

Č.j.: UKZUZ 129192/2024

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

Oddělení výživy rostlin



Vliv organické a minerální recyklace živin na výnos

Výroční zpráva o výsledcích vegetační nádobové zkoušky,
třetí rok zkoušky - rok 2023

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

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

Předkládá: Ing. Josef Svoboda, Ph.D.
ředitel Sekce zemědělských vstupů

Brno, červenec 2024

1. Úvod

Název zkoušky: Vliv organické a minerální recyklace živin na výnos

Účel zkoušky: v řadě pokusů byl testován vliv organické hmoty na pěstované plodiny a půdní vlastnosti. Dávky organické hmoty však zpravidla nejsou odvozeny z produkčních možností použité půdy a pěstovaných plodin. V reálných podmínkách je každé organické hnojivo součástí cyklu živin. Vyšší úroveň hnojení znamená také vyšší produkci rostlinné hmoty, která může být potenciálně navracena do půdy jako zdroj živin. I když je dokonalá recyklace živin u řady plodin možná jen omezeně (např. obilniny), u jiných plodin může mít hnojení značný vliv na množství a kvalitu organické hmoty recyklované např. formou rostlinných zbytků (zelené hnojení, řepka) nebo jiných statkových hnojiv. Ve vegetační nádobové zkoušce byl proto testován vliv rostoucí dávky dusíku na výnos předplodiny a vliv recyklace sklizené biomasy na výnos následně pěstované plodiny.

Cíle zkoušky: objasnit, jestli vyšší výnos biomasy intenzivně hnojené předplodiny a její recyklace formou zapravení do půdy zvýší výnos následné plodiny. Zjistit, jak bude výnos ovlivněn organickou a jak minerální formou návratu odebraných živin do půdy. Zjistit množství N, které může být aplikováno a recyklováno, aniž by došlo k přehnojení. Ověřit možnosti hnojení pro potřeby nádobových zkoušek.

Hypotézy a očekávané výsledky:

- Výnos předplodiny roste s rostoucí dávkou N až do určité hranice
- Recyklace rostoucího množství N při rostoucí úrovni hnojení zvyšuje výnos následné plodiny až do určité hranice
- Organická recyklace umožní dosažení srovnatelného výnosu následné plodiny při nižší spotřebě N hnojení

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2021 ve vegetační hale ÚKZÚZ v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2021 - 2023

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako zdroj dusíku v minerální formě byla použita močovina s obsahem 46 % N
- Jako zdroj fosforu v minerální formě byl použit trojitý superfosfát s obsahem 20 % P
- Jako zdroj draslíku v minerální formě byl použit síran draselný s obsahem 42 % K

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Zbýšov (49.1315611N, 16.8127056E) - černozem (tab. 1).

Tab. 1 Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

Parametry	půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií			
		P	K	Mg	Ca
hodnocení	7,8	45,5	217,3	818,4	7894
	alkalická	nízký	dobrý	velmi vysoký	velmi vysoký

4. Zkušební plodiny

1. rok (2021): Předplodina: Řepka jarní (*Brassica napus*) - odrůda Cleopatra

Následná plodina: Kukuřice (*Zea mays*) - odrůda Pesandor

2. rok (2022): Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) – odrůda Laudis 550

3. rok (2023): Kukuřice (*Zea Mays*) - odrůda Honoreen

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky (před výsevem řepky) jsou uvedeny v tabulce 2. Tabulka 3 uvádí dávky živin aplikované k předplodině (ječmen jarní) ve druhém roce pokusu, tabulka 4 dávky živin aplikované ve třetím roce pokusu a v tabulce 5 je uvedeno schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob ve třetím roce pokusu.

- Varianty **bez recyklace** (0, 100, 200 a 300) byly hnojeny pouze k první plodině (řepka), ta byla sklizena a následně pěstované plodiny (kukuřice, ječmen) jakkoli hnojeny nebyly.
- Při **minerální recyklaci** (varianty 0-min, 100-min, 200-min a 300-min) byly živiny odčerpané sklizeným výnosem předplodiny navraceny do půdy v minerální formě. Následné plodiny byly hnojeny minerálními hnojivy v dávkách, které odpovídaly odběru N, P a K výnosem předplodiny.
- **Organická recyklace** živin (varianty 0-org, 100-org, 200-org a 300-org) byla provedena zapravením veškeré sklizené biomasy předplodiny do půdy před výsevem. V prvním roce byla zapravena biomasa řepky, pěstované jako předplodina kukuřice a biomasa kukuřice, která byla předplodinou pro ječmen, pěstovaný ve druhém roce pokusu. Biomasa ječmene však do půdy navracena nebyla s ohledem na nízký výnos, nepatrný odběr živin a potřebu sušiny pro analýzu.

Tab. 2 Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky před výsevem řepky

Označení	Varianta	Počet opakování	Dávky živin k první plodině při založení pokusu (kg ha ⁻¹)			Forma recyklace živin
			N	P	K	
1	0	5	0	30	150	-
2	100	5	100	30	150	-
3	200	5	200	30	150	-
4	300	5	300	30	150	-
5	0-min	5	0	30	150	minerální
6	100-min	5	100	30	150	minerální
7	200-min	5	200	30	150	minerální
8	300-min	5	300	30	150	minerální
9	0-org	5	0	30	150	organická
10	100-org	5	100	30	150	organická
11	200-org	5	200	30	150	organická
12	300-org	5	300	30	150	organická

Tab. 3 Dávky živin aplikované k ječmenu ve druhém roce pokusu při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávky živin kg ha ⁻¹		
		N	P	K
0	0	0	0	0
	100	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0
minerální	0	57	10,9	180
	100	104	19,1	254
	200	171	19,6	255
	300	207	22,4	256
organická	0	19	7,3	105
	100	49	13,5	193
	200	92	17,3	248
	300	140	18,7	265

Tab. 4 Dávky živin odpovídající odběru živin výnosem předcházející plodiny (ječmen) při různých úrovních hnojení ve třetím roce zkoušky

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Dávky živin kg ha ⁻¹		
		N	P	K
0	0	0	0	0
	100	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0
minerální	0	53	15.0	167
	100	91	20.7	204
	200	147	22.5	224
	300	192	21.5	256
organická	0	0	0	0
	100	0	0	0
	200	0	0	0
	300	0	0	0

Tab. 5 Dávky minerálních hnojiv do nádob ve třetím roce zkoušky

Označení	Varianta	Dávka hnojiva		
		Močovina (g nádoba ⁻¹)	Superfosfát (g nádoba ⁻¹)	Síran draselný (g nádoba ⁻¹)
1	0	-	-	-
2	100	-	-	-
3	200	-	-	-
4	300	-	-	-
5	0-min	0,6	0,4	2,0
6	100-min	1,0	0,5	2,4
7	200-min	1,6	0,6	2,7
8	300-min	2,1	0,5	3,0
9	0-org	-	-	-
10	100-org	-	-	-
11	200-org	-	-	-
12	300-org	-	-	-

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: minerální hnojivo bylo zapraveno do půdy před výsevem plodiny. Minerálně recyklované živiny byly aplikovány formou močoviny, superfosfátu a síranu draselného v dávce odpovídající odběru živin předchozí plodinou, vypočítanému pro každou nádobu. U variant bez recyklace byla biomasa sklizena bez náhrady živin.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 12 variant x 5 opakování
Celkem 60 vegetačních nádob

Technika provedení pokusu:

- po sklizni předplodiny (ječmen) byla půda v nádobách homogenizována a kořeny zapraveny do spodní části nádoby
- do každé nádoby bylo 4. 5. 2023 vyseto 9 zrn kukuřice, po vzejití (12. 5. 2023) bylo 19. 5. 2023 provedeno vyjednání na 4 vyrovnané rostliny v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro zachycení přebytečné závlivkové vody, pro případný návrat zpět do nádoby.
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin, proti bzunce ječné byly 27. 5. 2023 aplikovány přípravky Decis Mega (0,02 %) a Mospilan (0,02 %).
- 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
- sklizeň byla provedena 3. 8. 2023

Hodnocené parametry:

- Měření obsahu chlorofylu N testerem ve 30 denních intervalech
- Výnos sušiny kukuřice, ze všech opakování a všech variant
- Analýza rostlin: ve vzorcích sušiny kukuřice z každé nádoby bude stanoven celkový obsah N, P, K, Mg a Ca podle JPP postup č. 40053.1 (Zbíral a kol., 2014).

Statistické vyhodnocení výsledků

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

8. Výsledky

Výnos sušiny kukuřice

Výnos sušiny byl nízký v nehnojených a organicky hnojených variantách při všech úrovních předchozího hnojení (tab. 6). Výrazně vyšší hodnoty byly zaznamenány při minerální recyklaci. Výnos sušiny zde rostl do úrovně hnojení odpovídající 200 kg N ha⁻¹.

Tab. 6 Vliv odlišných cest recyklace na výnos **sušiny kukuřice** (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení

Cesta recyklace	Dávka minerálního dusíku (kg N ha ⁻¹) k předplodině			
	0	100	200	300
0	7,8a	7,8a	8,0a	8,2a
minerální	18,2b	29,7c	39,0d	44,3d
organická	7,4a	6,8a	4,8a	6,0a

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

Obsah živin v sušině kukuřice

Recyklace rostoucích dávek živin v minerální a organické formě zvyšovala obsah N v sušině (tab. 7). Obsah P a K dosahoval nejvyšších hodnot při organické recyklaci, a nejnižší hodnoty byly naměřeny při recyklaci minerální. Při minerální recyklaci obsah P a K klesal s rostoucí dávkou N, nárůst biomasy byl větší než příjem živin, a proto došlo k jejich naředění ve větší biomase.

Tab. 7 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v sušině kukuřice při různých úrovních hnojení

Dávka N (kg N ha ⁻¹)	Dávka N (kg N ha ⁻¹)	Obsah živin v sušině kukuřice (%)				
		N	P	K	Mg	Ca
0	0	0,382a	0,164c	1,657d	0,283d	0,328d
	100	0,380a	0,162c	1,608cd	0,289d	0,332d
	200	0,415ab	0,167cd	1,610cd	0,297d	0,329d
	300	0,383a	0,161c	1,521cd	0,292d	0,308cd
minerální	0	0,331a	0,112b	1,322bc	0,171a	0,219a
	100	0,370a	0,099ab	1,178ab	0,188ab	0,230a
	200	0,402ab	0,065a	0,917a	0,194ab	0,217a
	300	0,477bcd	0,055a	0,952a	0,230bc	0,245ab
organická	0	0,375a	0,137bc	2,003e	0,264cd	0,285bc
	100	0,421abc	0,210d	2,223ef	0,307de	0,292cd
	200	0,511cd	0,320e	2,615g	0,380f	0,329d
	300	0,520d	0,312e	2,425fg	0,351ef	0,320cd

Odběr živin výnosem kukuřice

Odběr všech živin byl průkazně vyšší při minerální recyklaci než při ostatních cestách návratu živin (tab. 8). Odběr N se při **minerální recyklaci** průkazně zvyšoval s rostoucí dávkou dusíku. Současně se zvyšoval i odběr ostatních prvků kromě P, jehož odběr byl hnojením zvýšen jen málo. **Bez recyklace** bylo čerpání živin omezeno nedostatkem N v půdě, při **organické recyklaci** zase dostupnost živin omezil pomalý rozklad recyklované předplodiny. Výnos byl limitován dusíkem v celém rozsahu aplikovaných dávek a dusík byl efektivně využit plodinou. Využití aplikovaného N výnosem ječmene dosahovalo v rozmezí použitých dávek téměř 100 % a z 50 – 190 kg N ha⁻¹ bylo sklizní odčerpáno opět mezi 50 – 190 kg N ha⁻¹. V určitém rozmezí dávek tak lze z výnosu odvodit bilanci, kterou lze udržovat navracením dusíku odčerpaného sklizní zpět do půdy. Nárůst odběru N byl téměř lineární a rostliny by zřejmě dokázaly asimilovat i vyšší dávky N.

V průběhu pokusu se poněkud zvýšila optimální dávka N při minerální recyklaci, která byla pro řepku mezi 100 – 150 kg N ha⁻¹, pro kukuřici a ječmen v prvním a druhém roce pokusu 200 kg N ha⁻¹ a ve třetím roce rostl výnos až po nejvyšší dávku. To může znamenat pokles výnosu při nižší dávce nebo nárůst při dávce vyšší. Při nižší dávce tak zřejmě rostou nároky následné plodiny na dusík.

Tab. 8 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na odběr živin výnosem kukuřice při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka N (kg N ha ⁻¹)	Odběr živin výnosem kukuřice (kg.ha ⁻¹)				
		N	P	K	Mg	Ca
0	0	26,7ab	11,5ab	115,9a	19,8a	22,9ab
	100	26,9ab	11,4ab	113,4a	20,3a	23,3ab
	200	30,1ab	12,1ab	116,7a	21,6a	23,9ab
	300	27,9ab	11,8ab	111,1a	21,3a	22,6ab
minerální	0	54,2b	18,2bc	214,1b	27,9a	35,7b
	100	99,5c	26,6d	314,4c	49,9b	61,2c
	200	142,8d	23,2cd	326,3cd	69,4c	77,2c
	300	193,4e	22,0cd	382,3d	93,8d	99,7d
organická	0	25,2ab	9,2a	134,9a	17,8a	19,3ab
	100	25,9ab	12,8ab	135,7a	18,7a	17,9a
	200	21,2a	13,2ab	109,6a	15,7a	13,8a
	300	27,1ab	16,3abc	127,3a	18,2a	16,8a

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

Obsah chlorofylu

Obsah chlorofylu byl výrazně vyšší při minerální recyklaci než u variant bez recyklace nebo s organickou recyklací (tab. 9). Při minerální recyklaci byl nejvyšší obsah chlorofylu naměřen v rostlinách hnojených dávkou 200 kg N ha⁻¹.

Tab. 9 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu při různých úrovních hnojení

Recyklace	Dávka dusíku (kg N ha ⁻¹)	Obsah chlorofylu, fáze 6. listů, 43 dní po výsevu
0	0	370
	100	366
	200	328
	300	381
minerální	0	401
	100	515
	200	599
	300	534
organická	0	284
	100	290
	200	234
	300	245

9. Závěry

U nehnojených variant došlo v průběhu pokusu k vyčerpání půdy a výnos byl nízký. Nízká dostupnost živin však byla pozorována i při organické recyklaci. I při rostoucí dávce N k předplodině byl zřejmě rozklad organicky recyklované biomasy stále limitován nedostatkem dusíku, a jen málo N bylo rozkladem zpřístupněno rostlinám. Výnos se proto příliš nelišil od výnosu nehnojených variant.

Dostatečný výnos v podmínkách pokusu umožnila pouze minerální recyklace, při které byl výnos zvyšován rostoucí dávkou N až do 300 kg N ha⁻¹. Také odběr N výnosem rostl až do nejvyšší dávky, aplikovaný dusík byl efektivně využit a zhruba odpovídal množství N odčerpanému z půdy výnosem předchozí plodiny. Výnosem tak bylo při minerální recyklaci využito téměř 100 % aplikovaného N. I při minerální recyklaci však v průběhu tří let pokusu narůstaly nároky rostlin na N a k dosažení nejvyššího výnosu byla nezbytná stále větší dávka. Dávka potřebná k dosažení nejvyššího výnosu proto nemusí být dostatečná z hlediska zachování úrodnosti a rostliny by pravděpodobně dokázaly využít i vyšší dávku než dávky použité v pokusu.

Z výsledků vyplývá, že recyklace sklizené biomasy v různých formách může být limitována nedostatkem dusíku. Dusíku tak plodina využije i více, než by odpovídalo dávce potřebné k maximálnímu výnosu. V tomto rozsahu dávek můžeme stanovit a udržovat bilanci dusíku a veškerý aplikovaný dusík je využit.

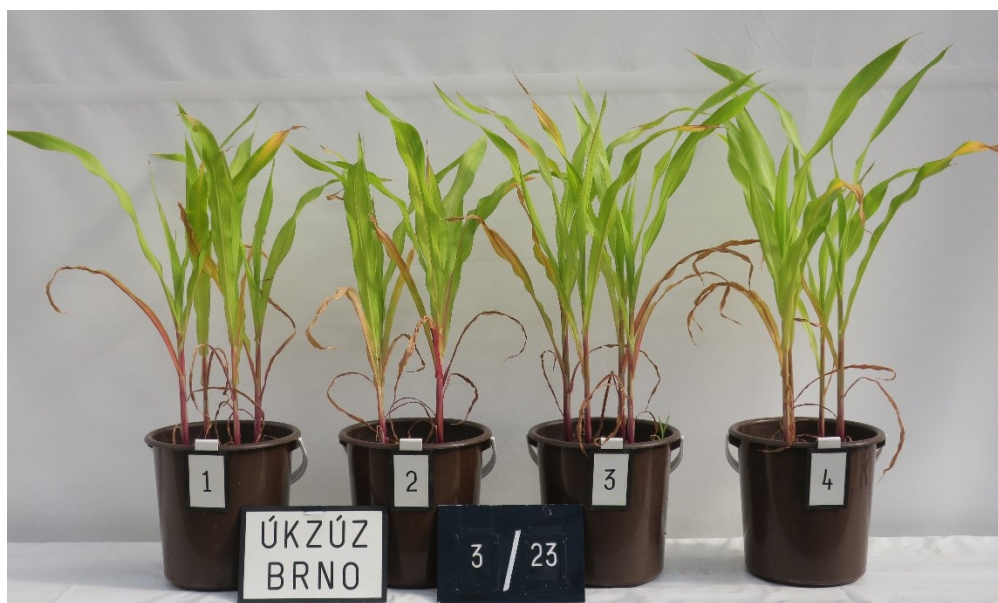
10. Použitá literatura

Zbíral, J., Čížmarová, 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.

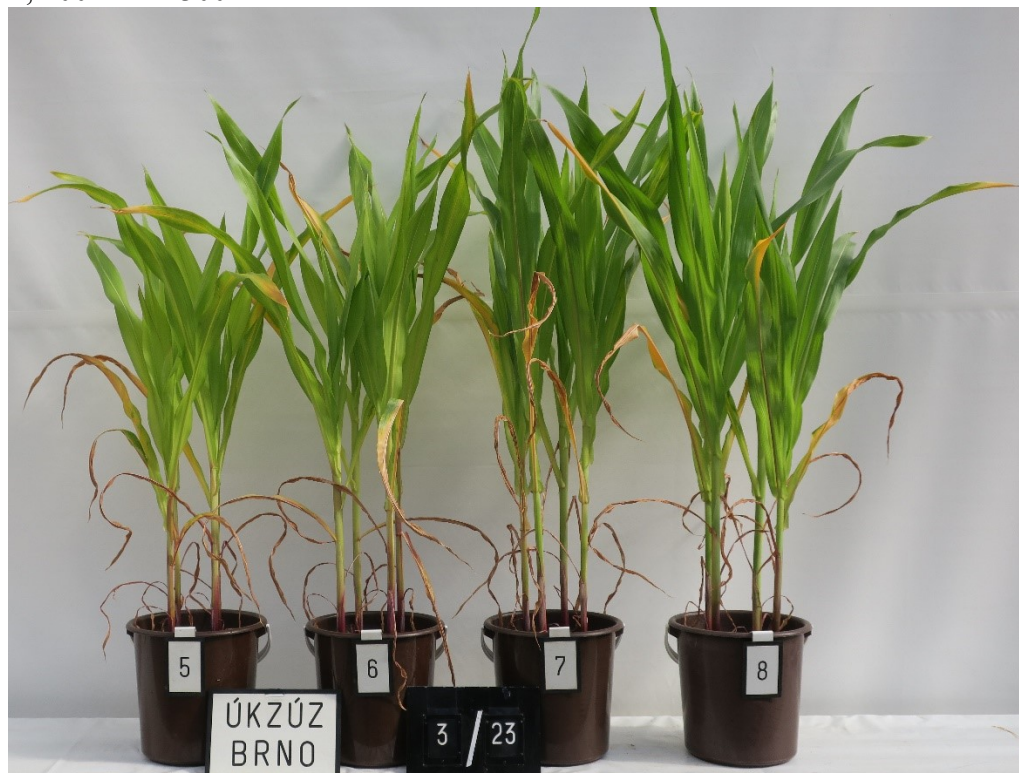
Zbíral, J., Čížmarová, E., Obdržálková, E., Rychlý, M., Vilamová, V., Srnková, J., Žalmanová, A., 2016. Jednotné pracovní postupy – analýza půd I. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

11. Fotodokumentace

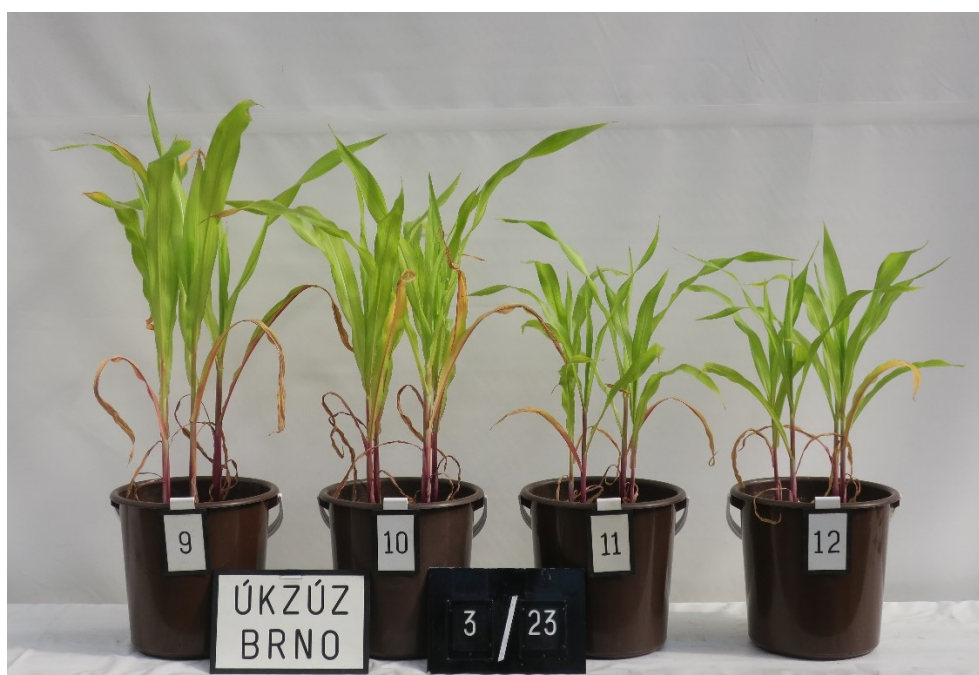
Obr 1. Rostliny kukuřice, fáze 6. listu. Čísla nádob 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300



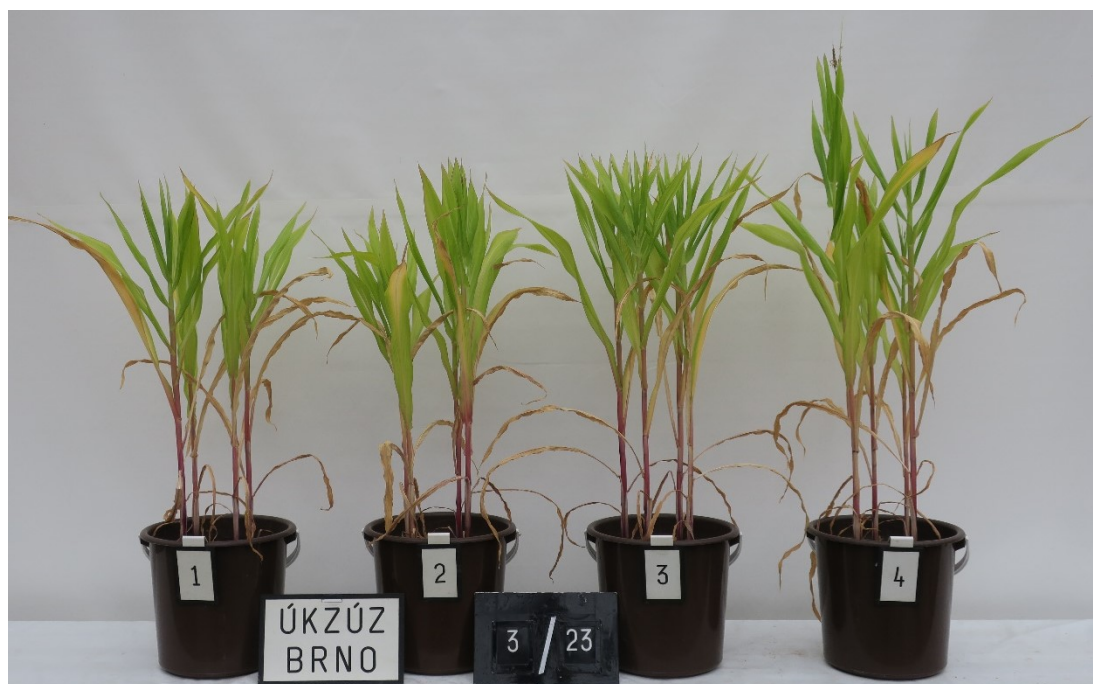
Obr 2. Rostliny kukuřice, fáze 6. listu. Čísla nádob 5, 6, 7, 8 odpovídají variantám 0-min, 100-min, 200-min a 300-min



Obr 3. Rostliny kukuřice, fáze 6. listu. Čísla nádob 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám 0-org, 100-org, 200-org a 300-org



Obr 4. Rostliny kukuřice před sklizní. Čísla nádob 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám 0, 100, 200 a 300



Obr 5. Rostliny kukuřice před sklizní. Čísla nádob 5, 6, 7, 8 odpovídají variantám 0-min, 100-min, 200-min a 300-min



Obr 6. Rostliny kukuřice před sklizní. Čísla nádob 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám 0-org, 100-org, 200-org a 300-org

