

INFLUENCE OF GROWTH STRUCTURE, VARIETY AND YEAR ON NUMBER OF TILLERS AND YIELD OF ORGANICALLY GROWN WINTER WHEAT

VLIV STRUKTURY POROSTU, ODRŮDY A ROČNÍKU NA POČET ODNOŽÍ A VÝNOS U EKOLOGICKY PĚSTOVANÉ PŠENICE

Bicanová E., Capouchová I.

Katedra rostlinné výroby, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6- Suchbát, Česká republika.

E-mail: bicanova@af.czu.cz, capouchova@af.czu.cz

ABSTRACT

The effects of growth structure, variety and year on grain yield and number of tillers of two winter wheat cultivars (*Triticum aestivum L.*) - Ludwig and Sulamit grown in organic farming were studied in the growing seasons of 2004/05, 2005/06 and 2006/07. The experiment with different types of growth structure (inter-row distances - 125, 250 and 375 mm and sowing rates - 200, 300 and 400 seeds.m⁻²) was carried out in Praha - Uhřetěves. During vegetation period number of tillers and growth stage were observed in every variant in 14-days intervals. After harvest grain yield and TKW (thousand of kernel weight) of each variant from different types of growth structure were evaluated. Grain yield and number of tillers from classical inter-row distance 125 mm (the same sowing rates - 200, 300 and 400 seeds.m⁻²) in conventional farming was used for comparison. The results of the experiments show that from observed factors the highest effect on grain yield had growth structure (51 %), in which effects of inter-row distance and yield were included. The effects of variety and year on yield were much lower (25 and 24 %). On the other hand effect of year on number of tillers was by far the highest (70-94 %- depending on growth stage). Grain grown under organic farming had statistically lower yield (by 1.87 t/ha) than the conventional one grown in 125 mm inter-row distance. Variances between variants from organic and conventional growing system were caused by different dynamic of tillers formation. Variety Ludwig reached statistically higher yield (by 0.73 t/ha) than Sulamit, because of intervarieties differences in TKW not in numbers of tillers. Reaching the highest yield, the optimal distance between rows in organic farming was 375 mm, where yields increased statistically about 0.25 – 0.3 t/ha in comparison with 125 and 250 mm inter-row distance. Also statistically higher yield was measured, when sowing rate was increased from 200 to 400 seeds.m⁻².

Key words: organic farming, winter wheat, growth structure, yield, number of tillers

Acknowledgment

Financial support by the research project of FRVŠ/MŠMT 2624/2007, NAZV/MZe QG 50034 and GAČR 521/05/H013 is gratefully acknowledged.

ÚVOD

Produkční proces se realizuje za neustále se měnících podmínek prostředí v systému půda-porost-atmosféra. Energetická efektivnost produkčního procesu závisí jak na podmínkách okolního prostředí, tak na biologických vlastnostech pěstovaných polních plodin (Kotorová, 2001).

Regulace struktury porostu je nejúčinnějším způsobem zvyšování výnosů, neboť jen při optimální struktuře mohou být maximálně využity vegetační faktory. V hustých porostech se projevuje vyšší kompetice o živiny, zejména dusík, světlo a vodu (Petr et al., 1980; Wang, 2001; Hiltbrunner et al., 2005).

V ekologickém způsobu pěstování je optimální výsevek pšenice 400-450 klíčivých zrn.m⁻², tj. cca 180-220 kg.ha⁻¹ (Šarapatka et al., 2006). Je třeba konstatovat, že ekologicky pěstované obilniny se zpravidla vyznačují slabším odnožováním, porosty jsou proto řidší a rostliny mají méně klasů (Prugar, 1999).

Při volbě odrůdy pro podmínky ekologického zemědělství není vhodné vybírat ty, které mají vysokou odnožovací schopnost, u nichž je výnos založen na počtu klasů na jednotku plochy. Tyto odrůdy totiž potřebují pro založení většího počtu odnoží živiny už s obnovením jarní vegetace, kdy však není k dispozici dostatečné množství dusíku uvolněného přirozenou nitrifikací, protože mikrobiální aktivita studené a vlhké půdy je ještě nízká a mineralizace živin tudíž omezená. Navíc v té době ještě není vyvinutý aktivní kořenový systém, a proto jsou odnože zredukovány (Petr a Škeřík, 1999; Moudrý, 2003).

Vhodnější jsou tedy moderní odrůdy, tvořící výnos spíše produktivitou klasu než počtem klasů, s vysokou hmotností obilek (HTZ). Diferenciace základu klasu totiž nastává později, když už je kořenový systém mohutnější, probíhá intenzivnější nitrifikace a rostliny mají k dispozici více dusíku (Petr a Škeřík, 1999).

MATERIÁL A METODIKA

Pokusy byly vedeny na pokusné stanici Katedry rostlinné výroby FAPPZ ČZU Praha v Uhřetěvsi ve sklizňových letech 2005, 2006 a 2007. Tato stanice je certifikována pro vedení pokusů ekologickým způsobem pěstování. Pokusné stanoviště patří do řepařské výrobní oblasti. Nadmořská výška stanoviště je 295 m n m, průměrná roční teplota je 8,4 °C, průměrný roční úhrn srážek je 575 mm.

Přesné polní maloparcelkové pokusy se dvěma odrůdami ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) - Ludwig a Sulamit byly vedeny metodou znáhodněných bloků ve 3 opakováních v ekologickém způsobu pěstování při různé struktuře porostu (tři šířky řádků - 125, 250 a 375 mm a tři výsevky 200, 300 a 400 obilek/m²).

Pro srovnání byl založen také pokus v konvenčním systému pěstování u obou odrůd, avšak pouze v klasických úzkých řádcích (125 mm). I zde byly použity tři výsevky 200, 300 a 400 obilek/m². U těchto variant byla použita dávka dusíku 100 kg N/ha, rozdělená do dávky regenerační a produkční a dále byl použit herbicid.

V průběhu vegetace byly ve čtrnáctidenních intervalech zjišťovány počty odnoží a růstové fáze u 10-ti náhodně odebraných rostlin z každé varianty. Po sklizni byly hodnoceny výnosy z jednotlivých pokusných variant a HTS.

Statistické hodnocení výsledků bylo prováděno ve statistickém programu Statgrafic. Byly hodnoceny vlivy čtyř faktorů (rozteč, výsevek, odrůda a ročník) na výnos a počet odnoží. Do faktoru rozteč byl zahrnut i vliv způsobu pěstování (neboť v konvenčním způsobu byla hodnocena pouze jedna rozteč). Pro podrobnější stanovení statistické průkaznosti byl použit test LSD.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Vliv jednotlivých faktorů

Z výsledků tohoto pokusu vyplynulo, že na výnos měly rozhodující vliv faktory ovlivňované pěstitelem (rozteč, výsevek, odrůda) zhruba 76-ti % (tab.1) oproti neovlivnitelným faktorům (ročníku). Největší vliv na výnos měla volba rozteče. Je nutné si však uvědomit, že v tomto faktoru je zahrnut také vliv způsobu pěstování (viz metodika). Míra vlivu rozteče na výnos byla 38 % z výše sledovaných faktorů.

Druhým nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím výši výnosu byla odrůda (tab. 1). Její míra vlivu ze sledovaných faktorů byla 25 %. Vliv ročníku na výnos byl téměř shodný s mírou vlivu odrůdy (24 %). Ze sledovaných faktorů byl výnos nejméně ovlivněn výsevem (13 %). Přesto i tento vliv byl statisticky průkazný (tab. 1).

Na počet odnoží měl převažující vliv ročník (tab. 2). Procenticky vyjádřená míra vlivu ročníku z hodnocených faktorů se pohybovala v rozmezí 70-94 % v závislosti na konkrétním období. Vliv ročníku vzrůstal do kvetení, kdy dosáhl maxima (94 %), a poté během tvorby zrna jeho vliv mírně slábl.

Tab. 1. Míra vlivu jednotlivých faktorů na výnos v průměru sklizňových let 2005-2007

Faktor	Průkaz.	Vliv
Rok	**	24,20%
Odrůda	**	24,87%
Rozteč	**	38,08%
Výsevek	**	12,85%

Pozn.: ** průkaznost s pravděpodobností 99 %

Tab. 2. Vliv jednotlivých faktorů na počet odnoží v jednotlivých růstových fázích v průměru sklizňových let 2005-2007

Růst. fáze	Odkořování		Sloupkování		Metání		Kvetení		Ml.zralost	
	Průkaz.	Vliv	Průkaz.	Vliv	Průkaz.	Vliv	Průkaz.	Vliv	Průkaz.	Vliv
Rok	**	76.77%	**	69.98%	**	83.38%	**	94.06%	**	72.83%
Odrůda		0.33%	*	4.55%	**	10.95%		0.49%	**	10.75%
Rozteč	**	13.40%	**	6.45%		1.23%		0.30%	**	15.83%
Výsevek	**	9.51%	**	19.01%	**	4.44%	**	5.14%		0.58%

Pozn.: ** průkaznost s pravděpodobností 99 %; * průkaznost s pravděpodobností 95 %

Vliv struktury porostu

Vliv rozteče spolu s výsevem můžeme souhrnně označit jako vliv struktury porostu, neboť tyto dva faktory jsou hlavními prvky ovlivňujícími strukturu a hustotu porostu.

Přestože struktura porostu je ovlivňována i dalšími faktory jako např. postavení listů na rostlině, vliv osvětlení porostu a souhrnně vlivy počasí, tyto dva faktory ovlivnitelné pěstitelem (rozteč a výsevek) lze považovat za rozhodující. Výnos byl tedy strukturou porostu ovlivněn z 51 % (tab.1), tzn. založení porostu hraje prvořadou úlohu při tvorbě výnosu.

Vliv způsobu pěstování

V hodnocení vlivu rozteče, jak již bylo řečeno, byl zahrnut i vliv způsobu pěstování. Při porovnání variant z rozdílného způsobu pěstování ve stejné meziřádkové vzdálenosti (125 mm) byl statisticky průkazně vyšší výnos (o 1,87 t/ha) dosažen u konvenční varianty (tab. 3).

Podobně i Capouchová (2003) zjišťovala vliv intenzity pěstování na výnos zrna. Z jejích výsledků vyplynulo, že průměrné výnosy zrna pšenice z ekologického systému dosahovaly 2/3 úrovně ve srovnáním s výnosy z konvenčního pěstování. Také Petr a Škeřík (1999) zaznamenali vyšší výnosy v konvenčním způsobu pěstování v porovnání s ekologickým.

Vyšší výnos u varianty z konvenčního způsobu pěstování oproti ekologické variantě byl zapříčiněn odlišnou dynamikou tvorby odnoží, která byla nejvíce ovlivněna N-hnojením. Rozdíl v počtu odnoží mezi variantou z konvenčního a ekologického způsobu pěstování (v meziřádkové vzdálenosti 125 mm) byl zpočátku jarní vegetace (v době odnožování) malý (tab. 4). Konvenční varianty měly sice tendenci k vyšším hodnotám, ale statisticky průkazně se od ekologického způsobu nelišily.

Vliv způsobu pěstování na počet odnoží (tab. 4) se výrazněji projevil až v době sloupkování, kdy konvenční varianty měly statisticky průkazně více odnoží (o 0,71) oproti variantám ekologickým. Z toho je tedy patrné, že konvenční varianty vlivem dostatečného zásobení živinami nasadily vyšší počet odnoží. Zároveň však v následujících vegetačních fázích došlo kvůli vyššímu konkurenčnímu tlaku mezi vytvořenými odnožemi konvenčních variant k výraznějšímu úbytku počtu odnoží. To se projevilo již v době metání a kvetení, kdy se rozdíl mezi počtem odnoží u konvenčního a ekologického způsobu pěstování snížil a nebyl statisticky průkazný (tab. 4).

V období mléčné zralosti měla varianta z konvenčního způsobu pěstování opět statisticky průkazně vyšší počet odnoží (o 0,32) v porovnání s variantou ekologickou (tab. 4). Z toho vyplývá, že ačkoli došlo v konvenčním způsobu pěstování k vyššímu úbytku odnoží v období metání a kvetení, na konci vegetace si rostliny byly schopny udržet vyšší počet odnoží v porovnání s ekologicky pěstovanou variantou vlivem lepšího zásobení živinami. To koresponduje i se zjištěním Prugara (1999), který uvedl, že ekologicky pěstované obilniny se zpravidla vyznačují slabším odnožováním a rostliny mají méně klasů.

Tab. 3. Vliv sledovaných faktorů na výnos a HTS (v průměru let 2005-2007)

Faktor		VÝNOS			HTS		
		Průměr	d _{min}	průkaznost	Průměr	d _{min}	průkaznost
Odrůda	Sulamit	5,49	0,15	a	41,26	0,42	a
	Ludwig	6,22		b	47,92		b
Rozteč	125K	7,22	0,21	a	45,50	0,60	a
	125E	5,35		b	45,00		a
	250E	5,28		b	44,99		a
	375E	5,59		c	42,87		b
Výsevek	200	5,35	0,21	a	44,49	0,52	a
	300	5,98		b	44,63		a
	400	6,25		c	44,64		a
Rok	2005	6,17	0,18	a	48,30	0,52	a
	2006	6,26		a	43,56		b
	2007	5,12		b	41,91		c

Pozn.: průměry se stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné

Písmeno u variant rozteče označují způsob pěstování (K-konvenční, E-ekologický)

Tab. 4. Vliv sledovaných faktorů na počty odnoží v jednotlivých růstových fázích (v průměru let 2005-2007)

Růstová fáze		Odnožování		Sloupkování		Metání		Kvetení		Ml.zralost	
Faktor		Δ	d _{min}	Δ	d _{min}	Δ	d _{min}	Δ	d _{min}	Δ	d _{min}
Odrůda	Sulamit	4,42a	0,26	4,50a	0,26	3,71a	0,22	3,04a	0,18	2,63a	0,17
	Ludwig	4,29a		4,16b		3,20b		3,13a		2,39b	
Rozteč	125 K	5,18a	0,36	4,94a	0,37	3,54ab	0,31	3,04a	0,25	2,53a	0,24
	125 E	4,89a		4,23b		3,29a		3,02a		2,21b	
	250 E	3,92b		4,08b		3,66b		3,09a		2,38ab	
	375 E	3,43c		4,06b		3,33a		3,17a		2,90c	
Výsevek	200	5,00a	0,31	5,01a	0,32	3,78a	0,27	3,36a	0,22	2,56a	0,21
	300	4,24b		4,15b		3,25b		2,92b		2,49a	
	400	3,83c		3,82c		3,35b		2,97b		2,47a	
Rok	2005	6,07a	0,31	5,39a	0,32	4,81a	0,27	3,67a	0,22	2,78a	0,21
	2006	2,67b		3,06b		3,15b		3,68a		2,85a	
	2007	4,33c		4,53c		2,41c		1,89b		1,88b	

Pozn.: Δ - průměr; průměry se stejnými písmeny jsou statisticky neprůkazné

Písmeno u variant rozteče označují způsob pěstování (K-konvenční, E-ekologický)

Vliv rozteče v ekologickém způsobu pěstování

V rámci ekologického způsobu pěstování byla zjišťována optimální rozteč řádků s ohledem na dosažení maximálního výnosu. V průměru let, odrůd a výsevků byl nejvyšší výnos (5,59 t/ha) zaznamenán u varianty z mezirádkové vzdálenosti 375 mm (tab. 3). Tento výnos byl statisticky průkazně vyšší (o 0,25-0,3 t/ha) oproti zbylým variantám z ekologického způsobu pěstování, které se od sebe statisticky průkazně nelišily.

Také Hiltbrunner et al. (2005), který zkoumal výnosy u ozimé pšenice ve dvou meziřádkových vzdálenostech (187,5 a 375 mm), poukazuje na tendenci varianty z meziřádkové vzdálenosti 375 mm k vyšším výnosům, přestože statisticky průkazné rozdíly mezi výnosy nebyly prokázány.

Rozdíly mezi výnosy v jednotlivých roztečích řádků byly způsobeny především rozdílnou dynamikou tvorby odnoží v průběhu vegetace. Pro bližší vysvětlení je třeba se více zaměřit na křivky dynamiky tvorby odnoží během vegetace.

Dynamika tvorby odnoží u variant z širších meziřádkových vzdáleností (250 a 375 mm) byla obdobná, avšak lišila se od průběhu křivky dynamiky tvorby odnoží u varianty s úzkými řádky (125 mm). Zatímco u varianty z klasických úzkých řádků byl nejvyšší počet odnoží zjištěn již v období odnožování (tab. 4) a v průběhu další vegetace se až do sklizně neustále snižoval (tzn. křivka měla klesající průběh), u variant z širších meziřádkových vzdáleností křivka nejprve vzrůstala a po dosažení maxima v období sloupkování začala pozvolna klesat. Navíc u varianty s roztečí řádků 375 mm, která dosáhla nejvyššího výnosu, byl nárůst a následně i úbytek odnoží po dosažení maxima nejvíce pozvolný ze všech sledovaných variant, což dokládá i zjištěný počet odnoží v období mléčné zralosti, který byl statisticky průkazně vyšší (o 0,5-0,7) oproti ostatním ekologickým variantám (tab. 4). Z toho lze usuzovat, že průběh tvorby odnoží u této varianty je pro rostlinu z ekologického způsobu pěstování nejideálnější, s ohledem na dosažení nejvyššího výnosu.

Také z výsledků Hiltbrunnera et al. (2005) je patrný odlišný průběh tvorby odnoží u pšenice při užití různé meziřádkové vzdálenosti (187,5 a 375 mm). Podobně jako v tomto pokusu, zaznamenal v době odnožování vyšší počet odnoží u varianty s úzkou roztečí. V průběhu další vegetace došlo k vyšší redukci založených odnoží u této varianty a ve fázi zralosti se již počty odnoží u obou meziřádkových vzdáleností statisticky průkazně nelišily.

Vliv výsevku

Výsledky tohoto pokusu ukázaly, že se zvyšujícím se výsevkem (z 200 na 400 obilok/m²) statisticky průkazně vzrůstal výnos (o 0,9 t/ha) viz. (tab. 3). Podobně i Lloveras et al. (2002), který zkoumal vliv výsevku (371 - 508 rostlin.m⁻²) na výnos pšenice se závlahou, dosáhl nejvyšších výnosů vždy při nejvyšším výsevku.

Lithourgidis et al. (2006) a Ozturk et al. (2006) shodně uvádí, že vliv výsevku na výnos se nejvíce promítá do počtu klasů na m², který má k dosaženým výnosům vždy nejužší vztah z výnosotvorných prvků.

Gooding et al. (2002) uvádí, že nižší hustota porostu je kompenzována vyšší tvorbou produktivních odnoží, což korespondovalo i s našimi výsledky. Avšak v tomto pokusu bylo prokázáno, že rozdíly v založeném počtu rostlin nebyly v rámci výnosu kompenzovány ani statisticky průkazně vyšším počtem odnoží, které byly zaznamenány u varianty s nejnižším výsevkem v průběhu celé vegetace. Rozdíl v počtu odnoží mezi variantou s nejnižším a nejvyšším výsevkem se v průběhu vegetace postupně snižoval (od 1,2 v období odnožování a sloupkování, přes 0,4 během metání a kvetení až na statisticky neprůkazný rozdíl v období mléčné zralosti).

Vzhledem k tomu, že vliv výsevku na výnos se z výnosotvorných faktorů nejméně promítá do HTS, jak uvedl ve své práci Gooding et al. (2002) a Vrkoč (1981), nebyl výnos v našem pokusu kompenzován ani hmotností zrna (tab. 3).

Vliv odrůdy

Odrůda Ludwig dosáhla statisticky průkazně vyššího výnosu (o 0,73 t/ha) oproti odrůdě Sulamit v průměru let, roztečí i výsevků (tab. 3). Vyšší výnos byl v tomto případě způsoben meziodrůdovými rozdíly v hodnotách HTS, kdy odrůda Ludwig dosahovala statisticky průkazně vyšších hodnot HTS (o 6,66 g) oproti odrůdě Sulamit (tab. 3).

Na druhou stranu odrůda Sulamit měla statisticky průkazně vyšší počet odnoží v průběhu celé vegetace oproti odrůdě Ludwig (tab. 4). Z toho tedy lze usuzovat, že rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje výnosové rozdíly mezi odrůdami, je hodnota HTS nikoli počet odnoží dané odrůdy.

Vliv ročníku

Vliv povětrnostních podmínek v průběhu vegetace je velmi důležitým faktorem ovlivňující výnos. Tento pokus ukázal, že nejvyššího výnosu (6,26 t/ha) v průměru odrůdy, rozteče a výsevku bylo dosaženo v roce 2006 (tab. 3). Průměrný výnos tohoto ročníku se statisticky průkazně lišil pouze od sklizňového roku 2007. Rozdíl mezi těmito roky činil 1,14 t/ha.

ZÁVĚR

Ze sledovaných faktorů měla na výnos největší vliv struktura porostu (51 %), která zahrnovala rozteč a výsevek, zatímco vliv odrůdy (25 %) a ročníku (24 %) byl statisticky průkazně nižší. Jinými slovy výnos byl nejvíce závislý na faktorech ovlivňovaných pěstitelem. Naopak počet odnoží nejvíce ovlivňoval ročník (70-94 %), tzn. neovlivnitelný faktor.

Průměrné výnosy zrna pšenice z ekologického systému dosahovaly statisticky průkazně nižších výnosů (o 1,87 t/ha), což je zhruba o 1/3 méně ve srovnání s výnosy z konvenčního pěstování. Rozdíly ve výnosech při různém způsobu pěstování byly dány odlišnou dynamikou a mírou tvorby odnoží.

Z testovaných odrůd dosáhl Ludwig statisticky průkazně vyššího výnosu (o 0,73 t/ha) oproti odrůdě Sulamit. Rozhodujícím faktorem byly meziodrůdové rozdíly v hodnotách HTS.

Optimální meziřádková vzdálenost s ohledem na dosažení maximálního výnosu v ekologickém pěstebním systému byla 375 mm. Varianta s touto roztečí dosahovala statisticky průkazně vyšších výnosů (o 0,25-0,3 t/ha) oproti variantám s meziřádkovou vzdáleností (125 a 250 mm). V rámci testování optimální struktury porostu bylo dále prokázáno, že se zvyšujícím se výsevkem (z 200 na 400 obilek/m²) statisticky průkazně vzrůstal výnos (o 0,9 t/ha).

Na základě výsledků tohoto tříletého pokusu lze konstatovat, že pro dosažení nejvyššího výnosu v ekologickém pěstebním systému může být doporučeno zakládání pšenice do meziřádkové vzdálenosti 375 mm při použití výsevku 400 obilek/m².

LITERATURA

- Capouchová, I. (2003): Vliv odrůdy a agroekologických faktorů na škrobářenskou a pečivářenskou jakost ozimé pšenice. Habilitační práce, ČZU Praha, 194 s.
- Gooding, M. J., Pinyosinwat, A., Ellis, R. H. (2002): Responses of wheat grain yield and quality to seed rate. *Journal of Agricultural Science*, 138: 317-331 Part 3.
- Hiltbrunner, J., Liedgens, M., Stamp, P., Streit, B. (2005): Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *European Journal of Agronomy*, 22: 441 – 447.
- Kotorová, D. (2001): Produkčný proces pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.) na východoslovenskej nížine. Oblastný výzkumný ústav agroekológie, Michalovce, 86 s.
- Lithourgidis, A. S., Dhima, K. V., Damalas, C. A., Vasilakoglou, I. B., Eleftherohorinos, I. G. (2006): Tillage effects on wheat emergence and yield at varying seeding rates, and on labor and fuel consumption. *Crop Science*, 46 (3): 1187-1192.
- Lloveras, J., Manent, J., Viudas, J., López, A., Santiveri, P. (2002): Seeding Rate Influence on Yield and Yield Components of Irrigated Winter Wheat in a Mediterranean Climate. *Agron. J.* (2004) 96:1258-1265.
- Moudrý, J. (2003): Výběr druhů a odrůd v EZ. In: URBAN, J., ŠARAPATKA, B. a kol. (2003): *Ekologické zemědělství. Učebnice I.díl.* MŽP Praha, 112 s.
- Ozturk, A., Caglar, O., Bulut, S. (2006): Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 192 (1): 10-16.
- Petr, J., Černý, V., Hruška, L. a kol. (1980): *Tvorba výnosu hlavních polních plodin.* SZN, Praha, 447 s.
- Petr, J., Škeřík, J. (1999): Výnosová odezva odrůd ozimé pšenice na nízké vstupy. *Rostlinná výroba*, 45, s. 525-532.
- Prugar, J. (1999): *Kvalita rostlinných produktů ekologického zemědělství. Studijní informace ÚZPI, 5 (rostlinná výroba), 79 s.*
- šarapatka, B., Urban, J. a kol. (2006): *Ekologické zemědělství v praxi. Pro-bio Šumperk,* 502 s.
- Vrkoč, F. (1981): *Agroekologické základy tvorby výnosů hlavních polních plodin. Autoreferát disertační práce. ČSAV, Praha, 39 s.*
- Wang, J. (2001): *Field Experiments on the Microclimate of Wheat Community and the Influence of Agrometeorological Variables on the Growth and Development of Spring Wheat with Different Plant Densities.* Verlag Grauer, Beuren, Stuttgart, 202 s.