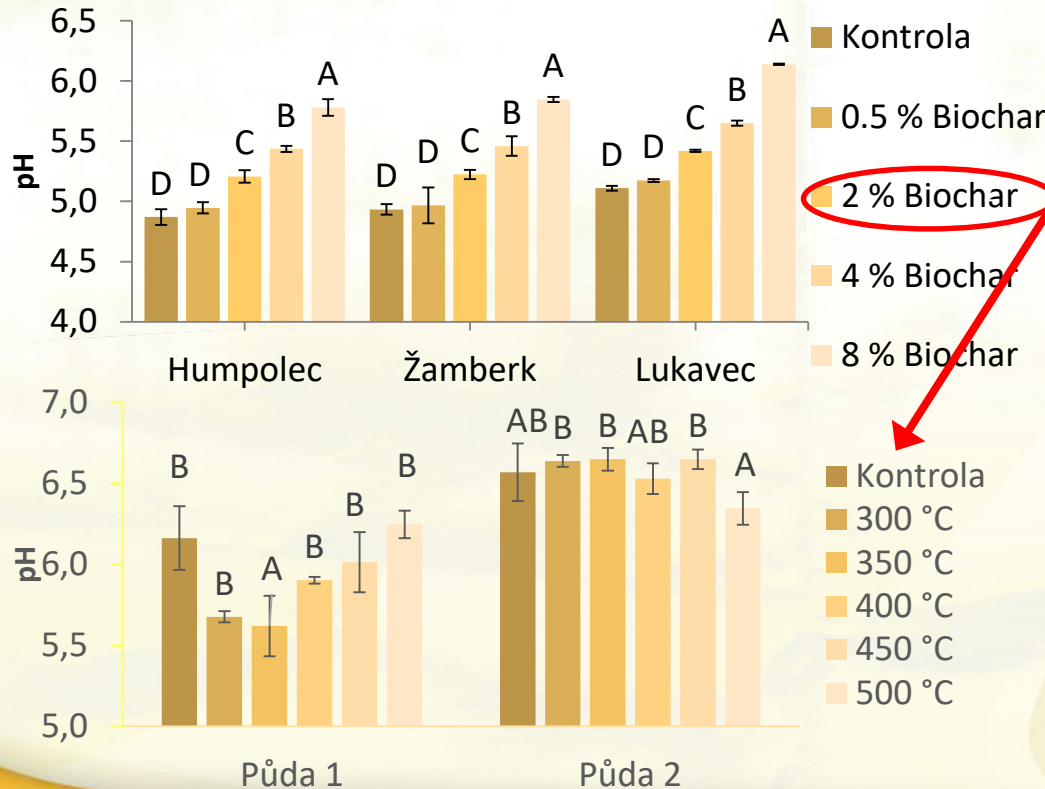


Zvýšení hodnoty půdního pH

- ☐ Biochar má převážně alkalický charakter s hodnotou pH v rozmezí 8-10
- ☐ Může tedy přispět ke zvýšení hodnoty půdního pH
- ☐ Pozitivní účinek biocharu na zvýšení pH půdy se nejvíce projevuje na kyselých půdách s nižším obsahem půdní organické hmoty.
- ☐ Je vhodným materiálem pro remediaci půd degradovaných například působením kyselých dešťů.
- ☐ Ve výsledku má podobný účinek jako vápnění půdy



Zvýšení hodnoty půdního pH



- Významné zvýšení pH bylo pozorováno při vyšších dávkách než 2%, včetně.
- Uvolňování bazických kationtů (hlavně Ca^{2+} a K^+) z popelovin obsažených v biocharu
- Nahrazení výměnných kationtů Al^{3+} a H^+ obsažených v půdě.



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

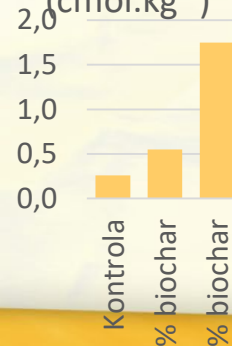
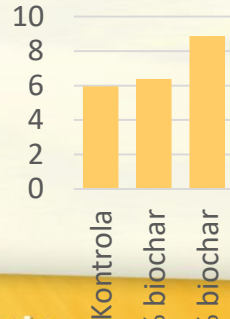
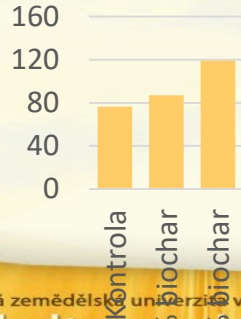
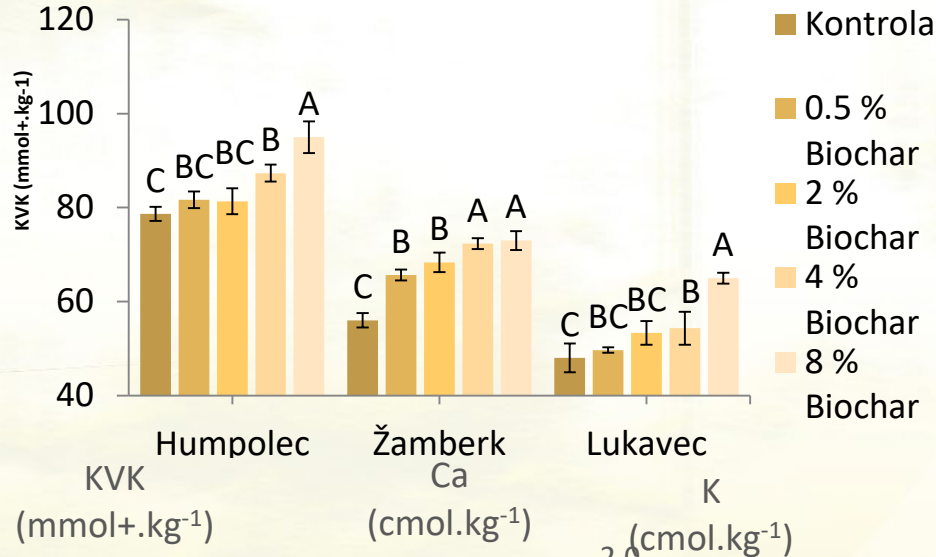
Hailegnaw N.S. Journal of Soils and Sediments (2019) 19:2405–2416

Zlepšení sorpčních schopností půdy

- ❑ Biochar má značný potenciál adsorbovat živiny na svém povrchu, v některých případech může vykazovat i vyšší schopnost sorpce než huminové kyseliny
- ❑ Sorpční schopnost je ovlivněna velikostí specifického povrchu biocharu, pórovitostí a aktivními funkčními skupinami na povrchu, což jsou parametry ovlivnitelné podmínkami pyrolýzy, popřípadě následnou úpravou



Vliv biocharu na KVK půdy



- Vysoký specifický povrch, negativní náboj na povrchu biocharu
- Schopnost uvolňovat výměnné kationty (Ca^{2+} a K^{+})
- Přítomnost funkčních skupin ($-\text{COOH}$; $-\text{CHO}$ a $-\text{OH}$) na povrchu
- Schopnost sorbovat oxidy a hydroxidy hliníku a železa

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potraviny a potravinářství

Hailegnaw N.S. et al. Journal of Soils and Sediments (2019) 19:2405–2416

Pandit N.R. et al. (2018): Science of the Total Environment 625 1380–1389

Imobilizace přístupnosti rizikových prvků a sloučenin

- ❑ Bylo prokázáno, že biochar je schopen vázat mobilní rizikové prvky, takže může sloužit jako činidlo vhodné pro imobilizaci těchto prvků v půdě.
- ❑ Byla také prokázána schopnost biocharu účinně sorbovat organické kontaminanty, jako jsou polycyklické aromatické uhlovodíky, farmaka nebo pesticidy.

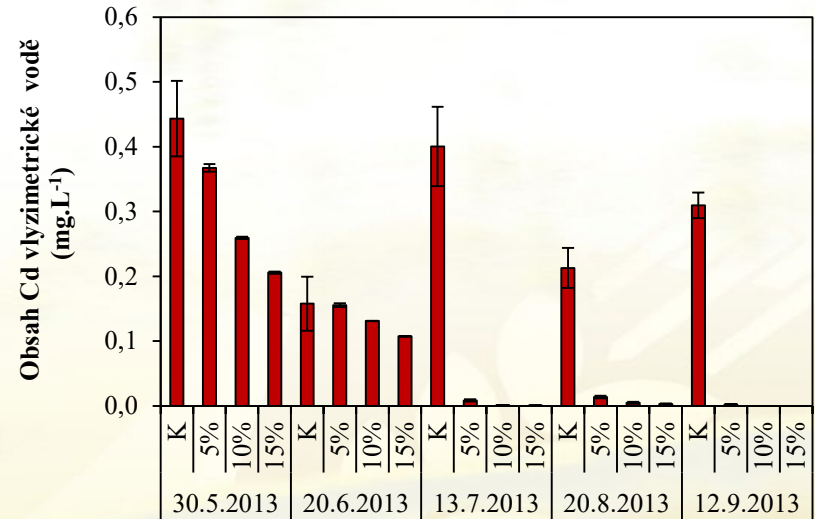


Imobilizace kadmia aplikací biocharu v lyzimetrickém pokusu



Dávka 15% biochar

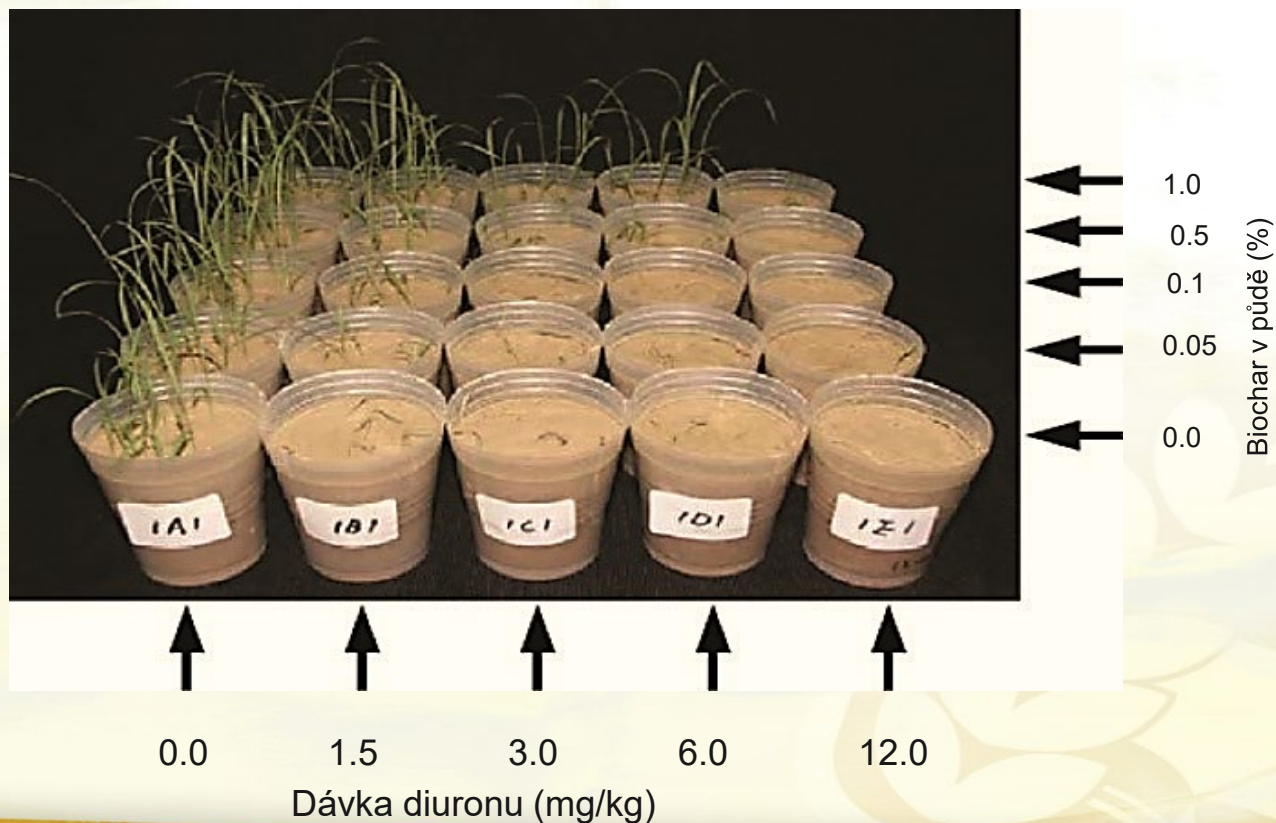
Kontrola



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Vliv přídavku biocharu na účinek herbicidu diuronu



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů

Zdroj živin pro rostliny

- ☐ Biochar obsahuje společně s uhlíkem také makroprvky jako jsou draslík, vápník a hořčík ale i mikroprvky jako zinek, měď a železo
- ☐ Obsahuje i nekovové makroprvky jako fosfor a síru
- ☐ Obsah dusíku v biocharu je nízký
- ☐ Biochar může sloužit jako zdroj živin, i když jejich dostupnost významně závisí nejen na surovině, ze které byl biochar vyroben, ale zejména na podmínkách pyrolýzy



Obsah živin v biocharu

Složení biocharu v závislosti na vstupní surovině

Typ biocharu	Teplota	C	H	N	Typ biocharu	Teplota	C	H	N
	(°C)	(%)	(%)	(%)		(°C)	(%)	(%)	(%)
Biochar ze dřevní štěpky	400	62,5	2,65	1,12	Biochar ze slámy pšenice	400	70,6	3,5	4,46
	500	63,8	2,21	1,11		500	71,5	2,35	4,54
	600	68,3	1,78	0,99		600	73,4	1,85	4,62
Biochar z kukuřice	400	59,8	2,8	2,08	Biochar z lučního sena	450	59,4	2,44	1,78
	500	54,9	2,05	1,95		500	57,9	2,21	1,72
	600	29,0	1,07	1,22		550	55,2	1,83	1,66



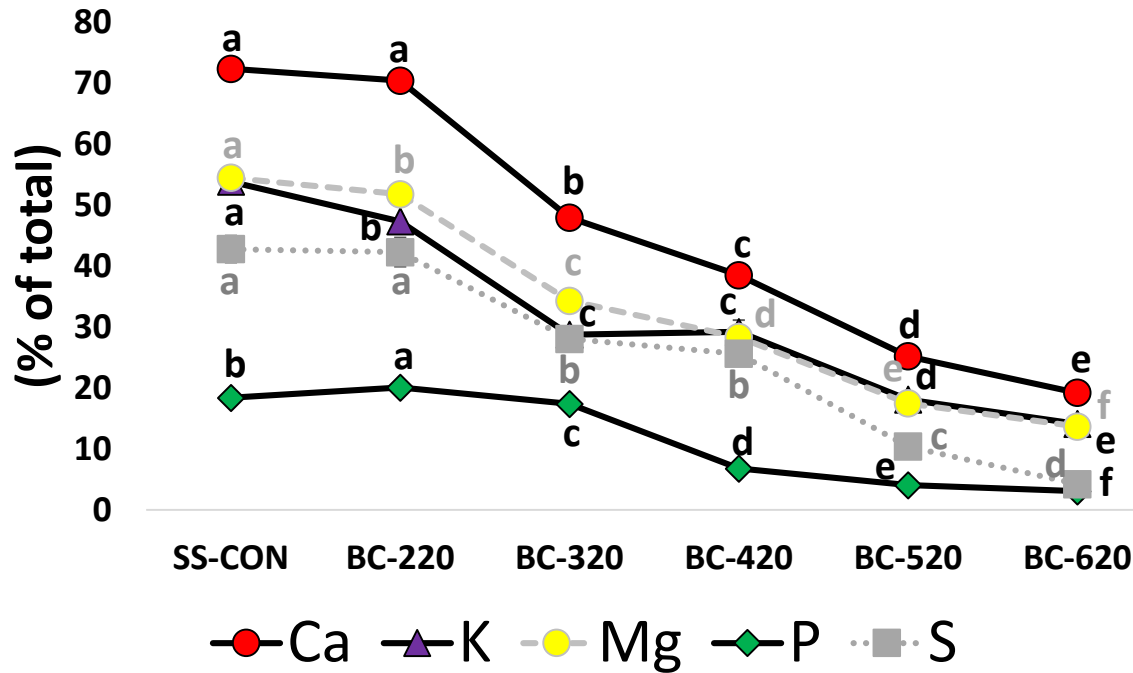
Obsahy živin v biocharu

Obsah živin v biocharu připraveném za různých teplot z dřevní biomasy

		300°C	350°C	400°C	450°C	500°C
Ca	mg/kg	2090±14	2752±91	3460±118	3907±348	3843±137
Cu	mg/kg	1.86±0.29	2.14±0.04	3.11±0.54	3.09±0.21	2.87±0.14
Fe	mg/kg	35.1±0.0	45.2±10.3	66.5±3.9	63.0±5.6	64.2±10.4
K	mg/kg	828±4	1171±9	1424±51	1607±104	1635±15
Mg	mg/kg	351±3	473±14	558±12	649±54	629±13
Mn	mg/kg	44.8±8.2	104±3.4	152±10.9	135±1.4	181.2±3.5
Na	mg/kg	24.2±0.6	30.3±0.2	39.8±0.7	44.7±2.5	44.5±0.3
P	mg/kg	127±3	168±11	203±6	230±17	224±14
S	mg/kg	50.1±2.6	64.0±0.7	68.6±0.4	68.9±4.9	64.6±0.8
Zn	mg/kg	18.6±1.0	24.8±1.0	28.8±0.1	33.8±3.7	31.4±2.4
N	%	0.100±0.010	0.139±0.050	0.140±0.009	0.146±0.002	0.144±0.012
C	%	68.3±0.1	73.5±0.2	76.0±0.3	79.6±0.3	83.8±0.0



Přístupný podíl živin v sušeném kalu a v biocharu připraveném za různých teplot



Význam biocharu v půdě - shrnutí

- ☐ **Vlastnosti biocharu jsou významně ovlivněny surovinou a teplotou pyrolýzy**
- ☐ Míru sekvestrace uhlíku v půdě bude nutné prověřit v dlouhodobém sledování
- ☐ Redukce mineralizace půdního uhlíku je ovlivněna nejen vlastnostmi biocharu, ale i přítomností rizikových látek v něm
- ☐ Zvýšení retenční kapacity půdy se projevuje především na lehkých půdách
- ☐ Zvýšení hodnoty půdního pH je významné na kyselých půdách
- ☐ Zlepšení sorpčních schopností půdy je patrné na lehkých půdách s nízkým obsahem organické hmoty
- ☐ Imobilizace přístupnosti rizikových prvků a sloučenin je zřejmá na slabě a středně kontaminovaných půdách
- ☐ Biochar není zpravidla významným zdrojem živin, jejich přístupnost klesá s rostoucí teplotou pyrolýzy

