

Č.j.: UKZUZ 052424/2024

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

Oddělení výživy rostlin



**Dostupnost N pro následnou plodinu při rozdílné úrovni hnojení
předplodiny**

Zpráva o výsledcích víceleté vegetační nádobové zkoušky za 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, březen 2024

1. Úvod

Název zkoušky: Dostupnost N pro následnou plodinu při rozdílné úrovni hnojení předplodiny

Účel zkoušky: stanovení optimální dávky dusíku patří mezi největší problémy výživy rostlin. Z publikovaných údajů o dostupnosti N vyplývá, že dokud rostoucí dávka minerálního N zvyšuje výnos, je buď efektivně využit výnosem, nebo zadržen v půdě v organické formě. Množství dusíku, které zůstane dostupné pro následnou plodinu, bylo stanoveno ve vegetační nádobové zkoušce. Současně bylo zjišťováno, jak předchozí hnojení dusíkem ovlivní optimální dávku N.

Cíle zkoušky: objasnit, jak hnojení předplodiny ovlivní nároky následné plodiny na dusík. Zjistit množství N, které může být aplikováno k následné plodině, 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
- Rostoucí množství N v půdě při rostoucí úrovni hnojení snižuje množství dusíku potřebné pro dosažení maximálního výnosu následné plodiny

Druh zkoušky: vegetační nádobová zkouška byla založena na jaře 2022 ve vegetační hale ÚKZÚZ v Brně

Délka trvání zkoušky: vegetační rok 2022 - 2023

2. Chemické složení použitého hnojiva a testovaných přípravků

- Jako zdroj dusíku v minerální formě byla použita močovina s obsahem 46 % N
- Jako zdroj hořčíku a síry v minerální formě byla použita hořká sůl s obsahem 10 % Mg a 13 % S

3. Vlastnosti použité půdy

K založení zkoušky byla použita ručně odebraná svrchní vrstva ornice z lokality Svitavy (tab. 1).

Tab. 1: Základní agrochemické vlastnosti půdy použité k založení zkoušky

Půda	půdní reakce pH/CaCl ₂	obsah živin ve výluhu Mehlich III mg kg ⁻¹ a hodnocení dle kritérií				
		P	K	Mg	Ca	S
Svitavy	6,3	131,6	177,5	56,3	1926	15,9
	slabě kyselá	velmi vysoký	dobrý	nízký	vyhovující	nízký

4. Zkoušená plodina:

Ječmen jarní (*Hordeum vulgare*) - odrůda Laudis 550

5. Dávky hnojiv a schéma vegetační nádobové zkoušky

Schéma vegetační zkoušky a dávky živin aplikované při založení zkoušky jsou uvedeny v tabulce 2. K předplodině byl aplikován dusík ve čtyřech stupňovaných dávkách. Dávka 0 kg N ha⁻¹ odpovídala úrovni hnojení N0, dávky 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹ odpovídaly úrovním hnojení předplodiny N1, N2 a N3 (tab. 2). Po sklizni předplodiny (řepka) byly nádoby z každé ze 4 úrovní předchozího hnojení rozděleny na 4 varianty a každá z nich hnojena k následné plodině (kukuřice) odlišnou dávkou dusíku odpovídající 0, 100, 200 a 300 kg N ha⁻¹. Ve druhém roce pokusu bylo hnojeno stejnými dávkami N, jako při založení pokusu (tab. 3). Tabulka 4 uvádí schéma aplikace hnojiv do jednotlivých nádob.

Tab. 2: Schéma vegetační nádobové zkoušky a dávky živin aplikované v průběhu zkoušky

Označení	Varianta	Počet opakování	Dávky živin k předplodině (řepka) – 1. rok pokusu (kg ha ⁻¹)			Dávky dusíku k hlavní plodině (kukuřice) -1. rok pokusu	Dávky dusíku k hlavní plodině (ječmen) – 2. rok pokusu
			N	Mg	S		
1	N0+0	4	0	45	57	0	0
2	N0+100	4	0	45	57	100	0
3	N0+200	4	0	45	57	200	0
4	N0+300	4	0	45	57	300	0
5	N1+0	4	100	45	57	0	100
6	N1+100	4	100	45	57	100	100
7	N1+200	4	100	45	57	200	100
8	N1+300	4	100	45	57	300	100
9	N2+0	4	200	45	57	0	200
10	N2+100	4	200	45	57	100	200
11	N2+200	4	200	45	57	200	200
12	N2+300	4	200	45	57	300	200
13	N3+0	4	300	45	57	0	300
14	N3+100	4	300	45	57	100	300
15	N3+200	4	300	45	57	200	300
16	N3+300	4	300	45	57	300	300

Tab. 3: Dávky živin aplikované ve druhém roce pokusu

Označení	Varianta	Dávky živin (kg ha ⁻¹)			
		N	Mg	S	K
1	N0+0	0	45	122	150
2	N0+100	0	45	122	150
3	N0+200	0	45	122	150
4	N0+300	0	45	122	150
5	N1+0	100	45	122	150
6	N1+100	100	45	122	150
7	N1+200	100	45	122	150
8	N1+300	100	45	122	150
9	N2+0	200	45	122	150
10	N2+100	200	45	122	150
11	N2+200	200	45	122	150
12	N2+300	200	45	122	150
13	N3+0	300	45	122	150
14	N3+100	300	45	122	150
15	N3+200	300	45	122	150
16	N3+300	300	45	122	150

Tab. 4: Dávky hnojiv do nádob ve druhém roce pokusu

Označení	Varianta	Dávka hnojiva před výsevem			Dávka hnojiva po vyjednání
		Močovina (g nádoba ⁻¹)	Hořká sůl (g nádoba ⁻¹)	Síran draselný (g nádoba ⁻¹)	Močovina (g nádoba ⁻¹)
1	N0+0	0	2,2	1,8	0
2	N0+100	0	2,2	1,8	0
3	N0+200	0	2,2	1,8	0
4	N0+300	0	2,2	1,8	0
5	N1+0	1,1	2,2	1,8	0
6	N1+100	1,1	2,2	1,8	0
7	N1+200	1,1	2,2	1,8	0
8	N1+300	1,1	2,2	1,8	0
9	N2+0	1,2	2,2	1,8	0,9
10	N2+100	1,2	2,2	1,8	0,9
11	N2+200	1,2	2,2	1,8	0,9
12	N2+300	1,2	2,2	1,8	0,9
13	N3+0	2	2,2	1,8	1,2
14	N3+100	2	2,2	1,8	1,2
15	N3+200	2	2,2	1,8	1,2
16	N3+300	2	2,2	1,8	1,2

6. Způsob hnojení

Aplikace hnojiv: minerální hnojivo bylo zapraveno do půdy vždy před výsevem každé plodiny.

7. Technika založení a průběh zkoušky

Celkový rozsah zkoušky: 16 variant x 4 opakování

Celkem 64 vegetačních nádob

- rostliny ječmene byly pěstovány v plastových nádobách (objem 12 l) v 11 kg zhomogenizované zeminy
- do každé nádoby bylo 21. 3. 2023 vyseto 28 semen, po vzejití (30. 3. 2023) bylo 13.4.2023 provedeno vyjednání na 21 vyrovnaných rostlin v každé nádobě
- pod každou vegetační nádobou byla umístěna miska pro případné zachycení přebytečné závlivkové vody pro návrat zpět do nádoby.
- během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin,
- růstové rozdíly mezi variantami byly vyfotografovány
- 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 ječmene byla provedena 10. 7. 2023

Hodnocené parametry:

- Měření obsahu chlorofylu N testerem ve 30 denních intervalech

- Výnos zrna a slámy ječmene, ze všech opakování a všech variant
- Analýza rostlin: 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 bude 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).

8. Výsledky

Výnos zrna a slámy ječmene

Výnos zrna i slámy byl zvyšován rostoucí dávkou živin aplikovaných přímo k ječmenu, úroveň hnojení předplodiny měla menší vliv (tab. 9, tab. 10). Výnos narůstal průkazně až do úrovně hnojení N2, další nárůst byl u většiny variant neprůkazný. Při úrovni předchozího hnojení 100 kg N ha⁻¹ však výnos zrna i slámy průkazně narůstal až po nejvyšší dávku (N3+100) a byl neprůkazně nižší než výnos odpovídajících variant s předchozí dávkou vyšší (200 – 300 kg N ha⁻¹ při úrovni hnojení N1 – N2) i nižší (0 kg N ha⁻¹, varianty N1+0, N2+0). Pozorovaný rozdíl by mohl být vysvětlen vyčerpáním N výnosem předplodiny při dávce 100 kg N ha⁻¹.

Tab. 9 Vliv odlišných cest recyklace na výnos zrna ječmene (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení předplodiny

Úroveň hnojení	Dávka minerálního dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
N0	2,1ab	1,7a	2,4ab	3,1b
N1	6,8cd	6,4c	6,4c	7,1cd
N2	8,7ef	8,1de	8,8ef	8,9ef
N3	9,5ef	9,6f	9,7f	9,3ef

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

Tab. 10 Vliv odlišných cest recyklace na výnos slámy ječmene (t ha⁻¹) při různé úrovni minerálního hnojení předplodiny

Úroveň hnojení	Dávka minerálního dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
N0	2,3a	2,1a	2,9a	3,7a
N1	7,9bc	7,4b	7,3b	7,5b
N2	10,0cde	9,3bcd	8,9bcd	9,6bcde
N3	11,3de	11,7e	11,2de	11,9e

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

Obsah živin v sušině zrna a slámy ječmene

Obsah N byl ovlivňován především dávkou N aplikovanou přímo k ječmenu (tab. 11, tab. 12). Vliv hnojení předplodiny byl neprůkazný. Obsah N v zrna i slámě dosahoval srovnatelných hodnot při úrovních hnojení N0 a N1, při vyšších úrovních hnojení průkazně narůstal. Obsah fosforu a draslíku dosahoval nejvyšších hodnot v nehnojených variantách, rostliny zřejmě čerpaly z půdy živiny, které se nahromadily v biomase, ale nebyly už využity k růstu v důsledku nedostatku N v půdě.

Tab. 11 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v sušině zrna ječmene (%) při různých úrovních hnojení

Úroveň hnojení	Dávka dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
N0	0	1,237a	0,449e	0,614f	0,137cd	<0,050
	100	1,202a	0,451e	0,616f	0,136bcd	<0,050
	200	1,231a	0,427de	0,574ef	0,142d	<0,050
	300	1,185a	0,415cde	0,558def	0,137cd	<0,050
N1	0	1,197a	0,318ab	0,459abc	0,119abc	<0,050
	100	1,201a	0,325ab	0,474bcd	0,118abc	<0,050
	200	1,257a	0,347abc	0,438abc	0,117ab	<0,050
	300	1,372ab	0,362bcd	0,494cde	0,122abc	<0,050
N2	0	1,547b	0,343ab	0,411abc	0,126bcd	<0,050
	100	1,544b	0,348abc	0,429abc	0,121abc	<0,050
	200	1,573b	0,284a	0,394ab	0,106a	<0,050
	300	1,577b	0,311ab	0,438abc	0,117ab	<0,050
N3	0	1,945c	0,303ab	0,401ab	0,125abcd	<0,050
	100	1,931c	0,308ab	0,403ab	0,123abcd	<0,050
	200	2,040c	0,315ab	0,413abc	0,125abcd	<0,050
	300	2,006c	0,298ab	0,376a	0,119abc	<0,050

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

Tab. 12 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na obsah živin v sušině slámy ječmene (%) při různých úrovních hnojení

Úroveň hnojení	Dávka dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
N0	0	0,342abcd	0,347d	1,805c	0,218de	0,459abc
	100	0,309ab	0,391d	1,778bc	0,231e	0,478abcd
	200	0,274a	0,191c	1,726abc	0,177cd	0,455abc
	300	0,287a	0,146bc	1,651abc	0,149abc	0,483abcd
N1	0	0,317ab	0,025a	1,712abc	0,127abc	0,440ab
	100	0,336abcd	0,026a	1,769bc	0,115ab	0,450ab
	200	0,353abcd	0,024a	1,856c	0,103ab	0,436ab
	300	0,322abc	0,031a	1,849c	0,099a	0,419a
N2	0	0,457def	0,056ab	1,627abc	0,174cd	0,616de
	100	0,442cde	0,056ab	1,634abc	0,145abc	0,518abcde
	200	0,486ef	0,054ab	1,721abc	0,132abc	0,585bcde
	300	0,419bcde	0,056ab	1,685abc	0,123ab	0,553abcde
N3	0	0,533ef	0,036ab	1,623abc	0,153bc	0,575bcde
	100	0,501ef	0,035a	1,542ab	0,139abc	0,583bcde
	200	0,569f	0,038ab	1,539ab	0,132abc	0,609cde
	300	0,567f	0,037ab	1,503a	0,139abc	0,664e

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

Odběr živin výnosem ječmene

Odběr dusíku byl průkazně zvyšován rostoucí dávkou N aplikovanou ke ječmenu, hnojení předplodiny nemělo vliv (tab. 13). Hodnoty rostly lineárně až do nejvyšší dávky a rostliny by pravděpodobně využily i vyšší dávku. Podobně rostl s dávkou i odběr K a Ca, odběr P a Mg narůstal do úrovně hnojení N2. Při dávkách N k předplodině 100 – 200 kg N ha⁻¹ však byl pozorován pokles odběru živin, především Mg, který se projevil při úrovni hnojení N1 – N2.

Tab. 13 Srovnání vlivu dávky minerálního hnojiva na odběr živin výnosem ječmene při různých úrovních hnojení

Úroveň hnojení	Dávka dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)	N	P	K	Mg	Ca
N0	0	30,0a	15,5a	48a	7,0a	10,3a
	100	24,4a	14,3a	43a	6,5a	9,8a
	200	34,4a	14,4a	57a	7,7a	13,0a
	300	43,0a	16,5ab	70a	8,7ab	17,3a
N1	0	95,1b	21,0abcd	150b	16,3cde	34,5bc
	100	90,6b	20,2abc	145b	14,4cd	32,9b
	200	95,2b	21,4abcde	147b	13,4bc	31,5b
	300	108,4b	25,0bcdef	155bc	14,4cd	31,3b
N2	0	161,8c	31,8f	179bcd	25,5gh	59,2ef
	100	148,9c	29,9ef	168bcd	21,0efg	46,7cd
	200	163,2c	26,9cdef	169bcd	18,9de	50,6de
	300	163,6c	30,0f	182bcd	20,1ef	51,9de
N3	0	220,8d	29,7ef	200d	26,3h	62,9efg
	100	219,3d	30,3f	198d	25,2gh	65,5fg
	200	235,9d	31,5f	192cd	24,3fgh	65,8fg
	300	228,6d	29,5def	192cd	24,7fgh	74,0g

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

Množství chlorofylu

Množství chlorofylu v listech kukuřice bylo při prvním měření vyšší při úrovních hnojení N1 – N3, úroveň hnojení N0 měla hodnoty nižší. Při úrovni hnojení ječmene N0 byl obsah zvyšován dávkou N k předplodině (tab. 14), při úrovni N1 byl obsah chlorofylu nižší po předchozím hnojení dávkami 100 a 200 kg N ha⁻¹. To je v souladu s nižším výnosem těchto variant. Při úrovních hnojení N2 – N3 byl rostoucí dávkou N k předchozí plodině obsah chlorofylu spíše snižován. Ve druhé termínu měření byly zvýšené hodnoty zaznamenány při nejvyšší úrovni hnojení, ostatní varianty měly hodnoty nižší, zřejmě v důsledku rychlejšího vyčerpání N u méně hnojených variant.

Tab. 14 Vliv dávky minerálního hnojiva na obsah chlorofylu při různých úrovních hnojení

Úroveň hnojení	Dávka dusíku k předplodině (kg N ha ⁻¹)	Fáze sloupkování, 9. 5. 2023	Fáze kvetení, 8. 6. 2023
N0	0	315	253
	100	301	248
	200	402	364
	300	414	371
N1	0	642	294
	100	590	313
	200	568	338
	300	684	334
N2	0	645	321
	100	606	292
	200	577	268
	300	523	441
N3	0	670	594
	100	602	682
	200	645	600
	300	585	628

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

9. Závěry

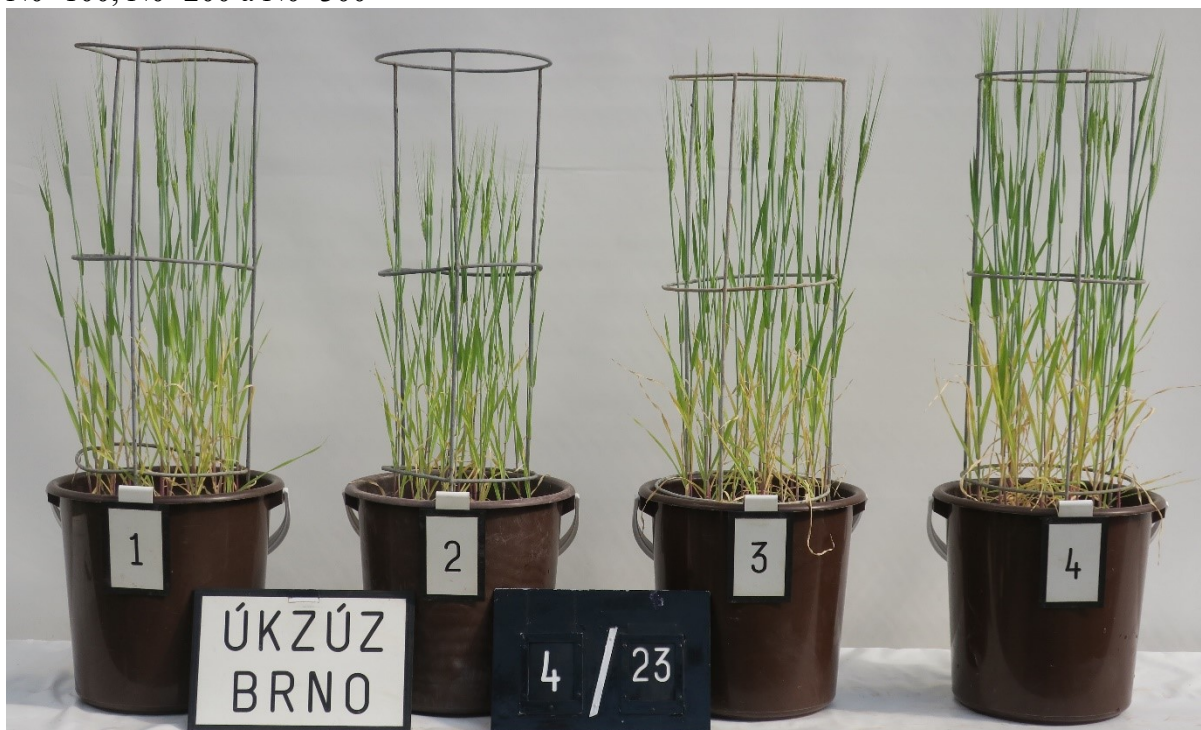
Rostoucí dávka N zvyšovala výnos až do úrovně hnojení N2 (200 kg N ha⁻¹). Vliv hnojení předplodiny byl menší, pokud však byla předplodina hnojena dávkou 100 kg N ha⁻¹, byla k dosažení nejvyššího výnosu zapotřebí nejvyšší aplikovaná dávka – 300 kg N ha⁻¹. Byl také zaznamenán neprůkazný pokles odběru živin při dávkách 100 a 200 kg N ha⁻¹ k předplodině, který byl vyrovnán až úrovní hnojení N3. Dávka dusíku tak může ovlivňovat nároky následné plodiny, a i když stačí na uspokojivý výnos, může zvyšovat potřebu dalšího hnojení.

10. Použitá literatura

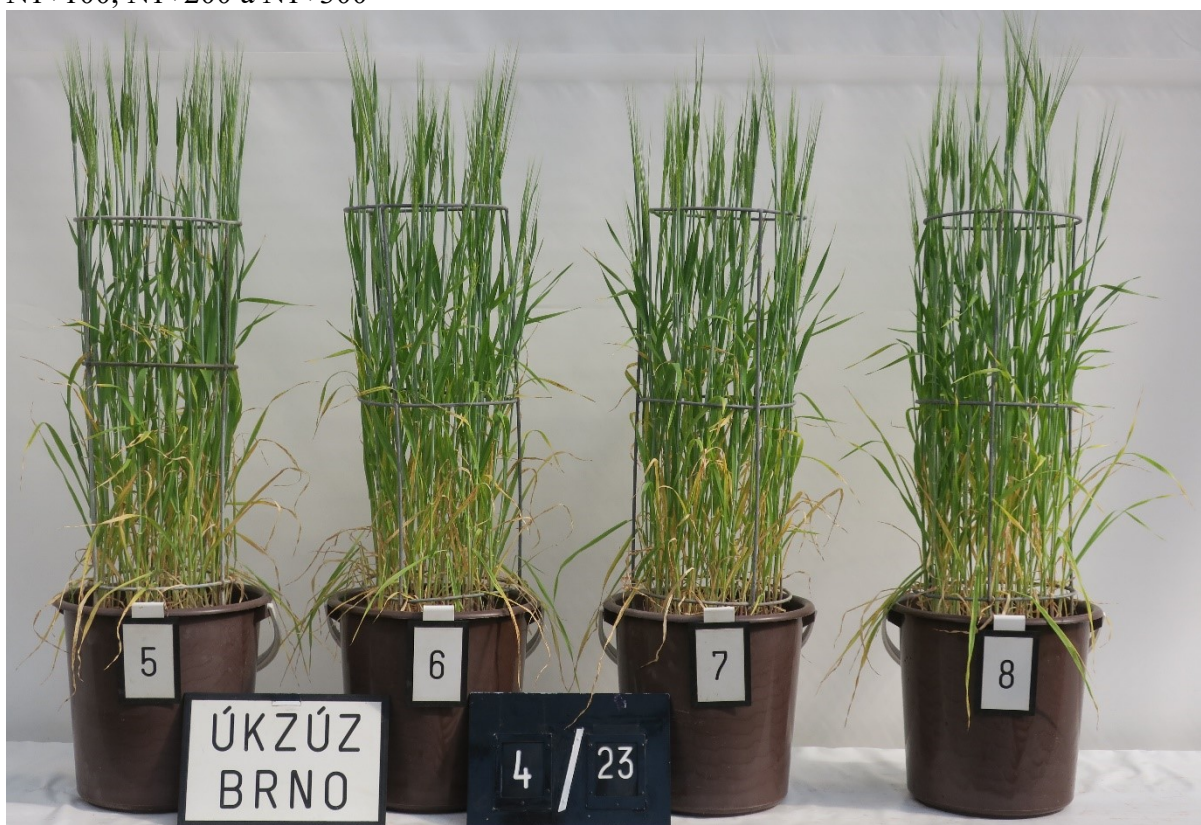
Zbíral, J., Čižmarová, E., Dočkalová, R., Fojtlová, E., Hájková, H., Holcová, H., Kabátová, N., Niedobová, E., Rychlý, M., Staňková, K., Urbánková, E., Vilamová, V., Žalmanová, A., 2014. Jednotné pracovní postupy – analýza rostlinného materiálu. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 120 s.

11. Fotodokumentace

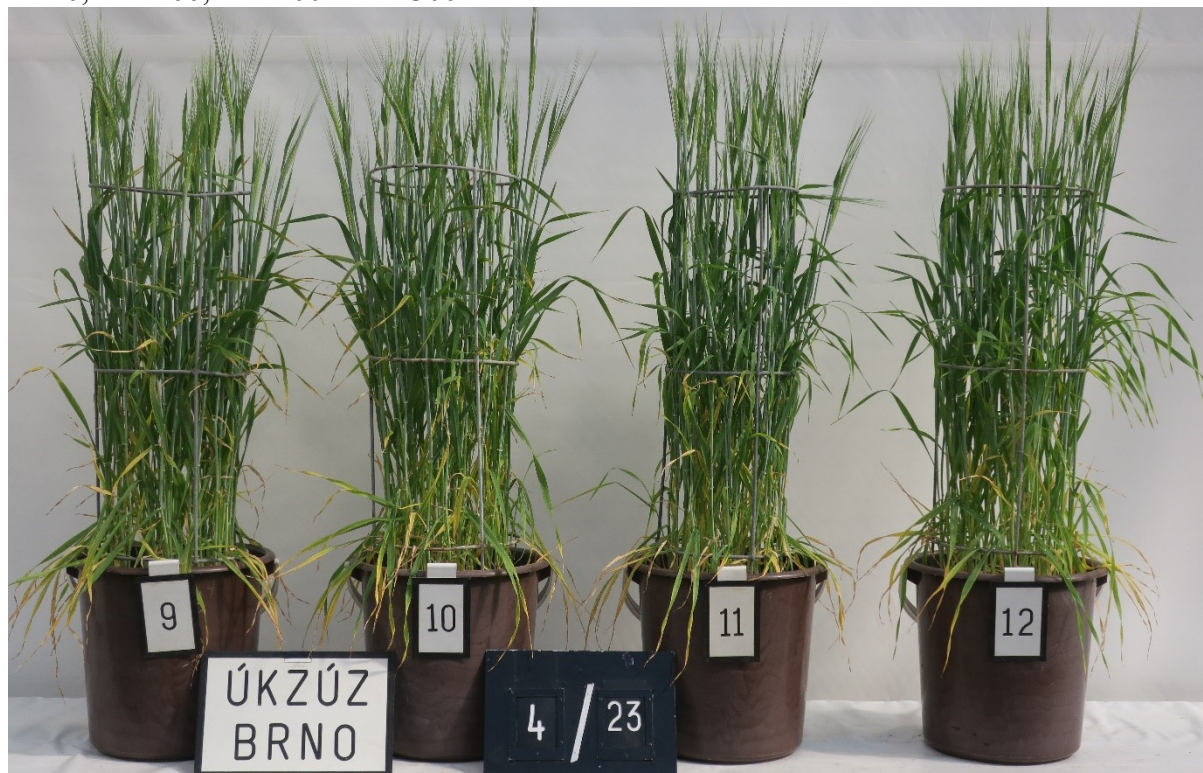
Obr. 1 Rostliny ječmene ve fázi metání. Číslo nádoby 1, 2, 3, 4 odpovídá variantám N0+0, N0+100, N0+200 a N0+300



Obr. 2 Rostliny ječmene ve fázi metání. Číslo nádoby 5, 6, 7, 8 odpovídá variantám N1+0, N1+100, N1+200 a N1+300



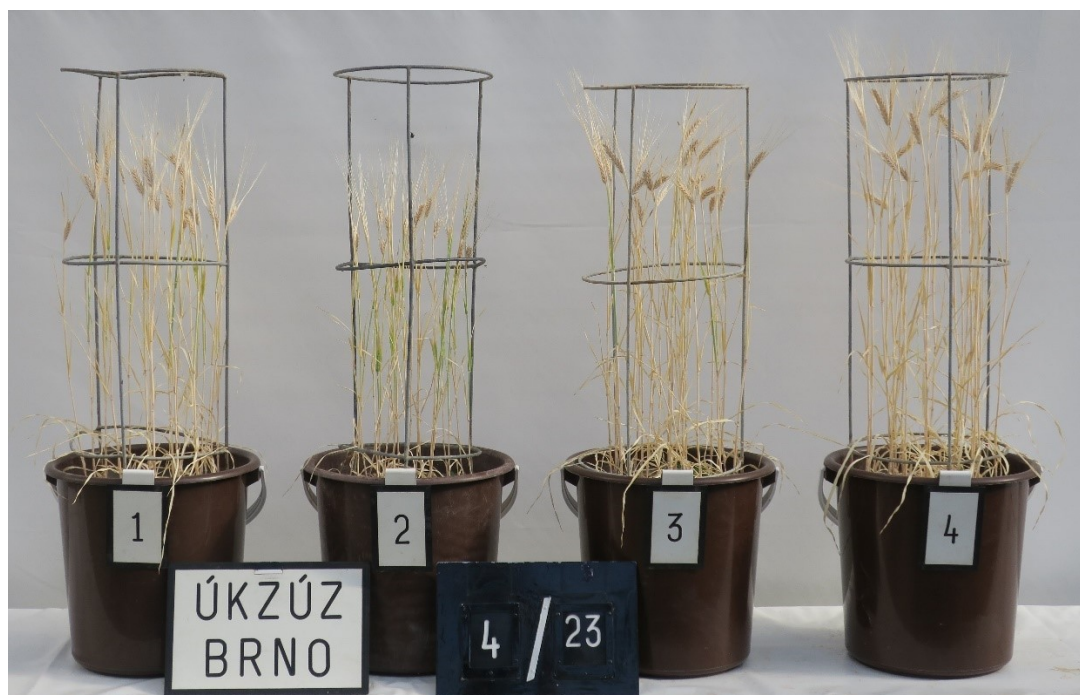
Obr. 3 Rostliny ječmene ve fázi metání. Číslo nádoby 9, 10, 11, 12 odpovídají variantám N2+0, N2+100, N2+200 a N2+300



Obr. 4 Rostliny ječmene ve fázi metání. Číslo nádoby 13, 14, 15, 16 odpovídají variantám N3+0, N3+100, N3+200 a N3+300



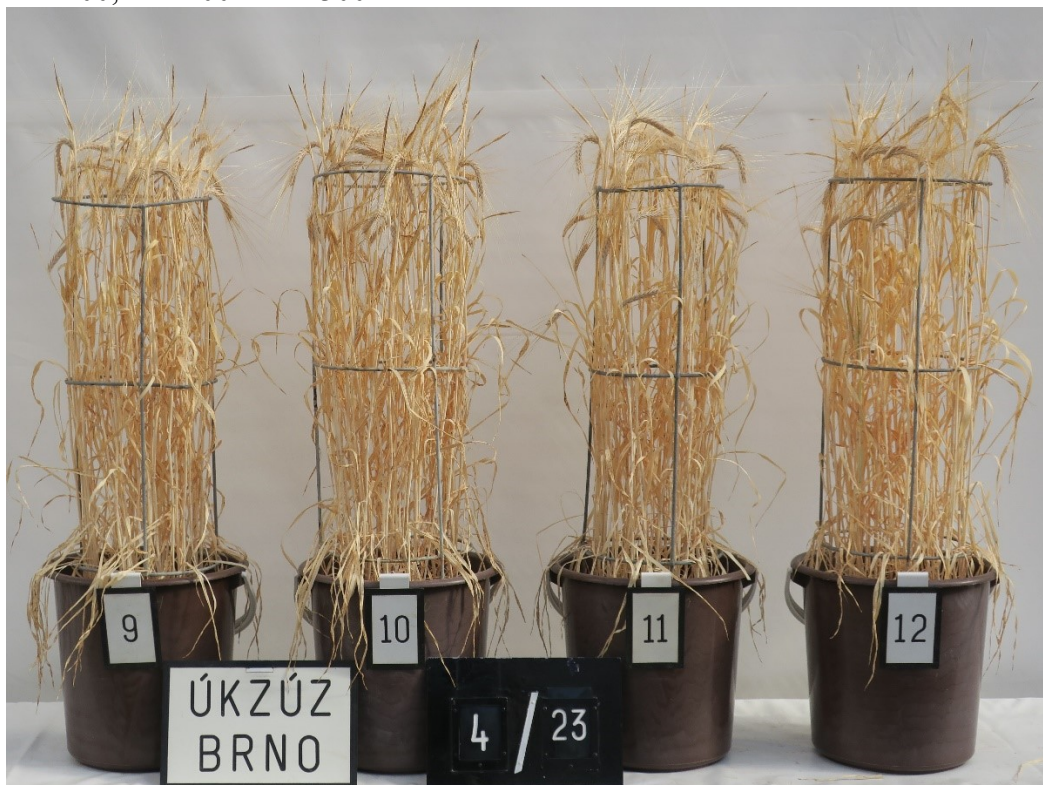
Obr. 5 Rostliny ječmene před sklizní. Čísla nádob 1, 2, 3, 4 odpovídají variantám N0+0, N0+100, N0+200 a N0+300



Obr. 6 Rostliny ječmene před sklizní. Čísla nádob 5, 6, 7, 8 odpovídají variantám N1+0, N1+100, N1+200 a N1+300



Obr. 7 Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 9, 10, 11, 12 odpovídá variantám N2+0, N2+100, N2+200 a N2+300



Obr. 8 Rostliny ječmene před sklizní. Číslo nádoby 13, 14, 15, 16 odpovídá variantám N3+0, N3+100, N3+200 a N3+300

