

Vliv hnojení N na hospodářsky významné ukazatele bezpluchého ječmene

(Effect of nitrogen fertilization on important agronomic traits of hulless barley)

Vaculová Kateřina^{1✉}, Candráková Eva²

¹Agrotest fyto, s.r.o. Havlíčkova 2787, Kroměříž;

²Slovenská poľnohospodárska univerzita Nitra, A. Hlinku 2, Nitra, Slovensko

Souhrn

Dvě nové vlastní linie ječmene jarního s bezpluchým zrnem KM 1910 a KM 2092 a kontrolní pluchatá odrůda ječmene jarního Kompakt byly pěstovány v letech 2002–2004 v lokalitě Oponice (SK) po optimální předplodině. Byl sledován vliv 4 variant hnojení N v raných vegetačních fázích (nehnojená kontrola, LAV v dávce 20 kg.ha⁻¹ a v dávce vypočtené na výnos 5 t.ha⁻¹ ve vegetační fázi DC21 a DAM 390 v dávce vypočtené na výnos 5 t.ha⁻¹ ve vegetační fázi DC29) na výnos zrna, výnosové prvky a další hospodářsky významné parametry. Bezpluché ječmeny příznivě reagovaly na vyšší hladinu N-hnojení (především ve formě LAV) a v závislosti na použité variantě hnojení a vlivu ročníku diferencovaně utvářely výnos zrna i jednotlivé výnosové prvky. Bylo zjištěno, že formování výnosu zrna se u bezpluchého ječmene realizuje odlišně než u pluchaté kontroly, přičemž rozdíly existovaly i mezi oběma liniemi s bezpluchým zrnem.

Klíčová slova: ječmen jarní bezpluchý, N výživa, výnos, výnosové prvky

Summary

Two our spring barley lines with hulless grain, KM 1910 and KM 2092, and standard hulled cultivar of spring barley Kompakt were grown in 2002–2004 at the location Oponice (SK) after optimum preceding crop. The effect of four N fertilization treatments at early growth stages (non-fertilized control, limestone ammonium nitrate /LAN/ at a dose of 20 kg.ha⁻¹ and a dose calculated for the yield of 5 t.ha⁻¹ at growth stage DC21, and urea ammonium nitrate solution /DAM 390/ at a dose calculated for the yield of 5 t.ha⁻¹ at growth stage DC29) on grain yield, yield elements and other agronomic traits was observed. Hulless barley lines positively responded to a higher level of N fertilization (especially in the form of LAN) and depending on applied fertilization treatment and effects of weather conditions of the year they differed in the formation of grain yield and as well as individual yield elements. It was found that the grain yield formation in hulless barley differed from that in the hulled standard and there were also differences between the two lines with hulless grain.

Keywords: hulless spring barley, N nutrition, grain yield, yield elements

Ječmen, jehož kvítkové orgány (plucha a pluška) nesrůstají s obilkou a při sklizni odpadají, podobně jako například u pšenice, je obecně označován jako ječmen bezpluchý. Zájem o využití bezpluchého ječmene ve světě roste, o čemž svědčí stále se zvyšující počet nově registrovaných odrůd. Nutričně významné složky zrna lze zužitkovat téměř bezzbytky, technologické zpracování je jednodušší a tedy výrazně levnější než v případě pluchatého ječmene. V průběhu šlechtění byly vytvořeny genotypy s rozdílným chemickým složením, vhodné pro krmení hospodářských zvířat, přímou lidskou výživu i průmyslové zpracování (Vaculová a Heger 1998, Xue *et al.* 1997, Zheng a Bhatti 1998 a další).

V kolekcích genetických zdrojů ječmene je zastoupena řada variet s bezpluchým zrnem, avšak pro pěstování v praxi se nejčastěji uplatňují dvouřadá nebo víceřadá ječmeny, které přináležejí k nejrozšířenější subvarietě *Hordeum vulgare*, convar. *distichon* (var. *nudum* (L.) Alef. – ječmen dvouřadý) nebo subvarietě *Hordeum vulgare*, convar. *vulgare* (var. *revelatum* nebo var. *coeleste* (L.) Koern. – ječmen víceřadý). V pěstebních podmínkách západní a střední Evropy jsou výnosově výkonnější a stabilnější odrůdy ječmene jarního s dvouřadým klásem, víceřadá odrůdy se pěstují hlavně v zemích severní Ameriky.

Odrůdy ječmene s bezpluchým zrnem jsou rozšířeny v oblastech s tradičně vyšší potravinářskou spotřebou ječmene

a také v některých hospodářsky vyspělých zemích severní Ameriky a v Austrálii. V České Republice jsou studovány a vytvářeny nové genotypy bezpluchého ječmene v rámci řešení výzkumných projektů Ministerstva zemědělství, zaměřených zejména na problematiku zkvalitnění a obohacení lidské výživy o vlákninu potravy.

V dubnu 2009 byla na základě tříletého zkoušení v pokusech ÚKZÚZ registrována první česká dvouřadá odrůda ječmene s bezpluchým zrnem AF Lucius (zkoušená pod označením KM 1910). Registrace odrůdy bezpluchého ječmene pro pěstování v praxi otevírá pro všechny pěstitele legální možnost vyzkoušet tento typ nejen v podmínkách ekologického zemědělství, ale i na komerčních plochách.

Výsledky zkoušení odrůdy AF Lucius v pokusech ÚKZÚZ ukázaly, že příznivě reaguje na zvýšenou intenzitu pěstování, která v daném případě zahrnovala vyšší úroveň pesticidní ochrany. V minulosti však byly experimentální materiály bezpluchého ječmene pěstovány výhradně na vybraných lokalitách s nízkými vstupy nebo ekologickým způsobem hospodaření, a proto je v současnosti v tuzemsku k dispozici poměrně málo původních údajů o reakci konkrétních genotypů bezpluchého ječmene na intenzifikační pěstební zásahy.

Víceleté zkušenosti s pěstováním nových linií jarního bezpluchého ječmene byly získány ve spolupráci s katedrou rostlinné výroby Slovenské zemědělské univerzity v Nitře.

Výsledky diferencovaného hnojení N z pohledu vlivu na výnos zrna, jeho dílčí prvky a další hospodářsky významné ukazatele jsou součástí daného příspěvku.

Materiál a metody

Dvě nové linie ječmene jarního s bezpluchým zrnem KM 1910 a KM 2092 (vlastní šlechtění realizované ve firmě Agrotest fyto, s.r.o., Kroměříž) a kontrolní odrůda ječmene jarního Kompakt s pluchatým zrnem, byly pěstovány v letech 2002–2004 na pozemcích Vysokoškolského zemědělského podniku Slovenské zemědělské univerzity Nitra, závod Oponice, který se nachází v řepařské výrobní oblasti. Nadmořská výška lokality je 168 m n.m.v., roční úhrn srážek 607 mm, průměrná roční teplota vzduchu 9,5 °C. Půdní typ hnědozem na spraši, půdní druh středně těžká, hlinitá půda. Maloparcelní polyfaktoriální pokusy byly založené blokovou metodou s náhodným uspořádáním členů ve 3 opakováních. Předplodinou byla organicky hnojená cukrovka (dávka hnoje 35 t.ha⁻¹) bez zaoarání posklizňových zbytků cukrovky. Hloubka orby na podzim byla 220 až 250 mm. Jarní příprava pole byla provedena smykem a kompaktozem. Výměra parcel byla 14 m², norma výsevu 4,5 MKS.ha⁻¹, setí bylo provedeno secím strojem Pneusej do hloubky 40 mm při meziřádkové vzdálenosti 125 mm. Před sklizní byly odebrány vzorky rostlin na mechanické rozborů.

Byly použity následující varianty hnojení:

1. nehnojená kontrola,
2. dávka dusíku 20 kg.ha⁻¹ ve formě ledku amonného s vápencem (LAV) na začátku odnožování (DC 21),

3. dávka dusíku na předpokládaný výnos 5 t.ha⁻¹ ve formě ledku amonného s vápencem (LAV) na začátku odnožování (DC 21),

4. dávka dusíku na předpokládaný výnos 5 t.ha⁻¹ (DAM 390) na konci odnožování (DC 29).

Hnojení fosforem a draslíkem bylo aplikováno jako základní. Dusík byl doplněn na předpokládaný výnos 5 t.ha⁻¹ na základě agrochemických rozborů půdy, podle N_{min} v hloubce 0,60 m, odebraných na začátku odnožování podle doporučení autorů Fecenko a Ložek (2000).

V plné zralosti byl hodnocen počet rostlin (PR na m²), počet odnoží (PO z 1 m²) a počet produktivních odnoží (PPO z 1 m²). Po sklizni byl stanoven výnos zrna (VZ v t.ha⁻¹). Mechanické rozborů byly provedeny u 3x10 nahodile odebraných rostlin. Byla hodnocena výška rostlin (VR v cm), celkový počet zrn z rostliny (PZR), průměrný počet zrn z klasu (PZK), počet zrn hlavního klasu (PZHK), průměrný počet zrn z odnože (PZO), hmotnost zrna z rostliny (HZR v g), hmotnost zrna z hlavního klasu (HZHK v g), průměrná hmotnost zrna z odnože (HZO v g), hmotnost slámy (HS, přepočtena na hmotnost slámy z 1 m² v g). Byla stanovena hmotnost 1000 zrn (HTZ v g), objemová hmotnost (OH, g.l⁻¹), přepad na síť 2,2 mm (P > 2,2mm v %). Dále byl vypočten biologický výnos (BV= výnos zrna + výnos slámy v t.ha⁻¹), sklizňový index (HI), průměrný počet zrn z klasu (PZK), podíl počtu zrn hlavního klasu z celkového počtu zrn (PZHK/PZR) a podíl hmotnosti zrna z hlavního klasu z celkové hmotnosti zrna z rostliny (HZHK/HZR).

Statistické zpracování výsledků bylo provedeno programem Statistica 8 (StatSoft, Inc. 1999).

Tab. 1: Úroveň významnosti (p) ANOVA pro jednotlivé zdroje proměnlivosti

Zdroj proměnlivosti /ukazatel	VZ ¹⁾	VR	PR	PO	PPO	PZHK	PZO	PZR	PZK	PZHK/ PZR
Odrůda, linie	0,000	0,000	0,000	0,000	ns	0,001	0,001	0,003	ns	0,000
Hnojení	ns	0,002	ns	0,008	ns	ns	0,020	0,013	0,050	0,019
Rok	0,002	0,000	0,034	ns	ns	0,000	0,001	0,001	0,014	0,004
Odrůda, linie x hnojení	ns	0,000	0,033	0,008	ns	ns	0,021	0,024	ns	0,020
Odrůda, linie x rok	0,010	0,000	0,011	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
Rok x hnojení	ns	0,000	0,033	ns	ns	0,000	0,031	0,015	ns	0,039
Zdroj proměnlivosti /ukazatel	HZHK	HZO	HZR	HZHK/ HZR	BV	HI	HS	OH	P > 2,2 mm	HTZ
Odrůda, linie	0,007	0,000	0,003	ns	0,001	0,000	ns	0,000	0,000	0,006
Hnojení	ns	ns	ns	ns	ns	0,020	0,005	0,000	0,000	0,003
Rok	0,001	0,000	0,015	0,001	0,001	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
Odrůda, linie x hnojení	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,000	0,000	0,011
Odrůda, linie x rok	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004	ns	0,021	0,000	0,001	0,000
Rok x hnojení	0,001	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,000	0,000	0,000

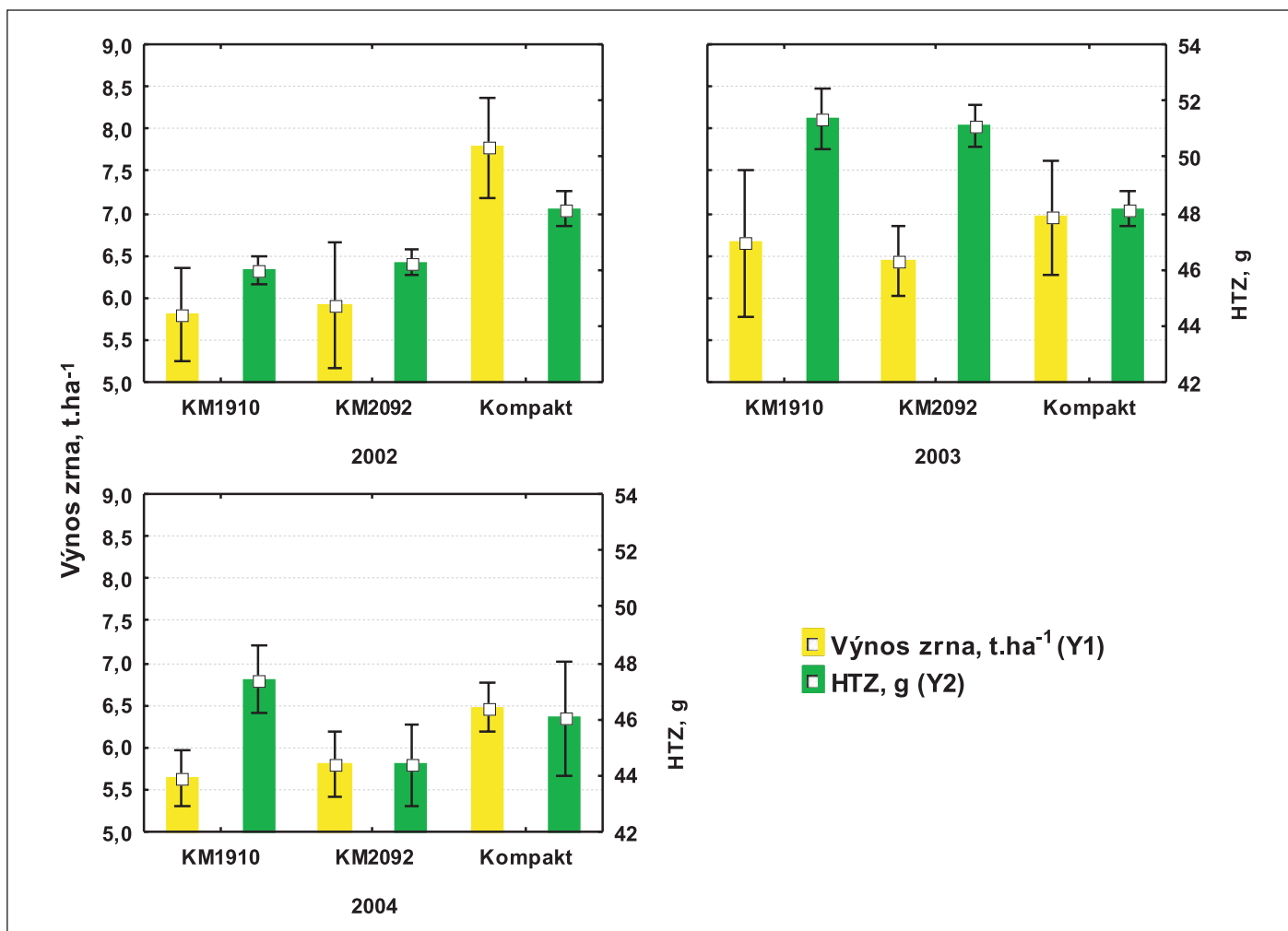
¹⁾ - znaky a ukazatele - viz. Materiál a metody

Výsledky a diskuse

Bez ohledu na obecný ústup od preferencí kvantity nad kvalitou i všechny nutriční přednosti bezpluchého ječmene, pro prvovýrobce stále zůstává výnos zrna hospodářsky významným ukazatelem a tedy často i určitým limitujícím faktorem rozšíření odrůd s tímto typem zrna. Snížení výnosu způsobené ztrátou pluch při sklizni činí 10–13% (Bhatti *et al.* 1975), a proto v optimálních pěstebních podmínkách nelze očekávat, že se bezpluché odrůdy produktivitou vyrovnají pluchatým. Také v našem souboru byla odrůda

významným zdrojem proměnlivosti nejen pro výnos zrna, ale i jeho dílčí prvky a další významné znaky a ukazatele jako VR, HI, přepad na síť 2,2 mm, HTZ i OH (Tab. 1). Literární údaje uvádějí u registrovaných odrůd bezpluchého ječmene kolísání výnosu zrna od 15 do 35% v závislosti na pěstebních podmínkách a použitých agrotechnických opatřeních (Dziamba a Rachoň 1988; Paris 1999, aj.), linie KM 1910 a KM 2092 se však v průměru experimentálních ročníků i použitých variant hnojení lišily od odrůdy Kompakt pouze o necelých 15%.

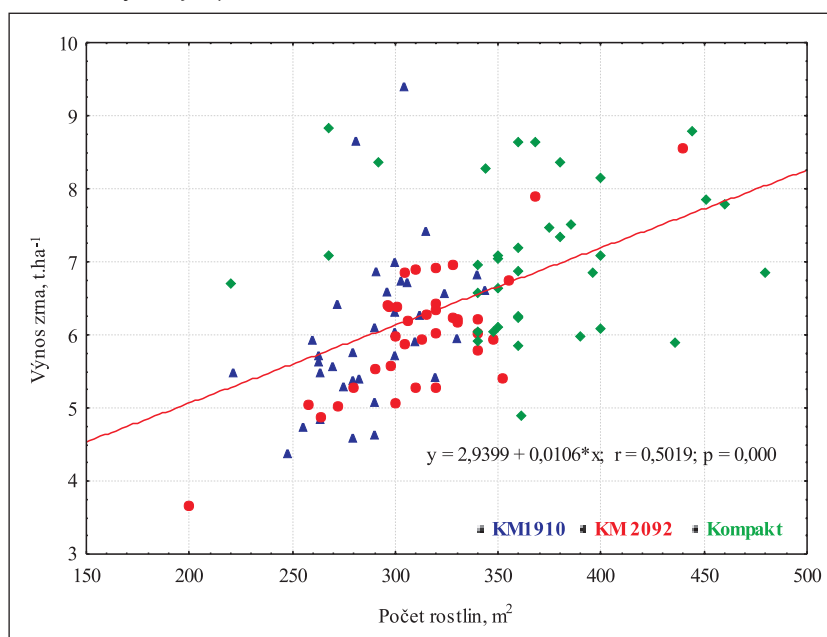
Obr. 1: Průměrné hodnoty a variabilita výnosu zrna bezpluchých linií a pluchaté odrůdy ječmene Kompakt v jednotlivých experimentálních ročnících. Úsečky označují 0,95 interval spolehlivosti



Z pohledu jednotlivých ročníků byla produktivita bezpluchých ječmenů i odrůdy Kompakt rozdílná. Zatímco v roce 2002 jednoznačně dominovala pluchatá odrůda, průměrný nejvyšší výnos zrna byl dosažen v roce 2003 (6,68 t·ha⁻¹) a to hlavně díky zvýšení výnosové úrovně bezpluchých linií. Ročník 2003 byl z pěstitelského hlediska charakterizován jako nepříznivý, zvláště kvůli vysokým teplotám v období počátku vegetace a v měsíci červnu. To se v daném experimentu negativně projevilo u odrůdy Kompakt snížením PPO, HZO a HZR. U obou bezpluchých linií nebyla redukce počtu odnoží pozorována, a naopak na průběh povětrnosti v daném roce reagovaly zvýšením HTZ (Obr. 1). Uvedený jev, tedy zvýšení výnosu zrna bezpluchého ječmene v méně příznivých (zejména v závěru vegetace sušších) ročnících, jsme již zaznamenali v minulých letech (Vaculová *et al.* 2004) a je v souladu i s výsledky zkoušení bezpluchých odrůd v aridnějších oblastech. Příznivý vliv suchého ročníku 2003 na zvýšení HTZ v kolekci genetických zdrojů ječmene jarního uvádějí i Žáková a Benková (2005). V roce 2004, srážkově bohatém hlavně na počátku vegetace, byla u výnosu zrna i jeho dílčích složek zjištěna nejnižší proměnlivost (variační koeficient přes všechny varianty hnojení i zkoušené genotypy dosahoval hodnot 6,9–10,6%), avšak celkově byl tento ročník výnosově nejméně příznivým pro oba typy ječmene.

Příznivý vliv vhodných agrotechnických zásahů na výnos bezpluchého ječmene zjistila řada autorů (Candráková *et al.* 2004, 2008; Oscarsson *et al.* 1998; Žembery *et al.* 2004, aj.). Jakubec

Obr. 2: Vztah výnosu zrna a počtu rostlin z jednotky plochy (2002–2004, 4 varianty hnojení).



Tab. 2: Průměrné hodnoty dílčích výnosových prvků a dalších hospodářských ukazatelů bezpluchých linií a odrůdy ječmene jarního Kompakt podle jednotlivých variant hnojení

Ukazatel / odrůda, linie / hnojení	KM1910				KM2092				Kompakt				MD _{0.05} ²⁾
	var.1 ¹⁾	var.2	var.3	var.4	var.1	var.2	var.3	var.4	var.1	var.2	var.3	var.4	
Výnos zrna, t.ha ⁻¹	5,7	6,2	6,3	5,9	5,7	6,5	6,3	5,7	6,7	7,1	6,9	7,5	0,6
Výška rostlin, cm	69,7	74,7	76,9	72,0	81,9	80,2	80,8	81,0	63,1	64,9	64,6	63,7	1,6
Počet odnoží, m ²	557,3	642,0	638,4	553,0	579,2	678,6	635,2	609,8	667,2	662,6	727,5	762,6	49,6
Počet prod. odnoží	2,0	2,1	2,2	1,9	2,0	2,0	1,9	2,0	2,0	1,9	2,1	2,0	0,2
Počet zrn/hl. klas	22,1	22,5	22,8	22,3	22,2	22,0	22,0	21,6	22,5	22,3	23,0	22,4	0,5
Počet zrn/odnož	18,0	17,5	20,0	15,8	16,8	16,7	15,0	16,7	18,2	14,3	15,4	12,5	2,0
Počet zrn/klas	19,8	18,9	19,7	19,9	19,8	19,0	19,3	18,8	21,2	19,8	18,4	17,7	1,4
Hmotnost zrna/klas, g	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1
Hmotnost zrna/odnož, g	1,0	0,9	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,1
Objem. hmotnost, g.l ⁻¹	713,1	706,1	710,9	735,7	744,0	744,2	730,8	744,6	681,2	675,6	677,5	678,8	5,8
Přepad/síto 2.2 mm, %	80,5	76,1	72,1	76,9	79,4	79,3	78,3	80,6	90,9	93,2	91,3	90,8	1,3
HTZ, g	49,1	47,4	47,6	48,9	47,3	47,6	46,6	47,6	47,0	46,2	47,7	48,9	0,9

¹⁾ - varianty hnojení - viz. Materiál a metody

Tab. 3: Korelace výnosu zrna s hodnocenými znaky a ukazateli

Odrůda, linie / ukazatel	PR	PO	PPO	PZHK	PZO	PZR	PZK	PZHK/PZR
KM 1910	0,44**	0,79**	0,63**	0,18	0,65**	0,64**	-0,04	-0,57**
KM2092	0,78**	0,70**	-0,10	-0,17	0,16	0,07	0,20	-0,19
Kompakt	0,03	0,30	0,14	0,29	0,23	0,27	0,10	-0,18
Odrůda, linie / ukazatel	HZHK	HZO	HZR	HZHK/ HZR	HI	OH	P> 2,2mm	HTZ
KM 1910	0,17	0,56**	0,69**	-0,75**	0,36*	0,01	0,08	0,22
KM2092	0,48**	0,48**	0,57**	-0,35*	0,67**	0,03	0,15	0,34*
Kompakt	-0,21	0,58**	0,57**	-0,55**	0,50**	0,42**	-0,53**	0,34*

¹⁾ - znaky a ukazatele - viz. Materiál a metody

Tab. 4: Podíl reprodukované variability vybraných ukazatelů v analýze hlavních komponent (v %)

Ukazatel /odrůda, linie /hlavní komponenta	KM1910			KM2092			Kompakt		
	PC 1 ¹⁾	PC 2	PC 3	PC 1	PC 2	PC 3	PC 1	PC 2	PC 3
Výnos zrna, t.ha ⁻¹	60,0	11,3	14,9	54,5	38,8	1,9	40,1	0,2	44,3
Počet rostlin	0,2	2,5	87,4	3,8	68,8	11,4	7,8	66,9	1,5
Počet prod. odnoží	73,5	5,1	0,0	11,0	55,7	8,0	14,8	65,0	0,9
Počet zrn/hl. klas	25,6	29,8	0,0	9,8	1,5	45,9	42,9	4,7	0,1
Počet zrn/odnož	71,7	7,1	1,8	48,2	28,1	12,0	55,2	0,0	23,4
Počet zrn/rostlina	79,8	1,6	1,5	26,7	20,1	41,5	66,8	0,2	20,2
Počet zrn/klas	0,0	16,1	2,3	0,2	23,3	55,4	10,0	62,8	7,2
Hmotnost zrna/klas, g	12,9	0,5	42,9	21,8	11,2	10,0	32,9	6,0	5,0
Hmotnost zrna/odnož, g	79,7	0,7	3,0	81,9	6,0	2,0	70,1	10,2	1,4
Hmotnost zrna/rostlina, g	80,5	0,3	12,5	85,9	0,7	5,4	51,2	6,9	5,5
Sklizňový index	0,3	66,2	0,9	50,9	13,2	1,5	1,4	10,0	51,8
Objem. hmotnost, g.l ⁻¹	13,1	22,7	10,3	2,0	12,7	13,1	29,8	29,5	4,1
Přepad/síto 2.2 mm, %	0,1	72,6	9,5	25,6	4,3	16,9	66,8	1,1	0,0
HTZ, g	0,1	69,3	6,6	42,3	2,7	8,9	3,6	4,0	37,0

¹⁾ - hlavní komponenta / principal component

(2007) uvádí, že bezpluché materiály ječmene, pěstované v kukuřičné výrobní oblasti, zvyšovaly výnos zrna při využití mimokořenové výživy, i když na rozdíl od pluchatých odrůd, s ohledem na obsah půdního N. Třebaže v rámci hodnoceného souboru se hnojení N jako faktor proměnlivosti neukázalo jako průkazné ($P = 0,068$), oproti nehnojené variantě byl průměrný výnos zrna při aplikaci kořenové i mimokořenové dávky N statisticky průkazně vyšší, a to o 6,1–9,7%. Bezpluché linie ječmene snižovaly zápornou výnosovou diferencii vůči odrůdě Kompakt se zvyšující se dávkou N, aplikovanou ve formě LAV. Mimokořenová výživa DAM 390 se u obou linií projevila pouze neprůkazným zvýšením výnosu oproti nehnojené variantě, což se odrazilo v podobě prohloubení výnosové ztráty v porovnání s pluchatou kontrolou (Tab. 2).

Hmotnost 1000 zrn jako jeden z významných výnosotvorných prvků má význam zejména při potravinářském využití zrna bezpluchého ječmene. Tento parametr byl ovlivněn všemi hodnocenými faktory, tedy odrůdou (linií), variantami hnojení, ročníkem i jejich vzájemnými interakcemi. Nejvyšší HTZ měla linie KM1910, která v průměru všech let i variant hnojení statisticky významně překonala velkozrnnou odrůdu Kompakt. Schopnost reagovat zvýšením úrovně výnosotvorných prvků na méně příznivé pěstební podmínky se u linie KM 1910 projevila v průměrném zvýšení HTZ na nehnojené variantě. Oproti odrůdě Kompakt dosáhla v letech 2002–2004 o 2,1 g vyšší HTZ a na variantě bez aplikace N měla statisticky významně vyšší hmotnost obilky i vůči linii KM 2092. Tato skutečnost je jednou z kladných vlastností linie KM 1910 a pozitivem při jejím zařazení v ekologických pěstebních podmínkách. Na rozdíl od výsledků, které uvádějí Jakubec (2007) nebo Křováček a Ellmer (2007), nepůsobila mimokořenová výživa (DAM 390) ve směru snížení HTZ u žádného materiálu ječmene a naopak u odrůdy Kompakt byla na této variantě zjištěna nejvyšší hmotnost obilky.

Technologicky důležitým ukazatelem, kterým se bezpluchý ječmen odlišuje od pluchatého, je vysoká objemová hmotnost. Obě bezpluché linie se v tomto parametru statisticky významně lišily od odrůdy Kompakt na všech úrovních hnojení a průměrná diference činila 38,2 – 62,6 g.l⁻¹. Vyšší dávky hnojení N zvyšovaly OH zejména u linie KM 1910 (nejvyšší nárůst byl pozorován při aplikaci DAM 390 na předpokládaný výnos 5 t.ha⁻¹).

Za nejdůležitější výnosový prvek je u jarního ječmene považován počet produktivních stébel na jednotce plochy. Grausgruber *et al.* (2003) na základě analýzy provedené na velkém a historicky členěném souboru odrůd ječmene jarního dokumentovali, že nárůst výnosu zrna kromě počtu odnoží významně ovlivnilo i zvýšení HTZ, zatímco počet zrn na klas měl pouze okrajový význam.

V průběhu studia vybraných genetických zdrojů z kolekce ječmene jarního zjistili Milotova *et al.* (2003), že u materiálů s bezpluchým typem zrna mohou jednotlivé výnosové prvky přispívat ke konečnému výnosu zrna odlišnou měrou. Z tohoto důvodu byly vzájemné vztahy mezi výnosem zrna a ostatními znaky a ukazateli hodnoceny ne v celém experimentálním souboru, ale samostatně u jednotlivých genotypů.

Výsledky provedené korelační analýzy (Tab. 3) potvrdily předpoklad, že u odlišných materiálů ječmene se výnos zrna formuje odlišně. Zatímco u odrůdy Kompakt byly naměřeny nejsilnější korelace mezi výnosem zrna a HZO ($r = 0,58^{**}$), HZR ($r = 0,57^{**}$) a částečně i HTZ ($r = 0,34^*$), u bezpluché linie KM 1910 výnos zrna nejvíce ovlivnil počet odnoží ($r = 0,79^{**}$), HZR ($r = 0,69^{**}$) a PZO ($r = 0,65^{**}$). V případě KM 2092 byl zjištěn nejužší vztah výnosu zrna k PR z jednotky plochy ($r = 0,78^{**}$), dále k HZR ($r = 0,57^{**}$) a na rozdíl od KM 1910 i Kompaktu také k hmotnosti zrna z hlavního klasu ($r = 0,48^{**}$).

Shodně s výsledky které uvádějí Grausgruber *et al.* (2003), byla u všech studovaných materiálů ječmene vypočtena velmi slabá a neprůkazná korelace mezi PZK a výnosem zrna. V ohledem na negativní vztahy, který byly zjištěny mezi výnosem zrna a poměrem

počtu zrn z hlavního klasu vůči celkovému počtu zrn (u KM 1910 dosáhla korelace hodnoty $r = -0,57^{**}$) se však lze domnívat, že uvedená "neexistence" vztahu je zřejmě důsledkem vzájemného vyrušení dvou závislostí s odlišnými směrnici.

Linie KM 2092 se vyznačovala nejnižší proměnlivostí většiny výnosových prvků (PPO, PZR, HZR – V = 5,4–8,9%), což by mohlo znamenat, že tento genotyp bude mít dobrou výnosovou stabilitu v různých agroklimatických pěstebních podmínkách. Na druhé straně ale takový ječmen zřejmě nebude adekvátně pozitivně reagovat na provedená agrotechnická opatření. Rozdílnou závislost výnosu studovaných materiálů ječmene na PR z jednotky plochy znázorňuje graf na Obr. 2. Je z něj patrné, že u bezpluchého ječmene má počet rostlin z jednotky plochy větší význam než v případě prošlechtěných pluchatých odrůd a správně založený porost s odpovídajícím počtem rostlin na jednotku plochy může významně přispět k vyšší produktivitě tohoto typu ječmene. S nižší polní vzcházivostí materiálů ječmene s bezpluchým zrnem je zapotřebí předem počítat, protože obilky bezpluchého ječmene jsou citlivější k mechanickému poškození, což se při hodnocení laboratorní klíčivosti často neprojevuje.

Schopnost vzájemné kompenzace jednotlivých výnosových prvků je důležitou vlastností, která pomáhá vyrovnávat nepříznivé působení některých agroklimatických faktorů. Proto je i u nových materiálů bezpluchého ječmene zapotřebí znát, jak se u nich jednotlivé výnosové prvky utvářejí, jakou mají hierarchii a zda je lze vhodnými pěstebními zásahy modifikovat.

Výsledky analýzy variance uvedené v Tab. 1 ukázaly, že vzájemné diference mezi jednotlivými variantami hnojení byly statisticky významné pouze pro PZO, PZR a PZK, poměr počtu zrn z hlavního klasu a rostliny a mechanické ukazatele (tj. přeпад zrna na síť 2,2 mm, HTZ a OH). Nicméně, obdobně jako v případě výnosu zrna, byly mezi bezpluchými materiály ječmene a odrůdou Kompakt při stejných hladinách hnojení zjištěny průkazné diference i pro HZO (průkazné pro všechny varianty hnojení u linie KM 1910), resp. HZHK a HZR (Tab. 2).

Se záměrem uspořádání hodnocených znaků a ukazatelů a nalezení jejich hierarchie byla na sledovaná data aplikována analýza hlavních komponent. Výsledky v Tab. 4 uvádějí podíl reprodukovatelné variability prvními třemi hlavními komponentami. Současně ukazují na rozdílnou souvislost hodnocených znaků a ukazatelů s hlavními komponentami u jednotlivých materiálů ječmene. V souladu s korelační analýzou vysvětluje u obou materiálů bezpluchého ječmene první komponenta kromě výnosu zrna i cca 80% variability HZR a HZO, u KM 1910 také variability PZR a v poněkud menší míře (cca 70%) také variability PPO a PZO. Zatímco HTZ u KM 1910 byla v korelaci s druhou komponentou, která vysvětlovala více jako 70% proměnlivosti přeпад zrna na síť 2,2 mm a zhruba 30% proměnlivosti PZHK, v případě linie KM 2092 spadal největší podíl reprodukovatelné variability HTZ do první komponenty. Naopak počet rostlin, který se u této linie jevil v nejtěsnější závislosti s výnosem zrna, koreloval společně s PPO ve druhé hlavní komponentě, která vysvětlovala navíc ještě cca 39% proměnlivosti výnosu zrna. U odrůdy Kompakt zahrnovala první komponenta jen asi 40% proměnlivosti výnosu zrna a dále 70% variability HZR a cca 67% proměnlivosti PZR, 55% variability PZO a 67% variability přeпад zrna na síť 2,2 mm, přičemž všechny uvedené proměnné s první komponentou korelovaly negativně, tedy opačně jako ječmeny bezpluché. Do druhé komponenty spadal, obdobně jako u KM 2092, PR z jednotky plochy a PPO (67 a 65% reprodukovatelné variability) a dále PZR (63%). Nicméně tyto ukazatele nebyly ve vztahu k výnosu zrna, který byl v nejdůležitější korelaci se třetí komponentou, společně s HTZ. Uvedené vztahy dokumentují, že se u studovaných materiálů ječmene při tvorbě výnosových prvků v průběhu růstu a vývoje rostlin zřejmě uplatňují rozdílné principy.

Faktorové souřadnice všech hodnocených genotypů ječmene při rozdílných úrovních hnojení (Obr. 3) znázorňují odlišné postavení pluchaté odrůdy Kompakt vůči oběma bezpluchým liniím, a to přes všechny ročníky. Nejsilněji se rozdíly projeví na nehnojené variantě a variantě s aplikací mimokořenné výživy (DAM 390), což je v souladu s výše komentovanými výsledky. Z uvedeného grafu lze vyčíst i nižší míru proměnlivosti, která byla detekována u linie KM 2092 a vyšší vyrovnanost všech zkoušených materiálů při aplikaci LAV na předpokládaný výnos 5 t.ha⁻¹.

Závěr

Výsledky experimentu prokázaly, že testované materiály bezpluchého ječmene formují výnos zrna odlišným způsobem v porovnání s pluchatou odrůdou Kompakt, a že i mezi těmito materiály existují významné rozdíly. Aplikace hnojení N na počátku vegetace ovlivnila výnos zrna a jeho dílčí prvky, přičemž u bezpluchého ječmene se jako výnosově nejefektivnější projevilo hnojení LAV. Vyšší dávky hnojení významně snížily existující výnosovou diferenci mezi materiály s bezpluchým zrnem a pluchatou odrůdou Kompakt. Bezpluchá linie KM 1910 zvyšovala výnos zrna zejména vyšším počtem produktivních odnoží, což rezultovalo v nárůstu počtu a hmotnosti zrna z průměrné odnože, zatímco u linie KM 2092 se na vyšší výnosu podílela hmotnost zrna z hlavního klasu a zčásti

i HTZ. U tohoto materiálu se proto více negativně projevovat nižší počet rostlin na jednotce plochy. Výnos zrna kromě odrůdy (linie) významně ovlivnily i jednotlivé experimentální ročníky, hnojení bylo pouze na hranici průkaznosti. Všechny sledované faktory proměnlivosti – tedy odrůda (linie), hnojení i rok a jejich vzájemné interakce statisticky významně ovlivnily výšku rostlin, počet zrn z průměrné odnože a tím počet zrn na rostlinu, HTZ, objemovou hmotnost a přepad zrna na síť 2,2 mm. Analýza hlavních komponent potvrdila, že aplikace různých dávek a forem hnojení N rozdílným způsobem působí v procesu utváření i vzájemné hierarchii jednotlivých výnosových prvků, výnosu jako celku i dalších hospodářsky důležitých znaků a ukazatelů. Získané výsledky potvrzují význam diferencovaného hnojení N z hlediska kontroly výše výnosu zrna i úrovně dalších sledovaných parametrů a současně poukazují na nezbytnost použití správných agrotechnických opatření na základě znalosti konkrétních genotypů ječmene s bezpluchým zrnem.

Poděkování: Byly využity podklady získané při řešení výzkumných projektů MZe ČR č. QG60130, QH91053 a MŠMT č. MSM2532885901 a projektu VEGA – 1/0152/08, vedenému pod gescí Ministerstva školstva SR.

Adresa autora: vaculova.katerina@vukrom.cz

Obr. 3: Faktorové souřadnice hodnocených materiálů ječmene jarního v letech 2002–2004 při rozdílných úrovních a formách hnojení N (PCA – analýza hlavních komponent)
Bezpluchá linie KM1910 je označena modrým, bezpluchá linie KM2092 červeným a pluchatá odrůda Kompakt zeleným posledním dvojčíslem pěstebního ročníku.
PC1 a PC2 – první a druhá hlavní komponenta

