

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

Zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky za rok 2017

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, listopad 2018

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. Příklad 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 budou účinky Agrouhlí sledovány nejméně čtyři roky.

Hypotézy zkoušky:

- vliv Agrouhlí na výnos a půdní vlastnosti je větší v lehké a méně kvalitní půdě s nižším obsahem živin a nižším pH
- pro pozitivní vliv Agrouhlí na výnos a půdní vlastnosti jsou nezbytné vstupy živin a organické hmoty do půdy ve formě hnojiv a posklizňových zbytků
- negativní účinky Agrouhlí na růst a výnos pěstovaných plodin jsou eliminovány v průběhu 1. roku po aplikaci
- 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

2. 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 celulóзовých 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 ₂ O	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 ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny) v testovaném Agrouhlí

Analyt ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ sušiny)	Agrouhlí I	Agrouhlí II
Naftalen	6,24	380
Acenaftylen	<20	49,7
Acenaften	<5	<5
Fluorene	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)perylene	<5	<5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<10	<10

2.3 Chemické složení digestátu

Digestát pro hnojení pocházel z bioplynové stanice zemědělské společnosti Lípa u H. Brodu. Analýzy byly provedeny v NRL ÚKZÚZ Plzeň v březnu 2017 (tab. 2.3).

Tab. 2.3 Chemické složení digestátu

Parametr	Hodnota v sušině
sušina OH (%)	9,03
spal. látky (%)	72,30
N celkový (%)	5,52
pH	8,14
K (%)	3,60
P (%)	1,03

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.

3. 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 – písčité půdy). 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 III (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 III (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

4. Způsob a dávky hnojení

1. Aplikace Agrouhlí a popele:

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 přídatku Agrouhlí odpovídala 0,5; 3 a 30 t.ha⁻¹.

Agrouhlí II bylo aplikováno při založení pokusu v celkové dávce, která pro jednotlivé varianty přídatku Agrouhlí odpovídala 0,5; 3 a 30 t.ha⁻¹.

Aplikovaný popel a Agrouhlí bylo vždy promícháno s celým objemem půdy v každé pokusné nádobě.

2. Aplikace digestátu ve 2 pokusném roce:

Digestát byl aplikován před výsevem pšenice v celkové dávce 32 g na nádobu, což odpovídá hektarové dávce hnojiva 8 t.ha⁻¹. Množství bylo stanoveno na základě obsahu dusíku v sušině digestátu, což je celkem 30 kg N. ha⁻¹. Ke hnojeným rostlinám byl dvakrát aplikován digestát v dávce odpovídající 50 kg N.ha⁻¹ v rámci regeneračního hnojení a dále dvakrát stejné množství v rámci produkčního hnojení, což odpovídá celkové hektarové dávce dusíku 180 kg.ha⁻¹. K nehnojeným rostlinám bylo aplikováno 50 kg N.ha⁻¹ v rámci 2. dávky regeneračního hnojení a 50 kg N.ha⁻¹ v rámci produkčního hnojení, celkem 100 kg N.ha⁻¹.

Tab. 4.1 Schéma aplikace digestátu ke hnojeným plodinám 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

Poznámka: dávky digestátu ve 2.–4. pokusném roce mohou být upraveny

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	0	0	0
	2	Hnojená kontrola	0	56	40	40	50
	3	Popel – Roštín	1	56	40	40	50
	4	Agrouhlí I	0,5	0	0	0	0
	5	Agrouhlí I	3	0	0	0	0
	6	Agrouhlí I	30	0	0	0	0
	7	Agrouhlí I	0,5	56	40	40	50
	8	Agrouhlí I	3	56	40	40	50
	9	Agrouhlí I	30	56	40	40	50
	10	Agrouhlí II	0,5	0	0	0	0
	11	Agrouhlí II	3	0	0	0	0
	12	Agrouhlí II	30	0	0	0	0
	13	Agrouhlí II	0,5	56	40	40	50
	14	Agrouhlí II	3	56	40	40	50
	15	Agrouhlí II	30	56	40	40	50
Šlapanice	1	Nehnojená kontrola	0	0	0	0	0
	2	Hnojená kontrola	0	56	40	40	50
	3	Popel – Roštín	1	56	40	40	50
	4	Agrouhlí I	0,5	0	0	0	0
	5	Agrouhlí I	3	0	0	0	0
	6	Agrouhlí I	30	0	0	0	0
	7	Agrouhlí I	0,5	56	40	40	50
	8	Agrouhlí I	3	56	40	40	50
	9	Agrouhlí I	30	56	40	40	50
	10	Agrouhlí II	0,5	0	0	0	0
	11	Agrouhlí II	3	0	0	0	0
	12	Agrouhlí II	30	0	0	0	0
	13	Agrouhlí II	0,5	56	40	40	50
	14	Agrouhlí II	3	56	40	40	50
	15	Agrouhlí II	30	56	40	40	50

Poznámka: dávky digestátu ve 2.–4. pokusném roce mohou být upraveny podle aktuálního stavu pěstovaných plodin

5. 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

Zkoušená plodina v roce 2017 (2. rok zkoušky): pšenice ozimá, odrůda Gordian

Technika provedení pokusu:

- po sklizni předplodiny byla zemina z homogenizována, kořeny uloženy do spodní části nádoby a před výsevem (5. 10. 2016) byla aplikována dávka digestátu dle varianty hnojení
- vyjednocení na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě bylo provedeno po přezimování (6. 3. 2017)
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro zachycení přebytečné závlivkové vody
- 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
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány ve dvou termínech – během kvetení (1. 6. 2017) a před sklizní (30. 6. 2017)
- sklizeň byla provedena 10. 7. 2017
- v průběhu vegetace byla vlhkost zeminy v nádobách udržována pravidelnou závlivkou dle potřeby demineralizovanou vodou, upravenou reverzní osmózou MID 50 K (Pharmapur řady Aqua Complet) na hodnotu 60 % maximální vodní kapacity

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

Přípravek	datum	koncentrace (%)	Škodlivý činitel
Seguris	6. 3. 2017	0,1	padlí
BoogieXPro	20. 3. 2017	0,1	padlí
Seguris	12. 4. 2017	0,1	padlí
BoogieXPro	2. 5. 2017	0,1	padlí
Seguris	26. 5. 2017	0,1	padlí

Hodnocené parametry:

Výnos:

po sklizni byl stanoven **výnos zrna a slámy**.

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, H₂O₂ 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.

- **Obsah oxidovatelného uhlíku** byl stanoven metodou NIRS (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30980.1 dle Zbírala a kol., 2011)
- **Kationtová výměnná kapacita (KVK)** a **obsah výměnných kationtů** byly stanoveny v extraktu půdy roztokem BaCl₂ (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, Ca a S** byl stanoven ve výluhu dle Mehliche 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). Ve výluhu dle Mehliche 3 byl také stanoven **obsah Cu, Zn, Al, Fe, Mn a B**.
- **Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH)** byl stanoven metodou HPLC (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30660.1 dle Zbírala a kol., 2011)
- **Obsah rizikových prvků** byl stanoven ve výluhu lučavkou královskou s využitím metody ICP-OES (Jednotný pracovní postup ÚKZÚZ č. 30350.1 a 30500.1 dle Zbírala a kol., 2011)

Statistické vyhodnocení výsledků

Rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi byly testovány s využitím jednofaktorové analýzy variance s následným mnohonásobným porovnáním pomocí Kruskal-Wallisova testu. Zvolená hladina průkaznosti byla 0,05. Ke statistickému zpracování dat byl použit program NCSS.

6. Výsledky

6.1 Výnos zrna a slámy pšenice

Pro zjednodušení byly výsledky rozděleny na varianty s přidavkem Agrouhlí I a varianty s přidavkem Agrouhlí II. Vliv obou typů Agrouhlí byl testován odděleně (tab. 6.1, tab. 6.2) a zvlášť pro každou půdu. Rozdělení výsledků je patrné z tab. 6.1–6.4. V tab. 6.1 a 6.2 jsou uvedeny výnosy zrna a slámy pšenice pěstované v půdě Žabčice s přidavky Agrouhlí I (tab. 6.1) a Agrouhlí II (tab. 6.2). V tab. 6.3 a 6.4 jsou uvedeny výnosy zrna a slámy pšenice pěstované v půdě Šlapanice s přidavky Agrouhlí I (tab. 6.3) a Agrouhlí II (tab. 6.4).

V půdě Žabčice byl výnos statisticky průkazně zvyšován aplikací digestátu. Rostoucí dávka Agrouhlí I měla na výnos zrna i slámy negativní vliv v půdě hnojené i nehnojené. Po nejvyšší dávce Agrouhlí I byl výnos zrna hnojených rostlin průkazně a výnos slámy neprůkazně nižší, než v hnojené kontrolní variantě a průkazně se nelišil od nehnojené kontrolní varianty. V nehnojených variantách také došlo ke snížení výnosu po Agrouhlí I v dávce 30 t.ha⁻¹, byl zaznamenán průkazný rozdíl mezi výnosem slámy po nejnižší a nejvyšší dávce Agrouhlí I. Zvýšení výnosu zrna po hnojení digestátem bylo menší v půdě s přidavkem Agrouhlí II ve srovnání s hnojenou kontrolou, ale rozdíl byl neprůkazný. I výnos slámy byl v hnojené i nehnojené půdě s Agrouhlím II neprůkazně nižší než u odpovídajících variant bez Agrouhlí.

Negativní vliv Agrouhlí může být způsoben toxicitou, nebo sorpcí živin v Agrouhlí. Toxicita je méně pravděpodobná, Agrouhlí nemělo vliv na vzcházení rostlin, které by bylo ovlivněno nejdříve. Agrouhlí zřejmě váže některé živiny a tím limituje jejich dostupnost plodinám.

Také v půdě Šlapanice byl výnos zrna i slámy průkazně zvyšován organickým hnojením. Vliv Agrouhlí I na výnos zrna byl malý u nehnojených rostlin, při nejvyšší dávce Agrouhlí byl výnos hnojených rostlin neprůkazně nižší než v hnojené kontrole. Agrouhlí I nemělo průkazný vliv na výnos slámy.

Vliv Agrouhlí II na výnos zrna byl malý a příliš neměnil rozdíly mezi hnojenými a nehnojenými variantami. Větší byl vliv Agrouhlí II na výnos slámy. U variant bez hnojení byl výnos slámy zvyšován rostoucí dávkou Agrouhlí. Při dávce 30 t.ha⁻¹ Agrouhlí byl výnos srovnatelný s výnosem zjištěným ve variantách hnojených digestátem a byl průkazně vyšší než v nehnojené kontrolní variantě.

Výnos zrna odpovídal 2,6 – 6,8 t.ha⁻¹ v půdě Žabčice a 4,5 – 8,2 t.ha⁻¹ v půdě Šlapanice v závislosti na hnojení. To zhruba odpovídá možným hodnotám výnosu v přirozených polních podmínkách obou půd.

Vliv Agrouhlí na výnos byl podobný u hnojených i nehnojených rostlin, předpokládaný větší vliv v kombinaci s hnojením se neprojevil.

Negativní vliv Agrouhlí I na výnos, pozorovaný v předchozím roce v obou půdách, byl v půdě Šlapanice do značné míry eliminován, v souladu s hypotézou. V půdě Žabčice byl výnos stále snižován vyšší dávkou Agrouhlí I.

Tab. 6.1 Výnos zrna a slámy pšenice, půda Žabčice s přidavkem Agrouhlí I

Varianty hnojení	Výnos zrna (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola nehnojená	16,9 b	100	24,7 b	100
2. Kontrola hnojená	33,5 a	198	50,3 a	204
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	31,6 a	187	51,3 a	208
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	16,7 b	99	26,5 b	107
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	16,0 bc	95	21,1 bc	86
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	12,7 c	75	16,8 c	68
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	30,8 a	182	48,1 a	195
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	30,0 a	178	53,3 a	216
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	26,6 a	158	40,0 a	162

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.2 Výnos zrna a slámy pšenice, půda **Žabčice** s přidavkem **Agrouhlí II**

Varianty hnojení	Výnos zrna (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola nehnojená	16,9 b	100	24,7 b	100
2. Kontrola hnojená	33,5 a	198	50,3 a	204
3. Popel ROŠTÍN 1t ha ⁻¹ +DG	31,6 a	187	51,3 a	208
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	16,9 b	100	21,4 b	86
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	16,7 b	99	21,5 b	87
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	15,9 b	94	22,7 b	92
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	30,5 a	181	43,9 a	178
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	29,9 a	177	43,9 a	178
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	30,2 a	178	45,3 a	184

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.3 Výnos zrna a slámy pšenice, půda **Šlapanice** s přidavkem **Agrouhlí I**

Varianty hnojení	výnos zrna (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	výnos slámy (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola nehnojená	22,2 b	100	28,6 b	100
2. Kontrola hnojená	39,2 a	177	44,0 a	154
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	40,0 a	180	46,4 a	162
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	21,9 b	99	30,4 a	106
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	22,6 b	102	31,8 a	111
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	22,8 b	103	34,1 a	119
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	38,2 a	172	44,3 b	155
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	38,6 a	174	45,6 b	159
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	34,7 a	156	45,3 b	158

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.4 Výnos zrna a slámy pšenice, půda **Šlapanice** s přidavkem **Agrouhlí II**

Varianty hnojení	Výnos zrna (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)	Výnos slámy (g.nádoba ⁻¹)	Relativní srovnání (%)
1. Kontrola nehnojená	22,2 b	100	28,6 b	100
2. Kontrola hnojená	39,2 a	177	44,0 a	154
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	40 a	180	46,4 a	162
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	23,8 b	107	32,7 b	114
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	24,4 b	110	36,6 ab	128
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	23,1 b	104	40,4 a	141
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	37,9 a	171	43,8 a	153
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	37,4 a	168	41,7 a	146
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	37,4 a	168	44,6 a	156

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

DG – varianty hnojené digestátem

6.2 Obsah živin ve sklizených produktech

Vliv Agrouhlí I na obsah N v zrně rostlin pšenice pěstovaných v půdě **Žabčice** byl poměrně malý (tab. 6. 5). Přídavek Agrouhlí II (tab. 6.6) průkazně snížil obsah N v zrně rostlin pěstovaných v hnojené půdě (tab. 6.6) v celém rozsahu aplikovaných dávek Agrouhlí II.

Obsah P a Mg v zrně byl nejnižší dávkou Agrouhlí I neprůkazně a nejnižší dávkou Agrouhlí II průkazně snižován ve srovnání s hnojenou kontrolou. Při nejvyšší dávce Agrouhlí I však bylo pozorováno mírné, ale průkazné zvýšení obsahu P a Mg v zrně rostlin hnojených i nehnojených. Obsah Mg v zrně se zvyšoval i s rostoucí dávkou Agrouhlí II. Obsah K v zrně byl průkazně zvyšován hnojením. U nehnojených variant byl průkazně vyšší po nejvyšší dávce Agrouhlí I i Agrouhlí II. V zrně rostlin hnojených byl obsah K naopak průkazně nižší s přidavkem Agrouhlí II v celém rozsahu aplikovaných dávek ve srovnání s hnojenou kontrolou. Výsledky naznačují, že i nízká dávka Agrouhlí může ovlivnit obsah živin v rostlinách.

Obsah P ve slámě byl průkazně zvyšován rostoucí dávkou Agrouhlí I i Agrouhlí II (tab. 6.7). Obsah K ve slámě byl průkazně zvyšován hnojením a snižován rostoucí dávkou Agrouhlí I, průkazný byl pokles ve hnojené půdě s nejvyšší dávkou Agrouhlí I. Také Agrouhlí II průkazně snižovalo obsah K ve slámě nehnojených rostlin (tab. 6.8). Protichůdný vliv na obsah K v zrně a ve slámě by mohl být vysvětlen vyšším transportem do generativních částí rostliny v půdách s Agrouhlím. Obsah Ca ve slámě byl neprůkazně snižován hnojením a v nehnojené půdě zvyšován přidavkem Agrouhlí II. Byl zjištěn průkazný rozdíl mezi hnojenou kontrolou a nejvyšší dávkou Agrouhlí II bez hnojení.

V půdě **Šlapanice** se obsah N, P, K a Mg v zrně příliš nelišil mezi variantami (tab. 6.9, tab. 6.10). Obsah P ve slámě (tab. 6.11) byl neprůkazně snižován hnojením ve srovnání s nehnojenou kontrolou. Přídavek Agrouhlí bez hnojení zvýšil obsah P průkazně oproti hnojeným variantám a neprůkazně oproti nehnojené kontrole. Nejvyšší dávka Agrouhlí I průkazně zvýšila obsah P po hnojení digestátem ve srovnání s hnojenou kontrolou. Obsah P ve slámě byl zvyšován rostoucí dávkou Agrouhlí II (tab. 6.12).

Obsah Ca byl rostoucí dávkou Agrouhlí I po hnojení digestátem průkazně snižován.

Hnojení ani Agrouhlí nemělo jednoznačný vliv na obsah K a Mg.

Obsah Mg byl v hnojené půdě snižován rostoucí dávkou Agrouhlí II. Obsah Ca byl snižován hnojením. V nehnojené půdě byl průkazně snižován nejvyšší dávkou Agrouhlí II.

Tab. 6.5 Obsah živin v zrna pšenice, půda Žabčice s přidavky Agrouhlí I (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	1,156 a	0,394 ab	0,486 a	0,119 ab	0,050 a
2. Kontrola hnojená	1,141 a	0,406 a	0,538 b	0,116 a	0,120 b
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	1,087 a	0,378 ab	0,502 b	0,114 ab	0,050 a
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	1,183 a	0,374 b	0,465 a	0,109 b	0,050 a
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	1,122 a	0,379 ab	0,458 a	0,113 ab	0,050 a
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	1,193 a	0,417 a	0,524 b	0,123 a	0,051 a
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,102 a	0,372 b	0,489 a	0,110 b	0,050 a
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,128 a	0,403 ab	0,517 ab	0,121 ab	0,051 a
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,118 a	0,422 a	0,501 ab	0,125 a	0,050 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.6 Obsah živin v zrna pšenice, půda Žabčice s přidavky Agrouhlí II (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	1,156 a	0,394 a	0,486 a	0,119 a	0,050 a
2. Kontrola hnojená	1,141 a	0,406 a	0,538 b	0,116 a	0,120 b
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	1,087 ab	0,378 a	0,502 b	0,114 a	0,050 a
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	1,150 a	0,379 a	0,471 a	0,109 b	0,050 a
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	1,180 a	0,384 a	0,500 a	0,116 ab	0,050 a
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	1,209 a	0,414 a	0,513 b	0,121 a	0,050 a
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,066 b	0,375 a	0,471 a	0,111 b	0,050 a
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,077 b	0,394 a	0,468 a	0,118 a	0,050 a
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,067 b	0,388 a	0,473 a	0,122 a	0,051 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.7 Obsah živin ve slámě pšenice, půda Žabčice s přidavky Agrouhlí I (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,209 a	0,057 a	2,033 a	0,120 a	0,245 a
2. Kontrola hnojená	0,223 a	0,075 a	2,201 b	0,123 a	0,210 b
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,082 a	2,220 b	0,134 a	0,207 b
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	0,205 a	0,087 a	2,138 ab	0,117 a	0,241 a
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	0,200 a	0,099 ab	1,960 a	0,126 a	0,233 a
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	0,215 a	0,195 b	2,003 a	0,128 a	0,232 a
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,202 a	0,088 ab	2,289 b	0,126 a	0,218 a
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,206 a	0,102 ab	2,099 b	0,128 a	0,180 b
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,167 b	1,918 a	0,146 a	0,238 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.8 Obsah živin ve slámě pšenice, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí II** (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,209 a	0,057 a	2,033 a	0,120 a	0,245 ab
2. Kontrola hnojená	0,223 a	0,075 a	2,201 a	0,123 a	0,210 b
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,082 a	2,220 a	0,134 a	0,207 b
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	0,202 a	0,058 a	2,023 a	0,112 a	0,240 ab
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	0,211 a	0,059 a	2,014 ab	0,119 a	0,255 a
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	0,211 a	0,099 b	1,871 b	0,118 a	0,258 a
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,089 b	1,954 b	0,124 a	0,217 b
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,087 b	1,952 b	0,132 a	0,236 ab
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,094 b	1,981 b	0,130 a	0,229 ab

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.9 Obsah živin v zrnu pšenice, půda **Šlapanice** s přidavky **Agrouhlí I** (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	1,108 a	0,390 a	0,487 a	0,122 a	0,055 a
2. Kontrola hnojená	1,100 a	0,375 a	0,483 a	0,122 a	0,051 a
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	1,108 a	0,366 a	0,472 a	0,119 a	0,051 a
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	1,065 a	0,360 a	0,457 a	0,113 a	0,050 a
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	1,091 a	0,407 a	0,507 a	0,128 a	0,050 a
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	1,088 a	0,375 a	0,478 a	0,114 a	0,050 a
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,118 a	0,383 a	0,478 a	0,126 a	0,050 a
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,071 a	0,367 a	0,463 a	0,119 a	0,050 a
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,110 a	0,383 a	0,473 a	0,122 a	0,050 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.10 Obsah živin v zrnu pšenice, půda **Šlapanice** s přidavky **Agrouhlí II** (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	1,108 a	0,390 a	0,487 a	0,122 a	0,055 b
2. Kontrola hnojená	1,100 a	0,375 a	0,483 a	0,122 a	0,051 a
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	1,108 a	0,366 a	0,472 a	0,119 a	0,051 a
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	1,083 a	0,359 a	0,479 a	0,117 a	0,050 a
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	1,090 a	0,365 a	0,464 a	0,117 a	0,050 a
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	1,074 a	0,374 a	0,479 a	0,117 a	0,050 a
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,111 a	0,351 a	0,484 a	0,115 a	0,050 a
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,126 a	0,328 a	0,457 a	0,106 a	0,051 a
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,094 a	0,335 a	0,458 a	0,104 a	0,055 b

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.11 Obsah živin ve slámě pšenice, půda Šlapanice s přidavky Agrouhlí I (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,214 a	0,096 ab	1,846 a	0,142 a	0,269 a
2. Kontrola hnojená	0,221 a	0,059 a	1,858 a	0,136 a	0,250 a
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,066 a	1,865 a	0,131 a	0,249 a
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	0,207 a	0,115 b	1,726 a	0,140 a	0,268 a
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	0,200 a	0,110 b	1,637 b	0,137 a	0,286 a
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	0,205 a	0,122 b	1,817 a	0,144 a	0,254 a
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,078 ab	1,774 a	0,136 a	0,241 a
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,084 ab	1,879 a	0,129 a	0,231 b
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,137 b	1,828 a	0,130 a	0,203 b

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.12 Obsah živin ve slámě pšenice, půda Šlapanice s přidavky Agrouhlí II (% sušiny)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,214 a	0,096 a	1,846 a	0,142 a	0,269 ab
2. Kontrola hnojená	0,221 a	0,059 b	1,858 a	0,136 a	0,250 b
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,066 b	1,865 a	0,131 ab	0,249 ab
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	0,200 a	0,081 ab	1,737 a	0,137 a	0,282 a
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	0,200 a	0,078 ab	1,770 a	0,144 a	0,286 a
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	0,200 a	0,099 a	1,933 a	0,138 a	0,252 ab
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,201 a	0,061 b	1,838 a	0,126 b	0,241 b
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,202 a	0,078 b	1,792 a	0,129 b	0,243 b
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,200 a	0,084 ab	1,931 a	0,118 b	0,241 b

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

DG – varianty hnojené digestátem

6.3 Odběr živin plodinou

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. Odběr živin plodinou v půdě Žabčice byl průkazně zvyšován hnojením (tab. 6.13, tab. 6.14). S rostoucí dávkou Agrouhlí I s hnojením i bez hnojení se neprůkazně snižoval odběr N, K a Ca ve srovnání s hnojenou, případně nehnojenou kontrolou. Rostoucí dávka Agrouhlí II neměla na odběr živin vliv.

Oproti předchozímu roku se neprojevil příznivý vliv Agrouhlí I i Agrouhlí II na odběr K, což by mohlo být vysvětleno vyčerpáním K dodaného v Agrouhlí během 1. roku. Pokles odběru K by mohl být vysvětlen snížením odběru v důsledku nižšího výnosu rostlin po aplikaci Agrouhlí nebo sorpcí K na povrchu Agrouhlí. Přestože výnos se snižoval s rostoucí dávkou Agrouhlí, obsah některých prvků ve sklizených produktech narůstal v půdě s Agrouhlím a výsledný pokles odběru živin byl neprůkazný.

V půdě Šlapanice (tab. 6.15, tab. 6.16) byl odběr živin průkazně zvyšován hnojením. Odběr živin se s rostoucí dávkou Agrouhlí I i Agrouhlí II bez hnojení neměnil, nebo mírně narůstal, rozdíly však nebyly průkazné. U hnojených variant se mírně snižoval s výjimkou odběru P,

který mírně narůstal. Odběr P, který byl v předchozím roce Agrouhlím I snižován, ve 2. roce pokusu neprůkazně narůstal s rostoucí dávkou Agrouhlí I. Zdrojem P mohlo být uvolňování P, který byl původní součástí Agrouhlí, nebo uvolňování P, který byl na Agrouhlí v předchozím roce nějakým způsobem poután ve formě nedostupné rostlinám.

Oproti předchozímu roku nebyl v půdě Šlapanice zaznamenán negativní vliv rostoucí dávky Agrouhlí I na odběr živin. Výsledky proto naznačují, že negativní vliv Agrouhlí na odběr byl v půdě Šlapanice během 1. roku eliminován, což je v souladu s hypotézou.

Vliv Agrouhlí na odběr živin nebyl jednoznačně odlišný v hnojených a nehnojených půdách. Hypotéza, že vliv Agrouhlí je větší v organicky hnojené půdě se tak nepotvrdila.

Tab. 6.13 Odběr živin plodinou, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí I** (g.nádoba⁻¹)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,223 bc	0,073 a	0,522 bc	0,045 a	0,062 bc
2. Kontrola hnojená	0,437 a	0,153 b	1,128 a	0,089 b	0,127 a
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	0,412 a	0,149 b	1,175 a	0,095 b	0,111 a
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	0,219 bc	0,074 a	0,562 bc	0,043 a	0,063 bc
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	0,193 c	0,071 a	0,435 bc	0,040 a	0,051 c
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	0,161 c	0,075 a	0,361 c	0,033 a	0,041 c
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,392 ab	0,141 b	1,142 a	0,086 ab	0,111 ab
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,402 ab	0,158 b	1,127 a	0,093 b	0,098 ab
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,345 ab	0,163 b	0,825 ab	0,084 ab	0,099 ab

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.14 Odběr živin plodinou, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí II** (g.nádoba⁻¹)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,223 bc	0,073 a	0,522 bc	0,045 bc	0,062 b
2. Kontrola hnojená	0,437 a	0,153 b	1,128 a	0,089 a	0,127 a
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	0,412 a	0,149 b	1,175 a	0,095 a	0,111 a
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	0,206 c	0,066 a	0,456 c	0,037 c	0,053 c
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	0,205 c	0,065 a	0,456 c	0,039 c	0,056 c
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	0,211 c	0,078 a	0,463 c	0,041 c	0,061 c
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,371 ab	0,139 b	0,947 ab	0,082 ab	0,105 ab
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,362 ab	0,137 b	0,865 ab	0,082 ab	0,102 ab
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,369 ab	0,142 b	0,907 ab	0,085 ab	0,104 ab

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.15 Odběr živin plodinou, půda *Šlapanice* s přidavky *Agrouhlí I* (g.nádoba⁻¹)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,275 b	0,102 b	0,559 b	0,060 b	0,078 b
2. Kontrola hnojená	0,471 a	0,154 a	0,897 a	0,096 a	0,116 a
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	0,491 a	0,162 a	0,953 a	0,099 a	0,123 a
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	0,263 b	0,101 b	0,548 b	0,059 b	0,081 b
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	0,268 b	0,110 b	0,539 b	0,062 b	0,087 b
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	0,284 b	0,113 b	0,642 b	0,066 b	0,086 b
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,451 a	0,158 a	0,897 a	0,098 a	0,117 a
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,471 a	0,167 a	0,941 a	0,096 a	0,113 a
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,434 a	0,177 a	0,878 a	0,091 a	0,097 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.16 Odběr živin plodinou, půda *Šlapanice* s přidavky *Agrouhlí II* (g.nádoba⁻¹)

Variety hnojení	N	P	K	Mg	Ca
1. Kontrola nehnojená	0,275 b	0,102 b	0,559 b	0,060 b	0,078 b
2. Kontrola hnojená	0,471 a	0,154 a	0,897 a	0,096 a	0,116 a
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	0,491 a	0,162 a	0,953 a	0,099 a	0,123 a
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	0,287 b	0,099 b	0,611 b	0,065 b	0,093 b
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	0,292 b	0,101 b	0,637 b	0,069 b	0,098 b
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	0,293 b	0,112 b	0,774 b	0,072 b	0,098 b
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	0,471 a	0,148 a	0,916 a	0,091 a	0,115 a
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	0,463 a	0,142 a	0,838 a	0,085 a	0,110 a
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	0,441 a	0,144 a	0,908 a	0,081 a	0,112 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

6.4 Obsah PAH v rostlinných produktech

Obsah PAH v znu pšenice pěstované v obou půdách nebyl příliš ovlivněn aplikací hnojiva ani aplikací Agrouhlí (tab. 6.17 – 6.20). Obsah 16 PAH byl o něco vyšší v rostlinách pěstovaných v půdě s přidavkem Agrouhlí I, ale rozdíl nebyl velký. Obsah benzo(a)pyrenu, který je považován za stěžejní indikátor obsahu PAH, nebyl příliš rozdílný mezi variantami.

Ve slámě rostlin pěstovaných v půdě Žabčice byl obsah 16 PAH ve slámě aplikací Agrouhlí mírně snižován, největší pokles byl zaznamenán v půdě hnojené digestátem po aplikaci Agrouhlí II. Také obsah benzo(a)pyrenu byl po aplikaci obou typů Agrouhlí nižší.

Ve slámě rostlin pěstovaných v půdě Šlapanice aplikace Agrouhlí příliš neovlivnila hodnoty obsahu 16 PAH. Bylo však zjištěno zvýšení obsahu benzo(a)pyrenu v rostlinách pěstovaných v hnojené i nehnojené půdě s přidavkem Agrouhlí I a nejvyšší hodnoty byly naměřeny v hnojené půdě s přidavkem Agrouhlí II.

Tab. 6.17 Obsah PAH v zrna pšenice, půda Žabčice ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

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	14,0	23,7	16,3	21,9	18,8
acenaphtylen	22,5	22,7	22,5	22,6	22,6
acenaften	5,6	5,7	5,6	5,6	5,6
fluoren	5,7	4,5	5,5	4,5	4,5
fenantren	13,4	17,1	18,9	11,5	11,4
antracen	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
fluoranten	3,4	4,2	4,6	2,3	2,7
pyren	2,4	3,1	2,4	2,3	2,3
benz(a)antracen	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
chrysen	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
benzo(b)fluoranten	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
benzo(k)fluoranten	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
benzo(a)pyren	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
dibenz(a,h)antracen	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
benzo(g,h,i)perylene	10,6	5,7	5,6	5,6	5,6
indeno(1,2,3-cd)pyren	11,3	11,3	11,3	11,3	11,3
16 PAH	112,5	121,7	116,4	111,3	108,5

Tab. 6.18 Obsah PAH ve slámě pšenice, půda Žabčice ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

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	11,1	26,7	17,1	22,1	23,0
acenaphtylen	21,8	21,7	21,7	21,6	21,7
acenaften	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
fluoren	8,4	21,7	18,9	39,3	9,2
fenantren	94,7	50,8	70,2	37,5	58,2
antracen	8,6	4,0	4,8	4,5	2,7
fluoranten	33,2	36,7	26,9	28,7	22,7
pyren	17,3	20,5	14,5	17,1	13,5
benz(a)antracen	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3
chrysen	4,4	4,3	4,3	4,3	4,3
benzo(b)fluoranten	3,3	3,2	3,5	3,2	3,3
benzo(k)fluoranten	2,2	2,3	2,5	3,9	2,5
benzo(a)pyren	4,8	3,2	3,3	3,2	3,3
dibenz(a,h)antracen	3,3	3,2	3,3	3,2	3,3
benzo(g,h,i)perylene	5,4	6,4	5,4	10,5	5,4
indeno(1,2,3-cd)pyren	10,9	10,8	10,8	10,8	10,8
16 PAH	239,1	225,3	217,2	219,6	193,7

Tab. 6.19 Obsah PAH v zrna pšenice, půda Šlapanice ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

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	11,1	14,7	17,4	11,3	5,6
acenaphtylen	22,5	22,6	22,5	22,5	22,5
acenaften	5,6	5,7	5,6	5,6	5,6
fluoren	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
fenantren	8,1	13,6	13,0	10,5	7,3
antracen	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
fluoranten	2,3	3,7	4,9	2,4	2,6
pyren	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
benz(a)antracen	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
chrysen	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
benzo(b)fluoranten	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
benzo(k)fluoranten	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
benzo(a)pyren	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
dibenz(a,h)antracen	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
benzo(g,h,i)perylene	5,6	5,7	5,6	5,6	5,6
indeno(1,2,3-cd)pyren	11,2	11,3	11,3	11,3	11,3
16 PAH	96,8	107,7	110,7	99,7	91,1

Tab. 6.20 Obsah PAH ve slámě pšenice, půda Šlapanice ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

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	17,0	24,9	25,0	18,2	16,9
acenaphtylen	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
acenaften	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4
fluoren	28,5	19,1	23,5	18,9	31,7
fenantren	35,0	38,3	32,3	36,2	34,2
antracen	2,7	2,2	2,2	2,2	2,2
fluoranten	16,4	22,4	13,5	26,9	17,8
pyren	8,8	14,7	8,5	15,8	10,5
benz(a)antracen	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
chrysen	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
benzo(b)fluoranten	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
benzo(k)fluoranten	2,2	4,6	2,6	2,8	2,2
benzo(a)pyren	3,2	4,6	3,8	3,2	7,2
dibenz(a,h)antracen	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
benzo(g,h,i)perylene	7,2	5,5	6,9	9,3	8,0
indeno(1,2,3-cd)pyren	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8
16 PAH	174,1	189,1	171,1	186,4	183,5

6.5 Obsah mikroprvků a rizikových prvků v zrně a slámě pšenice

Obsah mikroprvků (dále jen ME) a rizikových prvků (dále jen RP) byl sledován ve vzorcích sklizených produktů z variant hnojených a nehnojených s nejvyšší dávkou Agrouhlí (30 t.ha⁻¹). Agrouhlí I i Agrouhlí II mělo vliv na obsah některých mikroprvků v zrně a slámě (tab. 6.21 – 6.28). V půdě Žabčice byl pozorován pokles obsahu některých prvků v zrně po aplikaci Agrouhlí. Po aplikaci Agrouhlí I byl zjištěn průkazný pokles obsahu Cd v zrně hnojených i nehnojených rostlin pšenice a průkazný pokles obsahu Co, Fe, Ni a Cu v rostlinách hnojených.

Agrouhlí II snižovalo obsah Cd v zrně nehnojených rostlin a obsah Co, Cu a Ni v zrně rostlin hnojených. Obsah Fe byl průkazně vyšší v zrně nehnojených rostlin v půdě s přidavkem Agrouhlí II.

Ve slámě hnojených i nehnojených rostlin pšenice Agrouhlí I průkazně snižovalo obsah As a Cd a obsah Al ve slámě rostlin nehnojených. Obsah V, Cr a Fe ve slámě rostlin pěstovaných v hnojené půdě byl průkazně vyšší než v rostlinách v půdě nehnojené.

Agrouhlí II průkazně snižovalo obsah Cd a Al ve slámě nehnojených rostlin.

V půdě Šlapanice přidavek Agrouhlí I průkazně zvyšoval obsah Cr v zrně pšenice hnojené i nehnojené. Agrouhlí II průkazně zvyšovalo obsah V v zrně rostlin pěstovaných v hnojené půdě a snižovalo obsah Cu v zrně nehnojených rostlin. Obsah Fe byl průkazně vyšší v zrně rostlin hnojených než v zrně nehnojených rostlin. Obsah Zn byl průkazně nižší v zrně nehnojených rostlin.

Agrouhlí I snižovalo obsah As a Cd ve slámě hnojených i nehnojených rostlin. Obsah Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Zn ve slámě nebyl přidavkem Agrouhlí I ovlivněn. Obsah Cu a Hg byl průkazně nižší v půdě hnojené. Obsah Al a V byl neprůkazně snižován v hnojené půdě a neprůkazně zvyšován v půdě nehnojené. Rozdíl mezi hnojenou a nehnojenou půdou s Agrouhlím I byl průkazný.

Agrouhlí II průkazně snižovalo obsah Hg ve slámě hnojených rostlin. Obsah Al byl Agrouhlím II průkazně zvyšován ve slámě nehnojených rostlin. Obsah Cd byl po aplikaci Agrouhlí II průkazně nižší ve slámě rostlin pěstovaných ve hnojené i nehnojené půdě. Obsah Fe byl průkazně vyšší ve slámě nehnojených rostlin v půdě s Agrouhlím II než u rostlin hnojených. Obsah V, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn a Co nebyl přidavkem Agrouhlí ovlivněn.

Ani v jedné z půd obsah As, Pb, Cd a Hg v zrně nepřekročil limity dané vyhláškou č. 53/2002 Sb. a nařízením komise ES 1881/2006. Obsah As, Cd a Hg ve slámě byl ve všech případech nižší, než limity stanovené směrnicí 2002/32/ES o nežádoucích látkách v krmivech.

Agrouhlí obsah mikroprvků ovlivňovalo spíše negativně. Bylo především pozorováno snížení obsahu Cd v rostlinách a také obsahu Cu. Pozorovaný pokles obsahu některých mikroprvků může být způsoben jejich sorpcí na Agrouhlí. Agrouhlí také zřejmě ovlivnilo distribuci mikroprvků v rostlině, obsah v zrně se poté choval jinak než obsah ve slámě.

Tab. 6.21 Obsah ME a RP v zrnu pšenice, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí I** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹
As	<0,050	<0,050	<0,050
Al	<7	<7	<7
Be	<0,020	<0,020	<0,020
Cd	0,058 a	0,015 b	0,015 b
V	<0,007	<0,007	<0,007
Co	0,053 a	0,028 b	0,045 a
Cr	0,562 a	0,599 a	0,484 a
Cu	3,783 a	2,266 b	2,711 ab
Fe	22,0 a	16,1 b	21,7 a
Ni	0,841 a	0,454 b	0,482 ab
Pb	0,101 a	0,100 a	0,100 a
Zn	23,6 a	20,6 a	21,8 a
Hg	<0,0010 a	<0,0010 a	<0,0010 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.22 Obsah ME a RP v zrnu pšenice, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí II** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹
As	<0,050	<0,050	<0,050
Al	<7	<7	<7
Be	<0,020	<0,020	<0,020
Cd	0,058 a	0,049 ab	0,031 b
V	<0,007	<0,007	<0,007
Co	0,053 a	0,028 b	0,065 ab
Cr	0,562 a	0,448 a	0,517 a
Cu	3,783 a	2,727 b	3,228 ab
Fe	22,0 b	14,5 b	34,9 a
Ni	0,841 a	0,580 b	0,700 ab
Pb	0,101 a	0,100 a	0,100 a
Zn	23,6 a	20,8 a	23,3 a
Hg	<0,0010	<0,0010	<0,0010

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.23 Obsah ME a RP ve slámě pšenice, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí I** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹
As	0,117 a	0,070 b	0,073 b
Al	42,2 a	30,2 ab	25,1 b
Be	0,020	0,020	0,020
Cd	0,136 a	0,040 b	0,045 b
V	0,151 ab	0,176 a	0,128 b
Co	0,192 a	0,216 a	0,156 a
Cr	22,4 ab	28,5 a	19,3 b
Cu	2,790 a	2,556 a	2,339 a
Fe	132,3 ab	158,6 a	109,1 b
Ni	13,7 a	16,0 a	10,8 a
Pb	1,786 a	1,894 a	2,379 a
Zn	9,9 a	8,9 a	9,9 a
Hg	0,007 a	0,007 a	0,007 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.24 Obsah ME a RP ve slámě pšenice, půda **Žabčice** s přidavky **Agrouhlí II** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹
As	0,117 a	0,074 a	0,101 a
Al	42,2 a	30,0 ab	20,5 b
Be	<0,020	<0,020	<0,020
Cd	0,136 a	0,115 ab	0,072 b
V	0,151 a	0,151 a	0,137 a
Co	0,192 a	0,196 a	0,176 a
Cr	22,4 a	24,6 a	21,5 a
Cu	2,790 a	2,738 a	2,764 a
Fe	132,3 a	133,3 a	120,3 a
Ni	13,7 a	14,6 a	12,2 a
Pb	1,786 a	1,348 a	2,489 a
Zn	9,9 a	9,0 a	9,6 a
Hg	0,007 a	0,007 a	0,007 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.25 Obsah ME a RP v zrně pšenice, půda **Šlapanice** s přísadkou **Agrouhlí I** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹
As	<0,050	<0,050	<0,050
Al	<7	<7	<7
Be	<0,020	<0,020	<0,020
Cd	0,025 a	0,013 a	0,018 a
V	0,009 a	0,008 a	0,009 a
Co	0,022 a	0,021 a	0,022 a
Cr	0,352 b	0,598 a	0,555 a
Cu	4,931 a	3,055 a	2,996 a
Fe	18,1 a	18,6 a	18,2 a
Ni	0,415 a	0,463 a	0,487 a
Pb	0,100 a	0,100 a	0,135 a
Zn	19,2 a	22,4 a	20,8 a
Hg	<0,0010 a	<0,0010 a	<0,0010 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.26 Obsah ME a RP v zrně pšenice, půda **Šlapanice** s přísadkou **Agrouhlí II** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹
As	<0,050	<0,050	<0,050
Al	<7	<7	<7
Be	<0,020	<0,020	<0,020
Cd	0,025 a	0,014 a	0,014 a
V	0,009 b	0,017 a	0,009 b
Co	0,022 a	0,023 a	0,021 a
Cr	0,352 a	0,507 a	0,520 a
Cu	4,931 b	3,452 b	3,021 a
Fe	18,1 ab	20,4 a	16,6 b
Ni	0,415 a	0,557 a	0,477 a
Pb	0,100 a	0,134 a	0,102 a
Zn	19,2 a	18,0 ab	16,5 b
Hg	<0,0010	<0,0010	<0,0010

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.27 Obsah ME a RP ve slámě pšenice, půda **Šlapanice** s přidavky **Agrouhlí I** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹
As	0,128 a	0,089 b	0,085 b
Al	29,9 ab	17,5 b	41,5 a
Be	0,036	0,024	0,021
Cd	0,055 a	0,032 b	0,036 b
V	0,145 ab	0,133 b	0,177 a
Co	0,145 a	0,163 a	0,168 a
Cr	17,8 a	22,0 a	18,8 a
Cu	3,195 a	2,251 b	3,325 a
Fe	105,9 a	114,1 a	123,9 a
Ni	9,9 a	12,2 a	9,9 a
Pb	1,333 a	0,821 a	1,779 a
Zn	8,3 a	10,7 a	11,0 a
Hg	0,008 a	0,006 b	0,007 a

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

DG – varianty hnojené digestátem

Tab. 6.28 Obsah ME a RP ve slámě pšenice, půda **Šlapanice** s přidavky **Agrouhlí II** (mg.kg⁻¹)

Analyt	Kontrola hnojená	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹
As	0,128 a	0,100 a	0,102 a
Al	29,9 b	22,5 b	40,2 a
Be	0,036	0,020	0,020
Cd	0,055 a	0,035 b	0,035 b
V	0,145 ab	0,132 b	0,173 a
Co	0,145 a	0,137 a	0,153 a
Cr	17,8 a	17,7 a	20,1 a
Cu	3,195 a	2,540 a	2,991 a
Fe	105,9 ab	98,6 b	130,4 a
Ni	9,9 a	9,5 a	10,6 a
Pb	1,333 a	1,441 a	1,536 a
Zn	8,3 a	7,9 a	8,7 a
Hg	0,008 a	0,007 b	0,007 ab

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

DG – varianty hnojené digestátem

6.6 Obsah živin a mikroprvků v půdě po sklizni pšenice

Aplikace Agrouhlí je spojena s poměrně velkým vstupem živin a uhlíku do půdy (tab. 6.29). 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. 6.29 Množství živin a uhlíku dodaných v nejvyšší dávce Agrouhlí (30 t_{ha}⁻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

Tab. 6.30 Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě Žabčice - Agrouhlí I po pšenici (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola nehnojená	5,3	52,3	74,4	73,7	1220	28,3
2. Kontrola hnojená	5,3	76,8	76,2	72,0	1272	21,3
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	5,4	81,1	86,7	82,5	1229	19,9
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	5,3	51,1	77,7	74,9	1107	29,4
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	5,4	53,4	74,0	75,5	1188	30,3
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	6,1	54,5	64,6	87,8	1221	18,5
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	5,4	64,7	83,0	80,7	1185	21,2
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	5,5	93,7	81,8	83,3	1348	22,5
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	6,5	80,9	88,1	105,2	1538	14,9

Tab. 6.31 Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě Žabčice - Agrouhlí II po pšenici (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola nehnojená	5,30	52,3	74,4	73,7	1220	28,3
2. Kontrola hnojená	5,30	76,8	76,2	72,0	1272	21,3
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	5,40	81,1	86,7	82,5	1229	19,9
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	5,30	54,9	79,5	75,4	1150	28,3
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	5,30	54,6	70,0	82,3	1402	24,6
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	5,90	63,3	65,8	89,5	1258	27,0
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	5,40	65,5	84,3	80,0	1191	23,0
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	5,30	97,1	82,3	79,0	1384	24,8
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	5,80	74,9	80,0	87,1	1336	23,0

Tab. 6.32 Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Šlapanice - Agrouhlí I** po pšenici (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola nehnojená	7,40	136,3	226,0	332,8	5318	15,8
2. Kontrola hnojená	7,20	106,1	201,4	643,6	8962	22,0
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	7,20	101,6	213,5	536,1	8341	21,9
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	7,30	67,4	242,9	344,3	5149	15,0
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	7,40	57,3	231,4	346,7	6088	17,4
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	7,40	109,1	250,4	358,3	6105	16,6
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	7,20	80,8	256,9	357,9	4361	16,2
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	7,20	79,9	261,0	365,2	4446	13,9
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	7,30	83,3	285,6	362,8	4330	15,0

Tab. 6.33 Obsah živin (Mehlich 3) a pH v půdě **Šlapanice - Agrouhlí II** po pšenici (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	pH	P	K	Mg	Ca	S
1. Kontrola nehnojená	7,40	136,3	226,0	332,8	5318	15,8
2. Kontrola hnojená	7,20	106,1	201,4	643,6	8962	22,0
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	7,20	101,6	213,5	536,1	8341	21,9
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	7,40	60,7	235,8	339,8	5695	19,7
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	7,40	52,3	210,4	322,1	6045	15,7
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	7,40	73,7	273,4	354,0	5192	22,6
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	7,20	84,0	291,2	366,8	4584	14,5
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	7,30	76,4	244,4	349,5	4790	13,9
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	7,40	86,5	256,8	340,5	5129	16,3

Obsah živin v obou půdách byl značně ovlivněn předplodinou. **Po sklizni kukuřice** byl zaznamenán výrazný pokles obsahu dostupných živin. Obsah fosforu byl před založením pokusu hodnocen jako vyhovující v půdě Žabčice a dobrý v půdě Šlapanice. Po sklizni kukuřice klesl obsah na nízký v nehnojených variantách půdy Žabčice, zatímco v hnojených variantách byl pokles poměrně malý. Určité zvýšení bylo zaznamenáno po aplikaci nejvyšší dávky Agrouhlí I.

Také v půdě Šlapanice došlo k mírnému poklesu obsahu P v hnojených variantách a k výraznému poklesu ve variantách nehnojených, kde byl snížen z úrovně dobrý na úroveň vyhovující.

V obou půdách došlo ke značnému snížení obsahu draslíku. Pokles byl patrný především v půdě Šlapanice, kde obsah klesl z úrovně velmi vysoký na dobrý. V půdě Žabčice byl obsah hodnocen jako nízký už na počátku, nicméně klesl ještě zhruba o 30 %. Vliv hnojení na obsah K nebyl zaznamenán, v půdě Žabčice došlo k mírnému zvýšení obsahu K po aplikaci nejvyšší dávky Agrouhlí I.

Obsah Mg se po sklizni kukuřice mírně snížil v půdě Žabčice, jeho obsah byl výrazně zvyšován aplikací nejvyšší dávky Agrouhlí I a mírně zvyšován nejvyšší dávkou Agrouhlí II. Obsah byl ve většině případů hodnocen jako nízký, pouze nejvyšší dávka Agrouhlí zvýšila obsah na vyhovující.

Po sklizni pšenice se obsah dostupných živin příliš nezměnil oproti situaci po sklizni první plodiny a hnojení i Agrouhlí mělo poměrně malý vliv na dostupnost živin (tab. 6.30 – 6.33). U hnojených variant byla spotřeba živin do jisté míry vyrovnána hnojením, u nehnojených byl odběr poměrně nízký, a proto obsah živin dále nesnižoval.

Vliv Agrouhlí na hodnotu pH byl podobný, jako v předchozím roce a nejvyšší dávka obou typů Agrouhlí zvyšovala hodnotu pH v méně úrodné půdě.

V půdě Žabčice došlo ke snížení dostupnosti K v nehnojené půdě po přidavku Agrouhlí I i Agrouhlí II.

Obsah S v půdě Žabčice byl snižován nejvyšší dávkou Agrouhlí I.

Agrouhlí také snižovalo obsah některých mikroprvků v půdě (tab. 6.34 – 6.37). V některých případech byl pokles obsahu mikroprvků v souladu se sníženým obsahem v rostlinách. Byl pozorován pokles obsahu Cu a Fe. Naopak, zvýšení nastalo u Mn a Zn s rostoucí dávkou Agrouhlí.

Tab. 6.34 Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě Žabčice - Agrouhlí I (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
1. Kontrola nehnojená	1,939	2,276	921,4	205,8	73,8	0,68
2. Kontrola hnojená	1,699	2,584	912,7	148,7	53,3	<0,50
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	2,016	2,778	945,7	167,4	61,5	<0,50
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	2,105	1,992	874,0	255,0	86,0	0,90
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	1,846	1,838	877,5	186,4	72,4	0,81
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	1,493	2,174	843,1	153,5	81,7	0,82
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,960	2,851	930,3	165,3	63,0	0,59
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	2,020	3,023	980,6	179,9	73,0	0,69
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,818	3,167	928,1	159,8	93,9	0,82

Tab. 6.35 Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě Žabčice - Agrouhlí II (mg.kg⁻¹)

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
1. Kontrola nehnojená	1,939	2,276	921,4	205,8	73,8	0,68
2. Kontrola hnojená	1,699	2,584	912,7	148,7	53,3	<0,50
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	2,016	2,778	945,7	167,4	61,5	<0,50
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	2,203	1,992	909,8	282,9	96,7	1,08
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	1,929	2,230	1008,0	290,5	97,2	0,93
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	1,964	2,401	854,8	184,6	73,1	1,05
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,912	2,682	949,7	171,1	63,5	<0,50
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,974	2,593	1026,0	172,2	64,7	1,00
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	2,080	2,862	940,5	161,1	63,7	0,62

Tab. 6.36 Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě Šlapanice - Agrouhlí I (mg.kg^{-1})

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
1. Kontrola nehnojená	5,085	4,319	722,8	312,4	173,2	2,0
2. Kontrola hnojená	4,934	7,651	1024,0	623,0	311,2	2,8
3. Popel ROŠTÍN 1 t .a ⁻¹ +DG	5,563	7,029	1078,0	568,1	268,3	3,2
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	5,431	4,613	773,4	326,7	182,1	1,9
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	4,799	4,211	743,0	276,7	190,5	2,3
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	4,238	4,431	713,2	269,3	210,5	2,1
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	5,847	5,295	889,1	393,6	184,3	2,0
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	5,503	5,372	810,1	361,3	183,9	2,3
9. Agrouhlí I - 30 t ha ⁻¹ +DG	4,816	5,256	783,4	360,1	206,2	2,2

Tab. 6.37 Obsah mikroprvků (Mehlich 3) v půdě Šlapanice - Agrouhlí II (mg.kg^{-1})

Varianta hnojení	Cu	Zn	Al	Fe	Mn	B
1. Kontrola nehnojená	5,085	4,319	722,8	312,4	173,2	2,00
2. Kontrola hnojená	4,934	7,651	1024,0	623,0	311,2	2,82
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	5,563	7,029	1078,0	568,1	268,3	3,19
10. Agrouhlí II - 0,5.t ha ⁻¹	4,928	4,211	757,1	306,5	184,4	2,63
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	4,719	4,094	706,0	249,4	181,3	2,65
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	4,775	4,413	741,6	293,5	178,7	2,07
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	5,570	5,833	792,0	361,2	186,5	2,15
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	5,264	4,868	787,2	336,6	184,0	2,24
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	4,717	4,550	706,2	282,9	184,5	2,38

6.7 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 půdě Žabčice (tab. 6.38 – 6.41) Agrouhlí I i Agrouhlí II v nejvyšší dávce zvyšovalo obsah výměnného Mg a Agrouhlí II i obsah Ca. To je v souladu s jejich vyšší dostupností dle Mehlicha III. Obsah výměnného K byl naopak snižován nejvyšší dávkou Agrouhlí I v půdě hnojené i nehnojené, což bylo také v souladu s jeho obsahem zjištěným dle Mehlicha III. Hnojení a rostoucí dávka obou typů Agrouhlí snižovaly obsah výměnného Mn, přestože jeho obsah stanovený metodou dle Mehlicha III byl aplikací Agrouhlí I v obou letech pokusu spíše zvyšován. Mangan v Agrouhlí pravděpodobně reaguje za vzniku obtížně rozpustných sloučenin, které jsou stanovitelné ve výluhu dle Mehlicha, ale ne ve výluhu BaCl_2 . Vznik nerozpustných forem Mn pak může nejspíše probíhat i v půdě při reakci rozpustného Mn s Agrouhlím.

V půdě Šlapanice (tab. 6.42 – 6.45) bylo po Agrouhlí II zaznamenáno mírné zvýšení obsahu výměnného K. Vliv Agrouhlí a hnojení na KVK v půdě Šlapanice byl malý, v půdě Žabčice bylo zaznamenáno zvýšení KVK při nejvyšší dávce Agrouhlí II.

Nebyl zaznamenán jednoznačný vliv hnojení a Agrouhlí na hodnoty vodivosti.

Tab. 6.38 Agrochemické vlastnosti půdy **Žabčice - Agrouhlí I**. Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg ⁻¹)	vodivost vodního výluhu (mS.m ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	75,8	8,0
2. Kontrola hnojená	77,3	7,6
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	80,6	7,1
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	80,2	8,1
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	78,9	6,5
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	83,1	7,4
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	86,4	6,8
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	90,7	7,7
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	91,0	8,1

Tab. 6.39 Agrochemické vlastnosti půdy **Žabčice - Agrouhlí I**. Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M BaCl₂

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)
1. Kontrola nehnojená	1,06	6,34	65,3	1,66
2. Kontrola hnojená	1,12	6,60	67,4	0,68
3. Popel ROŠTÍN 1t.ha ⁻¹ +DG	1,12	7,06	69,9	0,66
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	1,18	6,98	70,2	2,13
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	1,12	6,92	68,1	1,32
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	0,95	7,91	72,2	0,49
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,20	7,26	75,6	0,72
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,23	8,20	78,4	0,72
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,10	8,91	78,0	0,32

Tab. 6.40 Agrochemické vlastnosti půdy **Žabčice - Agrouhlí II**. Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg ⁻¹)	vodivost vodního výluhu (mS.m ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	75,8	8,0
2. Kontrola hnojená	77,3	7,6
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	80,6	7,1
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	77,1	6,7
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	69,6	6,7
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	92,1	8,3
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	84,3	7,2
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	82,9	7,8
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	98,2	8,2

Tab. 6.41 Agrochemické vlastnosti půdy **Žabčice - Agrouhlí II**. Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M BaCl₂

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)
1. Kontrola nehnojená	1,06	6,34	65,3	1,66
2. Kontrola hnojená	1,12	6,60	67,4	0,68
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	1,12	7,06	69,9	0,66
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	1,18	6,53	67,5	2,21
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	1,06	6,00	61,3	1,77
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	1,18	8,49	80,8	0,55
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	1,23	7,03	73,5	0,72
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	1,16	6,82	72,3	0,76
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	1,31	8,80	85,6	0,49

Tab. 6.42 Agrochemické vlastnosti půdy Šlapanice - Agrouhlí I. Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg ⁻¹)	vodivost vodního výluhu (mS.m ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	263,2	12,7
2. Kontrola hnojená	258,4	14,2
3. Popel ROŠTÍN 1 t ha ⁻¹ +DG	254,2	12,7
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	268,8	15,0
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	257,0	13,8
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	251,5	15,0
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	254,6	13,8
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	254,4	13,7
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	246,9	13,0

Tab. 6.43 Agrochemické vlastnosti půdy Šlapanice - Agrouhlí I. Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M BaCl₂

Varianta hnojení	Obsah výmenného K (mekv.kg ⁻¹)	Obsah výmenného Mg (mekv.kg ⁻¹)	Obsah výmenného Ca (mekv.kg ⁻¹)	Obsah výmenného Mn (mekv.kg ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	3,1	25,6	232,4	<0,1
2. Kontrola hnojená	3,5	27,1	225,0	0,1
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	3,4	26,3	220,3	0,1
4. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹	3,5	26,3	236,9	<0,1
5. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹	3,2	23,5	226,7	<0,1
6. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹	3,5	24,2	220,5	<0,1
7. Agrouhlí I - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	3,4	26,3	221,5	0,1
8. Agrouhlí I - 3 t.ha ⁻¹ +DG	3,4	26,5	221,1	<0,1
9. Agrouhlí I - 30 t.ha ⁻¹ +DG	3,9	26,4	213,0	0,1

Tab. 6.44 Agrochemické vlastnosti půdy Šlapanice - Agrouhlí II. Kationtová výměnná kapacita (KVK), vodivost vodního výluhu

Varianta hnojení	KVK (mekv.kg ⁻¹)	vodivost vodního výluhu (mS.m ⁻¹)
1. Kontrola nehnojená	263,2	12,7
2. Kontrola hnojená	258,4	14,2
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	254,2	12,7
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	265,3	13,9
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	260,7	13,6
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	267,2	14,2
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	250,2	11,9
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	269,0	13,9
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	276,2	15,5

Tab. 6.45 Agrochemické vlastnosti půdy Šlapanice - Agrouhlí II. Obsah výměnného K, Mg, Ca a Mn ve výluhu 0,1 M BaCl₂.

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)
1. Kontrola nehnojená	3,1	25,6	232,4	<0,1
2. Kontrola hnojená	3,5	27,1	225,0	0,1
3. Popel ROŠTÍN 1 t.ha ⁻¹ +DG	3,4	26,3	220,3	0,1
10. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹	3,2	24,7	235,2	<0,1
11. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹	3,0	23,5	232,3	<0,1
12. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹	4,0	26,8	234,7	<0,1
13. Agrouhlí II - 0,5 t.ha ⁻¹ +DG	3,9	26,2	217,5	<0,1
14. Agrouhlí II - 3 t.ha ⁻¹ +DG	3,6	26,9	235,5	<0,1
15. Agrouhlí II - 30 t.ha ⁻¹ +DG	4,1	27,8	241,0	<0,1

6.8 Obsah PAH v půdě

Obsah PAH v půdě, vyjádřený jako součet 16 PAH v půdě, byl aplikací Agrouhlí výrazně snižován oproti kontrole (tab. 6.46 – 6.47). Pokles obsahu PAH byl větší v případě Agrouhlí I. V žádné z variant 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. 6.46 Obsah PAH v půdě Žabčice s přidavky 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	8,078	4	6,675	4	6,291
Antracen	2	2	2,06	2	2
Fluoranten	17,39	2	13,64	2	12,19
Naftalen	5	5	5	5	5
Pyren	15,67	2	11,61	2	9,985
Benz(a)antracen	9,12	4	4,76	4	4
Chrysen	11,75	4	6,411	4	5,355
Benzo(b)fluoranten	11,4	3	6,415	3	5,46
Benzo(k)fluoranten	5,481	2	3,194	2	2,534
Benzo(a)pyren	11,1	3	5,45	3	5,25
Dibenz(a,h)antracen	3	3	3	3	3
Benzo(g,h,i)perylene	8,974	5	5	5	5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	10	10	10	10	10
součet 16 PAH	148,0	78,0	112,2	78,0	105,1

Tab. 6.47 Obsah PAH v půdě Šlapanice s přidavky Agrouhlí po sklizni kukuřice ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)

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	26,1	5	5	5	5
Fluoren.	27,03	4	4	4	4
Fenantren	85,88	4	13,47	4	14,62
Antracen	28	2	3,88	2	5,07
Fluoranten	93,93	2	27,43	2	29,27
Naftalen	23,03	5	6,645	5	6,494
Pyren	68,86	2	22,43	2	22,85
Benz(a)antracen	34,3	4	10,7	4	10,2
Chrysen	39,02	4	13,98	4	14,04
Benzo(b)fluoranten	31,16	3	13,72	3	12,99
Benzo(k)fluoranten	17,08	2	6,314	2	5,815
Benzo(a)pyren	34	3	12,8	3	11,1
Dibenz(a,h)antracen	3,453	3	3	3	3
Benzo(g,h,i)perylene	22,93	5	8,924	5	8,109
Indeno(1,2,3-cd)pyren	24,4	10	10	10	10
součet 16 PAH	579,2	78,0	182,3	78,0	182,6

7. Souhrn výsledků

Výnos: Výnos byl přidavkem Agrouhlí ovlivňován poměrně málo v půdě Šlapanice. V půdě Žabčice byl pozorován negativní vliv Agrouhlí I na výnos. V méně úrodné půdě s Agrouhlím I se tedy nepotvrdil předpoklad, že negativní vliv Agrouhlí je eliminován během 1. roku po aplikaci. V půdě Šlapanice však byl zaznamenán posun účinku Agrouhlí od negativního v 1. roce pokusu k neutrálnímu až mírně pozitivnímu. Pozorovaný vliv na výnos by mohl být vysvětlován vlivem Agrouhlí na dostupnost limitujících živin, kterými by mohly být N a K, případně některé mikroelementy. Vliv Agrouhlí na výnos byl v obou půdách podobný u hnojených i nehnojených rostlin, předpokládán větší vliv v kombinaci s hnojením se neprojevil.

Půdní vlastnosti:

Agrouhlí I zvyšuje obsah Ca a Mg v dostupné i výměnné formě a také pH a KVK v méně úrodné půdě Žabčice. To je v souladu s hypotézou, že vliv Agrouhlí bude více patrný v méně úrodné půdě. Pozitivní vliv na půdní vlastnosti se však neprojevil na výnosu, který byl Agrouhlím I snižován. Agrouhlí zřejmě poutá část dostupných živin. Bylo pozorováno snížení obsahu výměnného K v půdě méně úrodné, ale nárůst v půdě úrodnější.

Ve všech sledovaných variantách došlo ke značnému poklesu dostupnosti živin oproti výchozí půdě v důsledku značného odběru první plodinou.

Obsah PAH v půdě byl aplikací Agrouhlí snižován.

Obsah živin a RP v rostlinách: Agrouhlí mělo průkazný vliv na obsah řady živin v zrna i slámě. Obsah některých prvků byl Agrouhlím zvyšován. V půdě Žabčice byl pozorován pozitivní vliv Agrouhlí I i Agrouhlí II na obsah P. U obou typů Agrouhlí byl zaznamenán vliv na obsah mikroprvků v rostlině. Agrouhlí snižovalo obsah některých mikroprvků, především Cd. Agrouhlí pravděpodobně může poutat mikroprvky sorpcí, což snižuje jejich dostupnost. Poutání mikroprvků nebo rizikových prvků by mohlo omezovat jejich vstup do rostliny v rizikovém množství. Agrouhlí mělo v řadě případů odlišný vliv na obsah živin i mikroprvků v zrna a ve slámě, působením Agrouhlí na růst je zřejmě ovlivňována také distribuce prvků mezi jednotlivé části rostliny.

PAH v rostlinách: bylo pozorováno zvýšení PAH po aplikaci Agrouhlí ve slámě rostlin pěstovaných v půdě Šlapanice.

8. Závěr

Ve 2. roce pokusu byly pozitivní i negativní účinky Agrouhlí větší v méně úrodné půdě, kde rostoucí dávka Agrouhlí snižovala výnos. Současně bylo v této půdě pozorováno zvýšení pH a obsahu Mg a Ca v půdě a zvýšení hodnoty KVK. Pozorovaný vliv na výnos by mohl být vysvětlován vlivem Agrouhlí na dostupnost limitujících živin, kterými by mohly být N a K, případně některé mikroelementy. Poměrně výrazný vliv měla rostoucí dávka Agrouhlí na obsah P v rostlině. Vliv na obsah ostatních prvků se lišil mezi hnojenými a nehnojenými variantami a byl poněkud rozdílný v zrna a slámě. V úrodnější půdě byl vliv Agrouhlí na sledované parametry menší a negativní vliv Agrouhlí, pozorovaný v předchozím roce, nebyl zaznamenán.

Agrouhlí zřejmě živiny poutá nebo je zpřístupňuje. Mechanismus tohoto jevu není jasný, zřejmě se jedná o reakce na aktivním povrchu Agrouhlí. Výsledky naznačují, že poutání a uvolňování živin může omezovat nebo zvyšovat jejich dostupnost a následně výnos, ale není příliš jasné, za jakých okolností se tyto efekty projevují.

9. Použitá literatura

- Beneš, S., 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí, II. část. Mze ČR, Praha.
- Campbell, C. R. (Ed.), 2000. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 394.
- Jones, J. B., Wolf, B., Mills, H. A., 1991. Plant analysis handbook. Micro-macro publishing, Inc., Athens, Georgia, USA.
- Zbíral, J., Čižmarová, 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., Strážová, 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
- Vyhláška Ministerstva zdravotnictví 53/2002 Sb., kterou se stanoví chemické požadavky na zdravotní nezávadnost jednotlivých druhů potravin a potravinových surovin, podmínky použití látek přídatných, pomocných a potravních doplňků
- Směrnice 2002/32/ES o nežádoucích látkách v krmivech.

9. Fotodokumentace

Obr. 1 Rostliny pšenice ozimé 1.6.2018, 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

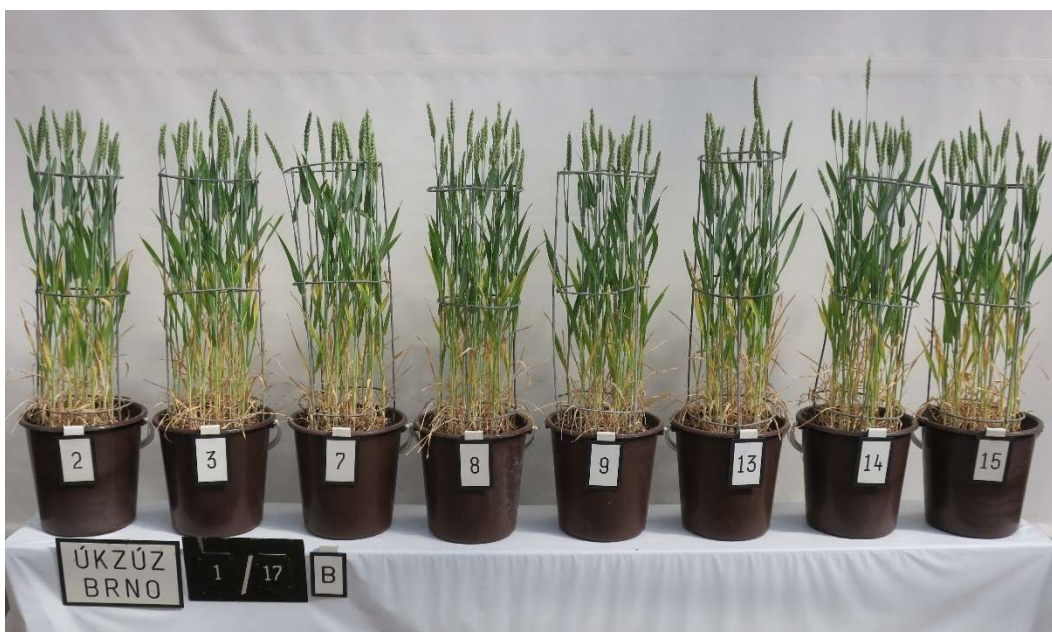
Obr. 2 Rostliny pšenice ozimé 1.6.2018, varianty **nehnojené**, půda **Žabčice**



- 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

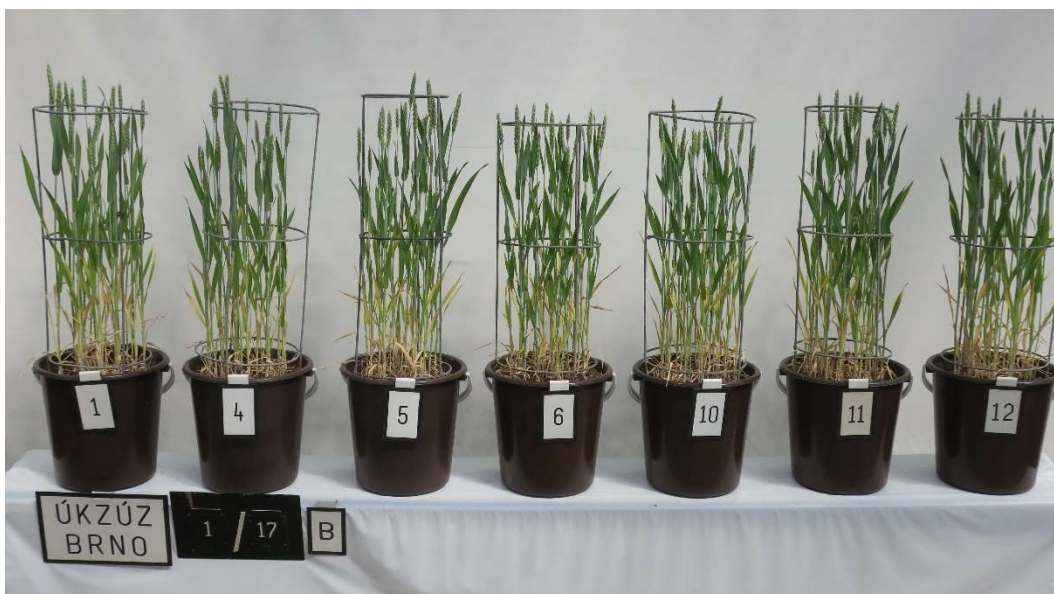
Obr. 3 Rostliny pšenice ozimé 1.6.2018, varianty **hnojené digestátem**, půda **Šlapanice**.



- 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 pšenice ozimé 1.6.2018, 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 pšenice ozimé 30.6.2018, 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. 6 Rostliny pšenice ozimé 30.6.2018, 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. 7 Rostliny pšenice ozimé 30.6.2018, 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. 8 Rostliny pšenice ozimé 30.6.2018, 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