

VPLYV KLIMATICKÝCH PODMIENOK A HNOJENIA NA ŠTRUKTÚRU ÚRODY ZRNA PŠENICE LETNEJ F. OZIMNEJ (*Triticum aestivum* L.)

EFFECT OF CLIMATIC CONDITIONS AND FERTILIZATION ON STRUCTURE OF GRAIN YIELD OF WINTER WHEAT (*Triticum aestivum* L.)

MARTIN UŽÍK, ALŽBETA ŽOFAJOVÁ, LUBOMÍR RŮCKSCHLOSS

Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu – Výskumný ústav rastlinnej výroby Piešťany
Slovak Agricultural Research Centre – Research Institute of Plant Production Piešťany

UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. – RŮCKSCHLOSS, E.: Effect of climatic conditions and fertilization on structure of yield and grain quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 54, 2008, N. 1, pp. 18–27.

Winter wheat variety Viginta was evaluated in long-term stationary experiment in Research – breeding station Vigľaš–Pstruša on twelve fertilization variants with increasing nitrogen doses (0 – 40 – 80 – 120 – 150 kg ha⁻¹) combined with P and K fertilizers (60 kg P₂O₅ and 60 kg K₂O) in four years (2001/02 to 2004/05). Grain yield, one thousand grain yield and grain number per m² were evaluated. Variability of grain yield was conditioned by years as well as fertilizations. Average grain yields varied among four years in the same range (4.56–7.41 t ha⁻¹) as among twelve fertilization variants (4.66–7.41 t ha⁻¹). Precipitation and temperature during grain filling determined differences among years in grain yield. Reasons of low grain yield in 2003 (4.56 t ha⁻¹) were low precipitations and high temperatures in June and on the contrary high grain yields in 2004 and 2005 were conditioned by average precipitations and below average temperature during grain filling period.

Fertilization only by PK fertilizers increased grain yields compared to permanently unfertilized variant by 16 %. The highest grain yield was at N 80 kg and 60 kg P₂O₅ (155.7%). Increasing of N fertilizers above 80 kg N for grain yield was not effective.

Among fertilization variants N versus N plus PK fertilization no significant differences were found. On the level N fertilization 80 kg N ha⁻¹ more effective was combination N + P, at which the highest grain yield was raised, than combinations N + K or N + PK.

Number of grains had more effect on the grain yield variability than one thousand grain yield. Increasing N doses increased number of grains per area, however decreased one thousand grain yield. Lack of sources from continuous assimilation or translocation was cause of low one thousand grain yield at higher grain number on the variants with higher intensity of fertilization.

Key words: wheat, grain yield, one thousand grain yield, number of grains per area, fertilization

Pri pestovaní pšenice predmetom záujmu je úroda zrna a pre potravinárske účely požaduje sa primeraný obsah bielkovín a obsah mokrého lepku [8]. Jedným z agrotechnických opatrení, ktoré najviac determinujú úrodu a jej kvalitu je výživa dusíkom.

Pšenica patrí medzi plodiny s dobrou rezponzibilitou na hnojenie dusíkom a vo väčšine výskumov sa získala pozitívna reakcia zvýšenia

úrod so zvyšovaním dávok dusíka. Maximálna úroda zrna sa dosiahla pri dávkach 237 a 250 kg N ha⁻¹, avšak vzhľadom na efektívnosť účinnosti aplikovaného N na úrodu zrna a biomasy, ktorá so stúpajúcimi dávkami sa významne znižovala, ako optimálnou sa javila dávka 100 kg N ha⁻¹ pre úrody zrna 6,1 a 6,5 t ha⁻¹ [6]. Odporúčané optimálne dávky sa líšia v závislosti od lokality a odrody. Na pôdach s vyšším obsa-

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

Ing. Ľubomír Růckschloss, SARC – RIPP, Research and Breeding Station at Vigľaš-Pstruša, 962 02 Vigľa-Pstruša

hom minerálneho N, pri hnojení pšenice dávkami dusíka až do 212 kg.ha⁻¹ bola optimálnou dávkou 96 kg N.ha⁻¹ [2].

Pšenica rozdielne reaguje na hnojenie N v úrode zrna a v kvalite. Napriek vysokým dávkam N až do 200 kg.ha⁻¹ pšenica nereagovala pozitívne v úrode zrna, ale len v kvalite, keď obsah bielkovín sa zvýšil z 11,11 % na 13,04 % [9]. E r e k u l et al. [4] zistili, že optimálna dávka N, pri ktorej sa získali požadované parametre potravinárskej pšenice sa pohybovala od 110 do 160 kg.ha⁻¹. Zvýšené dávky N do 140 kg.ha⁻¹ zvyšovali obsah bielkovín, ale znižovali obsah gluténu [5].

Okrem úrody a kvality dôležitým kritériom pri pestovaní pšenice je ekonomická efektívnosť. Náklady na hnojenie, najmä na dusík tvoria najväčší podiel pri pestovaní pšenice, preto sa pozornosť venuje optimalizácii hnojenia dusíkom s cieľom minimalizovať náklady.

Cieľom predloženej práce bolo zistiť vplyv klimatických podmienok štyroch rokov a hnojenia v dlhodobom stacionárnom pokuse na úrodu

zrna pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta.

MATERIÁL A METÓDA

V dlhodobom stacionárnom pokuse s 12 variantmi hnojenia (tab. 1) vo VŠS Vigľaš-Pstruša sa skúšala v rokoch 2002 až 2005 odroda pšenice letnej f. ozimnej Viginta, ktorá bola zaradená po zemiakoch v oševnom slede – zemiaky, pšenica, jačmeň, ovos. Zemiaky boli hnojené maštaľným hnojom v dávke 40 t.ha⁻¹, na všetkých variantoch hnojenia okrem variantu 1 (tab. 1). Pokus bol založený v štyroch opakovaniach metódou delených parcel, pričom parcela je variant hnojenia a podparcela odroda. Veľkosť podparcely 6,8 × 1,25 m, šírka riadkov 0,125 m, počet riadkov na parcele 10. Z piatich skúšaných odrôd uvádzame výsledky len odrody Viginta, ktorá bola zaradená v štyroch opakovaniach na rozdiel od ostatných odrôd, ktoré boli len v dvoch opakovaniach.

Obsah celkového N v pôde (v hĺbke ornice

T a b u ľ k a 1

Agrochemické rozbory pôdy podľa variantov hnojenia
Agrochemical soil analysis according to variants of fertilization

VH	Dávky hnojív v kg.ha ⁻¹ (1)			N _t [%]	pH/KCl	príst. P [mg.kg ⁻¹]	príst. K [mg.kg ⁻¹]	príst. Mg [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	Humus [%] (2)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O							
1*	0	0	0	0,091	5,01	18,0	82,1	250,5	1444,6	1,76
2	0	0	0	0,091	5,13	21,9	93,4	267,4	1459,3	1,76
3	0	60	60	0,093	5,02	62,5	152,7	232,3	1430,7	1,81
4	40	0	0	0,098	4,82	42,9	108,4	239,6	1426,8	1,90
5	40	60	60	0,098	5,02	68,2	145,6	226,8	1441,3	1,87
6	80 ⁺	0	0	0,099	4,62	19,4	82,8	235,1	1340,4	1,88
7	80 ⁺	0	60	0,107	4,54	23,7	137,8	215,8	1267,4	2,06
8	80 ⁺	60	0	0,103	4,59	70,3	89,7	211,6	1395,1	2,02
9	80 ⁺	60	60	0,103	4,77	67,4	171,5	211,4	1402,0	1,97
10	120 ⁺⁺	0	0	0,098	4,49	19,2	89,6	220,0	1279,4	1,91
11	120 ⁺⁺	60	60	0,105	4,82	74,5	135,8	226,3	1416,9	2,02
12	150 ⁺⁺⁺	60	60	0,105	4,71	75,9	138,0	211,9	1363,1	2,07

* všetky varianty boli hnojené maštaľným hnojom raz za štyri roky (k zemiakom), okrem variantu 1
all variants fertilized by manure one time during four years (to potatoes), except variant 1

⁺ delené dávky N hnojív. V texte namiesto P₂O₅ alebo K₂O uvádzame len P alebo K.
divided doses of N fertilization. In text instead of P₂O₅ or K₂O only P or K are mentioned.

VH – variant hnojenia – variant of fertilization

N_t – celkový dusík – total nitrogen

príst. – prístupný pre rastliny – available for plants

(1) Doses of fertilizations in kg.ha⁻¹, (2) humus content

0–0,3 m) sme stanovili Dumasovou metódou, Ca a Mg bol stanovený v extraktante Mehlich II atómovou absorpčnou spektrometriou, K prístupný pre rastliny atómovou emisnou spektrometriou a P prístupný pre rastliny spektrofotometricky. Humus sme stanovili metódou podľa Tjurina.

Obsah živín v pôde v priemere za 4 hony kolísal pri celkovom N od 0,091 do 0,107 %, obsah P a K prístupného pre rastliny bol veľmi závislý od hnojenia za posledných 40 rokov. Na nehnojených variantoch bol obsah P v priemere 20 mg.kg⁻¹ a obsah K 85 mg.kg⁻¹, na variantoch hnojených dávkou 60 kg P₂O₅ alebo 60 kg K₂O bol obsah fosforu trikrát a obsah K dvakrát vyšší (tab. 1).

Fosforečnými hnojivami (superfosfát, 18 % P₂O₅) a draselnými hnojivami (draselná soľ, 50 % K₂O) sa hnojilo jednorázovo po orbe na posmykovaný pozemok s následným zapravením pred sejbou. Dusík bol aplikovaný vo forme liadku amónneho s vápencom (27,5 % N). Pri variantoch s delenými dávkami dusíkatého hnojenia sa pred sejbou aplikovalo minimálne 40 kg.ha⁻¹, alebo 60 % N z celkovej dávky (tab. 1).

V priebehu vegetácie boli hodnotené okrem

fenologických znakov tiež úroda zrna, hmotnosť 1000 zŕn (ďalej HTZ) a počet zŕn na jednotku plochy (m⁻²).

Klimatické podmienky pokusných rokov vo vybraných mesiacoch máj až júl sú uvedené v tabuľke 2. Zima 2001/02 bola mierna, jarné a letné mesiace teplotne podpriemerné, zrážky rovnomerne rozložené až na vysoké zrážky v júli. V zime 2002/03 boli silné mrazy, v máji, v júni a v júli boli nadpriemerné teploty a podpriemerné zrážky, keď v júni spadlo len 12,4 mm, nadpriemerné zrážky boli až v tretej dekáde júla (121,1 mm). Vegetačný rok 2003/04 bol teplotne a zrážkovo veľmi priaznivý. Zima bola mierna, jarné a letné teploty priemerné až podpriemerné a zrážky rovnomerne rozložené počas celého vegetačného obdobia, hoci v mesiacoch máj, jún a júl sa vyskytla jedna dekáda s veľmi nízkymi zrážkami. V zimnom období 2004/05 boli intenzívne zrážky vo forme snehu, v jarných a letných mesiacoch boli nadpriemerné teploty, zrážky boli rovnomerne rozložené až na veľmi suchý jún.

Údaje boli spracované programom Statgraphics plus for Windows.

T a b u ľ k a 2

Úhrny zrážok a priemerná teplota v pokusných rokoch
Total precipitation and average temperature in experimental years

Mesiac, dlhodobý normál ⁽¹⁾	Dekáda ⁽²⁾	Zrážky [mm] ⁽³⁾				Teplota [°C] ⁽⁴⁾			
		2002	2003	2004	2005	2002	2003	2004	2005
máj ⁽⁵⁾ 62 mm* 13,2°C** Σ / \bar{x}	1	8,3	5,1	37,5	14,0	15,1	17,2	11,7	12,1
	2	50,3	39,3	7,7	39,4	14,8	14,4	12,1	12,2
	3	25,7	25,3	52,5	2,2	16,5	16,0	11,6	18,5
			84,3	69,7	97,7	55,6	15,5	15,9	11,8
jún ⁽⁶⁾ 85 mm* 16,2°C** Σ / \bar{x}	1	49,0	7,0	30,7	22,4	15,1	19,8	15,8	13,1
	2	13,5	4,4	48,4	0,8	14,8	18,8	16,9	18,3
	3	5,5	1,0	9,0	2,6	16,5	18,1	15,8	19,1
			68,0	12,4	88,1	25,8	15,5	18,9	16,2
júl ⁽⁷⁾ 66 mm* 17,8°C** Σ / \bar{x}	1	4,0	3,6	23,0	46,3	20,3	18,7	17,4	17,3
	2	103,0	24,2	0	19,0	20,5	20,1	17,4	18,6
	3	46,0	121,1	37,1	4,5	18,1	20,6	18,7	20,6
			153,0	148,9	60,1	69,8	19,6	19,8	17,8

*zrážky – precipitation, **teplota – temperature

(¹) Month, long-term average, (²) decade, (³) precipitation, (⁴) temperature, (⁵) May, (⁶) June, (⁷) July

VÝSLEDKY

Úroda zrna

Variabilita úrody zrna bola významne podmienená hnojením a rokom (tab. 3), pričom ich efekt na kolísaní úrod zrna bol podobný, keď medzi rokmi úroda zrna kolísala od 4,56 do 7,41 t.ha⁻¹ (tab. 4) a medzi dvanástimi variantmi hnojenia od 4,66 do 7,26 t.ha⁻¹ (tab. 5). Najnižšia priemerná úroda zrna 4,56 t.ha⁻¹ bola dosiahnutá v roku 2003, čo bolo spôsobené silnými mrazmi v zime a vplyvom sucha v jarných mesiacoch a vo fáze nalievania zrna (tab. 2). Významne vyššia úroda zrna 6,50 t.ha⁻¹ (142,5 % voči roku 2003) sa dosiahla v predchádzajúcom roku 2002. V ďalších dvoch rokoch 2004 a 2005 sa dosiahli najvyššie a takmer rovnaké úrody zrna 7,4 t.ha⁻¹ (tab. 4). Oba roky mali vhodne rozložené zrážky, relatívne nízke teploty od klasenia do zrelosti a dlhšiu dobu nalievania zrna oproti predchádzajúcim rokom (tab. 2).

Medzi variantmi hnojenia úroda zrna kolísala

T a b u ľ k a 3

Priemerné štvorce z analýzy rozptylu znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta

Means squares from analysis of variance of winter wheat cultivar Viginta traits

Zdroj premenlivosti (¹)	f	Úroda zrna [t.ha ⁻¹] (²)	Hmotnosť 1000 zrn [g] (³)	Počet zrn.m ⁻² (x1000) (⁴)
Rok (A) (⁵)	3	85,513 ⁺⁺	112,69 ⁺	352,6 ⁺⁺
Hnojenie (B) (⁶)	11	12,314 ⁺⁺	10,79 ⁺⁺	71,8 ⁺⁺
Opakovanie (C) (⁷)	3	1,18	9,48	10,1 ⁺
AB	33	1,417 ⁺⁺	3,83	7,6 ⁺⁺
AC	9	0,723	19,59	5,8
BC	33	0,859	2,95	3,9
Chyba (⁸)	99	0,629	3,33	3,6
Spolu (⁹)	191			

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

f – stupeň voľnosti – degree of freedom

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) grain yield, (³) one thousand grain yield, (⁴) grain number per m², (⁵) year, (⁶) fertilization, (⁷) replication, (⁸) error, (⁹) total

od 4,66 t.ha⁻¹ (variant 1), prípadne od 5,18 t.ha⁻¹ (variant 2), ktoré sú trvalo nehnojené minerálnymi hnojivami po 7,26 t.ha⁻¹ (variant 8) (tab. 5). Oproti trvale nehnojenému variantu 1, hnojenie maštalným hnojom raz v štvorročnom cykle ku zemiakom, po ktorých nasledovala pšenica zvýšilo úrodu zrna v priemere o 0,5 t.ha⁻¹ (variant 2). PK hnojenie (variant 3) významne zvýšilo úrodu zrna oproti nehnojeným variantom (1 resp. 2) o 16,7 % resp. o 5 % (tab. 5, obr. 1a).

Na úrovni hnojenia N 80 kg.ha⁻¹ môžeme porovnať účinnosť N hnojenia v kombináciách NK, NP a NPK (tab. 5). Porovnanie variantov 8 (N80+P) a 7 (N80+K), naznačuje vyššiu účinnosť kombinácie dusík – fosfor asi o 6 % než kombinácia dusík – draslík, pričom rozdiel bol na hranici významnosti (tab. 5, obr. 1a).

Porovnanie variantov N verus NPK t.j. dvojíc, variant 4 verus 5, 6 verus 9, 10 verus 11 (tab. 5), umožňuje posúdiť efekt kombinovaného hnojenia NPK oproti nevyváženému hnojeniu len N hnojivami. Analýza variancie (tabuľku neuvádzame) uvedených vybraných variantov N=40 – 80 – 120 verus NPK na tej istej úrovni N hnojenia ukázala, že ani v jednom znaku nebol šta-

T a b u ľ k a 4

Priemerné hodnoty znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta podľa rokov

Average values of traits of winter wheat cultivar Viginta according to years

Rok (¹)	Úroda zrna [t.ha ⁻¹] (²)	Hmotnosť 1000 zrn [g] (³)	Počet zrn.m ⁻² (x 1000) (⁴)
2002	6,50b	43,78b	14,85b
2003	4,56a	40,51a	11,35a
2004	7,37c	42,90b	17,24c
2005	7,41c	43,73b	16,97c
LSD _{0,05}	0,321	0,739	0,771
\bar{x}	6,46	42,73	15,10

LSD_{0,05} – minimálna významná diferenciacia
least significant difference

Priemery v rámci stĺpca s rozdielnymi písmenami sú štatisticky významné na hladine $\alpha = 0,05$.

Means within columns with different letters are significantly different at $\alpha = 0,05$.

(¹) Year, (²) grain yield, (³) one thousand grain yield, (⁴) grain number per m²

tisticky významný rozdiel, len interakcia hnojenie × rok bola významná pri úrode zrna a počte zŕn na 1 m². Uvádzame len priemerné hodnoty porovnania účinnosti N hnojenia verzus NPK (tab. 6).

Pri dávke N 40 kg.ha⁻¹ sa hnojenie PK priaznivo prejavilo vo zvýšení úrod zrna (o 0,6 t.ha⁻¹), avšak pri dávke N 80 kg.ha⁻¹ nebol vplyv PK hnojenia významný a pri dávke N 120 kg.ha⁻¹ bol vplyv PK hnojenia nevýznamne depresívny (tab. 5, 6, obr. 1a). Príčiny nie sú jasné, pretože na variantoch bez hnojenia PK bol obsah P a K v pôde nedostatočný (tab. 1). Rozdiel v obsahu P alebo K v pôde medzi variantmi hnojenými (5, 9, 11) a nehnojenými (4, 6, 10) PK hnojivami sa s dávkou N zvyšoval a to pri P v poradí uvedených variantov 25,3 –

48,0 – 55,3 mg.kg⁻¹ a pri K 37,2 – 88,7 – 46,2 mg.kg⁻¹ (tab. 1). Podobné výsledky získali aj iní autori [1].

Úroda zrna sa lineárne zvyšovala s dávkami N až do dávky N 80 kg.ha⁻¹ (obr. 1a). Z uvedeneho vyplýva, že pre úrodu zrna je optimálna dávka od 40 do 80 kg N.ha⁻¹ v kombinácii s P hnojením. Medzi hnojením 80 až 150 kg N.ha⁻¹ sme nezistili v úrode zrna štatistické významné rozdiely (tab. 5, obr. 1a). Vzhľadom na to, že medzi rokom a hnojením sme zistili významnú interakciu (tab. 3), optimálna dávka N bude závisieť od podmienok roka. Významné rozdiely v úrodách zrna medzi rokmi podmienené priebehom zimy a podmienkami do klasenia a v dobe nalievania zrna boli tiež výsledkom reakcie rastlín na hnojenie.

V priaznivom roku 2004, kedy boli v letných mesiacoch rovnomerne rozložené zrážky a nízke teploty, s dlhšou dobou pre nalievanie zrna, dosiahli sa vysoké úrody zrna aj na variantoch trvale nehnojených minerálnymi hnojivami (obr. 2a), pričom rozdiel medzi minimálnou (5,78 t.ha⁻¹) a maximálnou úrodou zrna (8,50 t.ha⁻¹) bol 147,0 %. Mineralizáciou dusíkatých látok v pôde dá sa vysvetliť vysoká úroda zrna na variante 2, ktorý nie je hnojený minerálnymi hnojivami, ale každé 4 roky je aplikovaný maštalný hnoj pod zemiaky, kde je pšenica zaradená ako následná plodina. Nízka relatívna účinnosť aplikovaných hnojív (voči nehnojenej kontrole) bola aj v roku 2005, ktorý bol zrážkovo a teplotne veľmi priaznivý pre vegetáciu, keď medzi variantmi hnojenia 40 kg N.ha⁻¹ až po 150 kg N.ha⁻¹ nebol v úrode zrna významný rozdiel (obr. 2a). Naopak, v nepriaznivom roku akým bol rok 2003, kedy v júni a v 1. dekáde júla spadlo len 16 mm zrážok, úroda zrna na variantoch trvale nehnojených bola len 3,48 t.ha⁻¹, prípadne 3,32 t.ha⁻¹, ale na variante 12 (N150+PK) bola 5,63 t.ha⁻¹, t.j. 161,7 % resp. 169,7 % (obr. 2a). Ako je vidieť hnojenie stabilizovalo úrody zrna v nepriaznivých rokoch. Rozdielna reakcia, štatisticky však nevýznamná, bola spôsobená rozdielnou reakciou variantov NPK verzus N v jednotlivých rokoch. V roku 2005 boli vyššie úrody zrna pri NPK než pri N avšak v roku 2002 bol trend opačný. Podobné výsledky zistili aj iní autori [1], keď v roku 2002 medzi dávkou N 80 kg.ha⁻¹ a 240 kg.ha⁻¹ nepozorovali v úrode zrna žiaden rozdiel (6,93 t.ha⁻¹ a 6,85 t.ha⁻¹), avšak v roku

T a b u ľ k a 5

Priemerné hodnoty znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta za štyri roky podľa variantov hnojenia
Average values of traits of winter wheat cultivar Viginta from four years according to fertilization variants

Hnojenie (1)		Úroda zrna [t.ha ⁻¹] (3)	Hmotnosť 1000 zŕn [g] (4)	Počet zŕn.m ⁻² (× 1000) (5)
č. var. (2)	N kg.ha ⁻¹ PK			
1	N0	4,66a	42,83bcd	12,07ab
2	N0	5,18ab	42,93bcd	11,86a
3	N0 PK	5,44b	42,49bc	12,79b
4	N40	6,27c	43,87de	14,25c
5	N40 PK	6,82cd	44,18e	15,41cd
6	N80	7,02d	42,81bcd	16,33def
7	N80 K	7,00d	43,11cde	16,10de
8	N80 P	7,26d	42,79bcd	16,86ef
9	N80 PK	6,84cd	42,56bc	16,19de
10	N120	7,24d	41,17a	17,59f
11	N120 PK	6,83cd	42,19abc	16,16de
12	N150 PK	6,95d	41,75ab	16,63def
LSD _{0,05}		0,556	1,280	1,336
\bar{x}		6,465	42,73	15,10

LSD_{0,05} – minimálna významná diferencia
least significant difference

Priemery v rámci stĺpca s rozdielnymi písmenami sú štatisticky významné na hladine $\alpha = 0,05$.

Means within columns with different letters are significantly different at $\alpha = 0.05$.

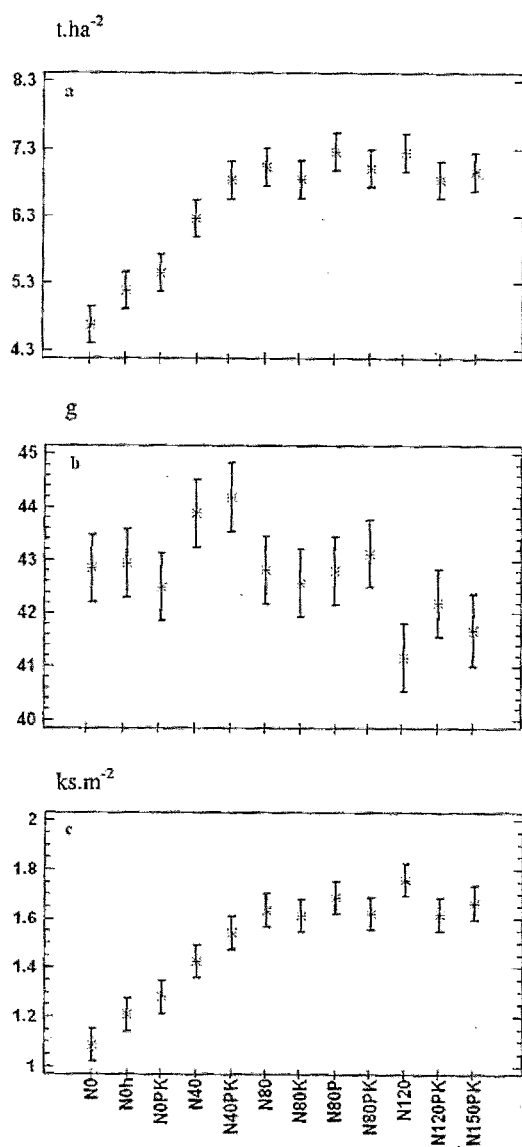
(1) Fertilization, (2) variant number, (3) grain yield, (4) one thousand grain yield, (5) grain number per m²

2004 medzi tými istými dávkami N hnojiva bol rozdiel viac ako 2 t.ha⁻¹ (5,71 t.ha⁻¹ a 8,07 t.ha⁻¹).

Hmotnosť 1000 zrn (HTZ)

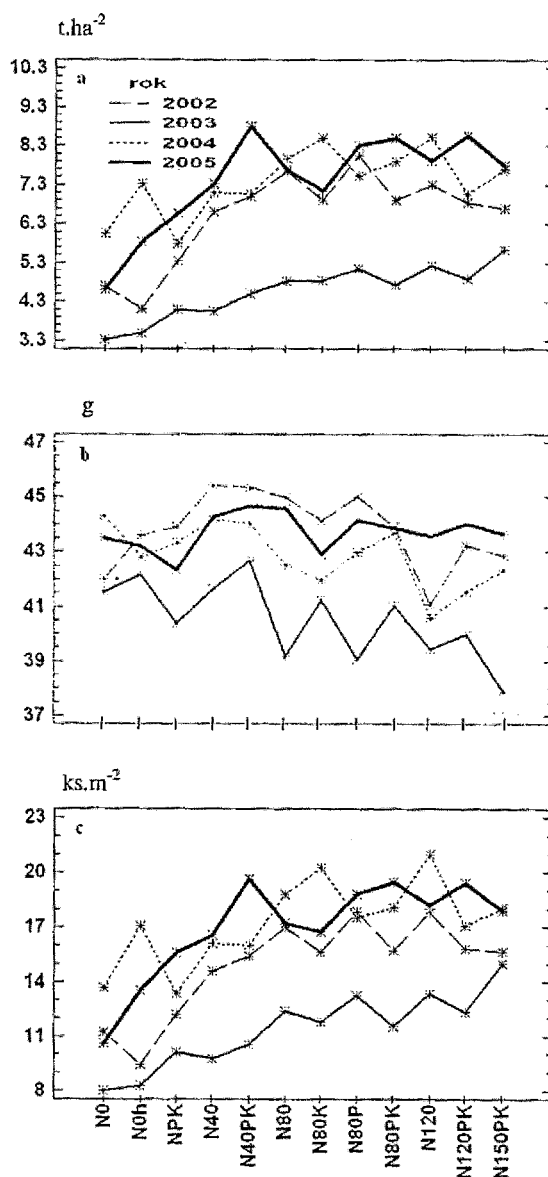
Vplyv rokov a hnojenia bol významný, avšak ich interakcia nebola významná (tab. 3). Najnižšia HTZ bola v roku 2003, kedy bola aj naj-

nižšia úroda zrna (tab. 4). N hnojenie jednoznačne znižovalo HTZ, zatiaľ čo P a K hnojivá na tej istej hladine N hnojenia HTZ významne neovplyvňovali (tab. 5). Podľa variantov hnojenia sa vytvorili tri skupiny (obr. 1b). Najvyššiu HTZ mali varianty hnojené nízkou dávkou N (N40), nižšiu mali varianty nehnojené, prí-



Obr. 1. Priemerné hodnoty znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta zo štyroch rokov a štyroch opakovaní: a – úroda zrna, b – hmotnosť 1000 zrn, c – počet zrn.m⁻² (× 10 000)

Fig. 1. Average values of traits of winter wheat cultivar Viginta from four years and four replications: a – grain yield, b – one thousand grain yield, c – grain number per m²



Obr. 2. Priemerné hodnoty znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta podľa rokov a variant hnojenia: a – úroda zrna, b – hmotnosť 1000 zrn, c – počet zrn.m⁻² (× 10 000)

Fig. 2. Average values of traits of winter wheat cultivar Viginta according to years and fertilization variants: a – grain yield, b – one thousand grain yield, c – grain number per m²

T a b u ľ k a 6

Porovnanie účinnosti N hnojenia verzus NPK na hodnoty znakov pšenice letnej f. ozimnej odrody Viginta
Comparison of efficiency N fertilization verzus NPK on winter wheat cultivar Viginta traits value

Znak ⁽¹⁾	Varianty hnojenia ⁽²⁾	2002	2003	2004	2005	\bar{x}
Úroda zrna [t.ha ⁻¹] ⁽³⁾	N (4, 6, 10)	7,18	4,71	7,86	7,63	6,84
	NPK (5, 9, 11)	6,91	4,70	7,33	8,61	6,89
	NPK % (N=100%)	96,24	100,13	93,24	112,79	100,69
Hmotnosť 1000 zŕn [g] ⁽⁴⁾	N (4, 6, 10)	43,81	40,08	42,42	44,14	42,61
	NPK (5, 9, 11)	44,16	41,21	43,08	44,19	43,16
	NPK % (N=100%)	100,80	102,82	101,55	100,10	101,28
Počet zŕn.m ⁻² ⁽⁵⁾	N (4, 6, 10)	16453	11808	18620	17333	16054
	NPK (5, 9, 11)	15660	11461	17051	19511	15921
	NPK % (N=100%)	95,18	97,06	91,57	112,56	99,17

⁽¹⁾ Trait, ⁽²⁾ fertilization variants, ⁽³⁾ grain yield, ⁽⁴⁾ one thousand grain yield, ⁽⁵⁾ grain number per m²

padne hnojené PK hnojivami a tiež všetky varianty hnojené N 80 kg.ha⁻¹. Najnižšiu HTZ mali varianty hnojené 120 a 150 kg N.ha⁻¹. Zatiaľ čo na priemernej hodnote HTZ za štyri sledované roky sa vplyv PK hnojív neprejavil, veľmi významne sa prejavil v nepriaznivom roku 2003 a významne v roku 2004 (obr. 2b). Varianty NPK mali vyššiu hodnotu HTZ než N varianty pri rovnakej úrovni N hnojenia (obr. 2b). Tieto rozdiely ako aj malé rozdiely medzi variantmi v roku 2005 oproti iným rokom neboli však potvrdené interakciou rok × hnojenie (tab. 3).

Počet zŕn na m²

Priemerný počet zŕn na plochu významne kolísal medzi rokmi (tab. 3, 4) od 11350 ks.m⁻² v roku 2003 s najnižšou úrodou zrna po 17240 ks.m⁻² v roku 2004, resp. 16970 ks.m⁻² v roku 2005, medzi ktorými nebol štatisticky významný rozdiel (tab. 4). Významný rozdiel bol medzi variantmi hnojenia (11860–16860 ks.m⁻²), pričom počet zŕn na jednotku plochy lineárne narastal so zvyšujúcimi sa dávkami hnojív až do úrovne 80 kg N.ha⁻¹, následne sa len mierne zvyšoval do dávky N 120 kg.ha⁻¹, avšak vyššia dávka N než 120 kg.ha⁻¹ už počet zŕn na m² nezvyšovala (obr. 1c, tab. 5). Významná interakcia rok × hnojenie bola podmienená rozdielnym pomerom počtu zŕn na plochu medzi variantmi N verzus NPK, keď v rokoch 2003 a 2004 na variantoch N hnojenia v línii N40 – N80 – N120

bol počet zŕn vždy vyšší, než na adekvátnych variantoch NPK, avšak v ostatných rokoch boli naznačené rozdiely skôr opačné (obr. 2c).

DISKUSIA

Úroda zrna sa môže považovať za funkciu počtu zŕn na plochu a hmotnosti jedného zrna alebo hmotnosti 1000 zŕn. Ako bolo vidieť z výsledkov, medzi týmito dvoma základnými zložkami úrody zrna dochádza ku kompenzácii, alebo konkurencii prejavujúcej sa v rozdielnej reakcii na hnojenie a v zápornom vzťahu medzi HTZ a počtom zŕn v klase ($r=-0,336$), čo odpovedá údajom v inom súbore odrôd [11]. Zatiaľ čo počet zŕn sa so stúpajúcimi dávkami hnojív, najmä dusíkatých zvyšoval, hmotnosť jedného zrna mala tendenciu sa znižovať, čo sa odvíja od rozdielneho obdobia ich realizácie.

Potenciálny počet zŕn na plochu sa determinuje v prvých etapách rastu počtom odnoží, teda počtom klasov, avšak o hmotnosti zrna sa rozhoduje v dobe nalievania zrna.

Kombinácia klimatických podmienok podmienuje pomer zdrojov a úložnej kapacity a pri nedostatku zdrojov z priebežnej asimilácie počas nalievania zrna rastlina využíva na tvorbu zrna mechanizmus translokácie asimilátov vytvorených pred kvitnutím [12].

Pri variantoch bez N hnojenia sa vytvára

podľa údajov z literatúry malý počet odnoží [3], nižší počet zŕn v klase, a tak pre nižší počet zŕn na plochu bol relatívny dostatok zdrojov, aby hmotnosť jedného zrna bola na rovnakej úrovni ako na variantoch hnojených 80 kg N.ha⁻¹ (obr. 1c, tab. 4). Na ostatných variantoch s vyšším počtom zŕn na jednotku plochy bol pravdepodobne tiež dostatok zdrojov na zabezpečenie vyššej hmotnosti jedného zrna, alebo nebola dostatočná translokácia asimilátov. Výsledkom tejto vzájomnej konkurencie o zdroje medzi zrnami, alebo medzi klasmi je, že úroda zrna na plochu dosiahla maximum už pri dávke 80 kg N.ha⁻¹.

V roku 2003 bol najnižší počet zŕn v každom variante hnojenia oproti ostatným rokom, avšak len v tomto roku bol najvyšší počet zŕn pri N 150 kg.ha⁻¹ oproti ostatným variantom, zatiaľ čo v rokoch 2002 a 2004 maximálny počet zŕn bol už pri 80 kg N.ha⁻¹ a v roku 2005 dokonca pri variante N40+PK (obr. 2c).

Je zaujímavé, že kombináciou najvyššieho počtu zŕn (21000 ks.m⁻², rok 2004, N 120 kg.ha⁻¹) a najvyššej HTZ (46 g, rok 2002, N 40 kg.ha⁻¹) bez ohľadu na rok a variant hnojenia maximálna úroda zrna by bola 9,6 t.ha⁻¹ čo sa líši od realizovanej úrody zrna 8,79 t.ha⁻¹ na variante N40+PK v roku 2005 len o 9,2 %.

Zvyšovanie úrody zrna pšenice letnej f. ozimnej so zvyšovaním dávok N hnojív bolo dôsledkom zvyšovania počtu zŕn na jednotku plochy a nie HTZ, keď medzi úrodou zrna a počtom zŕn na jednotku plochy bol silný vzťah ($r=0,980$), avšak medzi úrodou zrna a HTZ bol vzťah nevýznamný. Podobný jav bol pri genetickom pokroku zvýšenia úrod zrna pšenice, kde podiel vyššieho počtu klasov na plochu alebo rastline bol zanedbateľný oproti zvýšeniu fertility klasu [11]. Podobne pri pšenici tvrdej za roky 1945 až 2000 úroda zrna sa zvýšila v dôsledku lineárneho zvyšovania počtu zŕn na plochu, zatiaľ čo hmotnosť zrna a biomasa sa nezmenili [10].

Napriek tomu, že počet zŕn na jednotku plochy sa pri genetickom zvýšení úrod zrna zvýšil, úrody zrna limituje úložná kapacita. Jej zvýšenie je naďalej výzvou pre šľachtiteľov. Genetický rast úrod pri pšenici sa nedá očakávať zvyšovaním zberového indexu, čo bol hlavný zdroj v minulom storočí, treba nájsť inú alternatívu na zvýšenie úložnej kapacity úrody zrna. M i r a

l l e s a S l a f e r [7] odporúčajú vyšší počet zŕn na jednotku plochy. Naše výsledky naznačujú, že okrem počtu zŕn na plochu ako jednej zložky úložnej kapacity je rozhodujúca aj druhá zložka a to hmotnosť zrna. Tá je podmienená efektívnou translokáciou asimilátov do zrna nielen procesom distribúcie asimilátov z priebežnej asimilácie do vegetatívnych a generatívnych orgánov v priebehu nalievania zrna, ale aj procesom translokácie, teda asimilátov vytvorených do kvitnutia [12, 13].

Predpoklad málo efektívnej translokácie asimilátov vychádza zo skutočnosti, že zatiaľ čo počet zŕn na plochu sa zvyšoval so zvyšovaním potenciálu prostredia (N hnojenie) pre tvorbu zdrojov, HTZ mala tendenciu sa znižovať. Pri variantoch s vyššími dávkami N hnojenia bol pravdepodobne dostatok zdrojov, aj potenciálnej úložnej kapacity meranej počtom zŕn, ako jednou zložkou úložnej kapacity, ktorá sa nemohla plne realizovať v dôsledku nízkej HTZ.

Nedostatok zdrojov nebol podmienený nedostatkom P a K živín, hoci na variantoch trvale nehnojených P a K hnojivami bol ich obsah v pôde kritický, avšak ako ukázali výsledky, na úrode zrna variantov N verus NPK sa to významne neprejavilo. Uvedené výsledky naznačujú, že nie zdroje ani úložná kapacita meraná len počtom zŕn, ale nedostatočná translokácia asimilátov na zabezpečenie vysokej hmotnosti individuálneho zrna (HTZ) i pri vysokom počte zŕn limitovala úrody zrna pri vyššej intenzite hnojenia.

Ako ukázali výsledky efektívnosť hnojenia závisí od klimatických podmienok roka, ktoré sa môžu len s určitou pravdepodobnosťou predpovedať. Delené dávky N hnojenia, ktoré sa pri pestovaní všeobecne aplikujú umožňujú vhodným spôsobom reagovať na vývoj počasia.

ZÁVER

Variabilita úrody zrna bola v rovnakej miere podmienená rokmi a hnojením. Priemerné úrody zrna počas štyroch pokusných rokov kolísali v rovnakom rozsahu (4,56–7,41 t.ha⁻¹), ako medzi dvanástimi variantmi hnojenia (4,66–7,26 t.ha⁻¹). Zrážky a teplota v období nalievania zrna rozhodovali o rozdieloch v úrode zrna medzi rokmi.

Príčinou nízkych úrod zrna v roku 2003 (4,56 t.ha⁻¹) boli podpriemerné zrážky a vysoké teploty v júni a naopak vysoké úrody zrna v rokoch 2004 a 2005 boli podmienené priemernými zrážkami a podpriemernými teplotami v období nalievania zrna a dĺžkou nalievania zrna.

Hnojenie len PK hnojivami zvýšilo úrody zrna oproti trvale nehnojenému variantu o 16 %. Najvyššia úroda zrna sa dosiahla pri N 80 kg a 60 kg P₂O₅ (155,7 %). Zvyšovanie dávok N hnojív nad 80 kg N.ha⁻¹ nebolo pre úrodu zrna efektívne.

Medzi variantmi hnojenia N verzus N + PK hnojenie neboli zistené významné rozdiely. Na úrovni N hnojenia 80 kg.ha⁻¹ efektívnejšia bola kombinácia N+P, pri ktorej sa získala aj najvyššia úroda zrna, než kombinácie N+K alebo N+PK.

Na variabilite úrody zrna sa viac podieľal počet zŕn ako hmotnosť 1000 zŕn. Stúpajúce dávky N zvyšovali počet zŕn na jednotku plochy, avšak znižovali hmotnosť 1000 zŕn. Nedoštok zdrojov z priebežnej asimilácie alebo z translokácie bol príčinou nízkej hmotnosti 1000 zŕn pri vyššom počte zŕn na variantoch s vyššou intenzitou hnojenia.

Do redakcie došlo 26. septembra 2007

LITERATÚRA

- BERTIC, B. – LONCARIC, Z. – VUKADINOVIC, V. – VUKOBRATOVIC, Z. – VUKADINOVIC, V. (2007): Winter wheat yield responses to mineral fertilization. In: *Cereal Res. Commun.*, vol. 36, 2007, 2, pp. 245–248.
- CUI, Z.L. – CHEN, X.P. – LI, J.L. – XU, J.F. – SHI, L.W. – ZHANG, F.S. (2006): Effect of N fertilization on grain yield of winter wheat and apparent N losses. In: *Pedosphere*, vol. 16, 2006, N. 6, pp. 806–812.
- DIEKMANN, F. – FISCHBECK, G. (2005): Differences in wheat cultivar response to N supply. I: Differences in grain yield formation. In: *J. Agron. & Crop Sci.*, vol. 191, 2005, N. 5, pp. 351–361.
- ERECUL, O. – ELLMER, F. – KOHL, W. – ONCAN, F. (2005): Effect of different nitrogen fertilization on yield and bread-making quality of winter wheat. In: *Arch. Agron. Soil Sci.*, vol. 51, 2005, N. 5, pp. 523–540.
- JOHANSSON, E. – PRIETO-LINDE, M. L. – SVENSSON, G. (2004): Influence of nitrogen application rate and timing on grain protein composition and gluten strength in Swedish wheat cultivars. In: *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, vol. 167, 2004, N. 3, pp. 345–350.
- KHALIFA, K. (2005): Effect of nitrogen forms and placement methods on grain yield, total biomass production of wheat and nitrogen use efficiency using N-15 tracer technique. In: *Agrochimica*, vol. 49, 2005, N. 5-6, pp.221–232.
- MIRALLES, D. J. – SLAFER, G. A. (2007): Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? In: *J. Agric. Sci.*, vol. 145, 2007, N. 2, pp. 139–149.
- MUCHOVÁ, Z. (2003): Changes in technological quality of food wheat in a four crop rotation. In: *Plant soil environ.*, vol. 49, 2003, N. 4, pp. 146–150.
- ROSTAMI, M. A. – BRIEN, L. O. (1996): Differences among bread wheat genotypes for tissue nitrogen content and their relationship to grain yield and protein content. In: *Aust. J. Agric. Res.*, vol. 47, 1996, pp. 33–45.
- ROYO, C. – ALVARO, F. – MARTOS, V. – RAMDANI, A. – ISIDRO, J. – VILLEGAS, D. – delMORAL, L. F. G. (2007): Genetic changes in durum wheat yield components and associated traits in Italian and Spanish varieties during the 20th century. In: *Euphytica*, vol. 155, 2007, N. 1–2, pp. 259–270.
- UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. (2003): Pokrok v agronomických znakových pri česko-slovenských odrodách pšenice letnej f. ozimnej povolených v rokoch 1923–1995 (Advance in agronomical traits at Czech – Slovak winter wheat varieties realised in the years 1923–1995). In: *Acta fytotech. et zootech.*, vol. 6, 2003, N. 4, pp. 93100.
- UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. (2006): Translocation and accumulation of dry mater in winter wheat genotypes. In: *Cerearl Res. Commun.*, vol. 34, 2006, N. 2–3, pp. 1013–1020.
- UŽÍK, M. – ŽOFAJOVÁ, A. (2007): Translocation of dry mater in ten winter wheat cultivars released in the years 1921–2003. In: *Cereal. Res. Commun.*, vol. 35, 2007, N. 4, pp. 1583–1592.

SÚHRN

V stacionárnom pokuse vo VŠS Vigľaš-Pstruša, v štyroch rokoch 2001/02 až 2004/05, na dvanástich variantoch hnojenia so stúpajúcimi dávkami N (0 – 40 – 80 – 120 – 150 kg.ha⁻¹) kombinovanými s P a K hnojením (60 kg P₂O₅ a 60 kg K₂O) bola skúšaná odroda pšenice letnej f. ozimnej Viginta. V pokuse sa hodnotila úroda zrna, hmotnosť 1000 zŕn a počet zŕn na 1 m². Variabilita úrody zrna bola v rovnakej miere podmienená rokmi a hnojením. Priemerné úrody zrna medzi štyrmi rokmi kolísali v rovnakom rozsahu (4,56–7,41 t.ha⁻¹), ako medzi dvanástimi variantmi hnojenia (4,66–7,26 t.ha⁻¹). Zrážky a teplota v dobe nalievania zrna rozhodovali o rozdieloch v úrode zrna medzi rokmi. Príčinou nízkych úrod zrna v roku 2003 (4,56 t.ha⁻¹) boli nízke zrážky a vysoké

teploty v júni a naopak vysoké úrody zrna v rokoch 2004 a 2005 boli podmienené priemernými zrážkami a podpriemernými teplotami v dobe nalievania zrna.

Hnojenie len PK hnojivami zvýšilo úrody zrna oproti trvale nehnojenému variantu o 16 %. Najvyššia úroda zrna sa dosiahla pri N 80 kg.ha⁻¹ a 60 kg P₂O₅.ha⁻¹ (155,7 %). Zvyšovanie N hnojív nad 80 kg N nebolo pre úrodu zrna efektívne.

Medzi variantmi hnojenia N verus N + PK hnojenie neboli zistené žiadne rozdiely. Na úrovni N hnojenia 80 kg N.ha⁻¹ efektívnejšia bola kombinácia N+P, pri kto-

rej sa získala aj najvyššia úroda zrna, než kombinácie N + K alebo N + PK.

Na variabilite úrody zrna sa viac podieľal počet zŕn ako hmotnosť 1000 zŕn. Stúpajúce dávky N zvyšovali počet zŕn na jednotku plochy, znižovali však hmotnosť 1000 zŕn. Nedostatok zdrojov z priebežnej asimilácie alebo z translokácie bol príčinou nízkej hmotnosti 1000 zŕn pri vyššom počte zŕn na variantoch s vyššou intenzitou hnojenia.

Kľúčové slová: pšenica, úroda zrna, hmotnosť 1000 zŕn, počet zŕn na plochu, hnojenie