

✓ **REAKCIA GENOTYPOV JAČMEŇA JARNÉHO NA HNOJENIE DUSÍKOM
V ÚRODE ZRNA A ZNAKOV KVALITY V GENERÁCIÁCH F₃, F₄ A F₅**

**REACTION OF SPRING BARLEY GENOTYPES ON NITROGEN FERTILIZATION
IN GRAIN YIELD AND QUALITY TRAITS IN GENERATIONS F₃, F₄ AND F₅**

MARTIN UŽÍK, ALŽBETA ŽOFAJOVÁ

Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu, Nitra
Slovak Agricultural Research Centre, Nitra

UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A.: Reaction of spring barley genotypes on nitrogen fertilization in grain yield and quality traits in generations F₃, F₄ and F₅. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, vol. 52, 2006, N. 1, pp. 24–37.

Spring barley lines F_{2,3}, F_{2,4}, F_{2,5} originating from six parents (Amos, Stabil, Kosan, Progres, Galan, SK-13-9) and from five hybrid crossings were evaluated jointly with parents in the years 2000, 2001, 2002 on two levels of N-fertilization (N1 – unfertilized control, N2 – 120 kg·ha⁻¹). In F₃ generation plant offspring (135 lines) were evaluated in rows and in F₄ (42 lines) and in F₅ (14 lines) on plots 5 and 10 m², respectively. In all generations grain yield, quality traits by NIRS instrument (protein content, starch content, extract content, diastatic power, Kolbach number, test weight) were evaluated. In F₄ and F₅ generations the protein content in grain and straw were determined.

Crossings responded in grain yield on N-fertilization slightly. In F₅ generation higher N-fertilization reduced grain yield. Only three crossings from evaluated set Progres/Kosan, Progres/Galan and SK-13-9/Stabil responded on higher N-fertilization by increasing of grain yield in two generations, and crossing SK-13-9/Stabil in three generations.

N-fertilization increased grain protein content, nitrogen content in grain and in straw and diastatic power and on the other side decreased starch and extract content. Protein content determined by NIRS analysis was in comparison to direct determination of nitrogen content higher by 1.87 %, however correlation coefficient between them was 0.90** in both generations.

Among hybrid combinations were differences in nitrogen uptake and utilization. Effective nitrogen uptake,

but low responsibility on N-fertilization characterised crossing SK-13-9/Stabil, on the contrary crossing Progres/Kosan was high responsible on N-fertilization. From varieties high nitrogen content in straw (maximum 0.912 %) and in grain (maximum 2.026 %) had varieties Stabil and Galan. Variety Progres had only 0.676 % and 1.726 %, respectively.

Differences among generations in quality traits and in grain yield were conditioned by years, with different length of vegetative period up to 12 days, (difference in the year 2000 in comparison to the year 2002 in the vegetative period from sowing to heading was 19 days).

Protein content in grain and in straw (average of F₄ and F₅ generations) was higher at higher N-fertilization, however in F₅ generation was higher nitrogen content in straw and lower in grain than in F₄ generation, which was conditioned by different period of nitrogen accumulation and translocation in respective years. Low responsibility of spring barley on N-fertilization is explained by low tolerance to lodging and low nitrogen uptake and utilization.

Among protein content and starch content, and extract content correlations were negative and positive between protein content and diastatic power. Among generations were medium even high correlations at the most quality traits, weaker and variable in nitrogen content in grain and in straw and none at grain yield.

Selection of spring barley genotypes with higher effectivity of nitrogen uptake and utilisation is discussed.

Key words: spring barley, lines F₃, F₄, F₅, varieties, protein content, starch content, nitrogen content in grain and straw

Ing. Martin Užík, DrSc., Ing. Alžbeta Žofajová, PhD., SARC – Research Institute for Plant Production, 921 68 Piešťany, Bratislavská 122. E-mail: uzik@vurv.sk, zofajova@vurv.sk

Úroda zrna a vysoký obsah bielkovín v zrne jačmeňa pre krmné účely a naopak limitovaný medzi 8,5 až 12 %-ami [2] alebo 9 až 12 %-ami [3] pre sladovnícke účely patria medzi základné šľachtiteľské ciele. Zvyšovanie úrod moderných odrôd obilnín v porovnaní so staršími sa dosiahlo vďaka zvýšeniu zberového indexu [1], pričom úroda biomasy sa podstatne nezmenila. Na raste úrod sa podieľali zvýšené dávky priemyselných hnojív a moderné odrody, ktoré tieto zvýšené dávky živín dokázali efektívnejšie využiť [14].

Náklady na hnojenie patria medzi najvyššie položky pri pestovaní jačmeňa jarného. Preto šľachteniu genotypov s efektívnym využitím živín treba venovať patričnú pozornosť. Reakciu jačmeňa jarného na hnojenia (najmä na dusík) uvádzajú viacerí autori [7, 4, 10], pričom sa často konštatuje nízka responzibilita na N-hnojenie. G r a n t a kol. [7] zistili efektívnu responzibilitu len do dávky 80 kg N.ha⁻¹. F l a š a r o v á a O n d e r k a [6] zistili zníženie úrod už pri dávke 90 kg N.ha⁻¹.

Vplyvom dusíka na kvalitu zrna jačmeňa siateho jarného z hľadiska šľachtiteľského sa autori zaoberajú zriedkavo [13, 3, 4]. Hoci sa všeobecne uvádza vplyv genotypov na efektív-

nejšie využitie živín a na sladovnícku kvalitu zrna, informácií o reakcii odrôd na dusíkaté hnojenie úrodou a kvalitou zrna je málo [2, 6] a údaje o reakcii hybridných populácií so zameraním na perspektívu selekcie sú dokonca veľmi zriedkavé.

Cieľom práce bolo zistiť reakciu hybridných populácií a genotypov jačmeňa jarného na N-hnojenie za účelom posúdenia možnosti selekcie genotypov s efektívnejším využitím dusíka a vytvoriť tak populácie s vyšším potenciálom úrody a jej kvality.

MATERIÁL A METÓDA

Pokus v generácii F₃ bol založený 7.4.2000 v Piešťanoch metódou delených parciel. Mal tri varianty hnojenia dusíkom v troch opakovaníach (N1 – nehnojená kontrola, N2 – 60 a N3 – 120 kg N.ha⁻¹). V práci uvádzame výsledky z variantov N1 a N3 (označený ako N2). Každá parcela predstavovala jedno kríženie, podparcelu tvorili línie (potomstvá rastlín selektovaných v generácii F₂), rodičovské a kontrolné odrody (jeden riadok 2 m dlhý, šírka riadkov 0,15 m). Pokus zahrňoval 135 línií F_{2,3} pochádzajúcich z

T a b u ľ k a 1

Poveternostné podmienky v období vegetácie jačmeňa jarného
Weather conditions during the vegetation period of spring barley

Ukazovateľ ⁽¹⁾		2000	2001	2002
dátum ⁽²⁾	sejby (S) ⁽³⁾	7.4.	29.3.	9.3.
	klasenía (H) ⁽⁴⁾	7. – 8.6.	13.6	28.5.
	zrelosti (M) ⁽⁵⁾	25.7.	30.7.	10.7.
počet dní v období ⁽⁶⁾	S → H	61	76	80
	H → M	48	47	43
	veg.	109	123	123
teplota v období ⁽⁷⁾	S → H	16,72 °C	11,81 °C	11,92 °C
	H → M	18,87 °C	17,25 °C	21,67 °C
zrážky v období ⁽⁸⁾	S → H	130,6 mm	145,3 mm	91,2 mm
	H → M	98,0 mm	137,3 mm	96,1 mm
	veg.	228,6 mm	282,6 mm	187,3 mm

veg. – za celé vegetačné obdobie – during growing period

(¹) Indicator, (²) date (³) of sowing, (⁴) of heading, (⁵) of maturity, (⁶) number of days in period, (⁷) temperature in period, (⁸) precipitation in period

piatich krížení a šesť rodičovských odrôd (tab. 3). Zber na zrno sa vykonal 25. a 26. júla. Zo zrna variantov zaradených do generácie F_4 (42 línii) sa vykonala NIRS (near-infrared spectroscopy) analýza.

Pokus v generácii F_4 bol založený 29.3.2001 v Borovciach metódou náhodného rozmiestnenia línii a odrôd (šírka riadkov 0,125 m, zberová plocha 5 m²). Mal dva varianty hnojenia dusíkom, v troch opakovaníach (N1 – nehnojená kontrola a N2 – 120 kg N.ha⁻¹). Do generácie F_4 sme náhodne vybrali 42 línii $F_{2,4}$ pochádzajúcich z piatich krížení a šesť rodičovských odrôd (tab. 3). V technologickej zrelosti sme v dvoch opakovaníach odobrali vzorky (v počte 60) na stanovenie obsahu dusíka v slame a zrne. Z každej parcely sa odobrali vzorky zrna na NIRS analýzu.

Pokus v generácii F_5 bol založený 9.3.2002 v Borovciach metódou náhodného rozmiestnenia línii a odrôd (šírka riadkov 0,125 m, zberová plocha 10 m²). Opäť mal dva varianty hnojenia v štyroch opakovaníach (N1 – nehnojená kontrola a N2 – 120 kg N.ha⁻¹). Do pokusu bolo zaradených 14 línii pochádzajúcich z piatich krížení a dve kontrolné odrody – Progres a Kompakt (tab. 3). Stanovili sme úrodu zrna, obsah dusíka v zrne a slame a prístrojom NIRS ukazovatele kvality.

Selekciu medzi kríženími v rámci generácií sme nerobili. Z technických dôvodov sme vylučovali línie s podobnými parametrami v generáciách F_4 a F_5 .

Obsah dusíka sme stanovili Dumasovou metódou na analyzátoe CNS-2000 (fi Leco, St. Joseph, Mi, USA). Prístrojom NIRS (fi NIR Systems, A Perstorp Analytical Company, Silver Spring, USA) sme nepriamo stanovili tieto ukazovatele: obsah bielkovín, obsah škrobu, diastatická mohutnosť, Kolbachovo číslo a objemová hmotnosť. Získané údaje sme vyhodnotili pomocou programu Statgraphics for Windows.

Homogenitu experimentálnej chyby medzi generáciami F_3 , F_4 a F_5 sme testovali pomerom MS_{\max}/MS_{\min} [5, 12]. Keďže hodnoty MS_{\max} pre úrodu zrna neboli homogénne, výsledky sme analyzovali za jednotlivé roky (generácie) podľa modelu

$$X_{ijkl} = m + N_i + C_j + L_{k(j)} + N_i C_j + e_{ijkl} \quad [1]$$

Pre ostatné znaky sme mohli vypočítať kombinovanú analýzu cez generácie, v ktorej sa testovali tiež kontrasty skupinových priemerov (rodičia vs. krížení) podľa modelu

$$X_{ijkl} = m + G_l + N_i + C_j + L_{k(j)} + N_i C_j + N_i G_l + G_l C_j + N_i G_l C_j + e_{ijkl} \quad [2]$$

- kde
- m – celkový priemer,
 - G_l – generácia, $l = 1, 2, 3$,
 - N_i – efekt N-hnojenia, $i = 1, 2$,
 - C_j – efekt kríženia, $j = 1, \dots, 5$,
 - $L_{k(j)}$ – efekt línie vnútri kríženia,
 - $N_i C_j$ – efekt interakcie N-hnojenia s krížením,
 - $N_i G_l$ – efekt interakcie N-hnojenia s generáciou,
 - $G_l C_j$ – efekt interakcie generácie s krížením,

T a b u l k a 2

Priemerné štvorce z analýzy rozptylu úrody zrna v generáciách F_3 , F_4 a F_5

Mean squares from analysis of variance of grain yield in generations F_3 , F_4 and F_5

Zdroj variability (1)	F_3		F_4		F_5	
	f	MS	f	MS	f	MS
N-hnojenie (N) (2)	1	2,86	1	6,30***	1	1,322*
kríženie (C) (3)	5	4,60**	5	1,87**	5	0,347
línie vnútri kríženia (L) (4)	74	1,70	41	0,56**	12	0,472*
interakcia N x C (5)	5	4,47**	5	0,674**	5	0,338
chyba (6)	234	1,54	229	0,216	48	0,185
spolu (7)	319		281		71	

* $P < 0,05$ ** $P < 0,01$

- f – stupeň voľnosti – degree of freedom
- MS – priemerný štvorec – mean square
- P – vplyv preukazný na hladine $\alpha = 0,05$ alebo $\alpha = 0,01$
- effect significant at the level $\alpha = 0.05$ or $\alpha = 0.01$

(1) Source of variability, (2) N-fertilization, (3) crossing, (4) lines within crossing, (5) interaction N x C, (6) error, (7) total

$N_i G_j C_k$ – efekt interakcie N-hnojenia s generáciou a krížením,

e_{ijkl} – chyba.

Testovali sme tiež kontrasty kríženia vs. rodičia, prípadne interakcie N-hnojenie/(kríženie vs. rodičia).

VÝSLEDKY

Úroda zrna

V generácii F_3 sme zistili významné rozdiely v úrode zrna medzi kríženiami. Významná bola aj interakcia N-hnojenie/kríženie, v dôsledku čoho bol efekt N-hnojenia nepreukazný (tab. 2). Podľa úrody zrna (tab. 3) sme kríženia (vrátane skupiny rodičov a kontrolných odrôd) mohli zaradiť do troch homogénnych skupín:

- podpriemerné – Progres/Kosan a Progres/Galan,
- priemerné – SK-13-9/Stabil a Progres/Stabil,

– nadpriemerné – rodičovské a kontrolné odrody.

Vzhľadom na významnú interakciu kríženia s N-hnojením je hodnotenie úrody zrna objektívnejšie podľa variantov hnojenia. Medzi úrodné kríženia patrili na variante N1 kríženia Amos/Kosan a Progres/Stabil, na variante N2 kríženia Amos/Kosan, Progres/Galan, SK-13-9/Stabil a rodičia (tab. 3). Pozitívne na N-hnojenie reagovali kríženia, ktoré boli na N1 variante podpriemerne úrodné (Progres/Kosan, Progres/Galan a SK-13-9/Stabil) (tab. 3).

V generácii F_4 malo na úrodu zrna významný vplyv N-hnojenie, kríženie a línie v rámci kríženia, ale aj interakcia N-hnojenia s krížením (tab. 2). Na variante N1 patrili medzi nadpriemerne úrodné len línie kríženia SK-13-9/Stabil a odrody (rodičia) a na variante N2 línie kríženia Progres/Galan a SK-13-9/Stabil (tab. 3). Kríženie Amos/Kosan nereagovalo pozitívne na N-hnojenie, čiastočne pozitívne reagovalo kríženie Progres/Stabil, pri ostatných troch kríženiach bola reakcia pozitívna (tab. 3).

T a b u ľ k a 3

Priemerná úroda zrna (t.ha⁻¹) podľa kríženia a variantov N-hnojenia
Average grain yield (t.ha⁻¹) according to crossings and variants of N-fertilization

Kríženie, rodičia (1)	F_3 (n = 320)			F_4 (n = 94)			F_5 (n = 72)		
	N1	N2	%N1	N1	N2	%N1	N1	N2	%N1
Amos/Kosan	5,611	5,385	95,3	4,462	5,028	112,6	5,327	5,402	101,4
Progres/Kosan	4,641	5,021	108,1	4,725	5,187	109,7	5,975	5,601	93,7
Progres/Galan	4,542	5,504	121,1	4,600	5,794	125,9	6,158	5,716	92,8
Progres/Stabil	5,446	5,049	97,7	4,416	5,228	125,7	6,035	5,667	93,9
SK13-9/Stabil	4,780	5,526	115,6	5,342	5,650	105,7	5,718	5,860	102,5
rodičia, odrody (2)	5,922	5,692	96,1	5,508	5,410	98,2	6,220	5,295	85,1
\bar{x}	5,157	5,363	103,9	4,842	5,383	111,1	5,905	5,590	94,6
s	min.	0,227	–	0,141	0,141	–	0,175	0,175	–
	max.	0,393	–	0,178	0,178	–	0,304	0,304	–

n – počet pozorovaní – number of observations

\bar{x} – celkový priemer – total average

s – smerodajná odchýlka (kolísala podľa počtu genotypov v jednotlivých kríženiach) standard error (varied according to number of genotypes in individual crossings)

N1, N2 – varianty N-hnojenia – N-fertilization treatments

F_3 – F_5 – generácie – generations

%N1 – relatívne (percentuálne) vyjadrenie na variante N2 v porovnaní k variantu N1 (N1 = 100 %) relative (percentual) expression on N2 treatment in comparison to N1 treatment (N1 = 100 %)

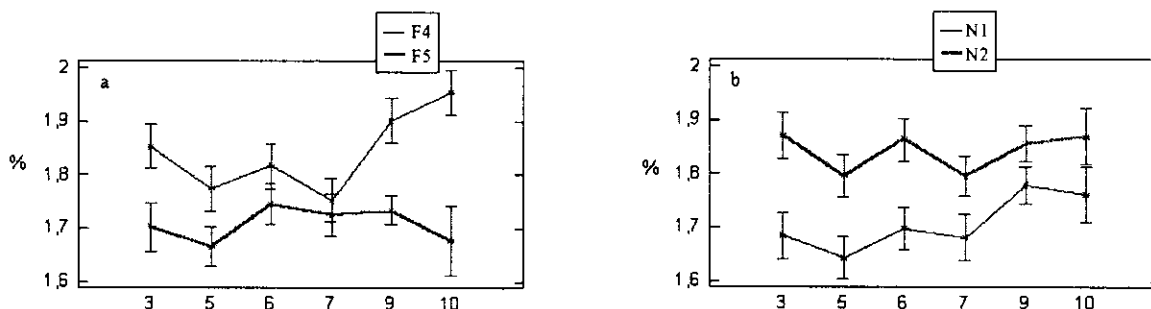
(1) Crossing, parents, (2) parental varieties, varieties

V generácii F_5 boli pri úrode zrna významné rozdiely medzi N-hnojením a líniami vnútri krížení (tab. 2). Priemerná úroda zrna bola na variante N1 vyššia v dôsledku poľahnutia porastu a pravdepodobne väčšej strate pri zbere (tab. 3). Tento rozdiel bol významný pri kríženiach Progres/Galan a Progres/Stabil a pri odrodách. Podobne ako v predchádzajúcich generáciách najvyššiu úrodu zrna mali línie získané z krížení Progres/Galan a Progres/Stabil, prípadne z kríženia SK-13-9/Stabil.

Obsah dusíka v slame a zrne

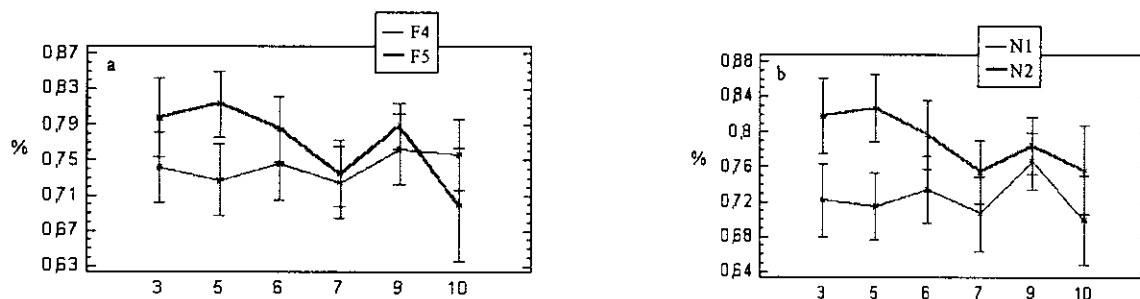
Na obsah dusíka v slame vplývalo len N-

hnojenie a interakcia hnojenia s generáciou, zatiaľ čo na jeho obsah v zrne vplývali viaceré faktory – N-hnojenie, kríženie a generácie (tab. 4). Zaujímavé je porovnanie vplyvu N-hnojenia pri kríženiach Progres/Kosan a Progres/Stabil s nízkym a pri kríženiach Progres/Galan a SK-13-9/Stabil s vysokým obsahom dusíka v zrne i slame (tab. 5, obr. 1b, 2b). Kríženie SK-13-9/Stabil malo vysoký obsah dusíka v slame pri nízkej i vysokej dávke dusíka, takže malo nízku responzibilitu, zatiaľ čo kríženie Progres/Galan obsahovalo významne viac dusíka v slame len pri vyššej dávke dusíka, a to v dôsledku vyššej responzibility na N-hnojenie. Podobné vzťahy boli pri obsahu dusíka v zrne (obr. 2b).



Obr. 1. Obsah dusíka v zrne jačmeňa podľa generácií (a) a hnojenia (b)
 Fig. 1. Nitrogen content in barley grain according to generations (a) and fertilization (b)

- F_4, F_5 – generácie – generations
- N1, N2 – varianty hnojenia dusíkom – nitrogen fertilization treatments
- 10 – rodičovské a kontrolné odrody – parental and control varieties
- 3 – 9 – kríženia rodičovských odrôd – crossings of parental varieties
- 3 – Amos/Kosan
- 5 – Progres/Kosan
- 6 – Progres/Galan
- 7 – Progres/Stabil
- 9 – SK-13-9/Stabil



Obr. 2. Obsah dusíka v slame jačmeňa. Symboly ako na obrázku 1.
 Fig. 2. Nitrogen content in barley straw. Symbols are identical with the figure 1.

Predpokladá sa, že čím viac dusíka obsahuje zrno i slama, tým vyššia je efektívnosť príjmu dusíka a čím väčšiu hodnotu má pomer obsahu dusíka v zrne k jeho obsahu v slame, tým väčšia je efektívnosť využitia dusíka. Na obrázkoch 1a a 2b vidieť, že kríženie SK-13-9/Stabil malo vysokú efektívnosť príjmu dusíka bez ohľadu na úroveň hnojenia, zatiaľ čo kríženie Progres/Galan malo vysokú efektívnosť príjmu dusíka len pri vysokej hladine N-hnojenia. Z porovnania obsahu dusíka v slame a zrne vidieť, že kríženie SK-13-9/Stabil malo efektívnosť využitia pri oboch hladinách N-hnojenia vyššiu než kríženie Progres/Galan. Kríženie Progres/

Kosan malo vysokú efektívnosť príjmu dusíka, ale nízku efektívnosť jeho využitia, a to napriek tomu, že slama zo všetkých krížení obsahovala najviac dusíka, v zrne bol obsah dusíka najnižší (obr. 1b, 2b).

Mechanizmy rozdielnej responzibility na N-hnojenie s rozdielnou efektívnosťou príjmu a využitia dusíka medzi krížzeniami (genotypmi) boli zdrojmi ich rozdielnej reakcie. Rozdielne na hnojenie dusíkom reagovali kríženia tiež obsahom dusíka v slame a zrne v generáciách F_4 a F_5 (obr. 1a, 2a), pričom v generácii F_4 bol obsah dusíka v zrne vyšší a v slame nižší oproti generácii F_5 .

T a b u l k a 4

Priemerné štvorce z analýzy rozptylu pre obsah dusíka v zrne a slame a pre znaky kvality
Mean squares from analysis of variance for nitrogen content in grain and straw and for quality traits

Zdroj variability (1)	f	Obsah dusíka (2)		f	Obsah (12)			Diastatická mŕhota (16)	Kolbachovo číslo (17)	
		zrno (10)	slama (11)		bielkovín (13)	škrobu (14)	extraktu (15)			
		v.10 ³								
N-hnojenie (N) (2)	1	566**	135**	1	13,791**	25,02**	16,70**	4658**	25,52**	
generácia, rok (G) (3)	1	510**	18	2	4,712**	121,83**	239,67**	3083**	52,63**	
kríženie (C) (4)	5	33**	9,1	5	1,837**	4,82**	4,01**	2092**	13,38**	
linie vnútri kríženia (L) (5)	-	-	-	41	0,722**	0,81**	1,16**	677**	4,93**	
interakcia (6)	N x G	1	11,5	99,9**	2	4,300**	3,60**	1,03	2029**	4,86*
	N x C	5	9,1	5,5	5	0,860**	0,52	0,69	461	1,51
	G x C	5	29,2**	-	10	1,509**	0,78*	0,57	774**	3,42**
	N x G x C	-	-	-	10	0,615**	0,40	0,80	739**	0,57
chyba (7)	113	8,6	8,3	183	0,252	0,35	0,50	245	1,29	
spolu (8)	131	-	-	259	-	-	-	-	-	
$\sqrt{MS_e/\bar{x}} \cdot 100$	-	-	-	-	14,00	7,69	8,03	83,74	17,69	
interakcia (6)	V vs. L	-	-	-	1	0,534	0,001	0,183	1385*	1,305
	G x (C vs. V)	-	-	-	2	3,175**	0,101	0,025	1113*	4,865*
chyba (7)	-	-	-	203	0,306	0,384	0,517	270	1,348	

*P<0,05 **P<0,01

V - rodičovské odrody - parental varieties

vs. - versus

e - chyba - error

v - hodnota - value

Ostatné symboly ako v tabuľke 2.

The other symbols as in the table 2.

(1) Source of variability, (2) N-fertilization, (3) generation, year, (4) crossing, (5) lines within crossing, (6) interaction, (7) error, (8) total, (9) nitrogen content, (10) grain, (11) straw, (12) content, (13) of protein, (14) of starch, (15) of extract, (16) diastatic power, (17) Kolbach number

Ukazovatele kvality zrna (NIRS)

a) Obsah bielkovín

N-hnojenie významne zvyšovalo obsah bielkovín v zrne (tab. 4), avšak v absolútnom vyjadrení to predstavuje len 0,51 % (tab. 5), čo je dôsledok významných interakcií N-hnojenia s krížením alebo generáciou, prípadne interakcie všetkých troch týchto faktorov (tab. 4).

Obsah bielkovín kolísal podľa rokov, keď jeho hodnota s generáciami významne klesla z 13,17 na 12,55 % (tab. 5, obr. 3a). Vplyv generácií sa nedá spoľahlivo vyhodnotiť, pretože sa prekrýva s vplyvom ročníka. Na čiastočné oddelenie vplyvu ročníka a generácie je možné

využiť údaje získané pri rodičovských odrodách, pri ktorých nie je vplyv ročníka zmiešaný s vplyvom generácie, pretože ide o genotypy stabilizované geneticky. Ako je vidieť z tabuľky 5, vo všetkých ukazovateľoch (okrem obsahu bielkovín) bola reakcia na ročník pri rodičoch, líniách a kríženiach podobná. Príčiny kolísania obsahu dusíka v zrne spočívajú v rastovom rytme a dĺžke vegetačnej doby do klasenia a po klasení (tab. 1).

Ako vidieť v tabuľke 4, pri obsahu bielkovín boli významné rozdiely medzi kríženiami. Z rodičov mali vysoký obsah bielkovín v zrne Stabil (13,62 %) a Galan (13,57 %) (tab. 5). Ostatné odrody obsahovali o 1 % bielkovín menej (roz-

T a b u ľ k a 5

Obsah dusíka v zrne a slame a znaky kvality zrna
Nitrogen content in grain and straw and grain quality traits

Faktor vplyvu (1)		Obsah dusíka (%) (2)		Obsah (%) (3)			Diastatická mohutnosť (WK) (14)	Kolbachovo číslo (%) (15)
		zrno (8)	slama (9)	bielkovín (11)	škrobu (12)	extraktu (13)		
N-hnojenie (2)	N1	1,707	0,723	12,62	59,41	77,67	344,7	41,56
	N2	1,842	0,789	13,13	58,73	77,11	354,0	40,87
generácia (1)	F ₃	–	–	13,17	57,44	75,65	337,3	42,19
	F ₄	1,842	0,743	12,90	59,13	78,91	372,2	40,81
	F ₅	1,707	0,769	12,55	60,54	77,60	338,5	40,65
kríženie (4)	Amos/Kosan	1,777	0,769	12,83	59,09	77,23	339,9	40,70
	Progres/Kosan	1,720	0,770	12,60	59,29	77,72	354,2	41,72
	Progres/Galan	1,780	0,765	13,07	59,57	77,47	337,6	40,64
	Progres/Stabil	1,738	0,730	12,60	58,77	77,71	355,5	42,27
	SK-13-9/Stabil	1,817	0,775	13,07	58,63	76,93	350,7	41,04
	\bar{x}_c	1,766	0,762	12,83	59,07	77,41	347,6	41,27
rodičovské odrody (5)	Stabil	2,026	0,815	13,62	58,33	76,92	379,0	41,39
	Kosan	1,983	0,732	12,62	59,43	77,75	354,6	41,29
	Progres	1,726	0,676	12,78	58,82	77,77	350,3	41,25
	Galan	1,982	0,912	13,57	59,47	76,41	371,9	39,31
	SK-13-9	1,953	0,694	12,77	59,30	77,50	335,4	41,39
	\bar{x}_v	1,815	0,728	13,07	59,07	77,27	358,2	40,92
\bar{x}_t		1,774	0,756	12,87	59,07	77,39	349,38	41,22

WK – vyjadrenie v jednotkách Windisch-Kolbacha – expression in Windisch-Kolbach units

\bar{x}_c – priemer krížení – average of crossings

\bar{x}_v – priemer rodičovských odrôd – average of parental varieties

\bar{x}_t – celkový priemer – total average

(1) Factor of effect, (2) N-fertilization, (3) generation, (4) crossing, (5) parental varieties, (6) content of nitrogen, (7) in grain, (8) in straw, (9) content, (10) of protein, (11) of starch, (12) of extract, (13) diastatic power, (14) Kolbach number

diely medzi nimi boli nevýznamné). Z krížení viac bielkovín obsahovali kríženia Progres/Galan a SK-13-9/Stabil. Naopak, veľmi nízky obsah bielkovín malo kríženie Progres/Kosan (12,6 %, čo odpovedá odrode Kosan s obsahom bielkovín 12,62 %). Významné rozdiely sme zistili i medzi líniami, keď v rámci hodnotených krížení ani jedna neobsahovala menej ako 12 %, niektoré však obsahovali viac ako 13,5 % bielkovín v zrne (výsledky neuvádzame).

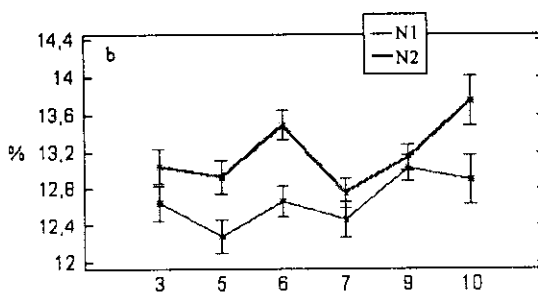
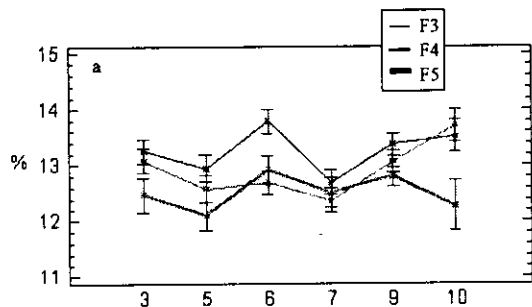
Jednotlivé kríženia nereagovali na hnojenie dusíkom rovnako (obr. 3b). Napríklad kríženie SK-13-9/Stabil malo vysoký obsah bielkovín v zrne pri oboch úrovniach N-hnojenia, zatiaľ čo zrna kríženia Progres/Galan malo vysoký obsah bielkovín len pri vyšších dávkach dusíka (obr. 6b). Analýza podľa modelu línie verzus rodičia naznačila, že rozdiel medzi skupinou rodičov a skupinou línii nebol významný (tab. 4).

b) Obsah škrobu

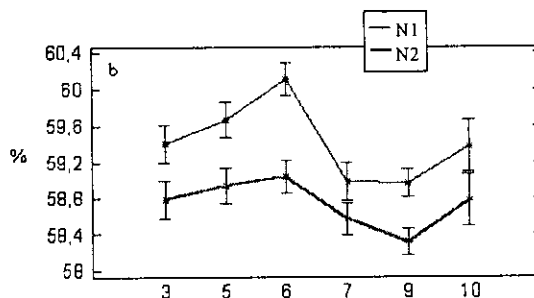
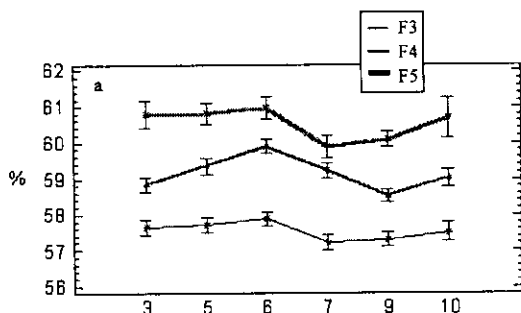
Priemerný obsah škrobu v zrne jačmeňa

predstavoval 59,07 %. Aplikácia dusíka tento ukazovateľ významne (avšak ani nie o 1 %) znižovala (tab. 4, 5). Na N-hnojenie reagovali všetky kríženia rovnako (obr. 4b). S rokom, prípadne s generáciou sa obsah škrobu zvýšil z 57,44 na 60,54 % v opačnom trende (obr. 4a) ako pri obsahu bielkovín (obr. 3a). Nevýznamný vplyv interakcie generácia/kríženie vs. odrody naznačuje, že na tomto zvýšení sa podieľal len ročník (tab. 4).

Významné rozdiely sme zistili medzi kríženia-
mi – vysoký obsah škrobu v zrne malo kríženie Progres/Galan a veľmi nízky kríženie SK-13-9/Stabil (obr. 4a, 4b). Vzhľadom na záporný vzťah medzi obsahom bielkovín a škrobu bol obsah bielkovín pri krížení Progres/Galan pravdepodobne v generácii F₃ nadhodnotený. Z odrôd vysoký obsah škrobu mali odrody Kosan, Galan a SK-13-9 (tab. 5). Významné rozdiely sme zistili i medzi líniami vnútri kríženia (tab. 4). Podobne ako pri bielkovinách v každom krížení sa vyskytli línie s hodnotou nad 59 %, ale žiadna



Obr. 3. Obsah bielkovín v zrne jačmeňa. Symboly ako na obrázku 1.
Fig. 3. Crude protein content in barley grain. Symbols are identical with the figure 1.



Obr. 4. Obsah škrobu jačmeňa. Symboly ako na obrázku 1.
Fig. 4. Starch content of barley. Symbols are identical with the figure 1.

lína neprekročila 60 % a len ojedinele sa vyskytli línie s obsahom škrobu nižším ako 58 % (výsledky neuvádzame).

c) *Obsah extraktu*

Obsah extraktu zrna bol významne podmienený N-hnojením (tab. 4), pričom vyššia dávka dusíka ho znižovala (tab. 5). Interakcia hnojenia s krížením nie je významná (tab. 4), avšak kontrolné (Progres, Kompakt) a rodičovské odrody na vyššiu dávku dusíka reagovali citlivejšie (výraznejším znížením obsahu extraktu), než kríženia (obr. 5b).

Preukazne najvyšší obsah extraktu mali genotypy v roku 2001 (generácia F₄) a najnižší v roku 2000 (generácia F₃) (tab. 5, obr. 5a), čo je opačné poradie rokov ako pri obsahu bielkovín (obr. 3a) a rovnaké ako pri obsahu škrobu. Najvyššie hodnoty extraktu sme zistili pri kríženiach Progres/Kosan a Progres/Stabil, ktoré mali nízky obsah bielkovín, a nízku pri krížení SK-

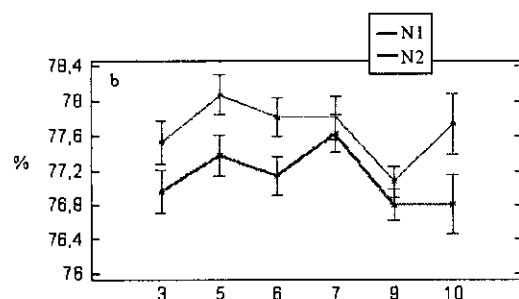
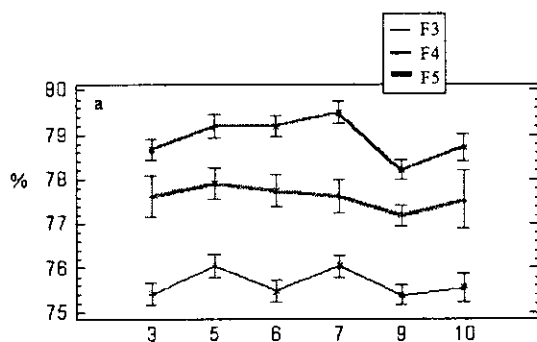
13-9/Stabil s vysokým obsahom bielkovín v zrne (obr. 3a, 3b, obr. 5a, 5b).

d) *Diastatická mohutnosť*

Tento ukazovateľ kvality mal priemernú hodnotu 349, čo presahuje optimálnu hodnotu. N-hnojenie významne zvyšovalo diastatickú mohutnosť (tab. 4, 5, obr. 6b). Najvyššiu hodnotu sme podobne ako pri extrakte zistili v generácii F₄ (významne vyššiu ako v F₃ a F₅) (obr. 6a). Z odrôd mali najvyššiu hodnotu Stabil a Galan (čo sú tie isté odrody ako pri obsahu bielkovín), nasledovali Kosan a Progres a nakoniec genotyp SK-13-9 s najnižšou hodnotou.

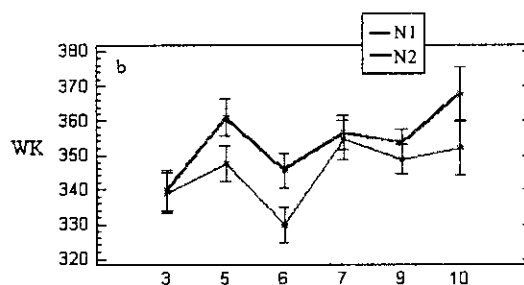
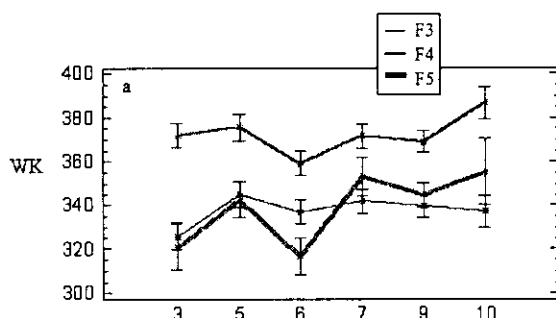
Z krížení malo vysokú hodnotu diastatickej mohutnosti Progres/Stabil, čo sa dá vysvetliť vysokou hodnotou rodičovskej odrody Stabil. Naopak nízku diastatickú mohutnosť (iba 337) malo kríženie Progres/Galan, čo je vzhľadom na priemer rodičov neočakávané.

Významný rozdiel sme zistili medzi prie-



Obr. 5. Obsahu extraktu jačmeňa. Symboly ako na obrázku 1.

Fig. 5. Extract content of barley. Symbols are identical with the figure 1.



Obr. 6. Diastatická mohutnosť jačmeňa. Symboly ako na obrázku 1.

Fig. 6. Diastatic power of barley. Symbols are identical with the figure 1.

mernou hodnotou rodičov a línii (tab. 4). Významná bola tiež interakcia generácie s krížením, čo sa prejavilo v tom, že kým v generácii F_3 nebol rozdiel medzi uvedenými skupinami, v generáciách nasledujúcich (F_4 a F_5) mali rodičia vyššiu hodnotu ako ich kríženia. Významná interakcia generácie s krížením bola pravdepodobne podmienená krížením Amos/Kosan, ktoré malo relatívne vyššiu hodnotu v generácii F_4 než v ostatných dvoch generáciách (obr. 6a).

e) *Kolbachovo číslo*

Priemerná hodnota Kolbachovho čísla bola 41,22, pričom N-hnojenie ju významne znižovalo (tab. 4, 5). Významné rozdiely boli aj medzi generáciami, pričom priemerná hodnota v generáciách $F_3 - F_4 - F_5$ klesala z 42,19 na 40,65.

Významné rozdiely sme zistili medzi kríženiami. Hodnotu rovnakú ako rodičovské odrody mali kríženia Amos/Kosan a Progres/Galan a

významne vyššiu kríženie Progres/Stabil (42,27). Z odrôd najnižšiu hodnotu Kolbachovho čísla mala odroda Galan. Ostatné odrody, mali hodnotu vyššiu o dva stupne a neboli medzi nimi významné rozdiely. Nízka hodnota kríženia Progres/Galan sa dá vysvetliť nízkou hodnotou odrody Galan.

Medzi skupinou odrôd a línii nebol významný rozdiel. Významné však boli rozdiely medzi líniami v rámci kríženia, výsledky ktorých neuvádzame.

Vzťahy medzi ukazovateľmi kvality a obsahom dusíka v zrne a slame

Podľa vzájomných vzťahov môžeme sledované ukazovatele zoskupiť do dvoch skupín (tab. 6). Do prvej (v ktorej spoločným menovateľom je dusík) patrí obsah dusíka v slame, obsah dusíka v zrne, obsah bielkovín a diasta-

T a b u ľ k a 6

Vzájomné vzťahy medzi obsahom dusíka v slame a zrne, úrodou zrna a ukazovateľmi kvality v generáciách F_4 (nad diagonálou) a F_5 (pod diagonálou)
Relationships among nitrogen content in straw and grain, grain yield and quality traits in generations F_4 (above diagonal) and F_5 (below diagonal)

Znak (1)		Obsah dusíka (2)		Obsah (3)			Kolbachovo číslo (9)	Diastatic. mohutnosť (10)	Objem. hmot. (11)	Úroda zrna (12)
		slama (3)	zrno (4)	bielkovín (6)	škrobu (7)	extraktu (8)				
obsah dusíka (2)	slama (3)	0	0,33**	0,36**	-0,13	-0,32*	-0,21	0,16	-0,32*	-0,12
	zrno (4)	0,63**	0	0,89**	-0,80**	-0,84**	-0,57**	0,44**	0,08	0,42**
obsah (3)	bielkovín (6)	0,56**	0,82**	0	-0,80**	-0,87**	-0,71**	0,59**	0,09	0,33**
	škrobu (7)	-0,42**	-0,66**	-0,64**	0	0,83**	0,51**	-0,61**	-0,33**	-0,37**
	extraktu (8)	-0,62**	-0,72**	-0,79**	0,64**	0	0,56**	-0,54**	-0,01	-0,39**
Kolbach. číslo (9)		-0,12	-0,44**	-0,57**	0,16	0,20	0	-0,22	-0,11	-0,29*
diastatická mohutnosť (10)		0,51**	0,56**	0,47**	-0,71**	-0,41**	-0,02	0	0,01	-0,07
objemová hmotnosť (11)		-0,60**	-0,29*	-0,25*	0,30**	0,39**	-0,07	-0,56**	0	0,23
úroda zrna (12)		-0,45**	-0,35**	-0,30*	0,20	0,46**	0,10	-0,15	0,31**	0

*P<0,05 **P<0,01

P – ako v tabuľke 2 – identical with the table 2

(1) Trait, (2) nitrogen content, (3) in straw, (4) in grain, (5) content, (6) of protein, (7) of starch, (8) of extract, (9) Kolbach number, (10) diastatic power, (11) volume weight, (12) grain yield

T a b u l k a 7

Vzťahy medzi generáciami z hľadiska sledovaných znakov
Relationships between generations from point view of observed traits

Znak ⁽¹⁾		n = 36			n = 18		
		F ₃ /F ₄	F ₃ /F ₅	F ₄ /F ₅	F ₃ /F ₄	F ₃ /F ₅	F ₄ /F ₅
obsah ⁽²⁾	bielkovín ⁽³⁾	0,145	0,543**	0,297	0,316	0,690**	0,052
	škrobu ⁽⁴⁾	0,309	0,372*	0,458**	0,225	0,286	0,304
	extraktu ⁽⁵⁾	0,123	0,456**	0,505**	0,177	0,484*	0,453
Kolbachovo číslo ⁽⁶⁾		0,603**	0,535**	0,613**	0,803**	0,714**	0,609**
diastatická mohutnosť ⁽⁷⁾		-0,223	0,048	0,116	-0,279	0,205	-0,170
objemová hmotnosť ⁽⁸⁾		0,420*	0,602**	0,312	0,551*	0,664**	0,558*
obsah dusíka v zrne ⁽⁹⁾		0,287	0,068	0,026	0,610**	0,100	-0,014
úroda zrna ⁽¹⁰⁾		-0,346	0,102	-0,070	-0,470	0,166	0,153

*P<0,05 **P<0,01

P – ako v tabuľke 2 – identical with the table 2
n – počet pozorovaní – number of observations

(¹) Trait, (²) content, (³) of protein, (⁴) of starch, (⁵) of extract, (⁶) Kolbach number, (⁷) diastatic power, (⁸) test weight, (⁹) nitrogen content in grain, (¹⁰) grain yield

tická mohutnosť, do druhej skupiny patrí úroda zrna, obsah škrobu, obsah extraktu, Kolbachovo číslo, prípadne objemová hmotnosť. V rámci každej skupiny sú vzťahy medzi znakmi kladné, avšak medzi znakmi z rôznych skupín sú záporné (tab. 6).

Záporné vzťahy medzi úrodou zrna na jednej strane a obsahom dusíka v zrne, bielkovín a diastatickou mohutnosťou na strane druhej naznačujú, že zvyšovanie úrod zrna v analyzovanej populácii bude spojené s poklesom dusíka v zrne, ale obsah extraktu a Kolbachovo číslo sa naopak zvýši.

Vzťahy medzi generáciami

Z generácií F₃, F₄ a F₅ sme analyzovali 16 línií a dve odrody (ktoré boli skúšané vo všetkých troch generáciách) (tab. 7). Vzhľadom na významnú interakciu genotypu s ďalšími skúšanými faktormi (tab. 4) môžeme vzťahy medzi generáciami považovať za genetické a hodnoty korelačných koeficientov za minimálne, pretože podobnosť nebola podmienená spoločným prostredím.

Silné interakcie genotypu s N-hnojením sa prejavili pri úrode zrna (kde v dôsledku polie-

hania boli slabé vzťahy medzi generáciami), ale aj pri obsahu dusíka v zrne a slame. Slabý vzťah sme zistili aj pri diastatickej mohutnosti (v dôsledku jej podmienenosti dusíkom). Pri ostatných znakoch, ktoré sú spojené s uhlíkatými zložkami asimilátov (obsah škrobu, obsah extraktu, Kolbachovo číslo, objemová hmotnosť) boli silné vzťahy.

DISKUSIA

Produkčný potenciál skúmaných genotypov jačmeňa jarného sa nemohol realizovať v podmienkach vyššej dávky dusíka kvôli nízkej odolnosti voči poliehaniu. To vysvetľuje, prečo sa najnižšia úroda získala v roku 2001, kedy boli najvyššie zrážky a najdlhšia vegetačná doba (tab. 1). Pozitívna responzibilita na N-hnojenie v úrode zrna bola limitovaná nízkou odolnosťou voči poliehaniu, čo sa prejavilo pri vyšších zrážkach a pri vyšších dávkach dusíka. Naopak G r a n t a kol. [7] zistili väčšiu responzibilitu na dusík pri vyššej vlhkosti v porovnaní s nižšou.

Reakcia genotypov na N-hnojenie nebola rovnaká. V každom roku sa vyskytli niektoré

kríženia a odrody (a nie vždy tie isté), ktoré pri vyššej dávke dusíka nedali vyššiu úrodu. Dokonca v roku 2002 bola celková úroda zrna vyššia pri menšej dávke dusíka. Podobné výsledky získali F l a š a r o v á a O n d e r k a [6], keď z troch rokov v dvoch bola úroda zrna pri dávke 90 kg N.ha⁻¹ nižšia ako pri dávke 60 kg N.ha⁻¹ (asi o 10 %), čo vysvetlili nižšou úložnou kapacitou zrna.

Zatiaľ čo úrodou zrna genotypy na N-hnojenie reagovali nepravidelne, pri obsahu dusíka v zrne a slame môžeme rozlíšiť genotypy s rozdielnou efektívnosťou príjmu dusíka, responzibilitou na N-hnojenie a efektívnosťou využitia prijatého dusíka. Zaujímavá je reakcia na N-hnojenie a roky (obr. 1a, 1b, 2a, 2b).

Z hľadiska rokov sme v roku 2001 zaznamenali nízky obsah dusíka v slame a vysoký v zrne, v roku 2002 bola situácia presne opačná. Vysvetlenie spočíva v rôzne dlhom období do klasenia a od klasenia do zrelosti (tab. 1) a súvisí s translokáciou sušiny [15] a dusíka. V roku 2001 bolo sice vegetačné obdobie od sejby do klasenia o štyri dni kratšie ako v roku 2002, avšak zrážky boli o 50 mm vyššie, čo podporilo akumuláciu sušiny a zriedčovanie obsahu dusíka vo vegetatívnych orgánoch. Naopak v roku 2002 (s dlhším vegetačným obdobím, ale nízkymi zrážkami) sa pravdepodobne vytvorilo menej biomasy do kvitnutia s vyšším obsahom dusíka.

Vegetačné obdobie od klasenia po zrelosť nebolo v roku 2001 priaznivé pre tvorbu úložnej kapacity, čo sa prejavilo nižšou úrodou zrna s vyšším obsahom dusíka v zrne. Naproti tomu v roku 2002 bola vyššia úroda zrna spojená so zriedčovacím efektom pri obsahu dusíka v zrne. Rovnako možno vysvetliť aj najvyšší obsah bielkovín v roku 2000, kedy bola veľmi krátka vegetačná doba, čo viedlo k nízkej produkcii biomasy s vysokou koncentráciou dusíka.

Medzi úrodou zrna a obsahom bielkovín bol záporný vzťah bez ohľadu na množstvo aplikovaného dusíka. Získané výsledky nepotvrdzujú názor B i r c h a a L o n g a [2], podľa ktorých pri aplikácii vyšších dávok dusíka je vzťah nevýznamný. Skôr naznačujú, že v stresových podmienkach, kedy dochádza k redukcii úrody zrna, sa rapídne zvyšuje obsah bielkovín v zrne [3].

Skúmané populácie umožňujú selekciu genotypov s efektívnejším využitím dusíka, a to

kombináciou rodiča s vysokou efektívnosťou príjmu dusíka (ako napríklad odrody Stabil a Galan, ktoré mali vysoký obsah dusíka v zrne, ale aj v slame) s genotypmi s vyššou efektívnosťou translokácie dusíka (ako napríklad odrody Progres a SK-13-9, ktoré obsahovali v slame len 0,676 % dusíka, teda 74 % oproti odrode Galan).

Prístroj NIRS sa všeobecne využíva na nepriame stanovenie obsahu dusíka v zrne [11]. Vzhľadom k tomu, že ide o nepriamu metódu, odhad nie je totožný s priamym stanovením dusíka na prístroji CNS-2000. V skúmaných populáciách bol odhad obsahu bielkovín prístrojom NIRS nadhodnotený o 1,87 % oproti hodnote vypočítanej z obsahu dusíka v zrne (vynásobenej koeficientom 6,25). Napriek tomu, vzhľadom na tesný vzťah ($r = 0,90^{**}$) medzi obsahom dusíka v zrne a obsahom bielkovín (NIRS) a tiež kvôli vysokej expeditívnosti stanovenia bielkovín, je využitie analýzy NIRS v šľachtení efektívne.

Skúmané populácie len zdanlivo (v dôsledku nadhodnoteného odhadu obsahu bielkovín) nespĺňajú požiadavky na sladovnícky jačmeň. Z odrôd iba odroda Stabil s najvyšším obsahom dusíka v zrne (2,026 %) prekračuje obchodovateľný obsah bielkovín (12,5 %) [8] a patrí medzi odrody nevhodné pre sladovnícke účely s podpriemernými ukazovateľmi kvality [9]. Všetky kríženia (vrátane kríženia SK-13-9/Stabil s najvyšším obsahom dusíka v zrne) požiadavkám na sladovnícky jačmeň zodpovedajú.

Na základe stredne silných vzťahov medzi jednotlivými generáciami pri ukazovateľoch kvality sa selekcia genotypov s rôznou efektívnosťou príjmu a využitia dusíka javí ako efektívna.

ZÁVER

Na aplikáciu dusíka kríženia reagovali úrodou zrna slabo. V generácii F₅ vyššia dávka dusíka úrodu zrna znižovala. Z hodnoteného súboru len tri kríženia (Progres/Kosan, Progres/Galan, SK-13-9/Stabil) reagovali na vyššiu dávku dusíka pozitívne, teda v dvoch generáciách, a len jedno kríženie (SK-13-9/Stabil) v troch generáciách zvýšením úrody zrna. Nízka responzibilita jačmeňa jarného na N-hnojenie sa vysvetľuje

nízkou odolnosťou voči poliehaniu a nízkym príjmom a utilizáciou dusíka.

Podľa očakávania N-hnojenie na jednej strane zvyšovalo obsah bielkovín v zrne, obsah dusíka v zrne a slame a diastatickú mohutnosť, na strane druhej znižovalo obsah škrobu a extraktu.

Medzi hybridnými kombináciami boli rozdiely v príjme a utilizácii dusíka. Efektívnym príjmom, ale nízkou responzibilitou na N-hnojenie sa vyznačovalo kríženie SK-13-9/Stabil, presne opačná tendencia bola pri krížení Progres/Kosan.

Z odrôd vysokým obsahom dusíka v slame (maximálne 0,912 %) a zrne (maximálne 2,026 %) sa vyznačovali odrody Stabil a Galan. Odroda Progres dosiahla len hodnoty 0,676 a 1,726 %.

Na rozdieloch medzi generáciami v ukazovateľoch kvality a úrode zrna sa podieľali ročníky, ktorých vegetačná doba sa líšila až o 12 dní (rozdiel medzi rokmi 2000 a 2002 vo vegetačnej dobe od sejby do klasenia predstavoval až 19 dní).

V priemere za generácie F_4 a F_5 bol obsah dusíka v zrne a slame vyšší pri vyššej dávke dusíka, avšak v generácii F_5 bol obsah dusíka v slame vyšší a v zrne nižší než v generácii F_4 , čo spôsobila rozdielna dĺžka akumulácie a translokácie dusíka v jednotlivých rokoch.

Medzi obsahom bielkovín a obsahom škrobu, prípadne obsahom extraktu boli vzťahy záporné, medzi obsahom bielkovín a diastatickou mohutnosťou kladné. Medzi generáciami boli stredné až silné vzťahy pri väčšine ukazovateľov kvality, slabšie a kolísavé pri obsahu dusíka v zrne a slame a žiadne pri úrode zrna.

Vzhľadom na významné rozdiely medzi genotypmi a stredné až silné vzťahy medzi generáciami sa selekcia genotypov jačmeňa jarného na vyššiu efektívnosť príjmu a utilizácie dusíka javí ako perspektívna.

Do redakcie došlo 2. augusta 2004

LITERATÚRA

1. AUSTIN, R.B. – FORD, M.A. – MORGAN, C.L. (1989): Genetic improvement in the yield of winter wheat. A further evaluation. In: *J. Agric. Sci.*, vol. 112, 1989, pp. 295–301.
2. BIRCH, C.J. – LONG, K.E. (1990): Effect of nitrogen on the growth, yield and grain protein content of barley (*Hordeum vulgare*). In: *Aust. J. Agric. Res.*, vol. 30, 1990, pp. 237–242.

3. BOONCHO, S. – FUKAI, S. – HETHERINGTON, S.E. (1998): Barley yield and grain protein concentration as affected by assimilate and nitrogen availability. In: *Austral. J. Agric. Res.*, vol. 49, 1998, pp. 695–706.
4. BULMAN, P. – SMITH, D.L. (1993): Accumulation and redistribution of dry matter and nitrogen by spring barley. In: *Agron. J.*, vol. 85, 1993, pp. 1114–1121.
5. COCHRAN, W.G. – COX, G.M. (1957): *Experimental designs*. New York : John Wiley and Sons, 1957, pp. 270–285.
6. FLAŠAROVÁ, M. – ONDERKA, M. (1997): Tvorba a kompenzace výnosových prvků u vybraných odrůd jarního ječmene. In: *Rostl. Výr.*, roč. 43, 1997, č. 9, s. 449–454.
7. GRANT, C.A. – GAUER, L.E. – GEHL, D.T. – BAILEY, L.D. (1991): Yield response of semidwarf and conventional height barley cultivars to nitrogen fertilizer under varying moisture conditions. In: *Can. J. Plant Sci.*, vol. 71, 1991, pp. 361–371.
8. HUBÍK, E. (1993): Vliv povětrnostních podmínek na tvorbu výnosových prvků jarního ječmene. In: *Rostl. Výr.*, roč. 39, 1993, č. 8, s. 723–734.
9. KOSAŘ, K. – PSOTA, V. (1994): Malting quality of spring barley. In: *Rostl. Výr.*, roč. 40, 1994, č. 9, s. 865–870.
10. MAIDL, F.X. – PANSE, A. – DENNERT, J. – RUSER, R. – FISCHBECK, G. (1996): Effect of varied N rates and N timings on yield, N uptake and fertilizer N use efficiency of a six-row and a two-row winter barley. In: *Europ. J. Agron.*, vol. 5, 1996, pp. 247–257.
11. ORTIZ-MONASTERIO, R. – SAYRE, K.D. – RAJARAM, S. – McMAHON, M. (1997): Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. In: *Crop Sci.*, vol. 37, 1997, pp. 898–904.
12. PEARCE, S.C. (1983): *The agricultural field experiment*. New York : John Wiley and Sons, 1983, 335 p. ISBN 0471105112
13. THERRIEN, M.C. – CARMICHAEL, C.A. – NOLL, J.S. – GRANT, C.A. (1994): Effect of fertilizer management, genotype, and environmental factors on some malting quality characteristics in barley. In: *Can. J. Plant Sci.*, vol. 74, 1994, pp. 545–547.
14. UŽÍK, M. (1998): Perspektívy šľachtenia obilnín na Slovensku. In: *Perspektívy genetiky, šľachtenia a semenárstva rastlín (zborník)*. Nitra : SPU, 1998, s. 23–29. ISBN 80-7137-537-3
15. UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. (2003): Akumulácia a translokácia sušiny rôznych genotypov jačmeňa siateho jarného. In: *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, roč. 49, 2003, č. 11, s. 559–569.

SÚHRN

Linie jačmeňa siateho jarného $F_{2,3}$, $F_{2,4}$, $F_{2,5}$ pochádzajúce zo šiestich rodičovských odrôd (Amos, Stabil, Kosan, Progres, Galan, SK-13-9) a piatich hybridných

krížení sa v rokoch 2000, 2001, 2002 skúšali spolu s rodičovskými odrodami pri dvoch dávkach dusíka (N1 – nehnojená kontrola, N2 – 120 kg.ha⁻¹). V F₃ generácii sa potomstvá rastlín (135 línii) skúšali v riadkoch a v generáciách F₄ (42 línii) a F₅ (14 línii) na parcelách 5 m² a 10 m². Vo všetkých generáciách sa hodnotila úroda a kvalita zrna prístrojom NIRS (obsah bielkovín, obsah škrobu, obsah extraktu, diastatická mohutnosť, Kolbachovo číslo, prípadne objemová hmotnosť). V generáciách F₄ a F₅ sa stanovil aj obsah dusíka v zrne a slame.

Na N-hnojenie jednotlivé kríženia reagovali úrodou zrna slabo. V generácii F₅ vyššia dávka dusíka úrodu zrna dokonca znižovala. Z hodnoteného súboru len kríženia Progres/Kosan, Progres/Galan a SK-13-9/Stabil reagovali na vyššiu dávku zvýšením úrody zrna v dvoch generáciách, kríženie SK-13-9/Stabil v troch generáciách.

Aplikovaný dusík zvyšoval obsah bielkovín v zrne, obsah dusíka v zrne a slame a diastatickú mohutnosť, na druhej strane znižoval obsah škrobu a extraktu. Obsah bielkovín stanovený analýzou NIRS bol oproti priamemu stanoveniu dusíka vyšší o 1,87 % (korelačný koeficient medzi nimi mal v oboch generáciách hodnotu okolo 0,90**).

Medzi hybridnými kombináciami boli rozdiely v prijme a utilizácii dusíka. Efektívnym príjmom dusíka, ale nízkou responzibilitou na N-hnojenie sa vyznačovalo kríženie SK-13-9/Stabil, naopak kríženie Progres/Kosan malo vysokú responzibilitu na N-hnojenie. Z odrôd vysokým obsahom dusíka v slame (maximálne 0,912 %) a zrne (maximálne 2,026 %) sa vyznačovali odrody Stabil a Galan. Odrôda Progres dosiahla hodnoty len 0,676 a 1,726 %.

Na rozdieloch medzi generáciami v ukazovateľoch kvality a úrode zrna sa podieľali ročníky, ktorých vegetačná doba sa líšila až o 12 dní (rozdiel medzi rokmi 2000 a 2002 vo vegetačnej dobe od sejby do klasenia predstavoval až 19 dní).

Vzhľadom na významné rozdiely medzi krížzeniami a stredné až silné vzťahy medzi generáciami sa selekcia genotypov jačmeňa jarného na vyššiu efektívnosť príjmu a utilizácie dusíka javí ako perspektívna.

Kľúčové slová: jarný jačmeň, línie F₃, F₄, F₅, odrody, obsah bielkovín, obsah škrobu, obsah dusíka v zrne a slame