

Česká republika - Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně
organizační složka státu, se sídlem v Brně
Sekce úřední kontroly



Porovnání různých dávek hnojiva Rošťák

Výroční zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky za rok 2011

- Zpracoval:** Michaela Smatanová
Markéta Kučerová
Dušan Reiniger
- Schválil:** **Ing. Vladimír Klement, CSc.**
Vedoucí oddělení biologických testací
- Předkládá:** **Ing. Miroslav Florián, Ph.D.**
ředitel Sekce úřední kontroly

1 ÚVOD.....	2
2 Materiál a metody	4
2.1 Materiální zabezpečení	4
2.2 Půdní podmínky.....	4
2.3 Rozsah a způsob použití hnojiva Rošťák.....	4
2.4 Chemické složení zkoušeného hnojiva	4
2.5 Dávky základních živin a ověřovaného hnojiva	5
2.6 Technika provedení zkoušky	6
2.7 Vegetační pozorování	6
2.8 Analýza hlavních komponent	6
3 SKLIZŇOVÉ VÝSLEDKY.....	6
3.1 Zhodnocení sklizňových výnosů papriky	6
3.2 Zhodnocení sklizňových výnosů, mrkve, ječmene, salátu, kozlíčku.....	7
4 ANALÝZY ROSTLIN	8
4.1 Zhodnocení obsahu makroelementů a TK v rostlinách	8
4.2 Analýza hlavních komponent - makroelementy a TK v rostlinách	9
4.3 Zhodnocení PAH v rostlinách.....	10
4.4 Analýza hlavních komponent PAH v rostlinách.....	10
4.5 Výpočet toxického ekvivalentu PAH v rostlinách.....	12
5 ANALÝZY PŮDY	13
5.1 Základní agrochemické vlastnosti půdy a TK	13
5.2 Zhodnocení obsahu PAH v půdě	13
5.3 Analýza hlavních komponent PAH v půdě.....	14
5.4 Analýza hlavních komponent makroelementů a TK v půdě.....	15
5.5 Výpočet toxického ekvivalentu PAH v půdě.....	13
6 ZÁVĚR	14
8 LITERATURA	16

1 ÚVOD

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH) jsou sloučeniny složené z uhlovodíkových cyklů bez heterogenních atomů a substituentů. Vyskytují se především jako produkt nedokonalého spalování uhlíkatých paliv.

Legislativně je v České republice problematika perzistentních organických polutantů v zemědělských půdách zapracována do vyhlášky č. 13/1994 Sb. Protože hodnoty koncentrací POP ve vyhlášce nebyly odvozeny z hodnot relevantních pro půdy ČR, nýbrž vznikly korekcí převzatých zahraničních hodnot, neprokázaly aktuální limitní hodnoty využitelnost pro hodnocení zátěže zemědělských půd. Z tohoto důvodu byly předloženy vědecky zdůvodnitelné limitní hodnoty obsahů POP v podobě tzv. preventivního limitu, který byl odvozen z vrchní hranice požadovaných hodnot koncentrací POP v našich zemědělských půdách (NĚMEČEK et al 1996). Tento návrh byl předložen k účelu novelizace vyhlášky č.13/1994 Sb. Vyšší úroveň limitních hodnot, zaměřená na přestup POP ze zemědělských půd do potravního řetězce, není v současné době obecně k dispozici. K hodnocení vysokých zátěží se přistupuje prostřednictvím analýzy rizik, která je však odborně, časově a finančně náročná. Vyhláška č. 13/1994 Sb. pro PAH udává hodnotu přípustného znečištění půdy 1,0 mg.kg⁻¹ suš. (suma 7 PAH).

Při hodnocení sumárních koncentrací skupiny látek vzhledem k rozdílným úrovním toxicity jednotlivých sloučenin byl zaveden princip tzv. ekvivalentů toxicity, který přiřazuje toxický ekvivalent jednotlivým sloučeninám. Toxické ekvivalenty byly odvozeny od humanotoxikologických studií, zohledňujících karcinogenní riziko. Sčítáním součinů těchto ekvivalentů v oblasti zátěže PAHs jednotlivých sloučenin je získána výsledná sumární hodnota. Nejtoxičtějšími sloučeninami (toxický ekvivalent=1) jsou benzo(a)pyren (BAP) a dibenzo(a,h)antracen (DBA). Toxicita směsi se pak vyjadřuje jako suma toxických ekvivalentových faktorů (suma TEF) detailně popsáno v kap.4.5.

PAHs se řadí mezi perzistentní organické polutanty (POP). Doba setrvání různých skupin POP v prostředí se může výrazně lišit, a to i v rámci PAHs. Mnohé sloučeniny se v půdě samovolně rozkládají v rámci několika roků (naftalen, antracen), jiné sloučeniny, jako je např. BAP, jsou i v půdě v relativně špatně rozložitelné, a to navzdory procesům degradace v půdním prostředí (mikrobiální činnost, fotolýza, hydrolýza atd.). Organické polutanty mohou vstupovat do rostlin několika způsoby. HOLOUBEK (2005) specifikuje příjem PAHs vegetací následnými procesy:

- z půdního roztoku kořenem (závisí na vodním režimu rostliny a obsahu lipidických složek v kořenu, umožňujících snadnější sorpci do vnitřních pletiv),
- absorpcí PAHs na povrch kořene,
- foliární příjem látek odpařených z půdního povrchu,
- absorpcí PAHs na listovou plochu,
- některé PAHs jsou syntetizovány přímo rostlinami.

Hodnocení obsahu PAHs ve vzorcích plodin je vzhledem k hygienickým normám problematické, a to z důvodu absence limitních hodnot pro PAHs v české legislativě. V rámci EU byl zaveden limit pro obsah benzo(a)pyrenu v některých potravinách (nařízení 208/2005/ES).

Účelem pokusu bylo posoudit, do jaké míry se případná zvýšená zátěž hnojiva Rošťák PAHs a těžkých kovů může projevit na zátěži pěstovaných rostlin.

Druh zkoušky: postregistrační nádobová zkouška byla založena na jaře 2011 jako postregistrační ve vegetační hale v Brně.

Trvání zkoušky: vegetační rok 2011(s možností prodloužení)

Zkoušené plodiny:

A. Paprika roční *Capsicum annum*: odr. Amy

B. Mrkev setá: *Daucus carota*: odr. Vanda

C. Ječmen jarní: odr. Sebastian

D. Salát hlávkový: *Lactuca sativa var. Capitata*, odr. Maršálus po sklizni **Kozlíček polníček:**
Valerianella locusta betcke

Rozsah zkoušky:

A. Paprika roční: opakování 12 x tj. $12 \times 4 = 48$

B. Mrkev setá: opakování 10 x tj. $10 \times 4 = 40$

C. Ječmen jarní: opakování 8 x tj. $8 \times 4 = 32$

D. Salát hlávkový: opakování 8 x tj. $8 \times 4 = 32$ (po sklizni kozlíček polníček)

Kombinace hnojení (stejně pro všechny plodiny)

Druhá kombinace hnojiva Rošťák byla stanovena na horní hranici doporučené dávky 1t/ha, dále jejím dvojnásobkem. Dávka 5 t/ha je teoreticky extrémním pětinasobným překročením doporučené dávky.

1. Kontrola
2. Rošťák 1t/ha
3. Rošťák 2 t/ha
4. Rošťák 5 t/ha

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Materiální zabezpečení

Vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2011 jako přesná ve vegetační hale ÚKZÚZ v Brně.

2.2 Půdní podmínky

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Stará Pošta u Rajhradu.

Tab.2.1: Základní agrochemické vlastnosti - stav půdy před založením zkoušky

půdní reakce	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg.kg ⁻¹ a kritéria hodnocení			
pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca
7,4	11	130	346	5030
neutrální	nízký	vyhovující	velmi vysoký	velmi vysoký

2.3 Rozsah a způsob použití hnojiva Rošťák

ROŠŤÁK je registrované hnojivo na bázi rostlinného popele, má charakter organominerálního draselno-vápenatého hnojiva. Je ve formě sypkého hygroskopického prášku charakteristické barvy s případnou příměsí karbonizované biomasy. Kromě významného množství draslíku a vápníku obsahuje též menší množství hořčíku a fosforu a zbytky dusíku. Hnojivo se získává z podrošťového popele ze spalování biomasy a z popílku zachyceného při spalování biomasy ve filtrech.

Hnojivo vyrobené na bázi rostlinného popele umožňuje návrat rostlinných živin obsažených v energeticky využívané biomase zpět do půdy. Hnojivo se používá na pozvolnější úpravu půdní reakce a k zlepšení fyzikálně chemických vlastností půdy. Část obsahu draslíku, asi 50 %, je pomalu rozpustná. Přítomnost částečně zkarbonizované rostlinné hmoty zvyšuje agronomickou účinnost hnojiva.

2.4 Chemické složení zkoušeného hnojiva

Chemické složení hnojiva ROŠŤÁK (hnojivo na bázi rostlinného popele)

Výrobce: Energetické centrum s.r.o., Otín č.p. 3, 37701 Jindřichův Hradec

Chemické a fyzikální vlastnosti:

Vlastnost:	Hodnota:
Vlhkost v %	max. 25,0
Spalitelné látky v % ¹⁾	max. 20,0
Celkový draslík jako K ₂ O v % ¹⁾	min 10,0
Vápník jako CaO v % ¹⁾	min 5,0
Obsah částic pod 0,5 mm ¹⁾	min 30,0
Obsah částic nad 5 mm ¹⁾	max. 30,0
Hodnota pH	9,5 až 11,5

¹⁾ ve vysušeném vzorku

Obsah rizikových prvků splňuje zákonem stanovené limity v mg/kg sušiny: As 10; Cd 2; Cr 100; Cu 100; Hg 1,0; Mo 5; Ni 50; Pb 100; Zn 300.

Tab.2.2: Analýzy PAH v hnojivu Rošťák [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]

Analýzy provedla NRL Opava v červnu 2011.

analyt	hodnota	analyt	hodnota
SUSINPRP	92,5 %	BAA UG Q	3990
NAP UG Q	48400	BAA UG P	3690
NAP UG P	44800	CHR UG Q	5710
ANY UG Q	36800	CHR UG P	5280
ANY UG P	34000	BBF UG Q	6680
ANA UG Q	402	BBF UG P	6180
ANA UG P	372	BKF UG Q	2530
FLU UG Q	500	BKF UG P	2340
FLU UG P	462	BAP UG Q	9700
PHE UG Q	46800	BAP UG P	8970
ANT UG Q	6220	DBA UG Q	168
ANT UG P	5750	DBA UG P	155
FLT UG Q	59100	BPE UG Q	15800
FLT UG P	54700	BPE UG P	14600
PHE UG P	43300	IPY UG Q	6700
PYR UG Q	61900	IPY UG P	6200
PYR UG P	57300	Σ dle vyhl. č. 13	179 920 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
		Σ zbývajících	419 579 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
		Σ všech PAH	599 499 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

2.5 Dávky základních živin a ověřovaného hnojiva

Tab.2.2: Dávky základních živin, ověřovaného hnojiva a pomocného přípravku

Kombinace hnojení	Dávky základních živin			ROŠTÁKEM dodáno K_2O g	ROŠTÁK g
	N g/MO	P_2O_5 g/SP	K_2O g/KCl		
A. Paprika roční					
1. Kontrola	2,6	2,0	2,0	0	-
2. Rošťák 1 t/ha	2,6	2,0	1,56	0,44	4,9
3. Rošťák 2 t/ha	2,6	2,0	1,12	0,88	9,8
4. Rošťák 5 t/ha	2,6	2,0	-	2,21	24,5
B. Mrkev setá					
1. Kontrola	0,4	0,4	0,5	0	-
2. Rošťák 1t/ha	0,4	0,4	0,19	0,31	3,46
3. Rošťák 2 t/ha	0,4	0,4	-	0,62	6,92
4. Rošťák 5 t/ha	0,4	0,4	-	1,30	17,3
C. Ječmen jarní					
1. Kontrola	1,2	1,0	1	0	-
2. Rošťák 1t/ha	1,2	1,0	0,69	0,31	3,46
3. Rošťák 2 t/ha	1,2	1,0	0,38	0,62	6,92
4. Rošťák 5 t/ha	1,2	1,0	0	1,30	17,3
D. Salát hlávkový/ kozlíček polníček					
1. Kontrola	0,3	0,4	0,4	0	-
2. Rošťák 1t/ha	0,3	0,4	0,12	0,28	3,14
3. Rošťák 2 t/ha	0,3	0,4	0	0,56	6,28
4. Rošťák 5 t/ha	0,3	0,4	0	1,43	15,7

Základní hnojení NPK bylo provedeno před výsevem s dostatečným časovým předstihem. Dusík byl aplikován ve formě močoviny, fosfor ve trojitěm superfosfátu, draslík jako KCl.

Podle obsahu živin je Rošťák draselné hnojivo s 10 % K_2O . Tato skutečnost byla kritériem pro výpočet dávky hnojiva. Minerální hnojení K bylo u kontroly navrženo jako optimální dávka (odlišné nároky plodiny). U dalších kombinací (2-4) je odpočteno množství draslíku dodané hnojivem Rošťák.

2.6 Technika provedení zkoušky

a) založení: pro papriku byly použity plastové nádoby (ø 25 cm) s navázkou 10 kg zeminy, pro mrkev a ječmen plastové nádoby (ø 21 cm) s navázkou 5 kg zeminy, pro salát klasické Mitscherlichovy nádoby s náplní zeminy 6 kg (ø 20 cm).

b) aplikace: Aplikace hnojiva Rošťák byla provedena dne 28.3.2011 podle výše uvedeného schématu zapravením do 2/3 zemin v nádobě a důkladně promíchána se zeminou.

c) výsev: do každé nádoby bylo vyseto dne 29.3. 20 semen mrkve, 28 zrn ječmene a 12 semen salátu. Papriky byly vysety dne 18.2.2011, osivo bylo mořeno Pomarsolem forte 80 WP. K výsevu i pikýrování sazenic byl použit substrát pro výsevy a pěstování Rašelina Soběslav. Dne 12.5. byly vysazeny vyrované, zdravé sazenice paprik, vždy jedna do nádoby.

d) jednocení: mrkev byla vyjednocena 12.5. na 8 stejných rostlin v každé nádobě, u ječmene 8.4. na 22 rostlin, u salátu 11.5. na 2 vždy stejné (vyrované) rostliny v nádobě.

e) sklizeň mrkve proběhla dne 25.8., ječmene 15.7., salátu 24.6. a kozlíčku 19.10. U paprik byla sklizeň průběžná v 5 termínech.

f) závlivka vlhkost zeminy v nádobách byla udržována pravidelnou závlivkou demineralizovanou vodou na hodnotu 60 % maximální vodní kapacity. Voda byla upravena reverzní osmózou MID 50 K (Pharmapur řady Aqua Complet).

2.7 Vegetační pozorování

V počátečních fázích růstu plodin nebyly mezi kombinacemi hnojení patrné rozdíly v růstu a vývoji. Přibližně od poloviny vegetace byl zřejmý bujnější růst a tmavší zabarvení rostlin ve směru stupňované dávky hnojiva Rošťák. Na rostlinách nebyly shledány žádné negativní a abnormální projevy.

2.8 Analýza hlavních komponent

Analýza hlavních komponent (PCA) Principal component analysis se zabývá možností redukce počtu proměnných pomocí tzv. hlavních komponent, kterými popisuje variabilitu všech proměnných a vztahy mezi nimi. Všechny proměnné mají stejný status. Hlavní komponenty vznikají jako lineární kombinace původních proměnných. Zkoumání hodnot nových proměnných (hlavních komponent) místo původních hodnot nám mnohdy umožňuje snadněji porozumět posuzovaným datům. Při analýze hlavních komponent, doufáme, že pouze několik z nich má nezanedbatelný rozptyl. Ostatní pak můžeme při analýze zanedbat. Tím dosáhneme úspornější popis chování původních proměnných pomocí menšího počtu nových proměnných. V datech však musí být pro tuto redukci předpoklady, tedy, že musí být mezi sebou silně korelovaná (Hendl, 2004).

3 SKLIZŇOVÉ VÝSLEDKY

3.1 Zhodnocení sklizňových výnosů papriky

Tab.3.1: Průměrný výnos plodů papriky na nádobu

Kombinace hnojení	Výnos na rostlinu v jednotlivých sklizních [g]					Průměr na rostlinu [g]	Pořadí výnosu	Relativní srovnání %
	18.7.	17.8.	1.9.	12.9.	19.9.			
1.Kontrola	73,37	97,18	86,42	109,30	287,55	653,82	3	100
2.Rošťák 1t/ha	83,88	114,37	112,32	86,78	254,42	651,77	4	99,7
3.Rošťák 2t/ha	80,14	103,38	85,24	59,13	355,28	683,17	1	104,5
4.Rošťák 5t/ha	82,65	117,75	67,30	165,69	221,81	655,19	2	100,2

Tab.3.2: Počet plodů paprik v jednotlivých sklizních na nádobu

Kombinace hnojení	Výnos na rostlinu v jednotlivých sklizních [g]					Průměr na rostlinu [g]	Pořadí výnosu	Relativní srovnání %
	18.7.	17.8.	1.9.	12.9.	19.9.			
1.Kontrola	1,0	1,5	1,42	1,42	6,25	11,58	1	100
2.Rošťák 1t/ha	0,92	2,33	2,08	1,08	4,50	10,92	2	94
3.Rošťák 2t/ha	1,0	1,67	1,25	0,67	5,25	9,83	4	85
4.Rošťák 5t/ha	0,92	2,25	1,0	1,75	4,92	10,83	3	94

Tab.3.3: Zhodnocení délky a šířky paprik a jejich vzájemného poměru

Kombinace hnojení	Průměrná délka a šířka papriky [mm]		Poměr délka : šířka
	Ø délka plodu	Ø šířka plodu	
1.Kontrola	87,56	44,13	1,98
2.Rošťák 1t/ha	91,34	44,68	2,04
3.Rošťák 2t/ha	99,36	47,64	2,09
4.Rošťák 5t/ha	83,65	43,74	1,91

3.2 Zhodnocení sklizňových výnosů, mrkve, ječmene, salátu, kozlíčku

Tab.3.4: Hmotnost mrkve, ječmene, salátu a polníčku na nádobu

Kombinace hnojení	Hmotnost v suché hmotě		
	Průměrný výnos v g	Pořadí výnosů	Relativní srovnání %
Mrkev - kořen			
1.Kontrola	15,1	4	100
2.Rošťák 1t/ha	17,3	3	115
3.Rošťák 2t/ha	18,6	1	123
4.Rošťák 5t/ha	18,2	2	120
Mrkev - nať			
1.Kontrola	11,6	2	100
2.Rošťák 1t/ha	10,5	4	91
3.Rošťák 2t/ha	11,0	3	94
4.Rošťák 5t/ha	12,3	1	106
Ječmen - zrno			
1.Kontrola	20,18	4	100
2.Rošťák 1t/ha	25,47	3	126
3.Rošťák 2t/ha	27,05	2	134
4.Rošťák 5t/ha	28,91	1	143
Ječmen - sláma			
1.Kontrola	41,51	1	100
2.Rošťák 1t/ha	36,16	4	87
3.Rošťák 2t/ha	39,17	3	94
4.Rošťák 5t/ha	40,32	2	97
Salát			
1.Kontrola	8,17	4	100
2.Rošťák 1t/ha	11,97	2	146
3.Rošťák 2t/ha	12,35	1	151
4.Rošťák 5t/ha	11,79	3	144
Polníček kozlíček			
1.Kontrola	6,42	2	100
2.Rošťák 1t/ha	6,19	3	96
3.Rošťák 2t/ha	5,52	4	86
4.Rošťák 5t/ha	6,74	1	105

Stupňování dávek Rošťáku se do výnosu promítlo pozitivně. Dávka 2t/ha zvýšila výnos paprik o 4,5 %, mrkve o 23 % a salátu o 51 % proti kontrole. Dávka 5 t/ha o 6 % zvýšila výnos nati mrkve, zrna ječmene o 43 % a polníčku o 5 %. U slámy se hnojení Rošťákem promítlo negativně.

4 ANALÝZY ROSTLIN

Pro analýzu rostlin byly odebrány reprezentativní vzorky z každé kombinace hnojení.

4.1 Zhodnocení obsahu makroelementů a TK v rostlinách

Tab. 4.1: Zhodnocení obsahu makroelementů těžkých kovů

Kombinace hnojení		sušina %	Makroelementy v sušině %					TK v sušině v [mg.kg ⁻¹]			
			N	P	K	Mg	Ca	Cd	Cu	Pb	Zn
Paprika											
1.Kontrola	Pa-K	93,2	3,08	0,28	4,47	0,64	1,92	1,07	5,76	0,47	34,9
2.Rošťák 1t/ha	Pa-1	93,0	2,94	0,30	3,86	0,59	1,94	0,86	5,45	0,57	30,9
3.Rošťák 2t/ha	Pa-2	93,7	2,57	0,27	3,76	0,53	1,85	0,75	4,29	0,75	28,1
4.Rošťák 5t/ha	Pa-5	93,6	2,61	0,33	4,98	0,44	1,61	0,70	5,08	0,53	29,8
Mrkev - kořen											
1.Kontrola	M-k-K	88,2	1,37	0,28	2,44	0,16	0,33	0,50	6,04	0,21	21,1
2.Rošťák 1t/ha	M-k-1	88,7	1,34	0,27	2,28	0,16	0,33	0,49	5,85	0,14	20,4
3.Rošťák 2t/ha	M-k-2	89,3	1,28	0,24	2,06	0,16	0,36	0,40	5,84	0,19	20,2
4.Rošťák 5t/ha	M-k-5	87,6	1,27	0,26	2,54	0,15	0,36	0,36	5,85	0,17	20,1
Mrkev - nať											
1.Kontrola	M-n-K	91,4	2,06	0,19	4,68	0,40	3,74	0,92	7,24	0,92	28,2
2.Rošťák 1t/ha	M-n-1	91,5	2,49	0,19	3,17	0,43	4,28	0,74	8,76	1,06	30,2
3.Rošťák 2t/ha	M-n-2	91,6	2,05	0,19	3,16	0,42	3,43	0,63	9,62	1,83	30,5
4.Rošťák 5t/ha	M-n-5	91,9	2,08	0,19	4,67	0,37	3,54	0,72	7,54	0,92	28,6
Ječmen - zrno											
1.Kontrola	J-z-K	89,3	2,77	0,41	0,70	0,16	0,04	0,06	6,78	<0,50	31,4
2.Rošťák 1t/ha	J-z-1	89,1	2,62	0,42	0,70	0,15	0,04	0,05	6,80	<0,50	28,6
3.Rošťák 2t/ha	J-z-2	89,2	2,56	0,43	0,69	0,15	0,04	0,06	6,94	<0,50	29,1
4.Rošťák 5t/ha	J-z-5	89,1	2,68	0,43	0,69	0,14	0,04	<0,05	6,93	<0,50	31,1
Ječmen - sláma											
1.Kontrola	J-s-K	88,3	1,43	0,10	3,85	0,19	0,80	0,37	4,65	4,13	12,5
2.Rošťák 1t/ha	J-s-1	89,4	1,17	0,07	3,53	0,17	0,87	0,37	4,42	4,99	9,51
3.Rošťák 2t/ha	J-s-2	89,1	1,12	0,05	2,90	0,15	0,73	0,29	4,63	2,83	8,11
4.Rošťák 5t/ha	J-s-5	90,0	1,14	0,06	3,04	0,14	0,68	0,33	4,50	1,17	11,4
Salát											
1.Kontrola	S-K	8,0	3,34	0,35	4,20	0,14	0,09	0,21	5,94	0,31	30,5
2.Rošťák 1t/ha	S-1	7,5	3,07	0,33	3,97	0,14	0,11	0,18	5,38	0,26	25,3
3.Rošťák 2t/ha	S-2	8,1	2,93	0,31	3,61	0,13	0,10	0,17	4,63	0,23	23,9
4.Rošťák 5t/ha	S-5	7,8	2,85	0,32	3,68	0,13	0,09	0,11	4,38	0,16	23,8
Polníček											
1.Kontrola	Po-K	8,3	2,59	0,42	4,16	0,60	1,57	<0,05	9,41	0,70	45,6
2.Rošťák 1t/ha	Po-1	7,2	2,24	0,51	3,94	0,59	1,65	<0,05	9,45	0,54	40,2
3.Rošťák 2t/ha	Po-2	8,0	2,03	0,52	4,00	0,59	1,76	<0,05	9,49	0,71	37,5
4.Rošťák 5t/ha	Po-5	7,9	1,77	0,69	4,38	0,53	1,87	<0,05	9,51	0,65	49,7

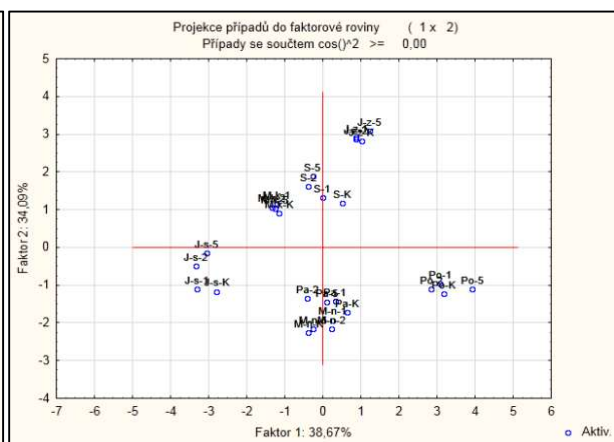
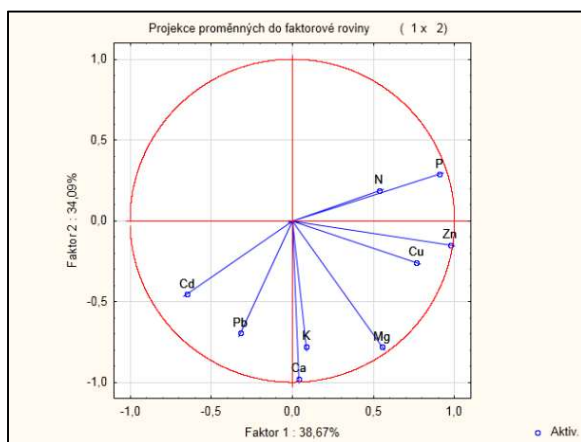
Obsahy Mg, Ca, Cd a Pb mají výrazně levostranné rozdělení, proto se použila transformace ve tvaru $X = \ln(X)$ Takto transformovaná data se ještě standardizují. Následně se použije analýza hlavních komponent.

4.2 Analýza hlavních komponent - makroelementy a TK v rostlinách

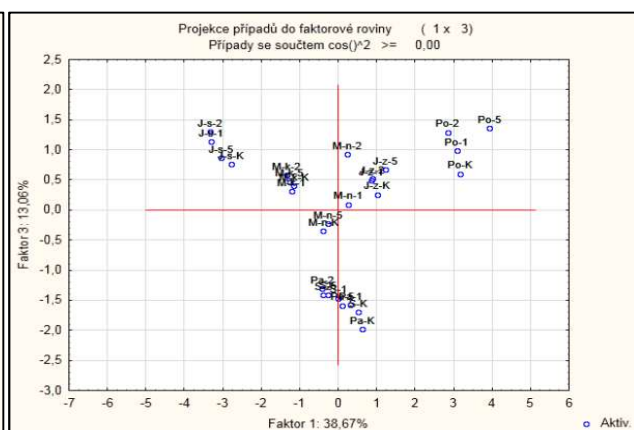
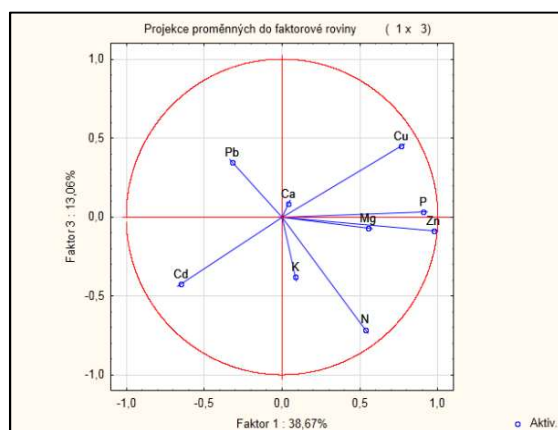
Tab.4.2: Faktorové souřadnice proměnných podle korelací

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7	Faktor 8	Faktor 9
N	0,534253	0,186513	-0,714099	0,248085	0,320691	0,056983	-0,031678	-0,029428	0,018577
P	0,909039	0,288362	0,029944	0,000306	-0,215695	-0,139337	0,139576	-0,062451	0,016695
K	0,084146	-0,777729	-0,379990	0,211026	-0,405824	0,184630	0,005043	-0,005520	-0,017188
Cu	0,765501	-0,258714	0,446482	-0,162017	0,194298	0,286199	0,010935	-0,039360	-0,012232
Zn	0,973760	-0,148973	-0,089116	-0,060302	0,031847	-0,009961	0,053119	0,118684	0,000587
Mg	0,550489	-0,780491	-0,071190	-0,095778	0,088557	-0,238862	-0,077964	-0,028321	-0,042146
Ca	0,041824	-0,978158	0,081480	-0,160627	-0,029086	-0,030918	-0,056616	-0,005022	0,063126
Cd	-0,647693	-0,453998	-0,427868	-0,382404	0,155356	0,021207	0,142665	-0,007897	-0,008656
Pb	-0,320799	-0,696033	0,343165	0,486501	0,211234	-0,055543	0,102202	0,005603	-0,000288

Obsah P, Cu, Zn koreluje kladně a Cd záporně s první hlavní komponentou. Obecně je možné konstatovat, že čím více bylo v rostlinách P tím méně Cd. Obsah Ca, Mg, Pb a K koreluje záporně s druhou hlavní komponentou. Obsah dusíku koreluje záporně s třetí hlavní komponentou.



Tato analýza dobře rozlišuje jednotlivé plodiny. První komponenta výrazně odlišuje *slámu ječmene* s **nízkým** a *polníček* s **vysokým** obsahem P a Zn. Aplikace hnojiva se projevuje většinou ve směru Mg (je více závislá na druhé než na první komponentě). Aplikací Rošťáku došlo k poklesu obsahu Ca, Mg.



Nejzřetelněji se aplikace hnojiva projevuje na obsahu dusíku (3. komp). Stupňování hnojiva se projevilo vesměs poklesem obsahu dusíku.

4.3 Zhodnocení PAH v rostlinách

Tab.4.3: Zhodnocení obsahu PAH v suché hmotě rostlin [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]

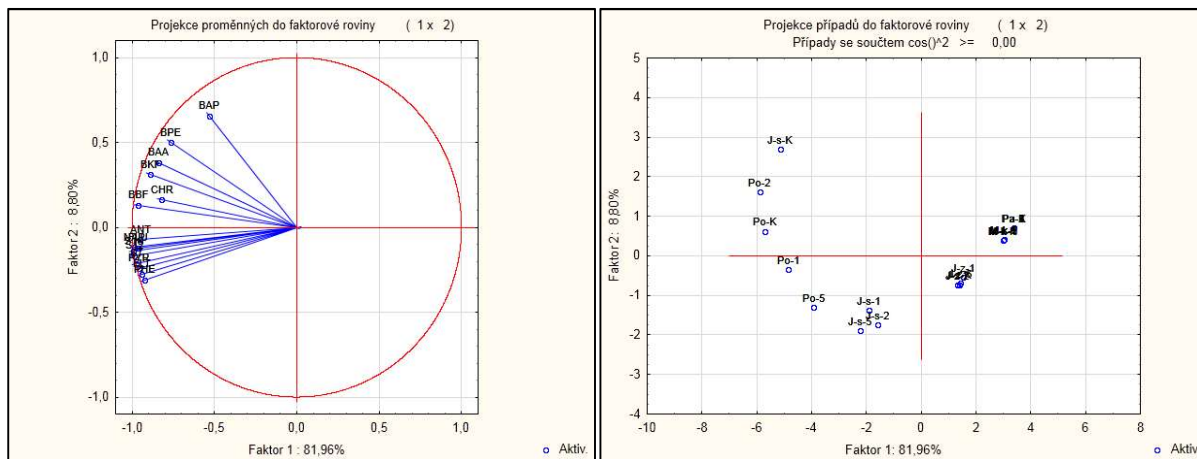
Kombinace	PAHY v suché hmotě [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$]																suma	suma	suma
	ANA	ANT	ANY	BAA	BAP	BBF	BKF	BPE	DBA	FLT	FLU	CHR	IPY	NAP	PHE	PYR	16	12	7
Papriky plod																			
1.Kontrola	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	2	1	39,0	23,0	12,0
2. R 1t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	2	1	39,0	23,0	12,0
3.R 2t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	2	1	39,0	23,0	12,0
4.R 5t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	2	1	39,0	23,0	12,0
Mrkev kořen																			
1.Kontrola	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	6,52	1	43,5	27,5	16,5
2. R 1t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	6,35	1	43,4	27,4	16,4
3.R 2t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	5,91	1	42,9	26,9	15,9
4.R 5t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	1	2	2	5	2,5	6,02	1	43,0	27,0	16,0
Ječmen zrno																			
1.Kontrola	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	7,5	2	2	5	6,55	18,9	3,92	69,4	53,4	39,5
2. R 1t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	5	4,36	2	5	6,85	12,4	3,08	62,2	43,8	30,8
3.R 2t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	6,42	2	2	5	8,42	16,9	4,99	69,2	53,2	38,2
4.R 5t/ha	2,5	1	10	2	1,5	1,5	1	2,5	1,5	6,82	2	2	5	6,89	19,1	3,26	68,6	52,6	39,3
Ječmen sláma																			
1.Kontrola	2,5	2,6	10	6,29	3,75	11,4	5,95	6,94	1,5	28,5	14,3	11,1	5	39,5	51,2	18,5	219,0	190,7	142,9
2. R 1t/ha	2,5	3,56	10	2	1,5	3,5	2,14	2,5	1,5	20,3	10,3	5,16	5	13,9	49,4	14,4	147,7	123,4	95,8
3.R 2t/ha	2,5	2,74	10	2	1,5	3,49	1	2,5	1,5	20,9	12	4,04	5	16,3	56	12,8	154,3	128,3	103,5
4.R 5t/ha	2,5	2,79	10	2	1,5	3,69	1	2,5	1,5	26,2	14,8	5,99	5	20	72	17,2	188,7	159,9	130,5
Polníček listy																			
1.Kontrola	2,5	5,14	10	7,69	1,5	19,8	9,35	9,34	1,5	38,7	22,9	4,99	5	46,6	92,8	23,8	301,6	264,7	197,4
2. R 1t/ha	2,5	4,52	10	4,22	1,5	13,5	7,46	5,58	1,5	35,5	26,8	4,55	5	43,9	95,9	21,0	283,4	242,6	190,1
3.R 2t/ha	2,5	7,06	10	11,3	3,14	15,4	5,13	5,18	1,5	33,6	21,5	5,43	5	49,0	104,0	23,0	302,7	267,2	213,5
4.R 5t/ha	2,50	4,40	10,00	7,12	1,50	14,00	3,54	2,50	1,50	29,70	20,50	2,00	5	44,1	103	18,9	270,3	235,8	191,8

4.4 Analýza hlavních komponent PAH v rostlinách

Proměnné ANA, ANY, DBA, IPY nemají žádný rozptyl, proto nebudou do porovnání zahrnuty. Ostatní proměnné mají výrazné levostranné rozdělení, proto bude použita transformace ve tvaru $X = \ln(X)$. Takto transformovaná data budou ještě standardizována. Následně bude použita analýza hlavních komponent.

Tab.4.4: Faktorové souřadnice proměnných podle korelací

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7	Faktor 8
ANT	-0,949951	-0,073389	0,102943	-0,006121	-0,255289	0,053819	0,011397	0,108165
BAA	-0,840465	0,382544	0,255245	-0,273978	-0,019850	0,013850	-0,059715	0,025193
BAP	-0,530758	0,655873	-0,470186	-0,255695	0,000982	-0,003544	0,021788	-0,012492
BBF	-0,961551	0,131329	0,205656	-0,020459	-0,096956	-0,014427	-0,005652	-0,042965
BKF	-0,887172	0,309241	0,284165	0,097077	0,036925	-0,024908	0,157121	-0,015912
BPE	-0,765490	0,498292	0,171483	0,293534	0,203606	0,031197	-0,079791	0,018561
FLT	-0,938939	-0,275963	-0,115000	-0,018323	0,141337	-0,073642	0,001040	0,041676
FLU	-0,960322	-0,121804	0,042494	0,063531	-0,199264	-0,040808	-0,047342	-0,099101
CHR	-0,820017	0,162820	-0,423144	0,323363	-0,120096	0,016680	0,002768	0,006175
NAP	-0,983456	-0,117004	-0,006813	-0,067153	0,085124	-0,077728	-0,013699	-0,019401
PHE	-0,920924	-0,309119	-0,071502	-0,073052	0,126325	0,164960	0,024002	-0,043236
PYR	-0,958350	-0,241041	-0,106189	-0,004161	0,066550	-0,064942	0,004680	0,047918
S16	-0,989193	-0,140503	0,008182	-0,018602	-0,016904	0,000147	-0,012618	-0,006650
S12	-0,984977	-0,166114	-0,017959	-0,028230	0,020477	0,007280	-0,004501	0,000126
S7	-0,973095	-0,211756	-0,047083	-0,046048	0,054607	0,026009	0,000959	-0,005828



Podle projekce proměnných do faktorové roviny všechny proměnné (kromě BAP) negativně korelují s první hlavní komponentou (Faktor 1). Proměnná BAP pozitivně koreluje s druhou hlavní komponentou (Faktor 2). Z projekce případů (plodin) do faktorové roviny je zřejmé, že aplikace hnojiva Rošťák se projevila pouze u *polníčku a slámy ječmene*.

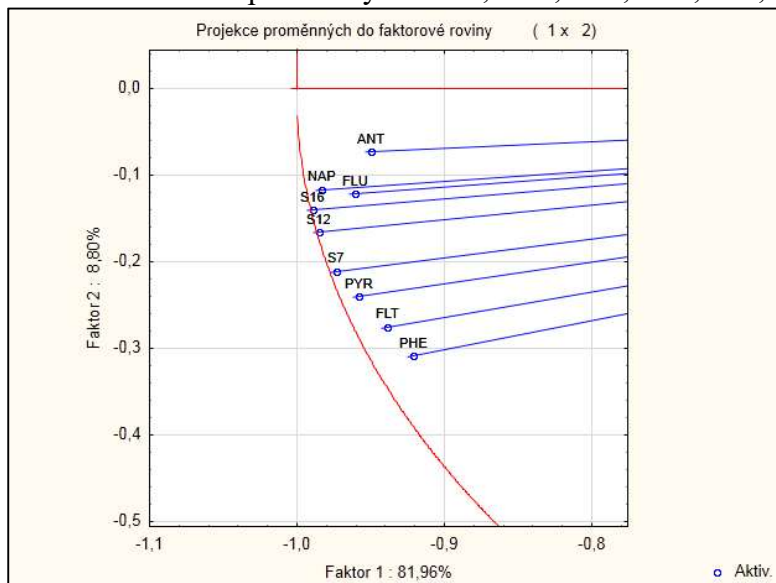
U slámy ječmene je kontrola zcela odlišná od všech použitých dávek hnojiva a má prakticky ve všech parametrech nejvyšší hodnoty. Z projekce do faktorové roviny je patrná její zcela odlišná poloha od ostatních plodin.

O důvodu odlišnosti kontroly se lze jen domnívat, mohla být způsobena právě volatilizací PAH přímo na pokusném místě během vegetace. Nádoby s ječmenem (kontrola) přímo sousedily s nádobami další plodiny (mrkve) hnojené nejvyšší dávkou 5/t/ha.

U polníčku hodnota u sledovaných parametrů klesá v pořadí Po-2>Po-K>Po-1>Po-5, což je směr odpovídající druhé komponentě a tudíž hlavně parametru BAP. U mrkve, papriky a zrna ječmene nejsou zjištěny výraznější rozdíly.

Agentura pro výzkum rakoviny (IARC) klasifikuje sloučeniny, matrice obsahující škodlivé látky nebo fyzikální vlivy podle schopnosti vyvolat rakovinné bujení u člověka do 5 skupin (1, 2A, 2B, 3 a 4). BAP je z hlediska nebezpečí pro lidské zdraví zařazen do skupiny 1, kde jsou deriváty klasifikovány jako karcinogeny (PRYČEK et al. 2011).

Detailní zobrazení proměnných ANT,NAP,FLU,PYR,FLT,PHE a sumárního vyčíslení PAH



4.5 Výpočet toxického ekvivalentu PAH v rostlinách

Jako relativní měřítko toxického potenciálu látky byl zaveden faktor toxického ekvivalentu (Toxicity Equivalent Factor, TEF), který vztahuje relativní potenci látky na referenční hodnotu, kterou je toxický potenciál BAP jehož TEF je roven 1 (NISBET, 1992; LARSEN et LARSEN, 1998).

Celkový toxický ekvivalent směsi PAU se vyjadřuje pomocí hodnoty TTEC (Total Toxicity Equivalent Concentration) (NIELSEN 1996; YUO et al 2007). TTEC je vypočítán jako suma součinu koncentrací jednotlivých složek směsi a příslušného TEF. Lze tedy stanovit, která z látek ve směsi se na celkové karcinogenitě podílí významně a které jsou zanedbatelné.

Tab.4.5: Vybrané deriváty PAU, faktor toxického ekvivalentu TEF

Analyt	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	DBA	BPE	IPY
TEF	0,001	0,010	0,001	0,001	0,100	0,010	0,100	0,100	1,000	1,000	0,010	0,100

Tab.4.6: Vybrané PAU, výpočet sumy TTEC v plodinách

Pokusné plodiny	Suma TTEC			
	1.Kontrola	2. R 1 t/ha	3. R 2 t/ha	3. R 5 t/ha
paprika	4,0090	4,0090	4,0090	4,0090
mrkev - kořen	4,0135	4,0134	4,0129	4,0130
ječmen - zrno	4,0353	4,0255	4,0333	4,0342
ječmen- sláma	8,4186	4,4603	4,3315	4,3972
polníček	6,7074	5,6744	8,4133	5,9716

I předkládané výsledky byla suma TTEC vypočítána (tab.4.6) za pomoci toxického ekvivalentu TEF (tab.4.5). Suma TTEC u papriky dosáhla nejnižších hodnot, bez rozdílů mezi kombinacemi. Nejvyšší toxicita (tab.4.6) dle byla zjištěna v ječné slámě po kontrole a u kozlíčku po dávce hnojiva 2 t/ha. Výsledky ukazují na možné riziko při přímém konzumu polníčku nebo ponechání slámy po sklizni na pozemku, kompostování či jiném způsobu návratu na zemědělskou půdu.

Diskutovaná vysoká toxicita se shoduje s výsledky Analýzy hlavních komponent. Jako nejpravděpodobnější cesta vstupu PAH do pěstovaných plodin se jeví vstup prostřednictvím atmosféry. PAH jsou samozřejmě součástí „běžné“ atmosféry, navíc dochází k těkání PAH obsažených v hnojivu z půdy do přízemních vrstev atmosféry a odtud k jejich vazbě do rostlinných pletiv. Toto je podporováno výsledky analýzy slámy a zrna ječmene.

Naproti tomu zrno obalené plevami je na rozdíl od slámy před depozicí PAH chráněno. Zvýšené obsahy PAH v polníčku, který vytváří přízemní růžici jsou znepokojivé a vzhledem k nízkým obsahům v paprice napovídají spíše o volatilizaci PAH z půdy a jejich následné sorpci na rostlinná pletiva. Větší sorpce je zřejmě ve vrstvách atmosféry nejbližší půdě anebo plody papriky jsou chráněny alespoň částečně před depozicí listy.

V případě papriky jsou nízké obsahy PAH překvapivé, vzhledem ke schopnosti těchto látek poutat se na lipofilní struktury, jakou je vrstva kutinu, která papriku chrání. Nižší zastoupení karcinogenických PAHs ale mohlo být podle VÁCHY (2008) být způsobeno také omytím plodů destilovanou vodou před analýzou.

Nízké obsahy v mrkvi (kořenová zelenina) ukazují na zanedbatelný přestup PAH z půdy do kořenů.

5 ANALÝZY PŮDY

V průměrných vzorcích půdy odebraných po sklizni všech plodin z každé kombinace hnojení bylo stanoveno pH/CaCl₂ a přístupné živiny P, K, Ca, Mg ve výluhu Mehlich III. TK Cd, Cu, Pb, Zn v 2M HNO₃ a PAH.

5.1 Základní agrochemické vlastnosti půdy a TK

Tab. 5.1: Obsah přístupných živin a TK ve vzorcích půdy po sklizni

Kombinace hnojení	přístupné živiny Mehlich III [mg.kg ⁻¹]					TK v 2M HNO ₃ [mg.kg ⁻¹]			
	pH/CaCl ₂	P	K	Mg	Ca	Cd	Cu	Pb	Zn
Limit	-	-	-	-	-	2	150	100	600
Po paprice									
1.Kontrola	6,3	117	179	308	3880	0,20	9,65	14,8	15,5
2.Rošťák 1t/ha	6,4	136	191	312	3880	0,21	9,75	14,8	16,5
3.Rošťák 2t/ha	6,2	149	186	313	3840	0,22	10,1	14,6	18,1
4.Rošťák 5t/ha	6,3	360	212	326	4250	0,25	9,95	14,5	19,7
Po ječmeni									
1.Kontrola	6,1	118	206	296	3380	0,19	9,15	15,8	14,7
2.Rošťák 1t/ha	6,1	92	187	293	3170	0,18	9,15	15,5	13,9
3.Rošťák 2t/ha	6,2	85	165	302	3250	0,18	9,05	15,4	14,1
4.Rošťák 5t/ha	6,2	101	174	301	3320	0,20	9,15	16,1	14,7
Po mrkvi									
1.Kontrola	5,8	88	171	313	3280	0,20	8,34	14,6	13,2
2.Rošťák 1t/ha	5,7	106	171	278	3520	0,19	8,02	14,3	13,1
3.Rošťák 2t/ha	5,8	99	166	369	2770	0,20	8,60	14,4	13,8
4.Rošťák 5t/ha	5,9	116	209	458	2680	0,21	8,45	14,6	14,7
Po salátu									
1.Kontrola	6,0	47,0	171	295	3130	0,16	8,92	13,4	17,2
2.Rošťák 1t/ha	6,0	56,8	167	300	3110	0,16	9,68	13,7	17,4
3.Rošťák 2t/ha	6,0	57,4	171	303	3220	0,16	9,08	13,8	16,7
4.Rošťák 5t/ha	6,1	59,1	187	314	3230	0,16	9,63	13,6	19,1
Výchozí obsah	7,4	10,6	130	346	5030	0,17	8,53	13,5	14,5

Aplikace Rošťáku v dávce 5 t/ha u všech plodin zvýšila zásobu draslíku.

5.2 Zhodnocení obsahu PAH v půdě

Vzorky na stanovení PAU byly odebírány z nádob v lednu 2012, tady přibližně 10 měsíců po aplikaci hnojiva Rošťák do půdy.

Tab.5.2: PAHY v půdě po sklizni plodin [μg.kg⁻¹]

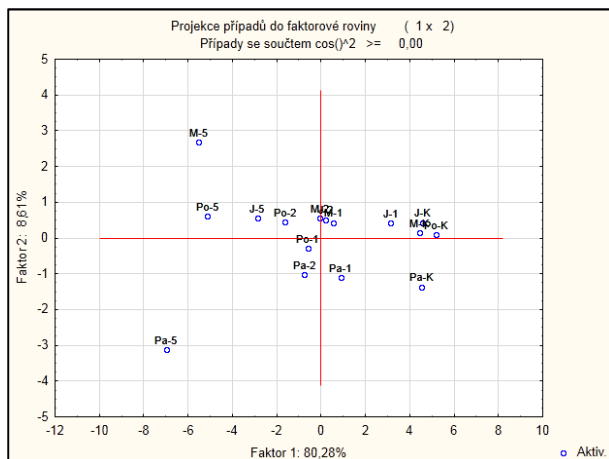
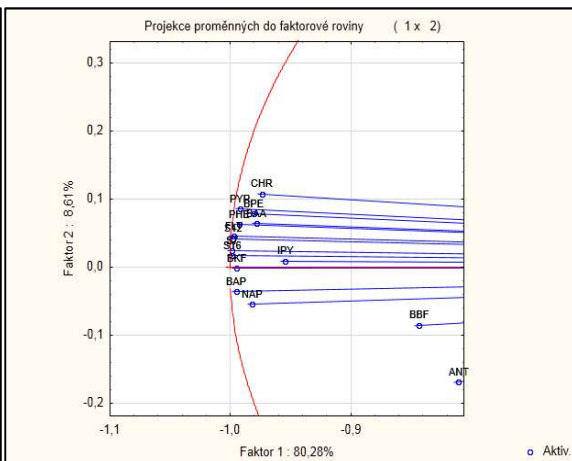
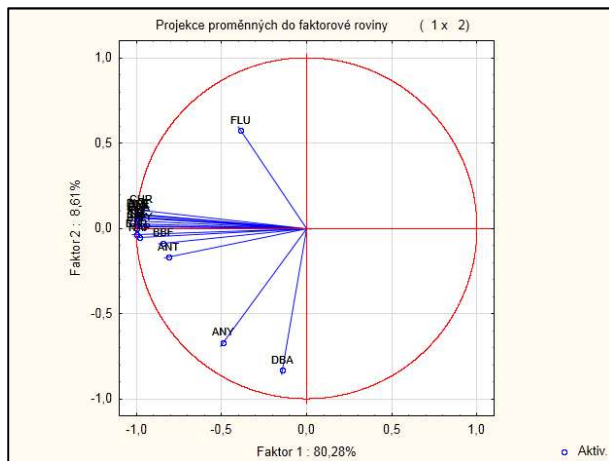
Kombinace	PAHY půda [μg.kg ⁻¹]																Σ 16	Σ 12	Σ 7
	ANA	ANT	ANY	BAA	BAP	BBF	BKF	BPE	DBA	FLT	FLU	CHR	IPY	NAP	PHE	PYR			
Papriky																			
1.Kontrola	2,5	2,35	10	8,12	13,8	17,6	7,06	11,3	10,6	23,7	2	9,72	11,4	11,4	11,7	18,4	161,93	146,55	80,8
2. R 1t/ha	2,5	3,65	10	13,3	25,6	22,2	11,2	26,3	11,3	49,9	2	16,4	23,4	17,6	25,2	49,7	293,85	284,45	151,7
3.R 2t/ha	2,5	4,55	10	16	37,1	22,1	13,8	53,1	12	63,3	2	19,6	40	22,3	32,5	69,6	400,85	393,95	195,4
4.R 5t/ha	2,5	12,6	38,2	30,4	96,2	47,5	27,4	169	14,9	192	2	38,5	89,7	71,7	105	211	1110,10	1091,00	546,4
Mrkev																			
1.Kontrola	2,5	2,93	10	10,3	13,5	15,2	6,65	11,8	1,5	25,6	2	13,1	5	9,83	12,9	21,4	151,11	148,21	88,2
2. R 1t/ha	2,5	5,56	10	15,5	25,1	14,4	11,3	40,7	1,5	52,6	2	19,4	27,1	16,7	27,4	55,3	307,66	311,06	162,3
3.R 2t/ha	2,5	2,59	10	14,1	30,3	20,4	11,7	57,1	1,5	61,9	2	18,3	30,2	22,5	34,3	72,9	373,99	376,29	184,0
4.R 5t/ha	2,5	6,45	10	28,8	73,4	29,9	24,8	153	1,5	162	5,08	36,9	78,6	48,3	86,1	199	909,43	927,25	442,0
Ječmen																			
1.Kontrola	2,5	1	10	10,4	13,2	9,36	6,63	11,4	1,5	26,7	2	13,2	10,7	11,8	15,8	22,2	155,19	152,39	92,1
2. R 1t/ha	2,5	1	10	10,4	16,6	20,9	7,37	23,7	1,5	32,1	2	13,2	16,9	14,1	18	32,1	209,17	206,37	105,4
3.R 2t/ha	2,5	3,35	10	15,8	23,6	25,7	10,9	34,3	1,5	62,5	2	22,1	21,7	16,6	35,6	62	328,05	334,15	179,6
4.R 5t/ha	2,5	3,64	10	17,8	45,3	60,6	16,4	92,5	1,5	97,1	2	24	52,1	38,4	56,4	111	607,24	615,24	282,6
Polníček																			
1.Kontrola	2,5	2,79	10	8,38	11,2	13,4	6,07	8,25	1,5	23,7	2	12	5	10	11,7	18,4	134,89	130,89	79,8
2. R 1t/ha	2,5	5,80	10	15,4	30,2	27,8	11,8	56,5	3,90	63,6	2	19,8	32	21,3	33	68,5	384,30	385,70	189,1
3.R 2t/ha	2,5	6,89	10	15,5	38,9	27,5	13,7	70,4	1,5	82,5	2	21,5	41,4	26,1	42,2	97,6	478,69	484,19	233,6
4.R 5t/ha	2,5	12,3	10	26,2	62,4	51,6	23,8	142	1,5	156	2	34,1	75,7	39,5	80,3	187	872,80	890,90	410,8

Proměnná ANA nemá žádný rozptyl, proto nebude do porovnání zahrnuta. Ostatní proměnné mají levostranné rozdělení, proto bude použita transformace ve tvaru $X = \ln(X)$. Takto transformovaná data budou ještě standardizována. Pak bude použita analýza hlavních komponent.

5.3 Analýza hlavních komponent PAH v půdě

Tab.5.3: Faktorové souřadnice proměnných podle korelací

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7	Faktor 8
ANT	-0,810416	-0,168962	0,054194	-0,073009	-0,541810	0,087570	-0,069423	0,007927
ANY	-0,490083	-0,669020	-0,183569	0,518033	0,064522	0,057750	-0,041639	0,027565
BAA	-0,978472	0,063523	-0,057886	0,081511	-0,062701	-0,069371	0,124715	0,033832
BAP	-0,994814	-0,036338	-0,040040	-0,032970	0,019942	-0,027629	-0,038622	-0,026845
BBF	-0,842946	-0,085707	0,303010	-0,147831	0,165542	0,372852	0,033522	0,027787
BKF	-0,994780	-0,002241	-0,041145	-0,049763	-0,028539	-0,013872	0,016363	-0,040321
BPE	-0,980535	0,078275	0,079698	-0,051770	0,056247	-0,072668	-0,080588	0,068937
DBA	-0,140863	-0,834013	-0,360066	-0,386699	0,036619	-0,028526	0,054235	-0,000045
FLT	-0,997246	0,045289	0,024996	0,014396	-0,013822	-0,012715	0,022444	-0,017564
FLU	-0,388494	0,574445	-0,703510	-0,024906	0,011725	0,149613	-0,024519	0,018196
CHR	-0,973815	0,106952	-0,004402	0,124832	-0,081785	-0,033311	0,125044	0,009075
IPY	-0,954271	0,008382	0,032429	-0,163656	0,142768	-0,168675	-0,067865	0,042492
NAP	-0,981545	-0,054647	-0,035464	0,049640	0,126462	0,037669	-0,073281	-0,073599
PHE	-0,992404	0,061889	0,040377	0,048045	0,044939	-0,033173	0,044062	-0,017729
PYR	-0,991476	0,084934	0,055202	-0,019150	0,007451	-0,054978	-0,005208	0,003375
S16	-0,998459	0,016801	0,021728	-0,027031	0,030353	-0,004749	-0,021176	-0,005821
S12	-0,997741	0,041258	0,036858	-0,016400	0,025922	-0,014718	-0,013588	-0,001038
S7	-0,998592	0,023628	0,003866	0,033590	-0,002133	-0,011306	0,018130	-0,022867



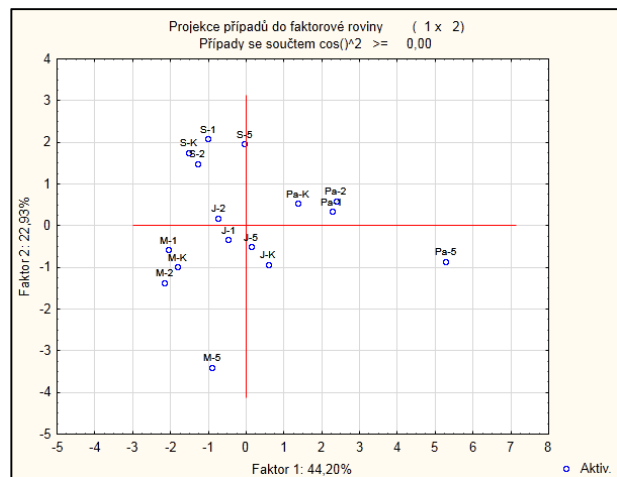
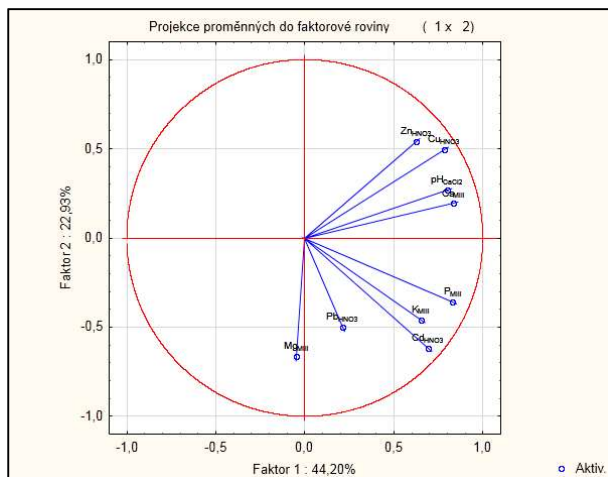
Podle projekce proměnných do faktorové roviny téměř všechny proměnné (kromě FLU, ANY a DBA) negativně korelují s první hlavní komponentou (Faktor 1). Proměnné ANY a DBA negativně korelují s druhou hlavní komponentou (Faktor 2). Proměnná FLU negativně koreluje s třetí komponentou (Faktor 3). Z projekce případů (plodin) do faktorové roviny je zřejmé, že aplikace hnojiva Rošťák se projevuje zvyšujícími se hodnotami proměnných na první komponentě (tzn. zvyšujícími se obsahy PAH), tak jak se postupně zvyšují dávky a to po všech plodinách.

Po paprice se dávka 5 t/ha projevuje navíc vyššími hodnotami ANY a DBA a nízkými hodnotami FLU. Vysoké hodnoty FLU vystupují po mrkvi při dávce 5 t/ha.

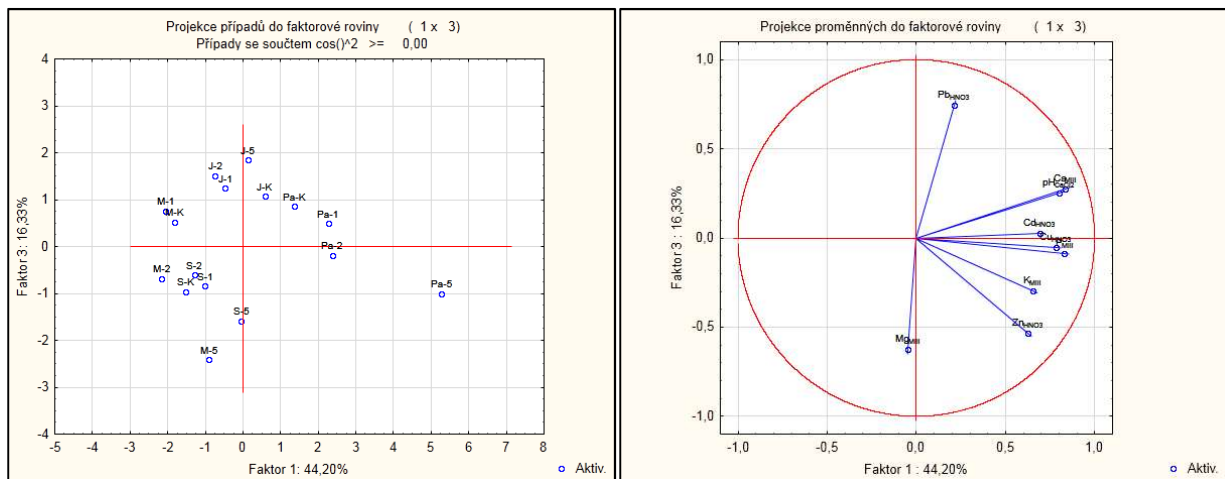
5.4 Analýza hlavních komponent makroelementů a TK v půdě

Tab.5.4: Faktorové souřadnice proměnných podle korelací

Proměnná	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5	Faktor 6	Faktor 7	Faktor 8	Faktor 9
pH _{CaCl2}	0,799304	0,267777	0,249787	-0,405945	-0,132436	-0,133022	0,160549	0,004476	0,034543
P _{MIII}	0,830686	-0,359568	-0,085427	0,338915	0,010239	0,179073	0,143734	-0,074222	-0,013054
K _{MIII}	0,653134	-0,458164	-0,294775	-0,227751	0,465546	-0,074453	-0,043902	-0,014886	0,017705
Mg _{MIII}	-0,048606	-0,666176	-0,626796	-0,292304	-0,255944	-0,086331	0,013263	-0,008312	-0,048224
Ca _{MIII}	0,834403	0,192542	0,277189	0,376251	0,020147	-0,206715	-0,040711	0,009678	-0,058407
Cd _{HNO3}	0,691544	-0,620050	0,028227	0,258525	-0,230081	-0,004842	-0,099836	0,058686	0,057450
Cu _{HNO3}	0,780978	0,496869	-0,051817	-0,282235	-0,137543	0,093654	-0,156461	-0,093122	-0,003419
Pb _{HNO3}	0,210231	-0,500898	0,745337	-0,353721	0,033082	0,134072	-0,022357	0,055920	-0,039532
Zn _{HNO3}	0,625847	0,538324	-0,533139	-0,032690	0,037725	0,122246	0,018370	0,127359	-0,017077



Podle projekce proměnných do faktorové roviny všechny proměnné kromě Mg (druhá komponenta) a Pb (třetí komponenta) pozitivně korelují s první hlavní komponentou. Z projekce případů (plodin) do faktorové roviny je zřejmé, že dávka 5 t/ha výrazně ovlivňuje sledované proměnné v půdě po mrkvi, paprice a salátu, zde jsou vyšší hodnoty pH, Zn, Cu, Ca, P, K, Cd a Mg. U ječmene při dávce 5 t/ha je zjištěn vyšší obsah Pb. Z projekce první a třetí komponenty se dá usoudit, že zvyšující se dávky hnojiva u papriky, mrkve a salátu zvyšují zejména obsah Mg, K a Zn v půdě.



5.5 Výpočet toxického ekvivalentu PAH v půdě

Celkový toxický ekvivalent směsi TTEC byl stejně jako v případě rostlin počítán jako suma součinu koncentrací jednotlivých složek směsi a příslušného TEF. Lze tedy stanovit, která z látek ve směsi se na celkové karcinogenitě podílí významně a které jsou zanedbatelné.

Tab.5.5: Vybrané deriváty PAU, faktor toxického ekvivalentu TEF

Analyt	PHE	ANT	FLT	PYR	BAA	CHR	BBF	BKF	BAP	DBA	BPE	IPY
TEF	0,001	0,010	0,001	0,001	0,100	0,010	0,100	0,100	1,000	1,000	0,010	0,100

Tab.5.6: Vybrané PAU, výpočet sumy TTEC v půdě po zkoušených plodinách

Půda po plodinách	Suma TTEC			
	1.Kontrola	2.Rošťák 1 t/ha	3.Rošťák 2 t/ha	4.Rošťák 5 t/ha
paprika	29,11	44,50	59,23	133,31
mrkev	19,05	34,22	40,39	93,52
ječmen	18,73	24,12	33,27	62,96
polníček	16,27	43,79	51,42	83,94

Stupňování Rošťáku se projevilo postupným vzestupem sumy TTEC v půdě (tab.5.6) u všech plodin. Nejvyšší nález tohoto ekvivalentu byl zjištěn po paprice při provokační dávce 5 t/ha. Na podobné úrovni byl po téže dávce TTEC po mrkvi a polníčku. Z výsledků je zřejmé, že úmyslné překročení doporučené dávky, které teoreticky simuluje tento pokus vede vyššímu zastoupení karcinogenních sloučenin PAHs. Otázkou k diskusi zůstává i možnost každoroční aplikace hnojiva a šetření obsahu PAH v dalších pokusných letech.

6 ZÁVĚR

Výnos: Stupňování dávek Rošťáku se do výnosu promítlo pozitivně. Dávka 2t/ha zvýšila výnos paprik o 4,5 %, mrkve o 23 % a salátu o 51 % proti kontrole. Dávka 5 t/ha o 6 % zvýšila výnos nati mrkve, zrna ječmene o 43 % a polníčku o 5 %. U slámy se stupňování Rošťáku projevilo negativně.

Analýzy rostlin: obsahy Cd a Pb byly v produktech určených ke konzumu porovnány s limity dle evropského nařízení č.1881/2006 (kontaminující látky v potravinách). Tyto limity nebyly u žádné plodiny překročeny.

Suma 16 PAH v paprice max. 39 $\mu\text{m.kg}^{-1}$, v kořeni mrkve 43,5 $\mu\text{m.kg}^{-1}$ při dávce hnojiva 2t/ha, stejně jako v zrně ječmene nejvýše 69,2 $\mu\text{m.kg}^{-1}$. Ve slámě nejvýše 219 $\mu\text{m.kg}^{-1}$ a u polníčku 301,6 $\mu\text{m.kg}^{-1}$ po kontrole.

PCA makro + TK: analýzou hlavních komponent bylo zjištěno, že aplikací hnojiva Rošťák došlo k poklesu obsahu Ca, Mg, K a N v rostlinách.

PCA PAH: Na obsah PAH nemělo hnojivo u většiny plodin vliv, kromě polníčku a slámy ječmene, kde se projevila zejména vyšší hodnota BAP (což je prokázaný lidský karcinogen zařazený z hlediska nebezpečí pro lidské zdraví do skupiny 1).

U slámy ječmene je kontrola zcela odlišná od všech použitých dávek hnojiva a má prakticky ve všech parametrech nejvyšší hodnoty. U polníčku hodnota u sledovaných parametrů klesá v pořadí Po-2>Po-K>Po-1>Po-5, což je směr odpovídající druhé komponentě a hlavně parametru BAP. U mrkve, papriky a zrna ječmene nejsou zjištěny výraznější rozdíly.

Toxický ekvivalent: Suma TTEC u papriky dosáhla nejnižších hodnot, bez rozdílů mezi kombinacemi. Nejvyšší toxicita byla zjištěna v slámě ječmene po kontrole a u kozlíčku po dávce 2 t/ha. Výsledky ukazují na možné riziko při přímém konzumu polníčku nebo ponechání slámy po sklizni na pozemku, kompostování či jiném způsobu návratu na zemědělskou půdu.

Analýzy půdy: Aplikace Rošťáku v dávce 5 t/ha po všech plodinách zvýšila zásobu draslíku. Aplikací Rošťáku obsah Cd, Cu, Pb, Zn nebyly nepřekročeny limity dle vyhlášky č.13/1994 Sb. Suma 16 PAH v půdě narůstala prokazatelně se stupňovanou dávkou Rošťáku, nejvyšší nález 1111 $\mu\text{m.kg}^{-1}$ byl po paprice při provokační dávce 5t/ha. Vyhláškou č. 13/1994 Sb. pro PAH je hodnota přípustného znečištění 1,0 mg.kg^{-1} (suma 7 PAH). Nejvyšší nález byl pod polovinou povoleného množství.

PCA PAH: hnojivo Rošťák se projevuje zvyšujícími se hodnotami proměnných na první komponentě, tak jak se postupně zvyšují dávky, a to u všech plodin. V půdě po paprice se dávka 5 t/ha projevuje vyššími hodnotami ANY a DBA a nízkými hodnotami FLU. Vysoké hodnoty FLU vystupují u mrkve při dávce 5 t/ha.

PCA makro + TK: dávka 5 t/ha výrazně ovlivňuje sledované proměnné u mrkve, papriky a salátu, zde jsou vyšší hodnoty pH, Zn, Cu, Ca, P, K, Cd a Mg. U ječmene při dávce 5 t/ha je zjištěn vyšší obsah Pb. Z projekce první a třetí komponenty se dá usoudit, že zvyšující se dávky hnojiva u papriky, mrkve a salátu zvyšují zejména obsah Mg, K a Zn v půdě.

Toxický ekvivalent: Stupňování Rošťáku se projevilo postupným vzestupem sumy TTEC v půdě u všech plodin. Nejvyšší nález byl po paprice při provokační dávce 5 t/ha. Na podobné úrovni byl po téže dávce TTEC po mrkvi a polníčku. Z výsledků je zřejmé, že úmyslné překročení doporučené dávky, které teoreticky simuluje tento pokus vede k vyššímu zastoupení karcinogenních sloučenin PAHs.

Doporučení pro vegetaci 2012: další šetření my mohlo být zaměřeno na sledování zátěže u PAH a TK u těchto zelenin: polníček, špenát, ječmen jarní, pšenice nebo řepka jarní. Tedy listová zelenina u nichž se již prokázala zdravotní rizika a polní plodiny, jejichž sláma zůstává z části na zemědělské půdě.

U sledování půdních vzorků teoreticky existují dvě možnosti:

- následné sledování v r. 2012, přičemž Rošťákem nebude hnojeno
- rozdělení nádob každé kombinace na dvě skupiny: první bez dalšího dohnojení, druhá znovu Rošťákem hnojená. Tato alternativa ovšem přinese zdvojnásobení počtu vzorků.

7 FOTODOKUMENTACE

Ječmen jarní v termínech 19.5., 16.6. a 12.7.



Plody paprik první sklizeň



8 LITERATURA

1. Hendl J. (2004): Přehled statistických metod zpracování dat. Portál, 583 s.
2. Holoubek I.: Chemie životního prostředí IV. Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAHs). Brno, 2005. <http://recetox.muni.cz/index.php?id=23>
3. Larsen, J.C., Larsen, P. B. (1998): Chemical carcinogens. Air Pollut. Health 1998.s.33-56
4. MZd ČR: Vyhláška MZd ČR č. 305/2004 Sb., kterou se stanoví druhy kontaminujících a toxikologicky významných látek a jejich přípustné množství v potravinách. Sbírka zákonů 2004.
5. Nařízení komise (ES) č.1181/2006 kterým se stanoví maximální limity kontaminujících látek v potravinách
6. Němeček J., Podlešáková E., Pastuszková M. (1996): Rostlinná Výroba 42, 49
7. NISBET, I:C. LaCoy, P.K.: Toxic equivalency factors(TEFs) for polycyclic aromatics hydrocarbons (PAHs). Regul. Toxicol. Prarmacol. 3,1992, s-290-300
8. Pryček J., Seifertová M., Paul T., Vyhnálek R., Černá M., Trojáková L., Trešl T. (2011): Výskyt polycyklických aromatických uhlovodíků a jejich derivátů v ovzduší vybraných lokalit České republiky. Ochrana ovzduší 5-6/2011
9. Vácha R, Čechmánková J., Havelková M., Horváthová V. (2008): Transfer of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Soil into Selected Plants, The influence of polycyclic aromatic hydrocarbons. Chemické listy 102, 1003-1010
10. Výskyt polycyklických aromatických uhlovodíků a jejich derivátů v ovzduší vybraných lokalit České republiky, Ochrana ovzduší 5-6/1011