

氮肥对杂交小麦组织氮转运及其杂种优势的影响

赵万春* 高翔 董剑

西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100

提要 研究了施氮和不施氮条件下6个杂交小麦及其7个亲本不同器官的氮转运, 结果表明: 施氮时叶中的氮转运受到极显著的促进, 其氮转运量为不施氮的4倍, 总麦草90%以上的氮转运来自叶片; 无论施氮与否, 叶中氮的转运率和贡献率最大, 穗壳次之, 施氮与否的同一器官并无显著差异; 不施氮的各器官氮的转运量、转运率和贡献率多表现正的杂种优势, 施氮的多呈负向优势。

关键词 杂交小麦; 氮转运; 杂种优势; 相关关系

Effects of Nitrogen Fertilizer on Nitrogen Translocation and Heterosis in Hybrid Wheats

ZHAO Wan-Chun*, GAO Xiang, DONG Jian

College of Agronomy, Northwest Agriculture & Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China

Abstract Nitrogen translocation and heterosis in different organs of six hybrid wheats as well as their seven parents were studied at nitrogen applied (200 kg·hm⁻²) and no nitrogen applied. The results showed that nitrogen application had a marked effect on nitrogen translocation of leaves and was about four times than that of the control and more than 90% nitrogen translocation of total straw came from the leaves. Nitrogen translocation efficiency and contribution ratio of leaves were the highest in all organs, chaffs were the second, and no significant difference in the same organ either at nitrogen applied or at no nitrogen applied. There was positive heterosis of nitrogen translocation, translocation efficiency and contribution ratio of various organs at no nitrogen applied, but was negative at nitrogen applied.

Key words hybrid wheat; nitrogen translocation; heterosis; correlation

提高产量和蛋白质含量是小麦育种的主要目标之一。由于它们之间呈负相关, 通过直接选择来同时改进二者比较困难。籽粒产量和蛋白质含量与小麦植株生长发育过程中碳素和氮素的同化、积累以及转运有关^[1~4], 国内外学者进行了大量的研究工作^[5~9]。在花期前植株氮同化量为成熟期氮同化量的83%^[6, 10], Loffler等^[7]报告高达93%。McKendry等^[8]研究表明, 花期后积累氮为成熟期总氮的21%~45%, 且高产量低籽粒蛋白质含量品种和低产量高籽粒蛋白质含量的品种, 营养氮在花期后4 d达到最大值, 而高产量高籽粒蛋白质含量的品种营养氮直到花期后12 d仍未达到最大值。Bauer等^[11]发现, 叶片中氮积累的高峰在旗叶扩展期到孕穗期, 茎秆在开花期氮积累达到高峰; 而赵万春等^[4]认为叶片、茎秆和株植氮积累峰值分别出现在抽穗初期、灌浆初期和灌浆末期。开花期植株氮的44%~68.2%积累在叶片中, 而在开花期

至灌浆末期植株氮的33.4%~39.4%分配在茎秆中。

杂交小麦在此方面的研究报道较少^[12~14], 关于组织氮转运的杂种优势也少见报道。本文报道施氮和不施氮条件下杂交小麦各器官的氮转运及其杂种优势的检测结果, 以期能对小麦的杂种优势的利用研究和小麦的高产优质栽培提供参考。

材料与方法

试验材料为6个杂交小麦(*Triticum aestivum*L.)和其7个亲本(保持系、恢复系): CH35(B2806、R624D)、CH51(B38039、R624D)、APOLLO(B2806、R5084)、GEMINI(B2806、R568G)、

收稿 2004-11-17 修定 2005-05-24

资助 国家“863计划”(2002AA207004-1)、国家杨凌生物技术育种中心基金、陕西省杨凌示范区科技开发基金(2004JA01)。

*E-mail: haiyu-88@163.com, Tel: 029-87005163

MERCURY (B36020、R5084) 和 METEOR (B2139、R5084), 其中, 前 2 个杂交种采用化学杀雄制种, 后 4 个采用三系法制种。

田间试验在澳大利亚悉尼大学植物育种研究所 (Narrabri) 进行。采用列区设计, 重复 2 次。2 种施氮水平为: 0 (不施氮) 和 200 kg (纯氮)·hm⁻² (施氮, 分别于小麦拔节前和孕穗期各施 50%)。氮处理为主区, 基因型为副区。7 行区, 行长 10 m, 行距 0.25 m, 相邻区间距 0.5 m。

播种后 75、90、105、120、140 和 160 d (分别对应拔节期、挑旗期、抽穗期、开花期、乳熟期和成熟期) 取样。用 1.0 m×0.5 m 取样框在每小区中间 4 行随机以剪刀从地表剪下植株。根据植株的器官发育情况, 立即将样品植株分离为叶片、茎秆 (含叶鞘)、穗壳 (穗去掉籽粒) 和籽粒, 并立即在微波炉中杀青 4 min。然后在 60℃ 下烘至恒重后, 称干重后用 Christy&Norris 实验磨磨粉。各器官的氮含量 (%) 用近红外仪 (Technicon Infranalyzer 300) 测定, 同时选少量样品用凯氏定氮法测定, 并以此数据对近红外法测定的数据进行校正。

按公式计算: 籽粒氮产量 (kg·hm⁻²) = 籽粒氮含量 (%) × 籽粒干物质积累量 (kg·hm⁻²)。在不考虑氮的淋流、呼吸消耗的损失和向地下部分器官转运等, 假设氮全部移运到籽粒的前提下, 3 个氮转运指标为: 氮转运量 (kg·hm⁻²) = 开花期植株体内氮积累量 - 成熟期植株体内氮残留量; 氮转运率 (%) = (氮转运量 / 开花期植株体内氮积累量) × 100, 氮转运贡献率 (%) = (氮转运量 / 成熟期籽粒氮积累量) × 100。杂种优势 (%) = [(F1-MP) / MP] × 100, F1 为杂交品种性状值, MP 为该杂交品种双亲 (保持系、恢复系) 相应性状的平均值。所有计算与分析均用 Excel 2000 和 Minitab Release 10.2 for Windows 统计软件包完成。

实验结果

1 氮转运

由表 1 可知, 在施氮条件下叶片和总麦草的氮转运量极显著高于不施氮的, 就 6 个杂交品种的平均值看, 施氮的转运量约是不施氮的 4 倍; 在施氮和不施氮时, 茎秆和穗壳的氮转运量无显

著差异。总麦草氮转运量的 90% 以上来源于叶片, 穗壳的氮转运很少, 而茎秆中氮的转运因品种不同和施氮与否有所不同, 除不施氮的 APOLLO 和施氮的 MERCURY 有少量转运外, 其它品种茎秆均无 (或几乎无) 氮转运。施氮与否的叶中氮转运率和贡献率最大, 穗壳次之, 但同一器官在施氮与否氮条件下的氮转运率和贡献率均无显著差异。可见, 施氮对叶中氮的转运具有极显著地促进。

2 氮转运的杂种优势

从 6 个杂交小麦各器官氮转运的杂种优势平均值 (表 2) 可以看出: 在不施氮条件下, 叶中氮的转运量和转运率趋中亲遗传, 其贡献率存在较强的杂种优势, 穗壳氮的转运量、转运率和贡献率均呈较强的杂种优势, 茎秆氮的转运率、贡献率和总麦草的贡献率也存在较强的优势; 施氮的各器官中氮的转运量、转运率和贡献率无杂种优势。结果表明施氮对氮转运的杂种优势有抑制作用。

3 氮转运与籽粒产量及品质的关系

以小区值对氮转运与籽粒产量 (GY)、籽粒氮产量 (GNY) 和籽粒氮含量 (GNC) 及其杂种优势进行表型相关分析表明, 不施氮的叶中氮转运与 GY 及其杂种优势有一定的正相关关系 ($r=0.511\sim0.621^*$), 穗壳氮转运与 GNY、GNC 及其杂种优势呈显著负相关 ($r=-0.466\sim-0.780^{**}$); 施氮的各器官氮转运与 GY、GNY 和 GNC 的相关性不显著 ($r=-0.214\sim0.511$), 与 GNY 和 GNC 的杂种优势有一定的正相关 ($r=0.328\sim0.617^*$), 而与 GY 的杂种优势无显著相关关系 ($r=0.010\sim0.375$)。结果说明, 施氮对氮转运与籽粒产量和籽粒氮含量间的关系有一定的影响。

讨 论

氮是构成蛋白质的重要元素, 是决定籽粒品质的关键因子。籽粒总氮受花期后器官、组织氮的转运和籽粒中氮的继续积累同化共同影响^[5, 15, 16]。本文结果表明, 籽粒氮的 40%~50% 来源于营养器官的氮转运, 这远低于田纪春等人^[15]的结果。他们认为, 小麦每株各营养器官总输出氮对籽粒氮的贡献率为 74.49%, 其余约 25% 的籽粒氮素来自于开花后根系自土壤的吸收。这可能与所选用

表1 杂交小麦各器官氮的转运量、转运率和贡献率

Table 1 Nitrogen translocation, translocation efficiency and contribution ratio in various organs of hybrid wheats

杂交品种	氮转运量/ kg·hm ²							
	总麦草		叶片		茎秆		穗壳	
	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮
CH35	0.19	3.00	0.64	3.62	-0.52	-0.73	0.07	0.11
CH51	1.51	6.08	1.29	5.64	0.03	0.05	0.19	0.40
APOLLO	2.73	5.39	1.61	5.30	0.78	-0.29	0.34	0.38
GEMINI	0.68	4.56	0.86	3.56	-0.33	0.31	0.16	0.69
MERCURY	1.29	7.21	0.98	4.34	-0.20	1.94	0.51	0.93
METEOR	0.57	0.94	1.06	2.73	-0.58	-1.49	0.09	-0.30
平均值	1.16	4.53	1.08	4.20	-0.14	-0.04	0.23	0.37

杂交品种	氮转运率/ %							
	总麦草		叶片		茎秆		穗壳	
	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮
CH35	4.32	23.73	34.00	68.00	-29.16	-13.26	5.18	4.63
CH51	27.21	33.16	53.23	72.87	1.76	0.09	14.27	12.20
APOLLO	33.77	29.42	50.01	68.97	23.98	-6.02	20.48	11.99
GEMINI	14.33	26.97	47.97	64.87	-10.63	0.39	9.81	19.96
MERCURY	24.43	45.56	53.68	72.60	-23.09	29.04	33.01	28.94
METEOR	8.33	-11.40	40.76	37.29	-25.63	-59.38	4.92	-24.78
平均值	18.73	24.57	46.61	64.10	-10.46	-8.19	14.61	8.82

杂交品种	氮贡献率/ %							
	总麦草		叶片		茎秆		穗壳	
	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮
CH35	9.80	28.71	29.86	34.43	-22.96	-6.77	2.90	1.04
CH51	63.03	54.37	57.66	50.21	-3.63	0.53	8.99	3.63
APOLLO	107.83	49.19	63.73	47.62	29.60	-1.87	14.50	3.44
GEMINI	24.76	40.40	27.40	30.88	-7.53	3.46	4.88	6.07
MERCURY	60.91	59.75	47.24	36.27	-12.13	15.49	25.80	7.99
METEOR	21.05	2.85	32.15	22.87	-14.85	-16.72	3.75	-3.30
平均值	47.89	39.21	43.01	37.05	-5.25	-0.98	10.14	3.14

的材料、取样单位和测定方法不同有关。

增施氮肥可促进小麦营养器官氮的积累和转运^[5,16]。本文也证明施氮对叶片氮的转运有显著的促进作用。氮转运在不施氮时多表现一定的杂种优势,但在施氮时无杂种优势,这表明在高氮肥下不利于杂交小麦营养器官中氮的转运优势。

Hou等^[16]认为,高的籽粒蛋白质含量与高的

氮转运相联系,而氮转运与籽粒产量呈负相关。在本文中,氮转运与籽粒产量和籽粒氮含量间的关系受施氮的影响,施氮的氮转运与籽粒氮含量及其杂种优势之间有较高的正相关性,尤其是叶($r=0.511\sim 0.583^*$),而与籽粒产量及产量优势无显著相关关系。虽然茎秆的氮转运极少,但其与籽粒氮产量及其杂种优势之间存在较高的正相关

表 2 杂交小麦各器官氮转运的杂种优势平均值

Table 2 The average value of heterosis of nitrogen translocation in various organs of hybrid wheats

器官	氮转运量/kg·hm ⁻²		氮转运率/%		氮贡献率/%	
	不施氮	施氮	不施氮	施氮	不施氮	施氮
叶片	0.79	-2.24	-3.96	-0.91	22.84	-11.78
茎秆	-842.40	-156.91	80.12	-273.08	143.15	-351.83
穗壳	1559.74	-6.15	414.95	-1531.24	849.94	-9.88
总麦草	-161.29	-7.66	-240.56	-16.82	350.29	-18.15

性 ($r=0.401\sim 0.669^*$)。因此,在杂交小麦育种中,要注意选育叶和茎中的氮积累和氮转运率高的品种,这才有可能在不降低籽粒产量及其优势的前提下,提高籽粒氮含量及其杂种优势。

参考文献

- 姜东, 于振文, 李永庚等. 高产小麦营养器官临时贮存物质积运及其对粒重的贡献. 作物学报, 2003, 29(1): 31~36
- 杜金哲, 李文雄, 胡尚连等. 春小麦不同品质类型氮的吸收、转化利用及与籽粒产量和蛋白质含量的关系. 作物学报, 2001, 27(2): 253~260
- 刘晓冰, 李文雄, 周鹏. 春小麦产量和蛋白质关系研究——干物质积累分配与氮素同化运转. 东北农业大学学报, 1996, 27(2): 116~123
- 赵万春, David GB, O'Bioen L. 小麦组织氮的积累与分配及其相关性研究. 西北农业大学学报, 1999, 27(6): 38~43
- Cox MC, Qualset CO, Rains DW. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. III. Nitrogen translocation in relation to grain yield and protein. Crop Sci, 1986, 26: 737~740
- Cox MC, Qualset CO, Rains DW. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. Crop Sci, 1985, 25: 430~435
- Loffler CM, Busch RH. Selection for grain protein, grain yield and nitrogen partitioning efficiency in hard red spring wheat. Crop Sci, 1982, 22: 591~595
- McKendry AL, McVetty PBE, Evans LE. Selection criteria for combining high grain yield and high grain protein concentration in bread wheat. Crop Sci, 1995, 35: 1597~1602
- McMullan PM, McVetty PBE, Urquhart AA. Dry matter and nitrogen accumulation and their relationship to grain yield and grain protein in wheat. Can Plant Sci, 1988, 68: 311~322
- Van Sanford DA, Mackown CT. Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. Crop Sci, 1987, 27: 295~300
- Bauer A, Frank AB, Black AL. Aerial parts of hard red spring wheat. II. Nitrogen and phosphorus concentration and content by plant development stage. Agron J, 1987, 79: 852~858
- 高庆荣, 孙兰珍, 刘保申. 杂种小麦花后干物质积累转运动态和分配. 作物学报, 2000, 26(2): 163~170
- 郭文善, 朱新开, 严六零等. 杂种小麦干物质积累特性研究. 麦类作物, 1997, 17(2): 27~30
- Bitzer MJ, Fu SH. Heterosis and combining ability in southern soft red winter wheats. Crop Sci, 1972, 12: 35~37
- 田纪春, 张忠义, 梁作勤. 高蛋白和低蛋白小麦品种的氮素吸收和运转分配差异的研究. 作物学报, 1994, 20(1): 78~83
- Hou YL, O'Brien L, Zhong GR. Tissue nitrogen and fructan translocation in bread wheat. Agr Sci China, 2002, 1(9): 988~993