Čj.: UKZUZ 204776/2020

Česká republika–Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
organizační složka státu, se sídlem v Brně

Sekce zemědělských vstupů

Oddělení výživy rostlin

Ověření vlivu Agrouhlí na růst polních plodin a změny půdních vlastností

Závěrečná zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky za roky 2016 - 2019

Zpracoval: **Ing. Jaroslav Hynšt, Ph.D.**
Markéta Vodáková

Schválil: **Ing. Michaela Smatanová, Ph.D.**
vedoucí Oddělení výživy rostlin

Předkládá: **Ing. Miroslav Florián, Ph.D.**
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, říjen 2020

1. Úvod

Název zkoušky: Ověření vlivu Agrouhlí na růst polních plodin a změny půdních vlastností

Účel zkoušky: ve vegetační nádobové zkoušce je ověřován vliv Agrouhlí na výnos pěstovaných plodin a změny půdních vlastností. Vlastnosti Agrouhlí se mohou významně lišit v závislosti na postupu výroby, proto jsou testovány dva odlišné produkty. Přídavek Agrouhlí je testován na dvou odlišných půdách, a to současně s organickým hnojením i bez hnojení, neboť změny půdních vlastností po aplikaci Agrouhlí mohou být různou půdní úrodností a aplikovaným organickým hnojením značně ovlivněny. Vliv Agrouhlí na výnos a půdní vlastnosti se může významně měnit v čase, proto se účinky Agrouhlí sledují nejméně čtyři roky.

Hypotézy zkoušky:

a) vliv Agrouhlí na výnos a půdní vlastnosti je větší v lehké a méně kvalitní půdě s nižším obsahem živin a nižším pH
b) pro pozitivní vliv Agrouhlí na výnos a půdní vlastnosti jsou nezbytné vstupy živin a organické hmoty do půdy ve formě hnojiv a posklizňových zbytků
c) negativní účinky Agrouhlí na růst a výnos pěstovaných plodin jsou eliminovány v průběhu 1. roku po aplikaci
d) pozitivní účinky Agrouhlí na pěstované plodiny se projevují v osevním sledu až u následných plodin

Druh zkoušky: čtyřletá vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2016 ve vegetační hale v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2016-2019

1. Charakteristika použitého Agrouhlí, popela a organického hnojiva

2.1 Vstupy použité ve vegetační zkoušce

Pro testování vlivu Agrouhlí byly vybrány dva odlišné produkty získané z odlišných materiálů a rozdílným postupem výroby: Agrouhlí I a Agrouhlí II. Pro srovnání byla také zahrnuta varianta s aplikací popela.

Z dostupných informací o Agrouhlí vyplývá, že by jeho vliv na půdu a rostliny mohl být závislý na současném vstupu organické hmoty a živin do půdy. Proto byl srovnáván vliv Agrouhlí v půdě hnojené organickým hnojivem v podobě digestátu a vliv Agrouhlí v půdě nehnojené. Digestát byl použit jako organický zdroj živin pro pěstované plodiny.

2.2 Chemické složení testovaného Agrouhlí a popela

Agrouhlí I: je vyrobeno z dřevního odpadu z těžby při teplotě 800 °C, doba zdržení 35 min
Agrouhlí II: je vyrobeno z anaerobního digestátu kukuřice a celulózových vláken při teplotě 470 °C, doba zdržení 25 min
Popel Roštín: popel získaný spalováním slámy
Analýzy Agrouhlí byly provedeny v NRL ÚKZÚZ Plzeň a Opava v dubnu 2016. Údaje o složení popela byly převzaty z etikety. Výsledky základních chemických analýz jsou shrnuty v tab. 2.1, obsah polyaromatických uhlovodíků (PAH) je uveden v tab. 2.2.

Tab. 2.1 *Základní chemické analýzy Agrouhlí a popela, obsah živin a rizikových prvků*

Parametry	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Popel Roštín
Sušina OH (%)	98,20	48,09	-
Spalitelné látky v sušině (%)	89,98	65,44	max. 15
Popel v sušině (%)	10,02	34,56	-
Hodnota pH v H_2O	10,69	9,68	max. 0,6
Hodnota pH v $CaCl_2$	11,24	9,11	10 - 12
Vodivost ($mS.cm^{-1}$), poměr navážky k objemu roztoku 1:25	0,74	0,74	-
N celkový organický v sušině (%)	0,46	1,42	-
C celkový (%)	84,40	62,55	-
C:N	201,1	43,9	-
P celkový v sušině (%)	0,12	0,64	-
K celkový v sušině (%)	0,71	1,65	2,5
Mg celkový v sušině (%)	0,23	0,42	-
Ca celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	2,25	5,30	1,4
Al celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	1739	7165	-
Be celkové v sušině ($mg.kg^{-1}$)	0,0785	0,141	-
Co celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	2,562	2,488	-
Na celkový v sušině ($mg\ kg^{-1}$)	2336	409,2	-
Mn celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	2100	174,2	-
Fe celkové v sušině ($mg.kg^{-1}$)	1302	3455	-
V celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	4,58	5,713	-
As celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	<1	1,019	-
Cd celkové v sušině ($mg.kg^{-1}$)	<0,1	<0,1	-
Cr celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	17,47	26,92	-
Cu celková v sušině ($mg.kg^{-1}$)	15,19	25,39	-
Hg celková v sušině ($mg.kg^{-1}$)	<0,005	0,006	-
Mo celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	<0,2	1,842	-
Ni celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	12,19	14,74	-
Pb celkové v sušině ($mg.kg^{-1}$)	<1,5	7,383	-
Zn celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	18,54	73,88	-

Obsah rizikových prvků ve všech testovaných výrobcích/materiálech splňuje zákonem stanovené limity ($mg.kg^{-1}$): kadmium 1,0; olovo 10; rtuť;1,0; arsen 20; chrom 50.

***Tab. 2.2** Obsah polyaromatických uhlovodíků **(µg.kg^{-1} sušiny)** v testovaném Agrouhlí*

Analyt (µg.kg^{-1} sušiny)	**Agrouhlí I**	**Agrouhlí II**
Naftalen	6,24	380
Acenaftylen	<20	49,7
Acenaften	<5	<5
Fluoren	5,76	37,7
Fenantren	10,6	97,7
Antracen	<2	13,4
Ffluoranten	6,48	31,4
Pyren	5,04	25,2
Benzo(a)pyren	<3	<3
Chrysen	5,94	6,63
Benzo(b)fluoranten	<3	3,26
Benzo(k)fluoranten	<2	<2
Benzo(a)pyren	<3	<3
Dibenzo(ah)antracen	<3	<3
Benzo(ghi)perylen	<5	<5
Indeno(1,2,3–cd) pyren	<10	<10

2.3 Chemické složení digestátu aplikovaného v roce 2019

Digestát pro hnojení pocházel z bioplynové stanice zemědělské společnosti Lípa u H. Brodu. Analýzy byly provedeny v NRL ÚKZÚZ Plzeň v březnu 2019 (tab. 2.3).

***Tab. 2.3** Chemické složení digestátu*

Parametr	Hodnota v sušině
sušina OH (%)	9,0
spal. látky (%)	72,3
N celkový (%)	5,5
pH	8,1
K (%)	3,6
P (%)	1,0

Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg.kg^{-1} sušiny: arsen 20; kadmium 2; chrom 100; měď 250; rtuť 1,0; molybden 20; nikl 50; olovo 100; zinek 1200.

2. Půdy použité k založení zkoušky

Jedním z cílů zkoušky je zjistit, zda je vliv Agrouhlí větší v méně úrodné, lehčí půdě s nižší hodnotou pH než v půdě s lepšími parametry půdní úrodnosti. Proto byly k založení zkoušky vybrány dvě půdy s rozdílnými vlastnostmi: ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Šlapanice u Brna (49°10'07.1"N 16°43'38.3"E – hlinitá půda typu černozem), která představuje úrodnější půdu v porovnání s lehčí a méně úrodnou půdou z lokality Žabčice (49°00'41.8"N 16°36'09.3"E–písčitá půda). Agrochemické vlastnosti použitých půd jsou uvedeny v tab. 3.1.

***Tab. 3.1** Agrochemické vlastnosti půd použitých k založení zkoušky*

Půda	půdní reakce pH/$CaCl_2$	$CaCO_3$	obsah živin ve výluhu Mehlich 3 ($mg.kg^{-1}$) a hodnocení dle kritérií			
			P	K	Mg	Ca
Šlapanice	7,2	nevápnitá	93,1	454	350	4000
	neutrální		dobrý	velmi vysoký	velmi vysoký	vysoký
Žabčice	5,4	nevápnitá	72,0	105,1	97	1391
	kyselá		vyhovující	nízký	nízký	vyhovující

Půda	Obsah mikroelementů ve výluhu Mehlich 3 ($mg.kg^{-1}$)				
	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Šlapanice	4,53 S	4,27 S	346,0 S	133,50 S	1,79 V
Žabčice	1,25 N	2,05 N	159,4 S	53,83 S	<0,50 N

Hodnocení mikroelementů: N nízký, S střední, V vysoký

3. Způsob a dávky hnojení

1. Aplikace Agrouhlí a popela:

Popel byl aplikován při založení pokusu v celkové dávce 1 $t.ha^{-1}$.

Agrouhlí I bylo aplikováno při založení pokusu v celkové dávce, která pro jednotlivé varianty přídavku Agrouhlí odpovídala 0,5; 3 a 30 $t.ha^{-1}$.

Agrouhlí II bylo aplikováno při založení pokusu v celkové dávce, která pro jednotlivé varianty přídavku Agrouhlí odpovídala 0,5; 3 a 30 $t.ha^{-1}$.

Aplikovaný popel a Agrouhlí byly vždy promíchány s celým objemem půdy v každé pokusné nádobě.

2. Aplikace digestátu v jednotlivých letech pokusu

Aplikace digestátu v jednotlivých letech pokusu je uvedena v tab. 4.1. Dávka byla stanovena na základě obsahu dusíku a plánované dávky dusíku.

V roce 2016 bylo ke hnojeným variantám aplikováno 150 kg N ha^{-1}. V dalších letech byly hnojeny i nehnojené varianty vzhledem k vyčerpání živin.

V roce 2017 bylo proto dodáno k nehnojeným variantám 100 a ke hnojeným 180 kg N ha^{-1}.

V roce 2018 bylo ke všem variantám aplikováno 140 kg N ha^{-1}.

V roce 2019 byly opět hnojeny pouze hnojené varianty a byla aplikována zvýšená dávka digestátu odpovídající dávce dusíku 300 kg N ha^{-1}.

3. Aplikace digestátu ve 4 pokusném roce:

Digestát byl aplikován před výsevem kukuřice v celkové dávce 321 g na nádobu, což odpovídá hektarové dávce hnojiva 77,3 $t.ha^{-1}$ což je celkem 300 kg N ha^{-1}. Množství bylo stanoveno na základě obsahu dusíku v sušině digestátu.

***Tab. 4.1** Schéma aplikace digestátu ke hnojeným variantám v jednotlivých letech*

Plodina	Celková dávka ($t.ha^{-1}$)	Před výsevem ($t.ha^{-1}$)	Během vegetace ($t.ha^{-1}$)	Celková dávka (g na 1 nádobu)	Před výsevem (g na 1 nádobu)	Během vegetace (g na 1 nádobu)
1.rok: Kukuřice	55	55	0	230	230	0
2.rok: Pšenice ozimá	46	8	38	188	32	156
3.rok: Řepka ozimá	29,5	7,5	22	122	31	91
4.rok: Kukuřice	77,3	77,3	0	321	321	0

Schéma vegetační nádobové zkoušky: Ve vegetační zkoušce byl porovnáván vliv Agrouhlí na plodiny a půdu ve dvou různých půdách. V každé půdě byla testována aplikace dvou typů Agrouhlí ve třech různých dávkách. Agrouhlí bylo aplikováno do půdy současně hnojené organickým hnojivem a do půdy nehnojené. Celkově bylo založeno 15 variant pokusu ve dvou různých půdách (tab. 4.2).

***Tab. 4.2** Schéma vegetační nádobové zkoušky*

Půda	č. varianty	varianty	Dávky hnojiv (t.ha^{-1})				
			Agrouhlí/popel	Digestát			
			1. rok (2016)	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok
Žabčice	1	Nehnojená kontrola	0	0	25	30	0
	2	Hnojená kontrola	0	55	46	30	77
	3	Popel – Roštín	1	55	46	30	77
	4	Agrouhlí I	0,5	0	25	30	0
	5	Agrouhlí I	3	0	25	30	0
	6	Agrouhlí I	30	0	25	30	0
	7	Agrouhlí I	0,5	55	46	30	77
	8	Agrouhlí I	3	55	46	30	77
	9	Agrouhlí I	30	55	46	30	77
	10	Agrouhlí II	0,5	0	25	30	0
	11	Agrouhlí II	3	0	25	30	0
	12	Agrouhlí II	30	0	25	30	0
	13	Agrouhlí II	0,5	55	46	30	77
	14	Agrouhlí II	3	55	46	30	77
	15	Agrouhlí II	30	55	46	30	77
Šlapanice	1	Nehnojená kontrola	0	0	25	30	0
	2	Hnojená kontrola	0	55	46	30	77
	3	Popel – Roštín	1	55	46	30	77
	4	Agrouhlí I	0,5	0	25	30	0
	5	Agrouhlí I	3	0	25	30	0
	6	Agrouhlí I	30	0	25	30	0
	7	Agrouhlí I	0,5	55	46	30	77
	8	Agrouhlí I	3	55	46	30	77
	9	Agrouhlí I	30	56	46	30	77
	10	Agrouhlí II	0,5	0	25	30	0
	11	Agrouhlí II	3	0	25	30	0
	12	Agrouhlí II	30	0	25	30	0
	13	Agrouhlí II	0,5	55	46	30	77
	14	Agrouhlí II	3	55	46	30	77
	15	Agrouhlí II	30	55	46	30	77

4. Technika založení a průběh zkoušky

Počet opakování: Udává počet vegetačních nádob v každé kombinaci hnojení: všechny plodiny 8 x

Celkový rozsah zkoušky: 15 x 8 x 2 = 240 vegetačních nádob

Zkušební plodiny v jednotlivých letech zkoušky:
1. rok (2016) kukuřice, odrůda Pesandor
2. rok (2017) pšenice ozimá, odrůda Gordian
3. rok (2018) řepka ozimá, odrůda Vapiano
4. rok (2019) kukuřice, odrůda Pesandor

Technika provedení pokusu:

- pokus byl založen začátkem dubna 2016. Plastové pěstební nádoby o objemu 10 kg byly naplněny zhomogenizovanou zeminou, současně byl aplikován popel, agrouhlí a digestát dle variant hnojení.
- nádoby byly osety zkušebními plodinami dle plánu osevního sledu
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro zachycení přebytečné zálivkové vody
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, byly aplikovány povolené přípravky na ochranu rostlin
- bylo prováděno vegetační pozorování, zejména rozdíly v nástupu do hlavních fenologických fází a morfologie rostlin u jednotlivých variant hnojení
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány vždy v několika termínech
- v průběhu vegetace byla vlhkost zeminy v nádobách udržována pravidelnou zálivkou dle potřeby demineralizovanou vodou, upravenou reverzní osmózou MID 50 K (Pharmapur řady Aqua Complet) na hodnotu 60 % maximální vodní kapacity

Technika provedení pokusu v roce 2019:

- po sklizni řepky byla zemina zhomogenizována, kořeny uloženy do spodní části nádoby a před výsevem byl v termínu 11. 4. 2019 aplikován digestát dle varianty hnojení.
- do každé nádoby bylo 26. 4. 2019 vyseto 9 semen
- vyjednocení na 4 vyrovnané rostliny v každé nádobě bylo provedeno 13. 5. 2019
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, podle potřeby byly použity povolené přípravky na ochranu rostlin (tab. 5)
- bylo prováděno vegetační pozorování, zejména rozdíly v nástupu do hlavních fenologických fází a morfologie rostlin u jednotlivých variant hnojení
- sklizeň byla provedena 25. 7. 2019.

Tab. 5.1 *Přípravky na ochranu rostlin pšenice použité v průběhu zkoušky*

Přípravek	datum	koncentrace (%)	Škodlivý činitel
Karate	21.5.2019	0,03	Bzunka ječná

Hodnocené parametry:

Výnos:

po sklizni byl stanoven **výnos biomasy**

Analýzy rostlin:

na vzduchu vysušené vzorky rostlin byly rozemlety a použity k analýzám.

- **Obsah N, P, K, Mg, Ca** ve sklizené biomase rostlin byl stanoven ve vzorku mineralizovaném mokrou cestou směsí kyseliny sírové, H_2O_2 a Se (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40020.1 dle Zbírala a kol., 2014). Obsah N byl stanoven metodou dle Kjehldala, (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40053.1 dle Zbírala a kol., 2014), obsah P, K, Mg a Ca byl stanoven metodou ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40090.1 dle Zbírala a kol., 2014).
- **Obsah mikroprvků a rizikových prvků** byl stanoven ve vzorku mineralizovaném v uzavřeném mikrovlnném systému (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40032.1 dle Zbírala a kol., 2014), s využitím metody ICP-MS (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40224.1 dle Zbírala a kol., 2014). **Obsah rtuti** byl stanoven atomovou absorpční spektrofotometrií (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40190.1 dle Zbírala a kol., 2014).
- **Obsah PAH** byl stanoven metodou HPLC (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 40260.1 dle Zbírala a kol., 2014).

Analýzy půdy: po sklizni rostlin kukuřice byly odebrány vzorky půdy.

- **Kationtová výměnná kapacita (KVK)** a **obsah výměnných kationtů** byly stanoveny v extraktu půdy roztokem $BaCl_2$ (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30230.1 dle Zbírala a kol., 2016). Obsah jednotlivých prvků byl stanoven metodou ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30500.1 dle Zbírala a kol., 2011). Výpočet KVK a stupně nasycení byl proveden dle Zbírala a kol. 2016 Jednotným pracovním postupem 30235.1. Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30234.1 dle Zbírala a kol., 2016 byl použit ke stanovení výměnné acidity titrací.
- **Elektrická vodivost** byla stanovena konduktometricky (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30060.1 dle Zbírala a kol., 2016)
- **Obsah P, K, Mg a Ca** byl stanoven ve výluhu dle Mehlicha 3 (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30068.1 dle Zbírala a kol., 2016) metodou ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30074.1 dle Zbírala a kol., 2016).
- **Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)** byl stanoven metodou HPLC (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30660.1 dle Zbírala a kol., 2011)

Statistické vyhodnocení výsledků

Rozdíly mezi jednotlivými variantami byly testovány s využitím jednofaktorové analýzy variance s následným mnohonásobným porovnáním pomocí Tukeyova testu. Zvolená hladina průkaznosti byla 0,05. Ke statistickému zpracování dat byl použit program Statistica 13.

5. Výsledky

6.1 Výnos hlavních produktů

Pro zjednodušení byly výsledky rozděleny na varianty s přídavkem Agrouhlí I a varianty s přídavkem Agrouhlí II. Vliv obou typů Agrouhlí byl testován odděleně a zvlášť pro každou půdu a pro každou úroveň hnojení. Rozdělení výsledků je patrné z tab. 6.1–6.4. V tab. 6.1 a 6.2 jsou uvedeny výnosy hlavního produktu při vyšší úrovni hnojení s přídavky Agrouhlí I a Agrouhlí II v méně úrodné půdě – půda Žabčice (tab. 6.1) a v úrodnější půdě – půda Šlapanice (tab. 6.2). V tab. 6.3 a 6.4 jsou uvedeny výnosy hlavního produktu půdách Šlapanice a Žabčice při nižší úrovni organického hnojení s přídavky Agrouhlí I a Agrouhlí II.

V 1. roce pokusu byl v méně úrodné půdě Žabčice pozorován pokles výnosu po aplikaci nejvyšší dávky Agrouhlí I společně s organickým hnojením. Agrouhlí II v dávce 3 t ha^{-1} výnos naopak v hnojené půdě průkazně zvýšilo. V nehnojené půdě byl vliv obou typů Agrouhlí na výnos negativní.

V úrodnější půdě Šlapanice byl v 1. roce pokusu zaznamenán pozitivní, ale neprůkazný vliv přídavku Agrouhlí I v dávkách 0,5 – 3 t ha^{-1} na výnos kukuřice v půdě hnojené. Zvýšení mohlo být vysvětleno vstupem živin, především K v Agrouhlí. Po nejvyšší dávce Agrouhlí I se však výnos nelišil od hnojené kontroly. V méně hnojené půdě rostoucí dávka Agrouhlí I výnos naopak snižovala a výnos byl snižován i Agrouhlím II v dávce 3 t ha^{-1}.

Ve 2. roce byl v obou použitých půdách zaznamenán pokles výnosu zrna pšenice po aplikaci obou typů Agrouhlí při vyšší úrovni hnojení. V půdě Žabčice byl výnos snižován nejvyšší dávkou Agrouhlí I i při nižší úrovni hnojení. Pozorovaný pokles by mohl být vysvětlen omezením dostupnosti dusíku v půdě s Agrouhlím. V nehnojené půdě Šlapanice bylo naopak pozorováno zvýšení výnosu po aplikaci Agrouhlí II. Ve stejné variantě byl v předchozím roce

zaznamenán nižší výnos kukuřice a také nižší odběr živin, více živin tak mohla využít pšenice pěstovaná ve 2. roce.

V obou půdách byl při nižších dávkách hnojení v průběhu 4 let zkoušky vliv Agrouhlí buď neprůkazný, nebo negativní. Nejvyšší dávka Agrouhlí I průkazně snížila výnos kukuřice v 1. roce a výnos pšenice ve 2. roce zkoušky v méně úrodné půdě Žabčice. V úrodnější půdě Šlapanice byl zaznamenán pokles výnosu kukuřice po nejvyšší dávce Agrouhlí I ve 4. roce zkoušky.

Největší přínos v průběhu 4 let zkoušky se projevil až v posledním roce ve více hnojených variantách půdy Žabčice i Šlapanice. V méně úrodné půdě Žabčice byl pozorován nárůst výnosu kukuřice po přídavku Agrouhlí II, v půdě Šlapanice po Agrouhlí I. Nejvyšší hodnota byla v půdě Šlapanice zjištěna po přídavku Agrouhlí v dávce 3 t ha^{-1}, což dokládá účinek i v nižších dávkách, než se běžně předpokládá.

Pozitivní účinky Agrouhlí byly větší v půdě hnojené a zejména v půdě hnojené zvýšenou dávkou v posledním roce. To je do jisté míry v souladu s hypotézou, že vliv Agrouhlí je větší v půdě hnojené. Výsledky naznačují, že přínos Agrouhlí je větší při vysokých dávkách živin – v 1. roce měla půda značný obsah živin a v posledním byla aplikována poměrně vysoká dávka digestátu.

Některé rozdíly mezi variantami by mohly souviset s rozdíly ve výnosu předplodiny, kdy pokles výnosu znamená více živin pro následnou plodinu a naopak.

Tab. 6.1 *Výnos hlavního produktu v hnojené půdě* ***Žabčice*** *(t ha^{-1})*

Rok	2016 Kukuřice		2017 Pšenice ozimá		2018 Řepka ozimá		2019 Kukuřice	
Varianta	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II
Kontrola hnojená	53,5a	53,5a	8,1a	8,1a	2,2a	2,2a	37,9a	37,9a
Popel ROŠTÍN 1t ha^{-1} +DG	55,4a	55,4ab	7,6ab	7,6ab	2,2a	2,2a	40,5a	40,5ab
Agrouhlí - 0,5 $t.ha^{-1}$+DG	55,8a	55,3ab	7,4ab	7,4b	2,2a	2,2a	38,9a	38,5ab
Agrouhlí - 3 $t.ha^{-1}$ +DG	53,2a	58,7b	7,2b	7,2b	2,0a	2,1a	38,6a	41,3ab
Agrouhlí - 30 $t.ha^{-1}$ +DG	46,5b	55,9ab	6,4c	7,3b	2,0a	2,1a	40,4a	43,3b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.2 *Výnos hlavního produktu v hnojené půdě* ***Šlapanice*** *(t ha^{-1})*

Rok	2016 Kukuřice		2017 Pšenice ozimá		2018 Řepka ozimá		2019 Kukuřice	
Varianta	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II
Kontrola hnojená	64,1ab	64,1ab	9,5a	9,5ab	2,7a	2,7ab	40,0bc	40,0a
Popel ROŠTÍN 1 t ha^{-1} +DG	66,9b	66,9a	9,6a	9,6a	2,6a	2,6ab	39,3c	39,3a
Agrouhlí - 0,5 $t.ha^{-1}$+DG	68,9b	55,0c	9,2a	9,1ab	2,7a	2,5a	42,6bc	33,9b
Agrouhlí - 3 $t.ha^{-1}$ +DG	68,5b	59,6bc	9,3a	9,0b	2,8a	2,7ab	46,6a	34,0b
Agrouhlí - 30 $t.ha^{-1}$ +DG	60,4a	54,4c	8,4b	9,0b	2,8a	2,8b	43,4ab	32,3b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.3** Výnos hlavního produktu v nehnojené půdě **Žabčice** (t ha^{-1})*

Rok	2016 Kukuřice		2017 Pšenice ozimá		2018 Řepka ozimá		2019 Kukuřice	
Varianta	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II
Kontrola nehnojená	42,1a	42,1a	4,1a	4,1a	1,9ab	1,9a	14,4a	14,4a
Agrouhlí - 0,5 t.ha^{-1}	41,3a	41,5ab	4,0a	4,1a	2,3a	2,0a	13,9a	15,2a
Agrouhlí - 3 t.ha^{-1}	40,9a	41,6ab	3,9a	4,0a	1,8ab	2,0a	14,9a	13,6a
Agrouhlí - 30 t.ha^{-1}	36,9b	40,1b	3,1b	3,8a	1,8b	2,1a	13,3a	13,9a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.4** Výnos hlavního produktu v nehnojené půdě **Šlapanice** (t ha^{-1})*

Rok	2016 Kukuřice		2017 Pšenice ozimá		2018 Řepka ozimá		2019 Kukuřice	
Varianta	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II	Agrouhlí I	Agrouhlí II
Kontrola nehnojená	46,0a	46,0a	5,3a	5,3a	2,6ab	2,6a	18,6ab	18,6a
Agrouhlí - 0,5 t.ha-1	45,2a	41,5ab	5,3a	5,7ab	2,9a	2,3a	20,5a	17,0a
Agrouhlí - 3 t.ha-1	39,0b	37,4b	5,4a	5,9b	2,3bc	2,3a	17,4ab	14,6b
Agrouhlí - 30 t.ha-1	30,5c	41,3b	5,5a	5,6ab	2,1c	2,3a	15,1b	16,9a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

6.2 Obsah živin v sušině kukuřice v roce 2019

Vliv Agrouhlí I se projevil u nehnojených variant v půdě **Žabčice**, kde nejvyšší dávka Agrouhlí I zvýšila obsah P a K v sušině. V sušině rostlin pěstovaných v hnojených variantách nemělo Agrouhlí I vliv (tab. 6.5 – 6.6). V rostlinách hnojených variant byl při nejvyšší dávce Agrouhlí II pozorován nárůst obsahu P (tab. 6.7). V rostlinách nehnojených variant došlo k poklesu obsahu Mg a Ca po přídavku nejvyšší dávky Agrouhlí II (tab. 6.8). Obsah ostatních prvků byl přídavky Agrouhlí ovlivněn neprůkazně nebo jen málo.
V půdě Šlapanice v rostlinách nehnojených variant zvyšovala nejvyšší dávka Agrouhlí I obsah P a snižovala obsah Ca. U hnojených rostlin byl pozorován nárůst obsahu K (tab. 6.9 – 6.10). Hnojené i nehnojené rostliny měly nejvyšší obsah N a K po přídavku Agrouhlí II v dávce 0,5 t ha^{-1}. Obsah P v sušině nehnojených rostlin dosahoval nejvyšší hodnoty při nejvyšší dávce Agrouhlí II (tab. 6.11 – 6.12).

***Tab. 6.5** Obsah živin v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí I,** pravidelně hnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	0,5a	0,06a	0,9a	0,2a	0,25a
Popel ROŠTÍN 1 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,05a	0,9a	0,2a	0,26a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,05a	0,9a	0,2a	0,25a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,05a	0,9a	0,2a	0,23a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,06a	0,9a	0,2a	0,24a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.6** Obsah živin v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí I,** nehnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	0,4a	0,13a	1,2ab	0,2a	0,34a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	0,4a	0,14a	1,2ab	0,2a	0,36a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	0,4a	0,12a	1,1a	0,2a	0,33a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	0,4a	0,20b	1,3b	0,2a	0,28b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.7** Obsah živin v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí II,** pravidelně hnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	0,5a	0,06ab	0,9a	0,2a	0,25a
Popel ROŠTÍN 1 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,05a	0,9a	0,2a	0,26a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,05a	0,8a	0,2a	0,25a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,06ab	0,8a	0,2a	0,26a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,08b	0,9a	0,2a	0,25a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.8** Obsah živin v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí II,** nehnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	0,4a	0,13ab	1,2a	0,21a	0,34a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	0,4a	0,12a	1,2a	0,20a	0,35a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	0,4a	0,12a	1,2a	0,19ab	0,30b
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	0,4a	0,16b	1,2a	0,18b	0,29c

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.9 *Obsah živin v sušině kukuřice, půda* ***Šlapanice*** *s přídavky* ***Agrouhlí I,*** *pravidelně hnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	0,6a	0,04ab	1,1ab	0,2a	0,31a
Popel ROŠTÍN 1 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,02a	1,1a	0,2a	0,30a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	0,6a	0,04ab	1,2ab	0,2a	0,32a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,06b	1,1a	0,2a	0,26a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	0,6a	0,06b	1,3b	0,2a	0,30a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.10 *Obsah živin v sušině kukuřice, půda* ***Šlapanice*** *s přídavky* ***Agrouhlí I,*** *nehnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	0,47a	0,05a	1,5a	0,16a	0,29ab
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	0,54b	0,06a	1,4a	0,16a	0,29a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	0,49ab	0,09b	1,5a	0,15a	0,24b
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	0,46a	0,12c	1,5a	0,16a	0,24b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.11 *Obsah živin v sušině kukuřice, půda* ***Šlapanice*** *s přídavky* ***Agrouhlí II,*** *pravidelně hnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	0,6a	0,04ab	1,1ab	0,19ab	0,3a
Popel ROŠTÍN 1 t.ha^{-1} +DG	0,5a	0,02a	1,1a	0,17a	0,3a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	0,7b	0,03ab	1,4c	0,20b	0,3a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	0,6ab	0,03ab	1,2b	0,19ab	0,3a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	0,6ab	0,05b	1,3b	0,19ab	0,3a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.12 *Obsah živin v sušině kukuřice, půda* ***Šlapanice*** *s přídavky* ***Agrouhlí II,*** *nehnojené varianty (% sušiny)*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	0,5a	0,05a	1,5a	0,2a	0,29ab
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	0,6c	0,07a	1,7b	0,2a	0,33a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	0,6bc	0,06a	1,7ab	0,2a	0,32a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	0,5ab	0,11b	1,6ab	0,2a	0,26b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

6.3 Odběr živin výnosem kukuřice v roce 2019

Odběr živin je dán výnosem a obsahem živin ve sklizených produktech, proto může lépe vypovídat o využití živin rostlinami než samotný obsah živin nebo výnos.
V posledním roce zkoušky bylo v hnojené půdě Žabčice zaznamenáno zvýšení odběru P po nejvyšší dávce Agrouhlí II. Příjem ostatních živin nebyl Agrouhlím II ovlivněn a ani Agrouhlí I nemělo vliv (tab. 6.13 – 6.16).
V půdě Šlapanice byl odběr P a K u hnojených variant průkazně zvyšován rostoucí dávkou Agrouhlí I. Odběr P byl průkazně zvýšen dávkou odpovídající 3 t ha^{-1}, nejvyšší dávka Agrouhlí I zvýšila odběr P neprůkazně. Agrouhlí II nemělo v hnojené půdě průkazný vliv (tab. 6.17 – 6.20).
Zvýšení odběru živin po aplikaci agrouhlí bylo zaznamenáno také v prvním roce pokusu, kdy přídavek agrouhlí zvýšil výnos a následně i odběr živin. V ostatních letech byl vliv agrouhlí neprůkazný nebo negativní.

Tab. 6.13 *Odběr živin plodinou, půda* ***Žabčice*** *s přídavky* ***Agrouhlí I*** *(kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	171,4a	20,2a	303,7a	67,1a	85,4a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	185,5a	19,1a	326,7a	68,8a	90,7a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	174,3a	17,2a	318,7a	70,3a	89,2a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	167,9a	18,0a	291,6a	66,0a	78,9a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	167,0a	20,2a	306,7a	66,3a	79,1a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.14 *Odběr živin plodinou, půda* ***Žabčice*** *s přídavky* ***Agrouhlí I*** *(kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	48,8a	15,9a	152,3a	25,8a	41,9ab
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	60,8a	19,8ab	167,5a	29,7a	49,8a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	50,8a	15,2a	138,3a	24,8a	42,5ab
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	45,0a	23,9b	157,8a	23,9a	33,0b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.15 *Odběr živin plodinou, půda* ***Žabčice*** *s přídavky* ***Agrouhlí II*** *(kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	171,4a	20,2a	303,7a	67,1a	85,4a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	185,5a	19,1a	326,7a	68,8a	90,7a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	173,4a	16,7a	277,3a	67,2a	82,9a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	177,5a	21,8a	298,1a	71,8a	90,2a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	183,2a	29,2b	340,5a	75,6a	95,4a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.16** Odběr živin plodinou, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí II** (kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	48,8a	15,9a	152,3a	25,8a	41,9ab
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	49,1a	15,5a	153,1a	26,6a	45,7a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	48,5a	15,0a	146,5a	23,6a	36,2ab
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	45,5a	19,8a	145,1a	21,6a	35,1b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.17** Odběr živin plodinou, půda **Šlapanice** s přídavky **Agrouhlí I** (kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	194,7ab	12,5ab	399,9a	67,2a	109,8a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	174,5a	6,1a	365,4a	57,4a	101,1a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	212,0ab	14,7ab	424,9ab	73,8a	118,8a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	224,2b	24,8c	450,2ab	75,6a	111,1a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	232,8b	21,9bc	518,2b	73,3a	114,8a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.18** Odběr živin plodinou, půda **Šlapanice** s přídavky **Agrouhlí I** (kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	80,3ab	9,1a	252,3a	27,1a	49,4a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	91,7a	10,5ab	242,5ab	26,5a	49,9a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	75,7ab	13,4bc	223,7ab	23,5a	36,7b
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	60,5b	14,9c	197,5b	20,3a	31,2b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.19** Odběr živin plodinou, půda **Šlapanice** s přídavky **Agrouhlí II** (kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola hnojená	194,7a	12,5ab	399,9a	67,2a	109,8a
Popel ROŠTÍN 1 t.ha^{-1} +DG	174,5a	6,1a	365,4a	57,4a	101,1a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	193,3a	9,3ab	423,3a	60,3a	100,9a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	181,9a	7,9ab	395,4a	60,3a	97,5a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	174,3a	13,6b	371,2a	56,1a	87,5a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.20** Odběr živin plodinou, půda **Šlapanice** s přídavky **Agrouhlí II** (kg.ha^{-1})*

Varianty hnojení	N	P	K	Mg	Ca
Kontrola nehnojená	80,3a	9,1a	252,3a	27,1a	49,4a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	93,2a	9,8a	255,2a	24,3a	48,5a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	77,8a	8,0a	218,5a	23,8a	42,2a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	80,3a	17,6b	252,8a	24,2a	40,5a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p<0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

6.4 Obsah PAH v sušině kukuřice

Obsah PAH v sušině kukuřice pěstované v obou půdách nebyl příliš ovlivněn aplikací hnojiva ani aplikací Agrouhlí (tab. 6.21 - 6.22). Obsah benzo(a)pyrenu, který je považován za stěžejní indikátor obsahu PAH, byl pod úrovní detekčního limitu ve všech variantách a v obou půdách.

***Tab. 6.21** Obsah PAH v sušině kukuřice, půda **Žabčice** (μg.kg^{-1})*

PAH	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG
naftalen	<5	<5	<5	<5	<5
acenaphtylen	<20	<20	<20	<20	<20
acenaften	<5	<5	<5	<5	<5
fluoren	<4	<4	<4	<4	<4
fenantren	11,6	8,9	6,5	12,2	13,1
antracen	7,6	7,2	3,7	4,1	5,7
fluoranten	7,7	5,5	4,1	6,3	6,1
pyren	4,3	3,0	<2	4,2	4,3
benz(a)antracen	<4	<4	<4	<4	<4
chrysen	<4	<4	<4	<4	<4
benzo(b)fluoranten	<3	<3	<3	<3	<3
benzo(k)fluoranten	2,3	<2	<2	<2	<2
benzo(a)pyren	<3	<3	<3	<3	<3
dibenz(a,h)antracen	<3	<3	<3	<3	<3
benzo(g,h,i)perylen	<5	<5	<5	<5	<5
indeno(l,2,3-cd)pyren	<10	<10	<10	<10	<10
16 PAH	99,5	92,6	84,2	94,8	97,1

***Tab. 6.22** Obsah PAH v sušině kukuřice, půda **Šlapanice** (μg.kg^{-1})*

PAH	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG
naftalen	6,1	9,8	19,0	18,4	8,6
acenaphtylen	<20	<20	<20	<20	<20
acenaften	<5	<5	<5	<5	<5
fluoren	<4	<4	<4	<4	<4
fenantren	10,9	10,0	9,6	14,8	12,5
antracen	2,3	<2	3,4	5,5	9,7
fluoranten	4,3	2,9	3,9	4,6	6,1
pyren	2,2	<2	2,3	2,5	3,9
benz(a)antracen	<4	<4	<4	<4	<4
chrysen	<4	<4	<4	<4	<4
benzo(b)fluoranten	<3	<3	<3	<3	<3
benzo(k)fluoranten	<2	<2	<2	<2	<2
benzo(a)pyren	<3	<3	<3	<3	<3
dibenz(a,h)antracen	<3	<3	<3	<3	<3
benzo(g,h,i)perylen	<5	<5	<5	<5	<5
indeno(l,2,3-cd)pyren	<10	<10	<10	<10	<10
16 PAH	88,8	89,7	101,2	108,8	103,8

6.4 Obsah mikroprvků a rizikových prvků v sušině kukuřice

Obsah mikroprvků (dále jen ME) a rizikových prvků (dále jen RP) byl sledován ve vzorcích sklizené hmoty z variant hnojených a nehnojených s přídavkem a bez přídavku nejvyšší dávky Agrouhlí (30 t.ha^{-1}).

Agrouhlí I i Agrouhlí II mělo vliv na obsah některých mikroprvků v sušině kukuřice. V rostlinách pěstovaných v nehnojené půdě Žabčice byl obsah Co a Ni vyšší v nehnojené variantě s Agrouhlím I než v příslušné kontrole. Také Agrouhlí II zvyšovalo obsah Co a Ni a navíc i obsah Fe v nehnojených rostlinách. V půdě hnojené nemělo Agrouhlí I vliv a Agrouhlí II snižovalo obsah Fe (tab. 6.23 – 6.24).

***Tab. 6.23** Obsah ME a RP v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí I** (mg.kg^{-1})*

Analyt	Kontrola nehnojená	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}+DG
As	0,059a	0,059a	0,066a	0,056a
Al	10,4ab	11,1ab	7,0a	17,0b
Be	0,023a	0,020a	0,024a	0,026a
Cd	0,015a	0,026a	0,019a	0,018a
V	0,045ab	0,031b	0,048a	0,039ab
Co	0,041b	0,035b	0,063a	0,035b
Cr	4,5a	2,2b	5,1a	2,2b
Cu	2,2a	1,6b	2,3a	1,3b
Fe	30,8a	58,0b	53,2ab	42,7ab
Ni	1,7b	1,1b	2,9a	1,2b
Pb	0,1b	0,2ab	0,1b	0,3a
Zn	13,0a	15,2a	14,8a	13,1a
Hg	0,0016a	0,0018a	0,0014a	0,0017a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.24** Obsah ME a RP v sušině kukuřice, půda **Žabčice** s přídavky **Agrouhlí II** (mg.kg^{-1})*

Analyt	Kontrola nehnojená	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}+DG
As	0,059b	0,059b	0,084b	0,056a
Al	10,4a	11,1a	7,0b	8,0b
Be	0,023a	0,020a	0,020a	0,020a
Cd	0,015a	0,026a	0,029a	0,020a
V	0,045ab	0,031b	0,061a	0,030b
Co	0,041b	0,035b	0,071a	0,022b
Cr	4,5ab	2,2bc	6,1a	1,2c
Cu	2,2a	1,6b	2,4a	1,9ab
Fe	30,8b	58,0a	57,9a	18,1b
Ni	1,7b	1,1b	3,9a	1,3b
Pb	0,1b	0,2a	0,1b	0,1b
Zn	13,0a	15,2a	14,1a	13,8a
Hg	0,0016a	0,0018a	0,0014a	0,0014a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

V rostlinách pěstovaných v hnojené půdě Šlapanice zvyšovalo Agrouhlí I obsah Pb, ostatní rozdíly byly neprůkazné (tab. 6.25). V nehnojených variantách zvyšovalo Agrouhlí I obsah Co, Cr, Fe, Ni a Zn ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Agrouhlí II zvyšovalo obsah Co, Cr, Cu, Fe a Ni v nehnojených variantách (tab. 6.26). Agrouhlí I i Agrouhlí II zvyšovalo obsah Zn, v rostlinách pěstovaných v nehnojené půdě byl nárůst průkazný.
Obsah As, Cd, Pb a Hg v sušině byl ve všech případech nižší, než limity stanovené směrnicí 2002/32/ES o nežádoucích látkách v krmivech. Nebyly překročeny limity Pb, Hg a Cd v krmivech podle nařízení 2017/2229. Limity Cd, Pb hodnocené podle nařízení 1881/2006 pro kontaminující látky v potravinách rovněž nebyly překročeny.

V rostlinách z nehnojených variant přídavek obou typů agrouhlí zvyšoval obsah Cr, ale obsah byl poměrně vysoký i v kontrole a nepřekračuje hodnotu 15 ppm, kterou uvádí Beneš, 1994. Obsah Cu a Zn byl nízký ve všech
variantách a obou půdách ve srovnání s referenčními údaji (Campbell, 2000; Benton et al., 1991; Beneš, 1994).

Vliv agrouhlí na obsah mikroprvků ve sklizených produktech byl zaznamenán i v předchozích letech pokusu. Byl pozorován pokles obsahu Cd a Cu i dalších prvků, obsah jiných prvků byl agrouhlím naopak zvyšován. Výsledky však byly značně variabilní a lišily se mezi plodinami i jednotlivými sklizenými produkty. Zjištěný vliv může být spojen se sorpcí mikroprvků na agrouhlí nebo se srážením některých iontů v alkalickém prostředí v okolí částic agrouhlí. Oba typy procesů jsou do jisté míry reverzibilní a ionty mikroprvků mohou být z agrouhlí uvolňovány nebo naopak poutány což následně zvyšuje nebo snižuje jejich dostupnost a odběr plodinou a následně i obsah v rostlině. Agrouhlí také ovlivňuje příjem dalších prvků rostlinou, což může zpětně působit na příjem a obsah mikroprvků.

***Tab. 6.25** Obsah ME a RP v sušině kukuřice, půda **Šlapanice** s přídavky **Agrouhlí I** (mg.kg^{-1})*

Analyt	Kontrola nehnojená	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}+DG
As	0,05a	0,08ab	0,05a	0,09b
Al	15,9a	14,6a	15,6a	19,0a
Be	0,02a	0,02a	0,02a	0,02a
Cd	0,023a	0,013b	0,016ab	0,009b
V	0,040ab	0,029b	0,052a	0,036ab
Co	0,024a	0,018a	0,071b	0,019a
Cr	2,5b	0,4c	4,8a	0,5c
Cu	1,9a	1,4b	2,1a	1,5b
Fe	24,7a	31,8ab	40,8b	36,1b
Ni	1,4ab	0,6b	2,4a	1,1b
Pb	0,1b	0,1b	0,1b	0,12a
Zn	6,5c	8,1bc	16,4a	13,2ab
Hg	0,0016a	0,0015a	0,0016a	0,0017a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.26** Obsah ME a RP v sušině kukuřice, půda **Šlapanice,** přídavek **Agrouhlí II** (mg.kg^{-1})*

Analyt	Kontrola nehnojená	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}+DG
As	0,05b	0,08a	0,05b	0,05b
Al	15,9a	14,6a	13,5a	13,4a
Be	0,02a	0,02a	0,02a	0,02a
Cd	0,023a	0,013a	0,023a	0,020a
V	0,040ab	0,029b	0,045a	0,027b
Co	0,024b	0,018bc	0,067a	0,013c
Cr	2,5b	0,4c	4,4a	0,4c
Cu	1,9bc	1,4c	2,3a	2,1ab
Fe	24,7b	31,8ab	37,0a	14,6c
Ni	1,4b	0,6bc	2,3a	0,4c
Pb	0,1a	0,1a	0,1a	0,1a
Zn	6,5c	8,1bc	12,9a	10,4ab
Hg	0,0016a	0,0015a	0,0017a	0,0014a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.

6.5 Obsah živin a mikroprvků v půdě po ukončení zkoušky

Aplikace Agrouhlí je spojena s poměrně velkým vstupem živin a uhlíku do půdy (tab. 6.27). Agrouhlí I má vyšší obsah uhlíku a vyšší poměr C:N než Agrouhlí II. Agrouhlí I má také vyšší obsah sodíku a manganu. Obsah fosforu, draslíku, hořčíku, vápníku a většiny mikroprvků je naopak vyšší v Agrouhlí II. Vyšší obsah většiny živin v Agrouhlí II je pravděpodobně způsoben vyšším obsahem živin v anaerobním digestátu, ze kterého je Agrouhlí II vyrobeno. Naopak, Agrouhlí I bylo vyrobeno ze dřeva, které má výchozí obsah živin zpravidla nižší.

***Tab. 6.27** Množství živin a uhlíku dodaných v nejvyšší dávce Agrouhlí (30 tha^{-1})*

Parametry	**Agrouhlí I**	**Dávka živin $kg.ha^{-1}$**		**Agrouhlí II**	**Dávka živin $kg.ha^{-1}$**
Sušina OH (%)	98,2	-		48,1	-
C celkový jako (%)	84,4	24 568,4		62,5	8 916,7
N celkový v sušině (%)	0,46	133,9		1,42	202,4
P celkový v sušině (%)	0,12	34,9		0,64	91,2
K celkový v sušině (%)	0,71	206,7		1,65	235,2
Mg celk. v sušině (%)	0,23	67,0		0,42	59,9
Ca celkový v sušině ($mg.kg^{-1}$)	2,25	655,0		5,30	755,5

Obsah živin v půdě

V půdě Žabčice rostoucí dávka Agrouhlí I zvyšovala pH a obsah P, K, Mg a Ca v hnojené i nehnojené půdě (tab. 6.28 – 6.29). Obsah Ca, P a hodnota pH vzrůstaly i s rostoucí dávkou Agrouhlí II v hnojené i nehnojené půdě (tab. 6.30 - 6.31). Nárůst obsahu sledovaných živin a pH po přídavku Agrouhlí byl pozorován i v předchozích letech pokusu a je v souladu s poměrně velkými vstupy živin v hmotě Agrouhlí (tab. 6.27). Agrouhlí I naopak snižovalo obsah S v hnojené půdě.

V půdě Šlapanice nejvyšší dávka Agrouhlí I zvýšila pH a obsah K v hnojené půdě (tab. 6.32). Obsah S se v hnojené půdě snižoval s rostoucí dávkou Agrouhlí I. V nehnojené půdě zvyšování dávky Agrouhlí I zvýšilo obsah Ca (tab. 6.33). Agrouhlí II zvyšovalo pH, obsah K a obsah Ca v půdě hnojené a obsah P a K v půdě nehnojené (tab. 6.34 – 6.35)). Také v této půdě byl i v předchozích letech zaznamenán pozitivní vliv na pH a obsah živin, kromě obsahu P, který byl přídavky Agrouhlí spíše snižován. Příčinou by mohla být tvorba nerozpustných forem P po reakci s vápníkem z Agrouhlí. Agrouhlí I také snižovalo obsah S, stejně jako v méně úrodné půdě Žabčice, zatímco Agrouhlí II nemělo na obsah S vliv. Pozorovaný pokles dostupnosti S by mohl být jedním z faktorů, které omezují očekávaný pozitivní vliv Agrouhlí na výnos.

***Tab. 6.28** Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Žabčice - Agrouhlí I** po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola hnojená	5,3a	53a	64a	82a	1239a	13,9a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	5,3a	55a	61a	88a	1261a	13,2ab
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	5,4ab	54a	60a	85a	1252a	12,7b
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	5,5b	58a	60a	95a	1336a	13,1ab
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	6,2c	67b	78b	119b	1617b	8,7c

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.29** Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Žabčice - Agrouhlí I** po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola nehnojená	5,1a	40a	48a	80a	1364ab	17,4a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	5,2ab	39a	50a	81a	1280a	15,2a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	5,3b	44b	53a	82a	1307a	14,0a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	5,7c	47c	61b	109b	1506b	12,7a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.30** Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Žabčice - Agrouhlí II** po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola hnojená	5,3a	53a	64a	82a	1239a	13,9a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	5,3a	55a	61a	88a	1261a	13,2a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	5,4a	58ab	63a	88a	1287a	14,4a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	5,3a	56a	62a	88a	1348a	13,5a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	5,7b	66b	66a	98a	1438a	13,4a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.31** Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Žabčice - Agrouhlí II** po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola nehnojená	5,1a	40ab	48a	80a	1364ab	17,4a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	5,2a	43a	51a	81a	1329a	16,2a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	5,2a	39b	48a	78a	1280a	15,4a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	5,9b	50c	61b	103b	1536b	14,6a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.32 *Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí I*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola hnojená	7,1a	82,8a	190a	362a	4428a	12,3a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	7,2ab	82,0a	197ab	370a	4455a	12,3a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	7,2ab	79,9a	189a	380a	4525a	11,8a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	7,3ab	76,3a	195ab	375a	4590a	11,5a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	7,3b	77,9a	216b	390a	4668a	10,0b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.33 *Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí I*** *po kukuřici (mg.kg^{-1}), nehnojené varianty*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola nehnojená	7,4a	64,3a	179a	363a	5604a	12,9a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	7,4a	61,4a	178a	364a	5557a	13,2a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	7,5a	57,1a	175a	360a	6578ab	13,3a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	7,5a	62,3a	196a	416a	7479b	13,6a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.34 *Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola hnojená	7,1a	82,8a	190a	362a	4428a	12,3a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	7,2a	82,0a	197a	370a	4455a	12,3a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	7,3b	84,6b	228c	377a	4764ab	12,8a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	7,4bc	76,6a	215abc	366a	5197b	12,1a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	7,4c	78,9a	220b	381a	5918c	13,8a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.35 *Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
Kontrola nehnojená	7,4a	64,3a	179ab	363a	5604a	12,9a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	7,5a	63,5a	183b	374a	5955a	13,4a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	7,5a	58,0a	160a	373a	6708a	13,8a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	7,4a	73,8b	204c	391a	5699a	15,0a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Obsah mikroprvků v půdě

V méně úrodné půdě Žabčice byl pozorován pokles obsahu Cu po přídavku Agrouhlí I. Obsah Zn, Mn a B byl přídavkem Agrouhlí I naopak zvyšován při obou úrovních hnojení (tab. 6.36 – 6.37). Vliv Agrouhlí II byl patrný pouze v nehnojené půdě, kde přídavek Agrouhlí zvyšoval obsah Zn a Mn a snižoval obsah Fe (tab. 6.38 – 6.39).

V úrodnější půdě Šlapanice Agrouhlí I snižovalo obsah Cu a zvyšovalo obsah Mn v půdě hnojené i nehnojené (tab. 6.40 – 6.41). Také Agrouhlí II snižovalo obsah Cu a zvyšovalo obsah Mn v půdě hnojené. Při obou úrovních hnojení omezovalo Agrouhlí II obsah Fe (tab. 6.42 – 6.43).

Oba typy Agrouhlí jsou zdrojem řady mikroprvků, jak dokládají výsledky analýzy Agrouhlí, uvedené v tab. 2.1. Současně však Agrouhlí obsahuje poměrně velké množství Ca a zvyšuje pH, což může omezit dostupnost mikroprvků i jejich příjem plodinou. Deficit některých mikroprvků by pak mohl být jedním z důvodů, proč je vliv Agrouhlí na výnos omezený i přes pozorované pozitivní účinky na agrochemické vlastnosti půdy.

Tab. 6.36 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Žabčice - Agrouhlí I*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	**Cu**	**Zn**	**Al**	**Fe**	**Mn**	**B**
Kontrola hnojená	2,2a	3,4a	909a	162a	60,1a	0,818a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	2,3a	3,3a	915a	169a	63,5a	0,778a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	2,1ab	3,5a	889a	160a	60,7a	0,845a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	2,2ab	3,8ab	898a	168a	67,1a	1,090a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	1,8b	4,4b	891a	155a	102,3b	1,755b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.37 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Žabčice - Agrouhlí I*** *po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	**Cu**	**Zn**	**Al**	**Fe**	**Mn**	**B**
Kontrola nehnojená	2,4a	2,5a	970a	243a	67,4ab	1,098ab
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	2,1ab	2,4a	953a	220a	64,3a	1,170ab
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	2,1ab	2,6a	948a	212a	73,9b	0,990a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	1,9b	3,3b	899a	157b	91,2c	1,578b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.38 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Žabčice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
Kontrola hnojená	2,2a	3,4a	909a	162a	60,1a	0,818a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	2,3a	3,3a	915a	169a	63,5a	0,778a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	2,2a	3,5a	923a	179a	66,6a	0,885a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	2,2a	3,8a	950a	176a	63,3a	1,380a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	2,1a	3,5a	901a	159a	64,8a	1,080a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.39 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Žabčice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
Kontrola nehnojená	2,4a	2,5a	970a	243a	67,4ab	1,098a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	2,3a	2,8ab	934a	223a	67,7ab	1,670a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	2,2a	2,6ab	925a	225a	64,0a	1,060a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	2,3a	3,5b	911a	181b	71,3b	1,450a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.40 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí I*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
Kontrola hnojená	6,2a	5,9a	877a	312a	199a	2,7a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	6,2a	6,1a	872a	305a	198a	3,2a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1} +DG	6,2a	5,9a	878a	311a	199a	2,7a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1} +DG	6,1a	6,1a	869a	304a	200a	3,3a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	5,6b	6,4a	867a	308a	217b	2,6a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.41 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí I*** *po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
Kontrola nehnojená	6,0a	5,1a	834a	279a	192a	2,7a
Agrouhlí I - 0,5 t.ha^{-1}	5,9ab	5,1a	814a	277a	193a	2,9a
Agrouhlí I - 3 t.ha^{-1}	5,4bc	4,9a	778a	248a	198a	2,9a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	5,0c	6,9a	815a	261a	241b	2,9a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.42 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, hnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	**Cu**	**Zn**	**Al**	**Fe**	**Mn**	**B**
Kontrola hnojená	6,2ab	5,9a	877a	312a	199a	2,7a
Popel ROŠTÍN 1t.ha^{-1} +DG	6,2ab	6,1a	872a	305ab	198a	3,2a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}+DG	6,4a	6,0a	875a	301ab	199a	2,6a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1} +DG	6,3a	5,8a	868a	283bc	203ab	3,0a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	5,8b	5,8a	801b	258c	207b	3,2a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.43 *Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě* ***Šlapanice - Agrouhlí II*** *po kukuřici, nehnojené varianty (mg.kg^{-1})*

Varianta hnojení	**Cu**	**Zn**	**Al**	**Fe**	**Mn**	**B**
Kontrola nehnojená	6,0a	5,1a	834a	279a	192a	2,7a
Agrouhlí II - 0,5 t.ha^{-1}	5,9a	5,7a	823ab	268ab	195a	3,8a
Agrouhlí II - 3 t.ha^{-1}	5,4a	4,8a	750b	235b	194a	3,6a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	5,9a	5,6a	843a	297a	200a	2,7a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

6.6 Agrochemické vlastnosti půdy

Obsah živin ve výměnné formě může více odpovídat jejich reálné dostupnosti než obsah živin dle Mehlicha, který charakterizuje spíše potenciální dostupnost.

V hnojené půdě Žabčice došlo ke zvýšení KVK při nejvyšší dávce Agrouhlí I (tab. 6.44). Agrouhlí I v nejvyšší dávce zvyšovalo i obsah výměnného K, Mg a Ca v hnojené i nehnojené půdě (tab. 6.45). Agrouhlí II v nejvyšší dávce zvyšovalo KVK a obsah výměnného K, Mg a Ca v nehnojené půdě, v hnojené půdě nemělo Agrouhlí II vliv (tab. 6.46 – 6.47). Oba typy Agrouhlí naopak výrazně snižovaly obsah výměnného Mn v hnojené i nehnojené půdě.

Pozorované snižování dostupnosti Mn může být vysvětleno vyšším pH a obsahem vápníku v půdách s Agrouhlím, které přispívají ke srážení Mn.

V hnojené půdě Šlapanice nemělo Agrouhlí I vliv na KVK a vodivost (tab. 6.48). Byl pozorován nárůst obsahu výměnného K v hnojené půdě po nejvyšší dávce Agrouhlí II (tab. 6.49). V nehnojené půdě nebyl vliv obou typů agrouhlí patrný (tab. 6.50 – tab. 6.51). Menší vliv v úrodnější půdě je v souladu s hypotézou, že účinky Agrouhlí se více projeví v méně úrodné půdě. V půdě s přirozeně vysokými hodnotami sledovaných parametrů je pravděpodobně obtížnější dosáhnout jejich zvýšení.

Tab. 6.44 *Vliv přídavku* ***Agrouhlí I*** *a* ***Agrouhlí II*** *na agrochemické vlastnosti hnojené půdy* ***Žabčice.*** *Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu*

Varianta hnojení	**KVK (mekv.kg^{-1})**	**vodivost vodního výluhu (mS.m^{-1})**
Kontrola hnojená	88,6b	5,2a
Agrouhlí I - 30 t.ha-1 +DG	97,4a	5,9a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	88,6b	5,2a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.45 *Vliv přídavku* ***Agrouhlí I*** *a* ***Agrouhlí II*** *na agrochemické vlastnosti hnojené půdy* ***Žabčice.*** *Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M $BaCl_2$*

Varianta hnojení	**Obsah výměnného K (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mg (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Ca (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mn (mekv.kg^{-1})**
Kontrola hnojená	0,965a	8,0b	76,0a	1,143a
Agrouhlí I - 30 t.ha-1 +DG	1,035a	9,5a	82,1b	0,358b
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	0,963a	7,9b	76,6ab	0,443b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.46** Vliv přídavku **Agrouhlí I** a **Agrouhlí II** na agrochemické vlastnosti nehnojené půdy **Žabčice.** Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu*

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg^{-1})	vodivost vodního výluhu (mS.m^{-1})
Kontrola nehnojená	75,0a	4,3a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	93,0b	4,5ab
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	93,8b	4,8b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.47** Vliv přídavku **Agrouhlí I** a **Agrouhlí II** na agrochemické vlastnosti nehnojené půdy **Žabčice.** Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M $BaCl_2$*

Varianta hnojení	Obsah výměnného K (mekv.kg^{-1})	Obsah výměnného Mg (mekv.kg^{-1})	Obsah výměnného Ca (mekv.kg^{-1})	Obsah výměnného Mn (mekv.kg^{-1})
Kontrola nehnojená	0,670a	6,3a	65,8a	0,625a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	0,775b	8,9b	80,0b	0,485b
Agrouhlí II - 30 t .a^{-1}	0,765b	8,4b	82,3b	0,370b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

***Tab. 6.48** Vliv přídavku **Agrouhlí I** a **Agrouhlí II** na agrochemické vlastnosti hnojené půdy **Šlapanice.** Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu*

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg^{-1})	vodivost vodního výluhu (mS.m^{-1})
Kontrola hnojená	246,0a	11,9a
Agrouhlí I - 30 t.ha-1 +DG	252,6a	12,0a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	253,5a	14,1b

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.49 *Vliv přídavku* ***Agrouhlí I*** *a* ***Agrouhlí II*** *na agrochemické vlastnosti hnojené půdy* ***Šlapanice.*** *Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M* $BaCl_2$

Varianta hnojení	**Obsah výměnného K (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mg (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Ca (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mn (mekv.kg^{-1})**
Kontrola hnojená	2,3a	26,4ab	213,7a	<0,1a
Agrouhlí I - 30 t.ha-1 +DG	2,5ab	28,0a	216,8a	<0,1a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	2,8b	25,0b	222,3a	<0,1a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.50 *Vliv přídavku* ***Agrouhlí I*** *a* ***Agrouhlí II*** *na agrochemické vlastnosti nehnojené půdy* ***Šlapanice.*** *Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu*

Varianta hnojení	**KVK (mekv.kg^{-1})**	**vodivost vodního výluhu (mS.m^{-1})**
Kontrola nehnojená	246,4a	12,5a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	253,0a	13,5a
Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}	243,6a	12,9a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.51 *Vliv přídavku* ***Agrouhlí I*** *a* ***Agrouhlí II*** *na agrochemické vlastnosti nehnojené půdy* ***Šlapanice.*** *Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M* $BaCl_2$

Varianta hnojení	**Obsah výměnného K (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mg (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Ca (mekv.kg^{-1})**	**Obsah výměnného Mn (mekv.kg^{-1})**
Kontrola nehnojená	2,1a	23,7a	218,0a	<0,1a
Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	2,5a	24,4a	222,6a	<0,1a
Agrouhlí II - 30 t .a^{-1}	2,5a	24,4a	214,6a	<0,1a

Pozn: Odlišná písmena vyznačují statisticky průkazné rozdíly, p <0,05.
DG – varianty hnojené digestátem

6.7 Obsah PAH v půdě

V méně úrodné půdě Žabčice byl obsah PAH, vyjádřený jako součet 16 PAH v půdě, po aplikací Agrouhlí nižší, než v kontrole (tab. 6.52 – 6.53). V půdě Šlapanice byl obsah PAH výrazně zvyšován aplikací Agrouhlí II. V žádné z variant však obsah nepřekročil limit daný vyhláškou č. 153/2016 Sb. o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb. platné od 1. 6. 2016, kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu. Tato vyhláška udává preventivní hodnotu 1 $mg.kg^{-1}$ pro sumu 12 individuálních PAH.

***Tab. 6.52** Obsah PAH v **půdě Žabčice** s přídavky Agrouhlí po sklizni kukuřice ($\mu g.kg^{-1}$)*

PAH	Kontrola hnojená	Agrouhlí I 30 $t.ha^{-1}$ +DG	Agrouhlí II 30 $t.ha^{-1}$ +DG	Agrouhlí I 30 $t.ha^{-1}$	Agrouhlí II 30 $t.ha^{-1}$
Acenaftylen.	<20	<20	<20	<20	<20
Acenaften	<5	<5	<5	<5	<5
Fluoren.	<4	<4	<4	<4	<4
Fenantren	6,2	<4	5,0	<4	6,7
Antracen	<2	<2	<2	<2	<2
Fluoranten	15,2	<2	10,3	<2	13,3
Naftalen	<5	<5	<5	<5	7,2
Pyren	13,7	<2	8,1	<2	11,4
Benz(a)antracen	9,1	<4	<4	<4	5,3
Chrysen	9,4	<4	4,4	<4	6,2
Benzo(b)fluoranten	10,0	<3	4,4	<3	6,2
Benzo(k)fluoranten	4,9	<2	<2	<2	2,9
Benzo(a)pyren	9,8	<3	3,2	<3	5,2
Dibenz(a,h)antracen	<3	<3	<3	<3	<3
Benzo(g,h,i)perylen	7,1	<5	<5	<5	<5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<10	<10	<10	<10	<10
součet 16 PAH	134,4	78,0	95,3	78,0	113,4

***Tab. 6.53** Obsah PAH v **půdě Šlapanice** s přídavky Agrouhlí po sklizni kukuřice (μg.kg^{-1})*

PAH	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1} +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1} +DG	Agrouhlí I - 30 t.ha^{-1}	Agrouhlí II - 30 t.ha^{-1}
Acenaftylen	<20	<20	<20	<20	<20
Acenaften	<5	<5	<5	<5	<5
Fluoren.	<4	<4	<4	<4	<4
Fenantren	9,3	<4	21,8	<4	11,4
Antracen	<2	<2	3,7	<2	<2
Fluoranten	21,8	2,2	44,8	2,1	24,7
Naftalen	7,1	7,4	11,5	5,9	9,9
Pyren	17,7	<2	33,4	<2	20,4
Benz(a)antracen	9,6	<4	21,8	<4	10,7
Chrysen	11,3	<4	21,9	<4	11,8
Benzo(b)fluoranten	11,7	<3	22,2	<3	13,1
Benzo(k)fluoranten	5,3	<2	9,5	<2	5,8
Benzo(a)pyren	10,4	<3	19	<3	10,9
Dibenz(a,h)antracen	<3	<3	<3	<3	<3
Benzo(g,h,i)perylen	7,4	<5	12,3	<5	7,82
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<10	<10	12,4	<10	<10
součet 16 PAH	155,6	80,6	266,2	79,0	170,6

6. Souhrn výsledků 4 let pokusu

Přes značnou variabilitu výsledků měla aplikace Agrouhlí do půdy několik konzistentních účinků na půdu a rostliny. Výsledky jsou shrnuty v tab. 6.54 – 6.57. V méně úrodné půdě Žabčice bylo zaznamenáno zvýšení pH, obsahu Ca a Mg a zvýšení KVK. Agrouhlí I zvyšovalo obsah Zn, Mn a B v půdě, obsah Cu a Fe byl naopak přídavkem Agrouhlí snižován. Byl také pozorován pozitivní vliv na obsah P v půdě a jeho příjem rostlinou. Negativní byl naopak vliv na obsah výměnného Mn. V úrodnější půdě bylo zaznamenáno zvýšení obsahu K, Mg a Ca po přídavku Agrouhlí. Agrouhlí také zvyšovalo obsah Mn a snižovalo obsah Cu a Fe. Pokles obsahu Cu a Fe by mohl být vysvětlen např. tvorbou nerozpustných forem Cu i dalších prvků v alkalickém prostředí povrchu Agrouhlí. Oba typy Agrouhlí měly v obou půdách vliv na obsah mikroprvků a rizikových prvků v rostlinných produktech. Byl zaznamenán pokles obsahu některých mikroprvků, především Cu nebo Cd.

Pozitivní vliv na výnos byl zaznamenán pouze v prvním a posledním roce pokusu a projevil se v hnojených variantách. V půdě Žabčice byl výnos zvyšován Agrouhlím II, v půdě Šlapanice mělo pozitivní vliv Agrouhlí I. Pozorované zvýšení výnosu mohlo být spojeno s vysokou dostupností živin, které byly v prvním roce obsaženy ve výchozí půdě a v posledním roce byly dodány vysokou dávkou živin v hnojivu. V půdě méně hnojené byl vliv na výnos spíše negativní, zejména v úrodnější půdě Šlapanice. Výsledky tak potvrzují hypotézu, že přínos Agrouhlí se projeví při dostatečném hnojení.

Některé efekty Agrouhlí byly zaznamenány i při nižších dávkách aplikovaného Agrouhlí v rozmezí 0,5 – 3 t ha^{-1}.

Přestože je Agrouhlí potenciálním zdrojem PAH a rizikových prvků, jejich nadměrné hromadění nebylo zaznamenáno.

Tab. 6.54 *Zaznamenané případy pozitivního (*↑), negativního (↓) a neutrálního (0) vlivu *Agrouhlí na sledované parametry v průběhu 4 let nádobové zkoušky v* ***hnojené*** *půdě Žabčice.*

Rok	**2016**		**2017**		**2018**		**2019**	
Typ Agrouhlí	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
Výnos hlavního produktu	↓	↑	↓	↓	0	0	0	↑
Odběr N výnosem	0	0	↓	↓	0	0	0	0
Odběr P výnosem	↑	↑	0	↓	0	0	0	↑
Odběr K výnosem	↑	↑	↓	↓	↓	↓	0	0
Obsah P v půdě (Mehlich III)	↑	0	0	0	↑	↑	0	0
Obsah K v půdě (Mehlich III)	↑	0	0	0	↑	↑	0	0
Obsah Mg v půdě (Mehlich III)	↑	↑	↑	0	↑	↑	↑	↑
Obsah Ca v půdě (Mehlich III)	↑	0	↑	0	↑	↑	0	0
Obsah S v půdě (Mehlich III)	↓	0	↓	0	-	-	0	0
Obsah výměnného Mn	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	0
pH (CaCl2)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
KVK	0	0	↑	↑	↑	0	↑	0

Tab. 6.55 *Zaznamenané případy pozitivního (*↑), negativního (↓) a neutrálního (0) vlivu *Agrouhlí na sledované parametry v průběhu 4 let nádobové zkoušky v* ***nehnojené*** *půdě Žabčice*

Rok	**2016**		**2017**		**2018**		**2019**	
Typ Agrouhlí	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
Výnos hlavního produktu	0	0	↓	0	0	0	0	0
Odběr N výnosem	0	0	0	0	0	0	0	0
Odběr P výnosem	↓	↑	0	0	0	0	↑	0
Odběr K výnosem	0	↑	↓	0	0	↑	0	0
Obsah P v půdě (Mehlich III)	↑	↑	0	0	0	↑	↑	↑
Obsah K v půdě (Mehlich III)	↑	↑	0	0	0	0	↑	↑
Obsah Mg v půdě (Mehlich III)	↑	↑	↑	0	↑	↑	↑	↑
Obsah Ca v půdě (Mehlich III)	↑	↑	↑	0	0	0	↑	↑
Obsah S v půdě (Mehlich III)	0	0	↓	0	-	-	0	0
Obsah výměnného Mn	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
pH (CaCl2)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
KVK	↑	↑	0	↑	↑	↑	↑	↑

Tab. 6.56 *Zaznamenané případy pozitivního (*↑), negativního (↓) a neutrálního (0) vlivu *Agrouhlí na sledované parametry v průběhu 4 let nádobové zkoušky v* ***hnojené*** *půdě Šlapanice*

Rok	**2016**		**2017**		**2018**		**2019**	
Typ Agrouhlí	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
Výnos hlavního produktu	↑	0	0	0	0	0	↑	↓
Odběr N výnosem	0	0	↓	0	0	0	0	0
Odběr P výnosem	↑	0	0	0	0	↓	↑	↑
Odběr K výnosem	↑	0	0	0	0	↓	↑	0
Obsah P v půdě (Mehlich III)	0	0	↓	↓	0	0	0	0
Obsah K v půdě (Mehlich III)	↑	0	↑	0	↓	↑	↑	↑
Obsah Mg v půdě (Mehlich III)	↑	0	0	0	0	↑	0	0
Obsah Ca v půdě (Mehlich III)	0	↑	↓	↑	0	↑	0	↑
Obsah S v půdě (Mehlich III)	↓	0	0	0	-	-	↓	0
Obsah výměnného Mn	0	0	0	0	0	0	0	0
pH (CaCl2)	↑	0	0	0	↑	0	↑	↑
KVK	0	0	0	↑	0	0	0	0

Tab. 6.57 *Zaznamenané případy pozitivního (*↑), negativního (↓) a neutrálního (0) vlivu *Agrouhlí na sledované parametry v průběhu 4 let nádobové zkoušky v* ***nehnojené*** *půdě Šlapanice*

Rok	**2016**		**2017**		**2018**		**2019**	
Typ Agrouhlí	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**	**I**	**II**
Výnos hlavního produktu	↓	0	0	0	↓	↓	↓	↓
Odběr N výnosem	↓	↓	0	0	↓	0	↓	0
Odběr P výnosem	↑	↑	0	0	↓	↓	↑	↑
Odběr K výnosem	↓	↓	↑	↑	0	0	↓	0
Obsah P v půdě (Mehlich III)	0	0	↓	↓	0	0	0	↑
Obsah K v půdě (Mehlich III)	↑	0	0	0	0	0	0	↑
Obsah Mg v půdě (Mehlich III)	0	0	0	0	0	0	0	0
Obsah Ca v půdě (Mehlich III)	↑	0	↑	0	↑	↑	↑	0
Obsah S v půdě (Mehlich III)	0	0	0	0	-	0	0	0
Obsah výměnného Mn	0	0	0	0	0	0	0	0
pH (CaCl2)	0	0	0	0	↑	0	0	0
KVK	0	0	0	0	0	0	0	0

7. Závěry

V průběhu 4 let pokusu byla zaznamenána celá řada pozitivních i negativních vlivů Agrouhlí na půdní vlastnosti a pěstované plodiny. Pozitivní vliv na některé půdní vlastnosti byl v souladu s hypotézou větší v méně úrodné půdě, kde Agrouhlí zvyšovalo pH, KVK a

dostupnost P, Ca a Mg. V obou půdách byl zaznamenán vliv Agrouhlí na dostupnost některých mikroprvků a rizikových prvků a také na jejich obsah ve sklizených produktech. Přínosem může být omezení příjmu Cd, pozorované v několika případech. Naopak nižší dostupnost Cu mohla být jedním z faktorů omezujících výnos. Při kontaktu Agrouhlí s půdou zřejmě probíhají chemické reakce s živinami v půdě, které mohou ovlivňovat jejich dostupnost a využití plodinami. I když Agrouhlí zvyšuje dostupnost některých živin, může být při nižší úrovni hnojení růst plodin v půdě s Agrouhlím zřejmě limitován dostupnosti N, S a mikroprvků. Pozitivní vliv Agrouhlí na výnos se nejvíce projevil v posledním roce pokusu, kdy byla aplikována zvýšená dávka živin v podobě organického hnojiva. To je v souladu s výchozí hypotézou, že příznivý vliv Agrouhlí se projeví při dostatečném hnojení. V půdě Žabčice byl pozitivní efekt zaznamenán po aplikaci Agrouhlí II, v půdě Šlapanice po Agrouhlí I. Zvýšení v posledním roce pokusu dosahovalo 14 % v půdě Žabčice s Agrouhlím II a 16 % v půdě Šlapanice s Agrouhlím I. Z výsledků také vyplývá, že účinky Agrouhlí mohou být patrné i při jeho nižších dávkách (3 t ha^{-1}). Proto by praktické využití mělo být vyzkoušeno při různých kombinacích dávek uhlí a živin.

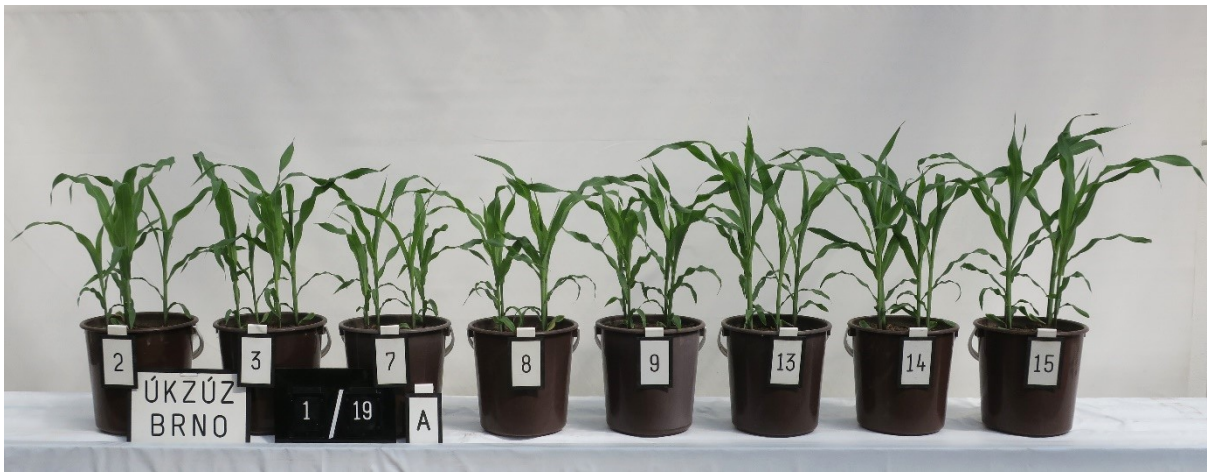
Z výsledků pokusu vyplývá, že využití Agrouhlí může být přínosem pro úrodnost půdy, nemůže ale nahradit hnojení ostatními hnojivy. Výsledky současně naznačují, že vliv Agrouhlí není jednoduše předvídatelný. To při současném stavu poznání jeho praktické využití v zemědělství významně omezuje.

8. Použitá literatura

- Beneš, S., 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, II. část. Mze ČR, Praha.
- Zbíral, J., Čižmárová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014. Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.
- Zbíral, J., Čižmárová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A., 2016. Jednotné pracovní postupy – analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.
- Zbíral, J., Tieffová, P., Plhalová, Š., Urbánková, E., Niedobová, E., Strížová, I., Srnková, J., 2011. Jednotné pracovní postupy – analýza půd II. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 230 s.
- Zbíral, J., Malý, S., Váňa, M., Čuhel, J., Fojtlová, E., Čižmár, D., Žalmanová, A., Srnková, J., Obdržálková, E., 2011. Jednotné pracovní postupy – analýza půd III. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 253 s.
- Nařízení komise (ES) č.1881/2006 kterým se stanoví maximální limity kontaminujících látek v potravinách
- Směrnice 2002/32/ES o nežádoucích látkách v krmivech.

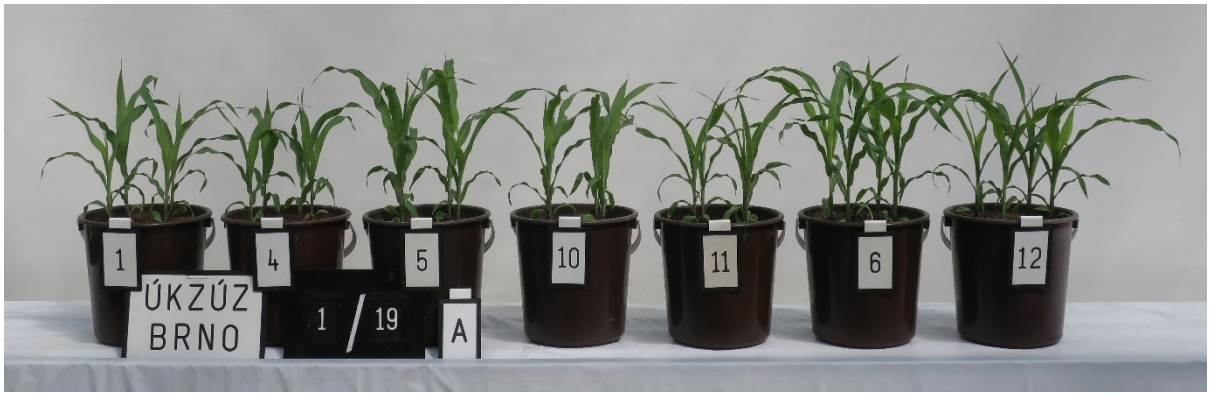
9. Fotodokumentace

Obr. 1 Rostliny kukuřice 5.6.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda **Žabčice**



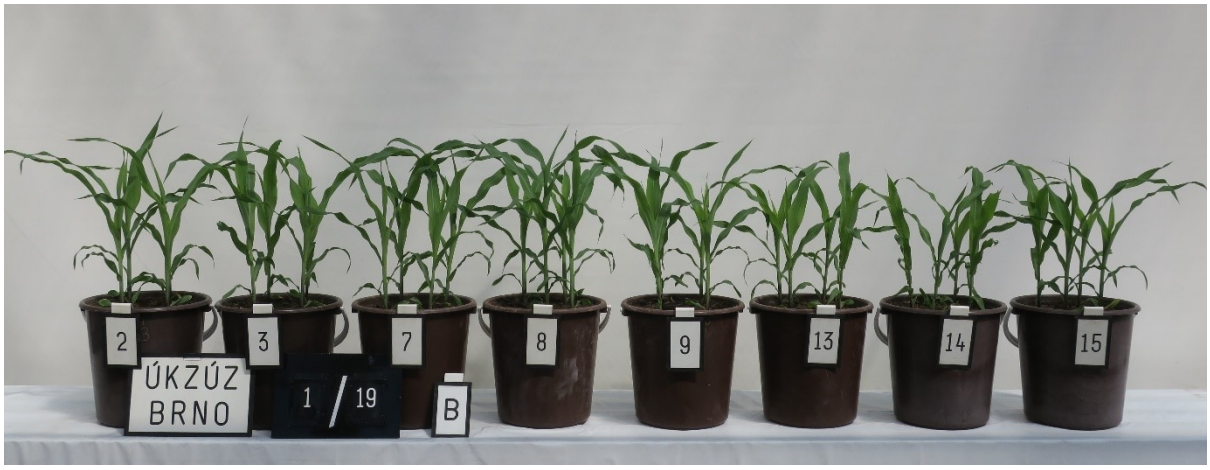
2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
7. Agrouhlí I 0,5t/ha
8. Agrouhlí I 3 t/ha
9. Agrouhlí I 30 t /ha
13. Agrouhlí II 0,5t/ha
14. Agrouhlí II 3 t/ha
15. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 2 Rostliny kukuřice 5.6.2019, varianty **nehnojené**, půda **Žabčice**



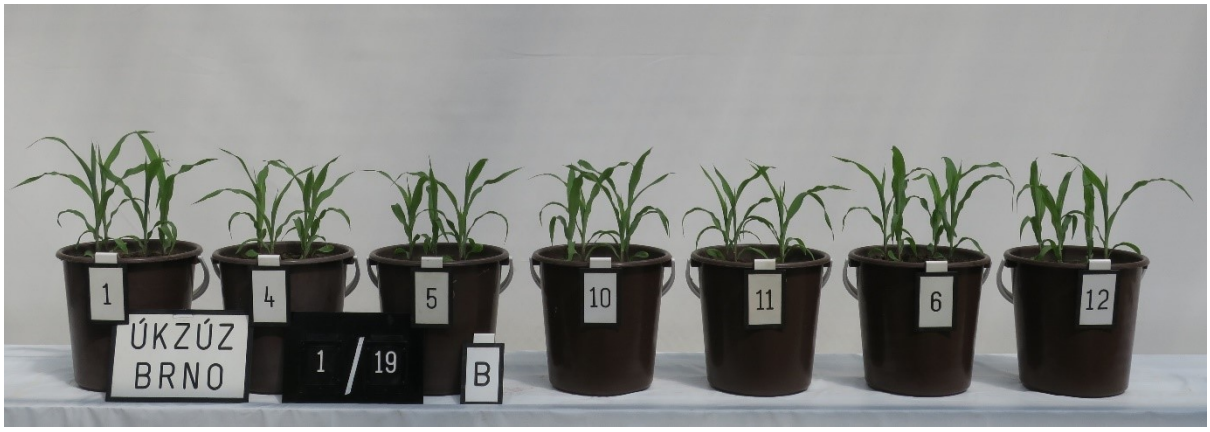
1. Kontrola nehnojená
4. Agrouhlí I 0,5t/ha
5. Agrouhlí I 3 t/ha
6. Agrouhlí I 30 t/ha
10. Agrouhlí II 0,5t/ha
11. Agrouhlí II 3 t/ha
12. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 3 Rostliny kukuřice 5.6.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda **Šlapanice**



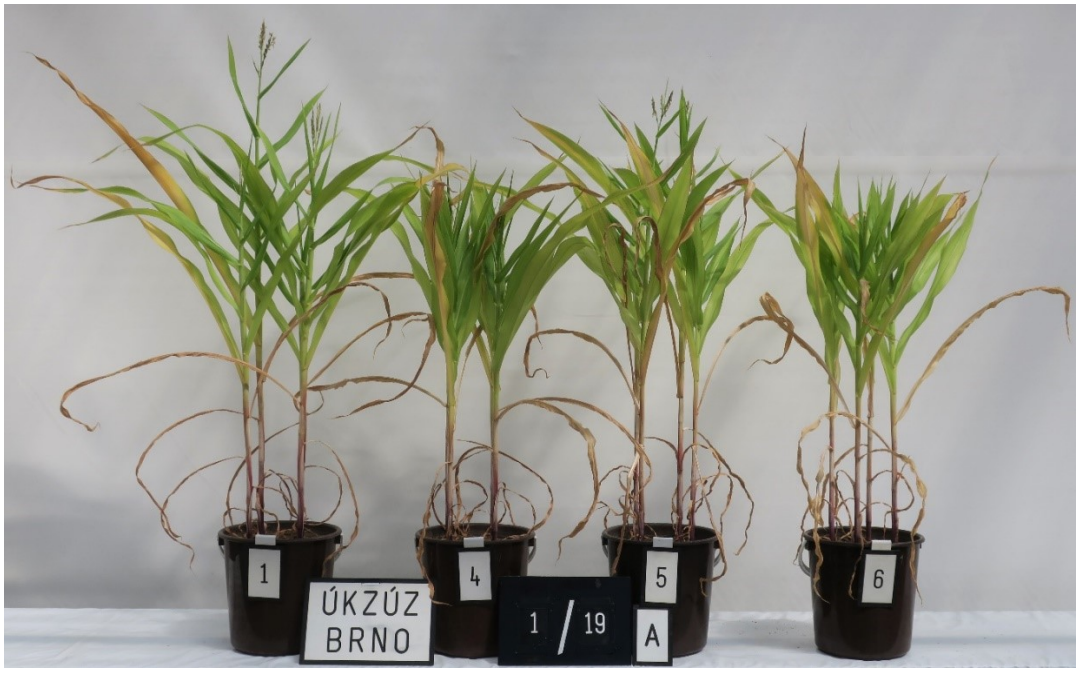
2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
7. Agrouhlí I 0,5t/ha
8. Agrouhlí I 3 t/ha
9. Agrouhlí I 30 t/ha
13. Agrouhlí II 0,5t/ha
14. Agrouhlí II 3 t/ha
15. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 4 Rostliny kukuřice 5.6.2019, varianty **nehnojené**, půda **Šlapanice**



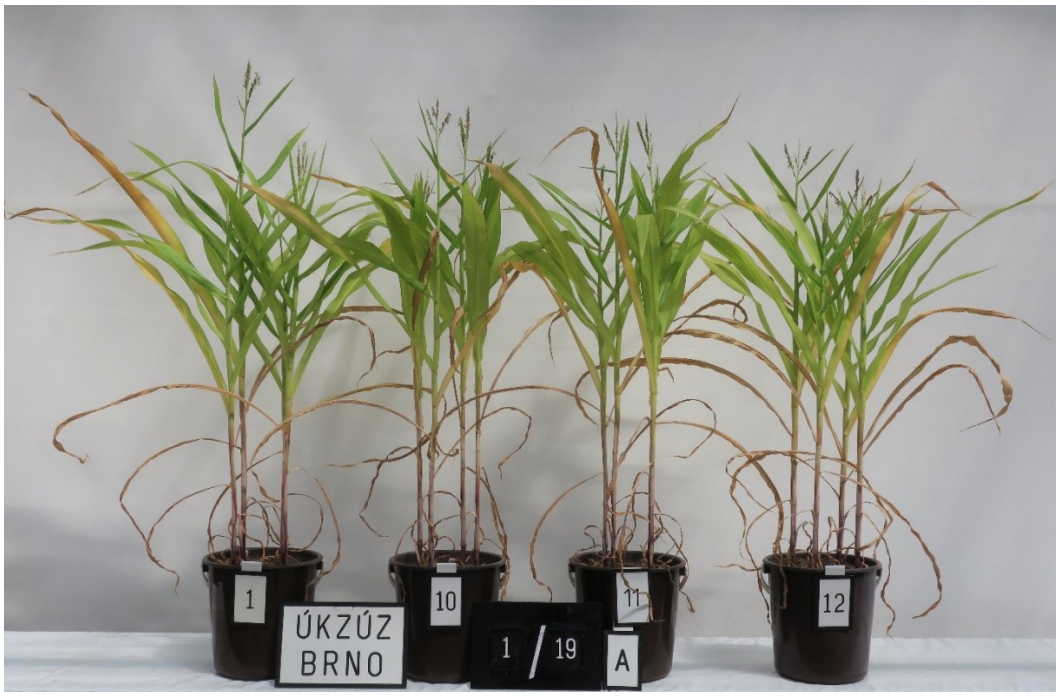
1. Kontrola nehnojená
4. Agrouhlí I 0,5t/ha
5. Agrouhlí I 3 t/ha
6. Agrouhlí I 30 t/ha
10. Agrouhlí II 0,5t/ha
11. Agrouhlí II 3 t/ha
12. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 5 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **nehnojené**, půda **Žabčice**



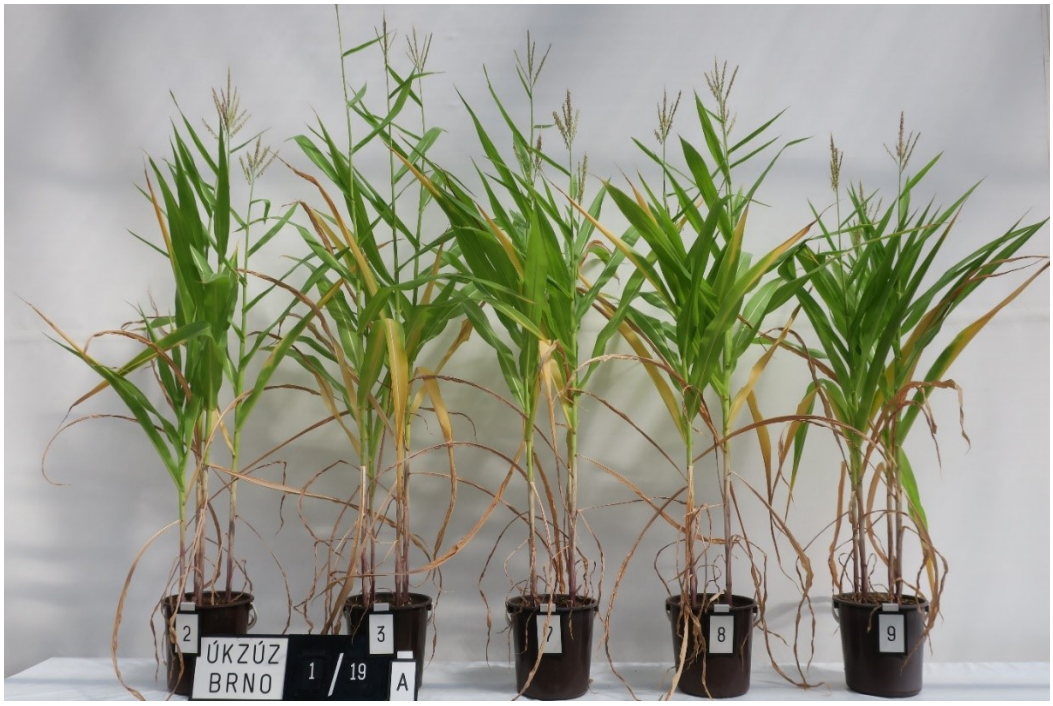
1. Kontrola nehnojená
4. Agrouhlí I 0,5 t/ha
5. Agrouhlí I 3 t/ha
6. Agrouhlí I 30 t/ha

Obr. 6 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **nehnojené**, půda **Žabčice**



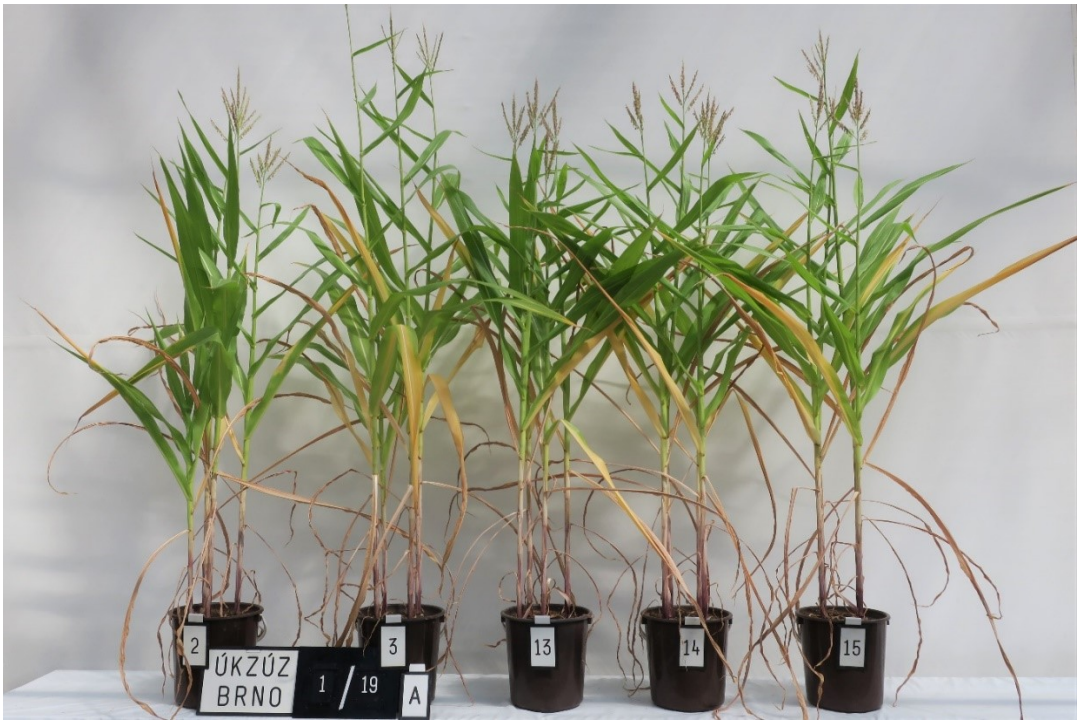
1. Kontrola nehnojená
10. Agrouhlí II 0,5 t/ha
11. Agrouhlí II 3 t/ha
12. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 7 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda **Žabčice**



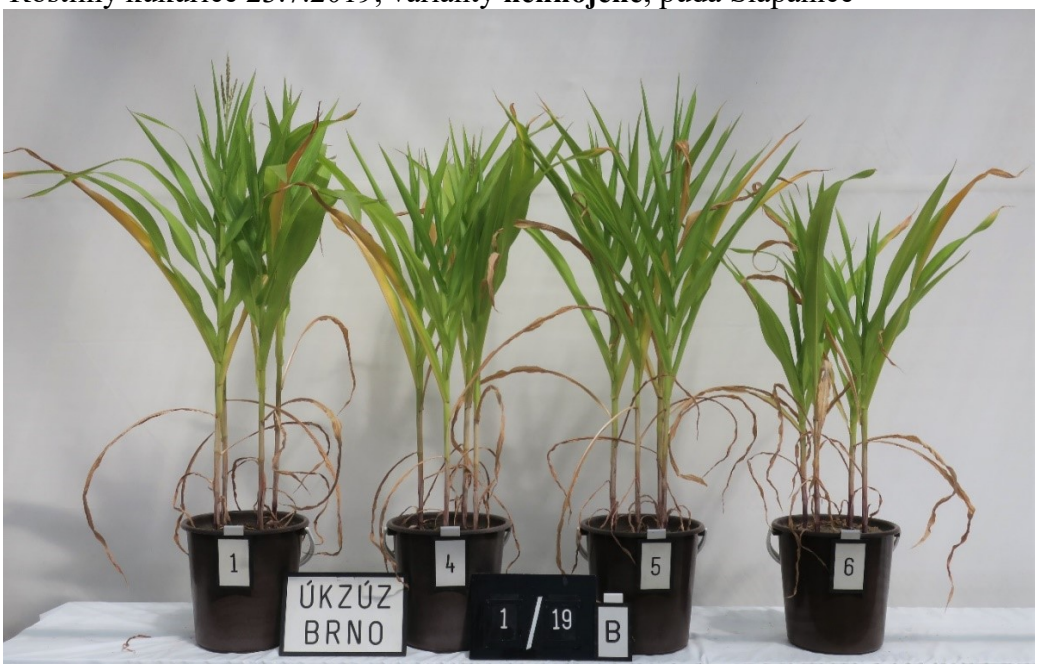
2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
7. Agrouhlí I 0,5t/ha
8. Agrouhlí I 3 t/ha
9. Agrouhlí I 30 t/ha

Obr. 8 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda **Žabčice**



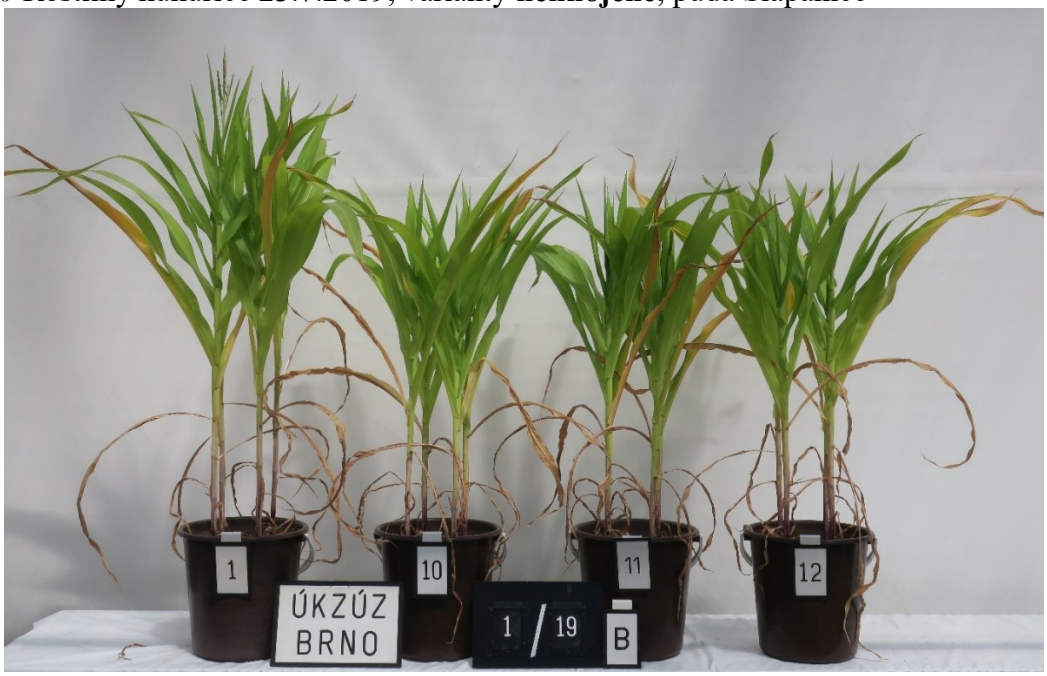
2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
13. Agrouhlí II 0,5t/ha
14. Agrouhlí II 3 t/ha
15. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 9 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **nehnojené**, půda Šlapanice



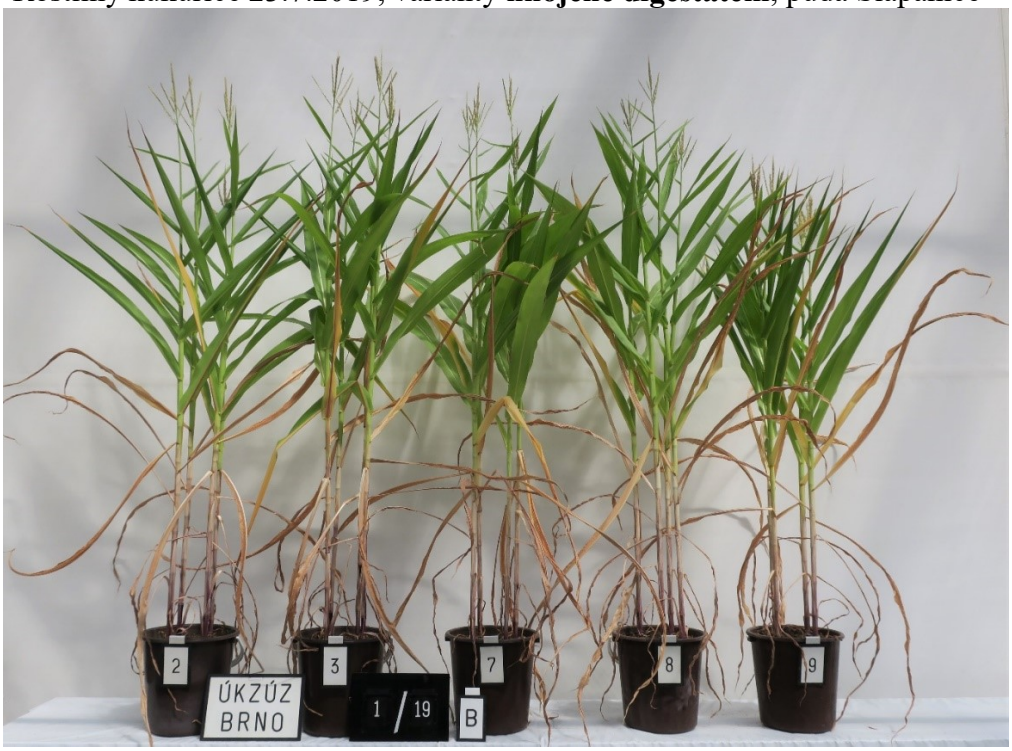
1. Kontrola nehnojená
4. Agrouhlí I 0,5 t/ha
5. Agrouhlí I 3 t/ha
6. Agrouhlí I 30 t/ha

Obr.10 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **nehnojené**, půda Šlapanice



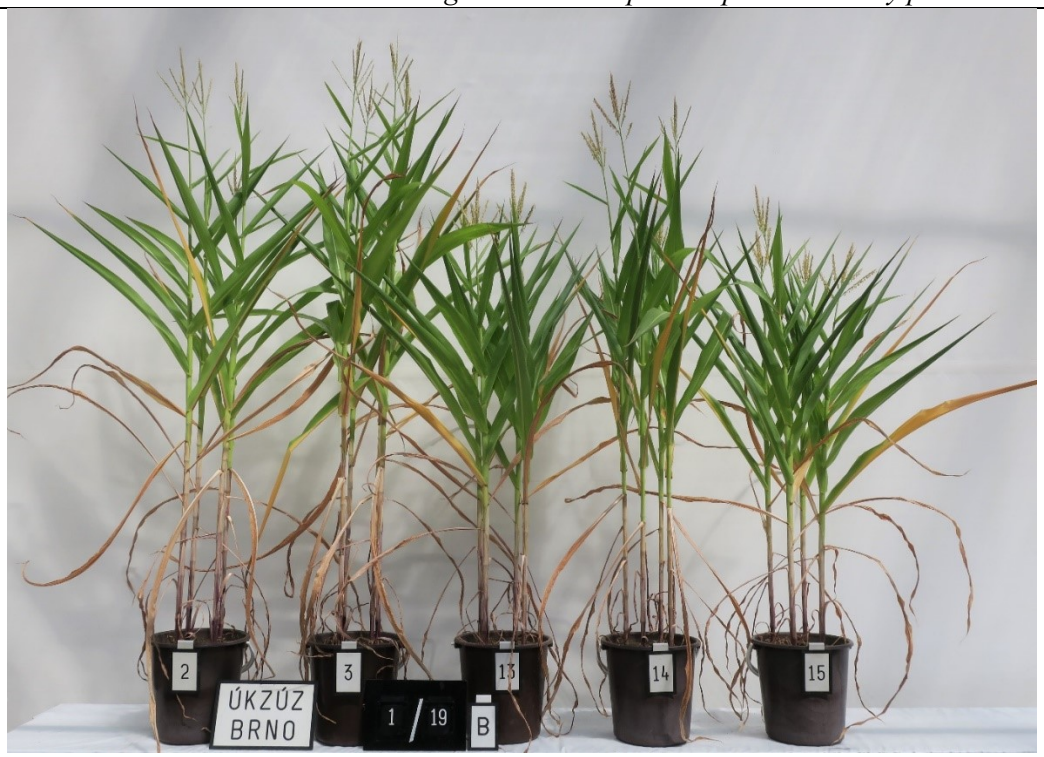
1. Kontrola nehnojená
10. Agrouhlí II 0,5 t/ha
11. Agrouhlí II 3 t/ha
12. Agrouhlí II 30 t/ha

Obr. 11 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda Šlapanice



2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
7. Agrouhlí I 0,5 t/ha
8. Agrouhlí I 3 t/ha
9. Agrouhlí I 30 t/ha

Obr. 12 Rostliny kukuřice 23.7.2019, varianty **hnojené digestátem**, půda Šlapanice.



2. Kontrola hnojená
3. Popel ROŠTÍN
13. Agrouhlí II 0,5 t/ha
14. Agrouhlí II 3 t/ha
15. Agrouhlí II 30 t/ha