

Acta fytotechnica et zootechnica 3  
Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2011, s. 57–61

## KONCENTRÁCIA FOSFORU A JEHO ODBER NADZEMNOU FYTOMASOU JAČMEŇA JARNÉHO (*HORDEUM VULGARE*, L.) V PODMIENKACH STRESU ZO SUCHA

### CONCENTRATION OF PHOSPHORUS AND ITS UPTAKE BY ABOVEGROUND PHYTOMASS OF SPRING BARLEY (*HORDEUM VULGARE* L.) UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS

Pavol SLAMKA, Martin KRČEK

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Effect of nitrogen rates (1.0 g, 2.0 g N per pot) on P concentration and uptake of P by aboveground phytomass of spring barley (variety Kompakt) and grain yield was investigated in 3-year pot experiment. Plants were grown under optimum moisture regime and drought stress was induced during growth stage of tillering, shooting and earing, respectively. Before and after respective stress period the plants were grown under optimal water regime. Ageing of the plant cover caused a decrease of P concentration in dry matter of aboveground phytomass. Fertilization of barley by nitrogen reduced the phosphorus concentration in dry matter in all investigated growth stages at both water regimes in comparison with unfertilized control treatment. In opposition to P concentration, uptake of P by aboveground phytomass was increasing by ageing of plant cover in both fertilized and unfertilized treatments with maximum in growth stage of earing. Fertilization with nitrogen increased amount of up-taken phosphorus 2–5 times comparing to control treatment. Drought stress adversely influenced P uptake which decreased by 20–35% in comparison to uptake by plants grown under optimal water regime. Plants exposed to drought stress in growth stage of tillering were the most tolerant and still provided relatively high grain yield.

**Key words:** drought stress, nitrogen nutrition, growth stages, phosphorus concentration, uptake of phosphorus

Deficit vody ovplyvňuje existenciu rastliny v širokom spektre procesov. Najcitlivejšie reagujúcim orgánom rastliny na vodný stres sú listy, kde dochádza k poklesu vodného potenciálu (Procházka, 2003). Pri poklese vodného potenciálu pod -1 MPa sa zvyšuje tvorba prolínu, ktorý je ochranným mechanizmom membrán a súčasne pôsobí ako osmotikum (Brestič a Oľšovská, 2001).

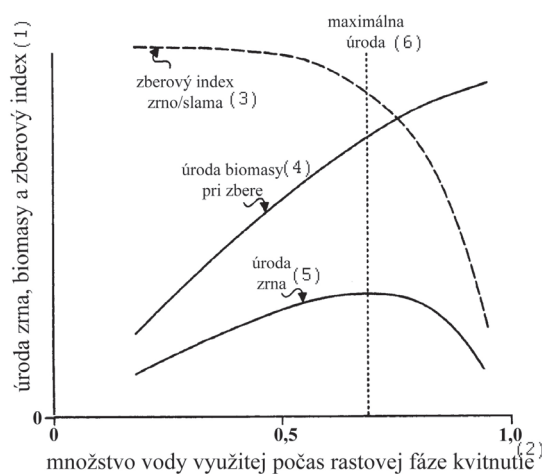
Saini and Vestgate (2000) zistili, že vodný deficit môže silne poškodiť tvorbu zrna, klíčivosť peľu, spôsobiť neplodnosť embryí a predčasne ukončiť tvorbu zrna.

Vplyv sucha na fyziologické parametre rastu v konečnom dôsledku vedie k zníženiu úrody v rozmedzí 5–30% v závislosti od trvania expozície vodného stresu (Slafer et al., 2002). Obilniny sú všeobecne najcitlivejšie na deficit vody v rastovej fáze klasenia a kvitnutia. V prípade, že dostupnosť vody počas kvitnutia je nízka, dochádza k zníženiu hospodárskej úrody vplyvom sterility zŕn ako aj vplyvom horšej mobility živín do zrna (Passioura, 2002) – pozri obr. 1.

Negatívny účinok sucha môže byť značne znížený aplikáciou dusíkatých hnojív (Wang et al., 2001; Krček et al., 2005). Hu et al. (2008) zistili na suchom stresovaných variantoch nižšiu koncentráciu P, K, Ca, Mg v trefom liste kukurice oproti optimu a to na všetkých variantoch výživy.

Na príjem fosforu rastlinami pôsobí priaznivo dostatočná vlhkosť pôdy, vhodná hodnota pH pôdy (v rozmedzí 5,5–7,0), dostatok organických látok v pôde s dobrou biologickou činnosťou a samozrejme primeraný obsah prístupného fosforu v pôde: 40–80 mg P.kg<sup>-1</sup> (Balík et al., 2000).

Obsah fosforu v sušine rastlín sa pohybuje od 0,15 do 0,77%. Mladé pletivá majú vyšší obsah než staršie (Baier et al., 1988; Benton, 1998). Obsah fosforu je najvyšší na začiatku vegetácie. Pre jarný jačmeň uvádza Baier et al. (1988) obsah fosforu v sušine v DC 21 0,25–0,75 %, v DC 31 0,27–0,77% a Bergmann (1986) 0,35–0,60 %; na začiatku kvitnutia (DC 61) 0,17–0,47 % a Jones et al. (1991) 0,20–0,50 %. Jeho ob-



**Obrázok 1** Grafické znázornenie zmien úrody zrna, celkovej biomasy a zberového indexu v závislosti od dostupnosti vody počas kvitnutia (Passioura, 2002)

**Figure 1** Changes in grain yields, total biomass and harvest index in dependence on water availability during flowering (1) yield of grain, biomass and harvest index, (2) amount of water available during flowering, (3) harvest index grain/straw, (4) yield of biomass at harvest, (5) yield of grain, (6) maximum yield

sah v biomase v priebehu vegetácie klesá v dôsledku tzv. zriedovacieho efektu. Výživa rastlín fosforom môže ovplyvniť do značnej miery niektoré parametre vodného stavu rastlín. Nedostatok fosforu môže redukovať tvorbu listov pšenice a jačmeňa (Rodriguez et al., 1994; Longnecker, 1994).

Výživa fosforom a dostupnosť vody má preukazný a pozitívny vplyv na tvorbu odnoží a na tvorbu listovej plochy, kde fosforečná výživa výrazne redukuje vodný deficit už pri dávke 10 mg.kg<sup>-1</sup> pôdy a v spolupôsobení s dusíkom znižuje účinok stresu zo sucha (Gutiérrez-Boem and Thomas, 1998).

Faye et al. (2006) sledovali vplyv P výživy na odber fosforu rastlinami prosa v podmienkach stresu a potvrdili, že vodný stres neznižuje odber P rastlinami v porovnaní s optimálnym vodným režimom.

Cieľom predkladanej práce bolo posúdiť vplyv pôsobenia stresu zo sucha v kombinácii s NPK hnojením na koncentráciu P v sušine nadzemnej fytohmoty rastlín jačmeňa jarného a odber fosforu rastlinami v príslušných rastových fázach.

## Materiál a metódy

Trojročný nádobový pokus bol založený v roku 2005 na Katedre agrochémie a výživy rastlín v lokalite demonštračnej záhrady FAPZ SPU v Nitre.

Priemerná ročná teplota na pokusnom stanovišti dosahuje v tridsaťročnom priemere 9,8 °C. Najteplejší je mesiac júl a najchladnejší január. Priemerná teplotná suma na pokusnom stanovišti je 3 583 °C. Z týchto hodnôt je zrejmé, že posledné roky patria k teplejším, ako je priemer. Detailná klimatologická charakteristika stanovišťa je uvedená v príspevku Várady et al. (2009). V pokuse bola použitá pôda reprezentovaná hnedozemou (HM) na prolúviálnych zaprašovaných sedimentoch (Hanes, 1993).

V tabuľke 1 uvedené agrochemické parametre pôdy boli každoročne stanovené päť dní pred sejbou jarného jačmeňa v odobratých pôdnych vzorkách z hĺbky 0,3 m štandardnými analytickými metódami.

**Tabuľka 1** Výsledky agrochemickej analýzy pôdy pred sejbou jačmeňa

Rok (1)	N <sub>an</sub> (2)	P	K	Ca	Mg	pHKCl
2005	11,30	44,0	224,0	2 026	448	5,90
2006	16,59	24,2	248,4	2 051	307	5,90
2007	17,00	55,0	335,0	2 000	325	5,75

**Table 1** Agrochemical characteristics of soil before barley sowing (1) year, (2) N<sub>an</sub> = N<sub>min</sub> = mineral nitrogen

V pokuse bola použitá odroda jačmeňa jarného Kompakt. Osivo bolo vysiate do valcovitých plastových nádob s priemerom 290 mm a výškou 260 mm. Každá nádoba bola naplnená 15 kg zeminy.

Bol skúmaný efekt troch variantov výživy pri dvoch úrovniach vodného režimu v troch rôznych rastových fázach jačmeňa jarného (odnožovanie, steblovanie, klasenie – kvitnutie). Varianty hnojenia:

1. variant – bez hnojenia (kontrola),
2. variant – hnojenie dusíkom na hladinu 1 g na nádobu + 0,33 g P + 1,1 g K,
3. variant – hnojenie dusíkom na hladinu 2 g na nádobu + 0,33 g P + 1,1 g K.

Dusík bol aplikovaný vo forme DAM 390 (30% N). Na hnojenie fosforom bol použitý trojitý superfosfát (20% P) a draslíkom 60 % draselná soľ (49,8 % K). Tieto hnojivá boli vo vypočítaných množstvách aplikované spolu s pôdou pri plnení pokusných nádob. Každá kombinácia pokusných faktorov (vlhkosť režim × hnojenie) bola štvornásobne opakovaná.

Varianty hnojenia boli skúmané pri dvoch režimoch vlhkosti pôdy:

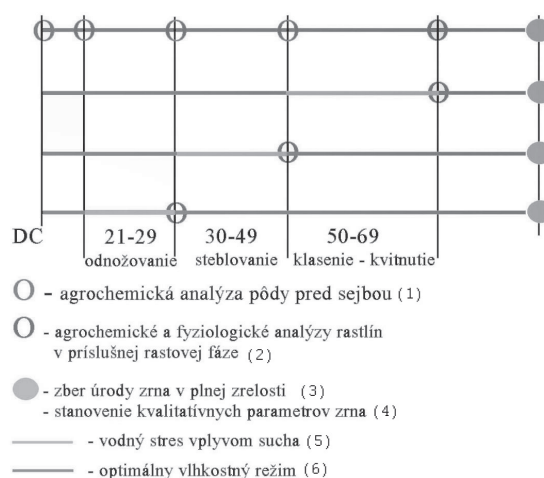
1. optimálny vodný režim (závlaha na 50 – 60 % plnej vodnej kapacity – PVK),

2. stres vplyvom deficitu vody (obsah vody v pôde: 15 – 20 % PVK).

Počas vegetácie bol sledovaný rast a vývoj rastlín jarného jačmeňa a dosiahnutie, resp. nástup hlavných rastových fáz bol dátumovo zaznamenaný. Rastové fázy boli hodnotené pomocou DC stupnice:

1. odnožovanie (DC 21 – DC 29),
2. steblovanie (DC 30 – DC 49),
3. klasenie – kvitnutie (DC 50 – DC 69).

Pri úrovni vodného režimu 2, ktorý simuloval deficit vlhky, boli rastliny vystavené stresu zo sucha počas trvania jednotlivých vyššie uvedených rastových fáz. Rastliny boli stresované znížením vlhkosti pôdy na úroveň 15 – 20% PVK. Po skončení danej rastovej fázy bol obnovený optimálny vlhkosťný režim zavlažovaním pôdy na úroveň 50 – 60% PVK na všetkých stresovaných variantoch pri oboch úrovniach výživy (obr. 2).



**Obrázok 2** Schematické znázornenie termínov indukcie vodného stresu v pokuse

**Figure 2** Design of water stress induction in the experiment  
Note: DC 21 – 29 tillering, DC 30 – 49 shooting, DC 50 – 69 earing-flowering  
(1) soil analysis before sowing, (2) plant analyses in respective growth stage, (3) harvest in full maturity, (4) grain quality parameters determination, (5) water stress by drought, (6) optimal water regime

Obsah fosforu v rastline bol stanovený mokrou cestou kolorimetricky v nasledujúcich rastových fázach: koniec odnožovania (DC 29), koniec steblovania (DC 49), koniec kvitnutia (DC 69). Koncentrácia P bola vyjadrená percentuálnym obsahom v sušine a jeho odber nadzemnou fytohmotou jačmeňa bol prepočítaný na kg.ha<sup>-1</sup>. Namerané hodnoty boli vyhodnotené programom STATGRAPHICS (verzia 5) metódou analýzy variance s hodnotením rozdielov medzi úrovňami pokusných faktorov LSD testom na 95% hladine pravdepodobnosti ( $\alpha = 0,05$ ).

## Výsledky a diskusia

Najvyššia koncentrácia P v sušine nadzemnej biomasy bola v podmienkach optimálneho vodného režimu aj v podmienkach stresu dosiahnutá na variantoch nehnojených dusíkom a pohybovala sa v intervale 0,37 – 0,56% (obr. 3). Hnojenie stupňovanými dávkami dusíka a súčasne fosforom v optimálnych vlhkosťných podmienkach spôsobovalo pokles koncentrácie P v sušine nadzemnej fytohmoty v porovnaní s nehnojenou kontrolou, a to o 0,01 – 0,1% (obr. 3). V týchto podmienkach bol po-

**Tabuľka 2** Vplyv pokusných faktorov na koncentráciu a odber P za celý pokus (LSD test)

Zdroj variability (1)	Početnosť (n) (2)	Úroveň faktora (3)	Konc. P (4) v %	Odber P (5) v kg.ha <sup>-1</sup>
			priemer (6)	
Dávka dusíka (7)	72	0 g	0,4488 a	3,2768 c
		1 g	0,3810 c	11,4402 b
		2 g	0,4117 b	12,8604 a
LSD (0,05)	–	–	0,0147	0,6539
Rastová fáza (8)	72	odnožovanie (9)	0,4906 a	4,4963 c
		steblovanie (10)	0,4069 b	9,6772 b
		klasenie (11)	0,3436 c	13,4040 a
LSD (0,05)	–	–	0,0147	0,6539
Vodný režim (12)	108	optimálny (13)	0,4156 a	10,5087 a
		stresový (14)	0,4118 a	7,8763 b
LSD (0,05)	–	–	0,0120	0,5339

Poznámka: rovnaké písmená pri priemeroch hodnôt predstavujú štatisticky nepreukazný rozdiel; LSD – najmenší preukazný rozdiel  
 Note: the same letters at averages of values indicate statistically insignificant difference; LSD – the least significant difference

**Table 2**

Influence of experimental factors on the concentration and uptake of P within the whole experiment (LSD test)

(1) source of variability, (2) frequency, (3) level of factor, (4) concentration of P, (5) uptake of P, (6) average, (7) rate of nitrogen, (8) growth stage, (9) tillering, (10) shooting, (11) earing, (12) water regime, (13) optimal, (14) stressful

**Tabuľka 3** Vplyv pokusných faktorov na koncentráciu a odber P pri optimálnom a stresovom vodnom režime, LSD test (priemer rastovej fázy/hnojenia, rokov a opakovaní; n = 36)

Zdroj variability	Úroveň faktora	Optimálny vodný režim (1)		Stres zo sucha (2)	
		konc. P v %	odber P v kg.ha <sup>-1</sup>	konc. P v %	odber P v kg.ha <sup>-1</sup>
		priemer			
Dávka dusíka	0 g	0,4469 a	3,1722 c	0,4506 a	3,3814 b
	1 g	0,3719 b	12,7789 b	0,3894 b	10,1017 a
	2 g	0,4281 a	15,5750 a	0,3943 b	10,1458 a
Rastová fáza	odnožovanie	0,5050 a	5,4647 c	0,4761 a	3,5278 c
	steblovanie	0,4114 b	11,4992 b	0,4025 b	7,8553 b
	klasenie	0,3306 c	14,5622 a	0,3567 c	12,2458 a
LSD (0,05)	–	0,0352	0,7764	0,0200	0,8759

Poznámka: ďalšie vysvetlivky sú rovnaké ako v tabuľke 2.

Note: other explanations are the same as below the table 2.

**Table 3**

Influence of experimental factors on the concentration and uptake of P under optimal and stress water regime, LSD test (average of growth stage/fertilization, years and repetitions; n = 36)

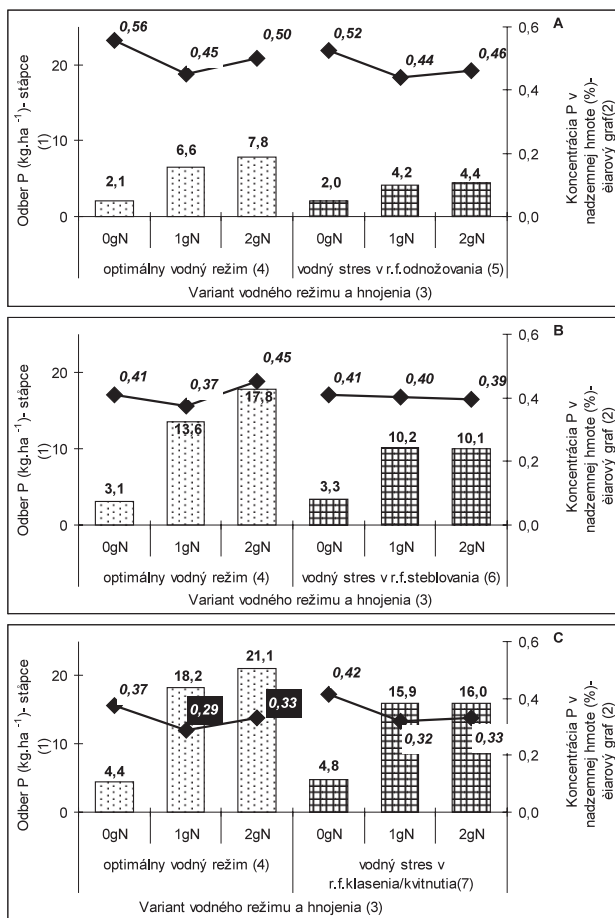
(1) optimal water regime, (2) drought stress

kles obsahu fosforu v sušine nadzemnej fytohmoty pri dávke 1 g N/nádoba štatisticky preukazný v porovnaní s nehnojeným kontrolným variantom. Dávka 2 g N/nádoba koncentráciu fosforu v sušine tiež znižovala, ale v porovnaní s nehnojenou kontrolou štatisticky nepreukazne (tab. 3). K väčšiemu poklesu koncentrácie P v sušine v porovnaní s nehnojenou kontrolou došlo pri nižšej dávke aplikovaného dusíka (1g N/nádoba) ako pri dávke 2g N/nádoba. S postupujúcou rastovou fázou bol pozorovaný štatisticky preukazný pokles koncentrácie P v optimálnych aj stresových podmienkach (tab. 2, tab. 3). Najnižšia koncentrácia P bola analyzovaná v sušine nadzemnej biomasy v najneskoršej sledovanej rastovej fáze klasenie pri hnojení 1g N/nádoba v optimálnych vlhkostrných podmienkach (0,29%) a pri rovnakom hnojení v podmienkach stresu (0,32%). Hu et al. (2008) konštatujú, že NPK výživa nemala pozitívny efekt na koncentráciu P v trefom a piatom liste kukurice bez ohľadu na úroveň vodného režimu, čo je v súlade s našimi výsledkami. Podľa Vaněk et al. (2007) koncentrácie fosforu v rastline nedosahujú vysoké hodnoty, lebo fosfor je dôležitejší ako pohotovostná živina v pôde, v rastlinách jačmeňa ozimného dosahuje hodnoty od 0,40 po 0,60%. V hodnotenom pokuse sa koncen-

trácia P pohybovala v intervale 0,29 – 0,56% v sušine nadzemnej biomasy rastlín jačmeňa pestovaného pri optimálnom vodnom režime a od 0,32 do 0,52% v rastlinách vystavených stresu zo sucha.

Zo štatistického hľadiska vodný režim nemal významný vplyv na koncentráciu P v sušine a dosiahnuté hodnoty v priemere rokov, rastových fáz a hnojenia boli prakticky rovnaké (tab. 2, obr. 3).

Pôsobenie stresu zo sucha na jednotlivých variantoch hnojenia v jednotlivých rastových fázach obsah P v sušine znižovalo pri obidvoch dávkach dusíka v porovnaní s nehnojeným variantom (obr. 3) a podobne tomu bolo aj pri optimálnom vlhkostrnom režime (s výnimkou rastovej fázy steblovanie pri dávke 2 g N). Štatistické hodnotenie je uvedené v tabuľke 3. V rastovej fáze steblovanie a klasenie vlhkostrný stres koncentráciu P udržiaval na rovnakej úrovni, alebo ju mierne zvyšoval v porovnaní s optimálne zavlažovanými rastlinami. Gutiérrez-Boem a Thomas (1998) zistili, že vodný stres výrazne znižuje koncentráciu a odber fosforu rastlinami pšenice, čo korešponduje s našimi výsledkami, ale iba pre stres indukovaný v rastovej fáze odnožovanie.



**Obrázok 3** Závislosť odberu a koncentrácie P v nadzemnej fytohmote od vodného stresu v rast. fáze odnožovanie (A), steblovanie (B) a klasenie (C)

**Figure 3** Dependence of P uptake and concentration in aboveground phytomass on the water stress in growth stage of tillering (A), shooting (B) and earing (C)

(1) uptake of P-columns, (2) concentration of P in DM of aboveground phytomass-linear graph, (3) water regime and fertilization treatment, (4) optimal water regime, (5) water stress during tillering, (6) water stress during shooting, (7) water stress during earing-flowering

Čo sa týka odberu P úrodou nadzemnej hmoty jačmeňa, hnojenie dusíkom pôsobilo na odber fosforu pozitívne, štatisticky preukazne a jeho odber v porovnaní s dusíkom nehnojenu kontrolou dynamizovalo (tab. 2, 3). Na dusíkom hnojených variantoch bol odber P úrodou nadzemnej fytohmoty 2 – 5-násobne (v závislosti od výšky hnojenia N, rastovej fázy a vodného režimu) vyšší a dosahoval hodnoty v intervale 4,2 – 21,1 kg.ha<sup>-1</sup> v porovnaní s hodnotami 2,0 – 4,8 na nehnojenej kontrole.

V podmienkach stresu zo sucha hnojenie dusíkom štatisticky preukazne zvyšovalo odber fosforu nadzemnou biomasou jačmeňa vo všetkých sledovaných rastových fázach v porovnaní s nehnojenu kontrolou, avšak medzi dávkou 1 a 2 g N/nádoba nebol zistený štatisticky významný rozdiel (obr. 3, tab. 3), t. j. zvýšenie dávky dusíka nemalo vplyv na odber P rastlinou. V podmienkach optimálneho vodného režimu hnojenie dusíkom štatisticky preukazne zvyšovalo odber fosforu oproti nehnojenu variantu, pričom dávka 2 g N spôsobovala štatisticky preukazne vyšší odber P nadzemnou fytohmotou ako dávka 1 g N/nádoba (obr. 3, tab. 3). Dostatok vody v pôdnom profile, resp. rizosfére umožnil lepšie využitie fosforu aj pri vyššej aplikáčnej dávke dusíka v porovnaní so stresovými podmienkami sucha. Samotný faktor „vodný režim“ mal teda

štatisticky významný vplyv na odber fosforu nadzemnou fytohmotou jačmeňa (tab. 2).

Benčíková (2009) zistila najvyšší odber fosforu (približne 23 kg P.ha<sup>-1</sup>) pri odrode ozimného jačmeňa Barcelona v rastovej fáze steblovanie až klasenie, čo pravdepodobne súvisí s tvorbou klasu a zároveň aj úrody, čo potvrdzujú aj Villamide et al. (1997).

Starutím porastu sa odber P zvyšoval na všetkých variantoch v zavlažovaných aj stresových podmienkach (obr. 3). Medzi jednotlivými rastovými fázami boli v tomto ukazovateli zistené štatisticky významné rozdiely (tab. 2, 3). Z hľadiska dávky aplikovaného dusíka bola pozorovaná tendencia vyššieho odberu P porastom pri dávke 2 g N/nádoba v porovnaní s dávkou 1 g N/nádoba. Rozdiely pri pestovaní jačmeňa v stresových podmienkach však neboli štatisticky významné (tab. 3).

Aplikácia stresu znižovala odber P nadzemnou fytohmotou približne o 20 – 35% v porovnaní s odberom P rastlinami pestovanými v optimálnych vlhkosťových podmienkach. Whalen a Chang (2001) tvrdia, že odber fosforu nadzemnou fytohmotou jačmeňa narastá v poľných podmienkach vplyvom závlah na nehnojovaných variantoch z 26 kg.ha<sup>-1</sup> na 29 kg.ha<sup>-1</sup>. He et al. (2002) dokázali, že príjem fosforu narastá s rastúcou vlhkosťou pôdy.

## Záver

Podobne ako pri N aj pri P sa prejavuje fenomén zriedovacieho efektu, v dôsledku ktorého starutím porastu, resp. stúpajúcou úrodou sušiny nadzemnej fytohmoty sa koncentrácia P v pletivách rastlín všeobecne znižovala. Hnojenie jačmeňa dusíkom spôsobovalo pokles koncentrácie P v sušine vo všetkých rastových fázach a pri obidvoch vodných režimoch v porovnaní s nehnojenu kontrolou. Na rozdiel od koncentrácie P odber P nadzemnou fytohmotou sa starutím porastu zvyšoval na nehnojovaných i hnojených variantoch a dosahoval maximálne hodnoty v rastovej fáze klasenie. Hnojenie dusíkom pôsobilo na odber P nadzemnou fytohmotou jačmeňa pozitívne a zvyšovalo hodnoty odobraného P 2 – 5-násobne v porovnaní s nehnojenu kontrolným variantom. Pôsobenie stresu zo sucha ovplyvnilo odber P rastlinami nepriaznivo, a to poklesom úrody o 20 – 35% v porovnaní s odberom rastlinami pestovanými v optimálnych vlhkosťových podmienkach.

## Súhrn

Cieľom predkladanej práce bolo posúdiť vplyv pôsobenia stresu zo sucha v kombinácii s NPK hnojením na koncentráciu P v sušine nadzemnej fytohmoty rastlín jačmeňa jarného a odber fosforu rastlinami v príslušných rastových fázach. V nádobovom pokuse s odrodou Kompakt bol skúmaný efekt troch variantov výživy pri dvoch úrovniach vodného režimu v troch rôznych rastových fázach jačmeňa jarného (odnožovanie, steblovanie, klasenie – kvitnutie). Pôsobenie stresu zo sucha na jednotlivých variantoch hnojenia v jednotlivých rastových fázach obsah P v sušine znižovalo pri obidvoch dávkach dusíka v porovnaní s nehnojenu variantom a podobne tomu bolo aj pri optimálnom vlhkosťovom režime (s výnimkou rastovej fázy steblovanie pri dávke 2 g N). Aplikácia stresu znižovala odber P nadzemnou fytohmotou približne o 20 – 35% v porovnaní s odberom P rastlinami pestovanými v optimálnych vlhkosťových podmienkach. Starutím porastu sa prejavil fenomén zriedovacieho efektu, t. j. stúpajúcou úrodou sušiny nadzemnej fytohmoty sa koncentrácia P v pletivách rastlín všeobecne znižovala.

**Klíčové slová:** stres zo sucha, dusíkatá výživa, rastová fáza, koncentrácia fosforu, nadzemná fytomasa, odber fosforu

Predkladaná práca bola súčasťou riešenia projektu AVTP pod označením aAV/1109/2004 „Klimatická zmena a sucho v SR: dopady a východiská pre udržateľné poľnohospodárstvo, produkciu a kvalitu“.

## Literatúra

- BAIER, J. et al. 1988. Diagnostika výživy rastlín. Institut výchovy a vzdelávania, MZVŽ ČSR v Praze, 284 s.
- BALÍK, J. et al. 2000. Příjem fosforu rostlinami a zajištění dostatečné výživy touto živinou. In: Farmář, 2000, č. 4, s. 28 – 29.
- BENČÍKOVÁ, M. 2009. Regulácia dusíkatej výživy pri alternatívnom pestovaní ozimného jačmeňa (*Hordeum vulgare* L.) na krmne a sladovnícke účely. In: Autoreferát dizertačnej práce. Nitra : SPU, 2009, s. 24.
- BENTON, J. B. 1998. Plant Nutrition. New York : CRC Press, 149 p.
- BERGMANN, W. 1986. Farbatlas – Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Visuelle und analytische Diagnose. Jena : VEB Gustav Fischer Verlag. 306 p.
- BRESTIČ, M. – OLŠOVSKÁ, K. 2001. Vodný stres rastlín: príčiny, dôsledky, perspektívy. Nitra : SPU, 2001, 149 s. ISBN 80-7137-902-6.
- FAYE, I. et al. 2006. Characterizing Root Responses to Low Phosphorus in Pearl Millet (*Pennisetum galucum* L.) R. Br. In: Agron. J., 2006, no. 98, p. 1187 – 1194.
- GUTIÉRREZ-BOEM, F. H. – THOMAS, G. W. 1998. Phosphorus Nutrition Affects Wheat Response to Water Deficit. In: Agron. J., 1998, no. 90, p. 166 – 171.
- HANES, J. 1993. Charakteristika hnedozemnej pôdy na výskumnej perimentálnej báze AF VŠP Nitra, Dolná Malanta. Nitra : VŠP, 1993. 29 s. ISBN 80-7137-097-5.
- HE, Y. Q. et al. 2002. Interactions between soil moisture content and phosphorus supply in spring wheat plants grown in pot culture. In: Journal of plant nutrition, vol. 25, 2002, no. 4, p. 913–925.
- HU, Y. et al. 2008. Effect of foliar fertilization application on the growth and mineral nutrient content of maize seedlings under drought and salinity. In: Soil Science and Plant Nutrition, 2008, no. 54, p. 133–141.
- JONES, J. et al. 1991. Methods of Plant Analysis Handbook. Georgia : Micro-Macro Publishing, 189 p.

KRČEK, M. et al. 2005. Impact of nitrogen fertilization on nitrate reductase activity in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves under drought stress. In: Acta phytotechnica et zootechnica, roč. 8, 2005, č. 1, s. 25 – 28.

LONGNECKER, N. 1994. Nutrient deficiencies and vegetative growth. In: A. S. Basra (ed.) Mechanisms of plant growth and improved productivity. Boca Raton : Marcel Dekker, 1994, p. 137 – 172.

PASSIOURA, J. B. 2002. Environmental biology and crop improvement. In: Functional Plant Biology, 2002, no. 29, p. 537 – 546.

PROCHÁZKA, S. et al. 2003. Fyziologie rostlin. Praha : Academia Praha, 2003. 484 s. ISBN 80-200-0586-2.

RODRIGUEZ, D. et al. 1994. Phosphorus deficiency affects the early development of wheat plants. In: J. Agron. Crop Sci., 1994, no. 173, p. 69 – 72.

SAINI, H. S. – WESTGATE, M. E. 2000. Reproductive development in grain crops during drought. In: Advances in Agronomy, 2000, no. 68, p. 59 – 96.

SLAFER, G. A. et al. 2002. Barley Science. Food products press : New Food products press : New York, 2002. 565 p. ISBN 1-56022-910-1.

VANĚK, V. et al. 2007. Výživa poľných a zahradných plodín. Praha : Profi Press, 2007. 176 s. ISBN 976-80-86726-25-0.

VÁRADY, T. – SLAMKA, P. – TOKÁR, Z. 2009. Účinky polymérom obalovaného hnojiva na tvorbu biomasy a úrodu plodov jahody obyčajnej (*Fragaria vesca*, L.). In: Acta fytotechnica et zootechnica, 2009, no 4, p. 100 – 104.

VILLAMIDE, M. J. et al. 1997. Energy Evaluation of Eight Barley Cultivars for Poultry: Effect of Dietary Enzyme Addition. In: Poultry Science, 1997, no. 76, p. 834 – 840.

WANG, Y. H. et al. 2001. Nitrate-induced genes in tomato roots. Array analysis reveals novel genes that may play a role in nitrogen nutrition. In: Plant Physiology, vol. 127, 2001, p. 345 – 359.

WHALEN, J. K. – CHANG, CH. 2001. Phosphorus Accumulation in Cultivated Soil from Long-Term Annual Applications of Cattle Feedlot Manure. In: J. Environ. Qual., 2001, no. 30, p. 229 – 237.

---

Kontaktná adresa:

Pavol Slamka, Katedra agrochémie a výživy rastlín, FAPZ SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Pavol.Slamka@uniag.sk

---