

# 不同播期和品种小麦小花结实的粒位差异

李存东<sup>1,2</sup>, 曹卫星<sup>2</sup>, 张月晨<sup>1</sup>, 戴廷波<sup>2</sup>

(1 河北农业大学, 河北 保定 071001; 2 南京农业大学农业部作物生长调控重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:** 确定小麦不同小穗位和小花位发育与结实特性是实现大穗多粒的重要前提。本文通过对冬、春性小麦品种分期播种试验得出, 较高的小穗结实力是增加穗粒数的重要因素。不同播期、品种之间, 小穗粒重和粒数呈现相同的变化趋势。中部以及基部小穗粒重与穗粒重之间呈高度正相关。体现环境差异的播期效应以中部小穗发育的影响为主, 而冬、春性品种的基因型差异可反映在各个小穗位上。第 2 小花位的子粒发育状况反映整个小穗的生产能力。结果表明, 促进中部优势小穗(第 5~ 15 小穗)结实和第 1~ 3 小花位子粒发育是提高小花结实率和穗粒重的关键。

**关键词:** 小麦; 小穗; 小花; 结实

**中图分类号:** S314      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000- 7091(2001) 02- 0001- 07

提高小麦的小花结实率和粒重是实现高产的关键。前人对于小穗、小花结实与穗粒数的关系<sup>[1~ 8]</sup>, 以及灌浆持续期和强度与粒重的关系<sup>[2, 9~ 13]</sup>等内容进行了较多的研究, 明确了提高可孕小穗率和可孕小花率是增加穗粒数的关键<sup>[1, 3, 8]</sup>, 也得出了灌浆速率比灌浆持续期对粒重具有更大作用的结论<sup>[9, 10]</sup>。然而, 针对不同小穗位和小花位子粒发育与结实特性的系统研究相对较少, 已有研究报道的结论也不尽一致<sup>[2, 5, 13]</sup>。本文较为系统地研究了不同类型小麦在不同播期条件下, 不同小穗位和小花位子粒发育的差异, 以期小麦品种选育和栽培调控提供形态生理基础。

## 1 材料和方法

本试验于 1996~ 1998 年在南京农业大学(南京, N32°)校内农场进行。选用具有代表性的冬性品种京 411(WV)和春性品种扬麦 158(SV)为供试基因型。试验田 20 cm 土层有机质含量 22.20 mg/g, 全氮 1.45 mg/g, 速效氮 0.161 mg/g, 速效磷 0.090 mg/g, 速效钾 0.141 mg/g。设早播(EP, 09- 30)、适播(MP, 10- 30)和春播(LP, 03- 02)3 个播期, 裂区设计, 重复 3 次。小区面积 9 m<sup>2</sup>, 基本苗 165 万株/hm<sup>2</sup>, 施肥和田间管理措施同常规高产麦田。

出苗后详细记载各处理主茎生长锥发育时期及分化器官数, 成熟后每小区取样 5 株考察其不同小穗位和小花位的结实及粒重状况。采用方差分析、多重比较和相关分析等统计方法, 研究各处理主茎穗小花结实的粒位差异。两年试验结果趋势基本一致, 表 1~ 3 中数据为两年试验的综合结果, 图 1, 2 数据以 1996~ 1997 年试验为代表。

收稿日期: 2000- 02- 24

基金项目: 国家杰出青年科学基金(39725021); 河北省教委博士基金资助

作者简介: 李存东(1964- ), 男, 教授, 农学博士, 主要从事作物生理生态的教学与研究工作。

2 结果与分析

2.1 不同小穗位的粒数分布

同一麦穗上的小穗自基部向顶部依次排列(图1, 2)。从各小穗位上的粒数分布来看(图1), 冬性品种表现为: 早播、适播第6~15小穗的粒数均高于春播, 但早播、适播之间小穗结实粒数的差异无明显的规律性。春性品种适播第5~14小穗的粒数多高于春播。可以看出, 冬性品种早播、适播及春性品种适播处理主茎穗的中部较宽范围的小穗位具有结实优势, 从而形成了与春播之间的穗粒数差异(表1)。不同播期之间在上部和下部小穗的结实特性方面没有表现出规律性的差异(图1)。

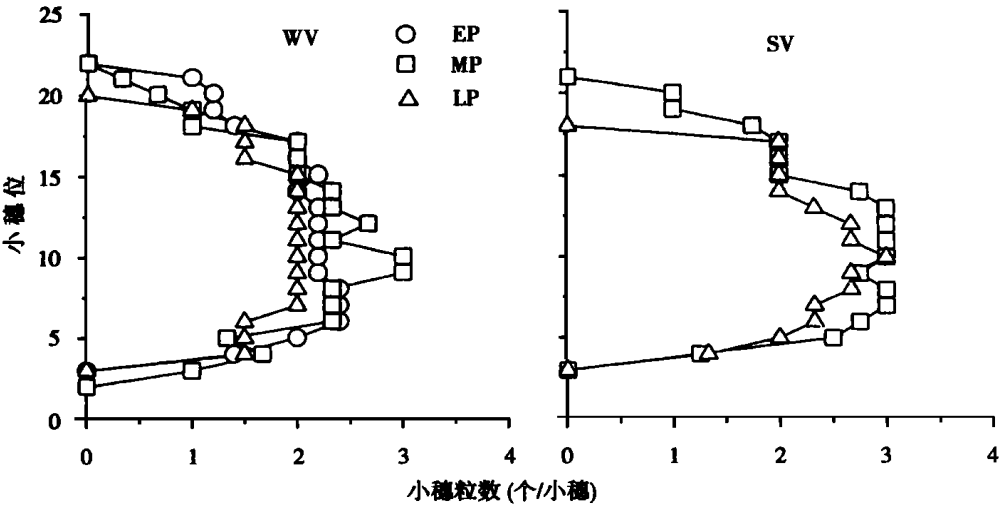


图1 各处理主茎不同小穗位的粒数分布

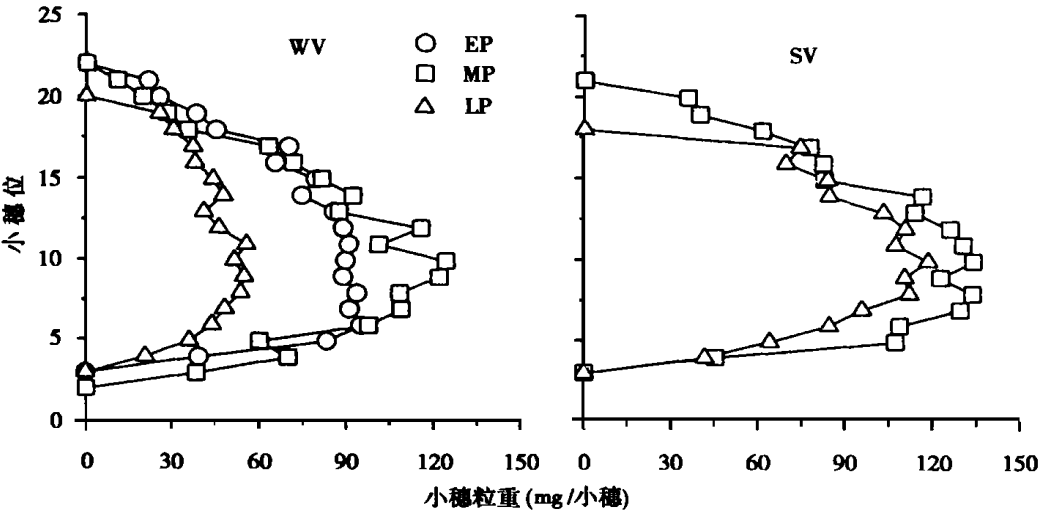


图2 各处理不同小穗位的粒重分布

表 1 不同播期和品种主茎穗的小花分化和结实特征

性状类型	播期	冬性品种	春性品种	差值
总小花数( 个/ 穗)	EP	162A	146Aba <sup>#</sup>	16 <sup>**</sup>
	MP	154A	155A a	- 1
	LP	106B	129Bb	- 23 <sup>**</sup>
穗粒数( 个/ 穗)	EP	34. 6A	+	
	MP	35. 7A	39. 8A	- 4. 1 <sup>**</sup>
	LP	28. 0B	32. 0B	- 4. 0 <sup>**</sup>
穗粒重(g)	EP	1. 26Ab	+	
	MP	1. 43Aa	1. 65A	- 0. 22 <sup>**</sup>
	LP	0. 67Bc	1. 26B	- 0. 59 <sup>**</sup>
千粒重(g)	EP	36. 5Ab	+	
	MP	40. 1Aa	41. 4a	- 1. 3 <sup>*</sup>
	LP	23. 8Bc	39. 4b	- 15. 6 <sup>**</sup>

注: 字母 abc, ABC 分别表示播期间达 5% 和 1% 水平的显著标准; \*, \*\* 分别表示品种间达 5% 和 1% 水平的显著标准; “+” 指因冻害导致主茎死亡, 无观察值; # 为 1997~ 1998 年观测结果, 下表同。

若以结实粒数多少确定小穗位的优劣, 图 1 显示, 在总小穗数相近的情况下, 冬性品种早播以第 6~ 8 小穗最优, 适播提高至第 9~ 10 小穗, 两者相差 2~ 3 个小穗节位。表明, 因过早播种形成冬前旺长, 而导致春季长势偏弱的小麦植株, 对于中上部小穗的小花结实有不利影响。此外, 尽管春性品种适播、春播的可孕小穗数略低于冬性品种, 但其第 5~ 14 小穗的结实粒数均明显高于冬性品种, 这是导致春性品种穗粒数较多的主要原因( 表 1), 也表明了提高可孕小穗的小花结实率对于争取穗粒数的重要性。

2.2 不同小穗位的粒重分布

由图 2 可以看出, 冬性品种早播和适播, 以及春性品种适播的各小穗总粒重均高于春播。冬性品种适播的第 6~ 16 小穗总粒重均明显高于早播, 表现了和小穗结实粒数相近的变化趋势, 相关系数  $r=0.9823^{**}$ , 显示小穗的产量对于结实粒数具有较高的依赖性。同时, 若以每小穗粒重最高的相邻 3 个小穗为最优小穗位, 冬性品种早播、春播均为第 6~ 8 小穗位, 冬性品种适播和春性品种适播及春播均为第 8~ 10 小穗位, 表现为春性品种最优小穗位相对稳定, 冬性品种则随播期而变化, 这可能与品种间春化需求的差异有一定的关系。春化过程进展顺利, 最优小穗位相应提高, 从而利于拓宽中部优势小穗的范围。优势小穗位与发育进程的生理关系有待进一步研究。

统计每穗上部、中部、基部相邻 3 个小穗以及全穗小穗平均粒重如表 2。结果表明, 冬、春性品种各播期均以中部小穗粒重最高。中部小穗则以适播处理粒重最高, 春播最低, 这一变化趋势与平均小穗粒重的播期间差异相同, 也和穗粒重的变化趋势相一致( 表 1, 2)。统计分析表明, 中部小穗粒重与穗粒重呈高度相关( $r=0.9293^{**}$ ), 其次是基部小穗( $r=0.8566^{**}$ ), 上部小穗粒重与穗粒重相关不明显( $r=0.2776$ )。说明中部小穗的结实和灌浆情况能较好地反映全穗生产力的大小, 高产的穗型结构应以发达的中部小穗为基本特征。

表 2 结果还表明, 无论上部、中部还是基部小穗, 春性品种的适播和晚播小穗粒重均极显著高于冬性品种, 高出幅度为 14. 7%~ 145. 6%, 使得春性品种的穗粒重比冬性品种高

15.4%~88.1% (表 1)。然而, 春性品种的总小穗数和结实小穗数并不高于冬性品种(图 2), 说明本试验条件下春性品种较高的单穗生产力主要是由于其可孕小穗的小花结实和子粒灌浆潜力较高, 从而提高了小穗生产力。这可能与其春化需求低, 小花发育过程较长, 开花、灌浆时间提早有关<sup>[8]</sup>。

表 2 不同播期和品种主茎穗不同小穗位的粒重

小穗位	播期	冬性品种 ( mg/ 小穗)	春性品种 ( mg/ 小穗)	差值 ( mg/ 小穗)
上部小穗#	EP	28.4A	+	
	MP	19.5B	45.6B	- 26.1**
	LP	30.9A	75.9A	- 45.0**
中部小穗	EP	89.7B	+	
	MP	113.4A	130.1A	- 16.7**
	LP	53.7B	113.6B	- 59.9**
基部小穗	EP	72.5A	+	
	MP	56.0B	87.1A	- 31.1**
	LP	33.5C	63.4B	- 29.9**
全穗平均	EP	70.2Ab	+	
	MP	75.4Aa	96.9A	- 21.5**
	LP	41.6Bc	90.0B	- 48.4**

注: # 每穗上部、中部、基部小穗位的粒重为相邻 3 个小穗的平均值。下表同。

2.3 不同小花位的粒重分布

小花结实和子粒发育情况受品种特性、环境条件影响, 同时也与所处小穗位和小花位有着密切关系。表 3 中冬性品种的上部、基部小穗第 1~3 小花位的粒重均表现为随小花位的升高而降低, 春性品种上部小穗呈现相同的趋势。然而, 就中部小穗而言, 冬性品种的早播、适播以及春性品种的适播处理均以第 2 小花位粒重为最高; 春播仍表现为随小花位升高粒重递减。说明第 2 小花位的子粒有着最大的发育潜力。秋播发育良好的中部小穗能够充分发挥第 2 小花位的生产潜力, 而在上部和基部的不利小穗位或春播不良条件下, 第 2 小花位子粒的发育受到了比第 1 小花位更大的限制。可见, 第 2 小花位是对生育状况和环境条件较为敏感的粒位, 其子粒发育状况可能反映了小穗的生产能力。

此外, 表 3 还显示, 除适播处理中部小穗第 2 小花位粒重冬性品种略高外, 适播、春播处理的其他各部位小穗的第 1~3 小花位粒重(上部小穗第 3 小花败育除外) 均以春性品种高于冬性品种, 表明本试验中春性品种具有较为普遍的子粒发育优势, 具备较高穗粒重和单粒重的基因型特征。

3 结论与讨论

本试验结果表明, 冬、春性品种早播和适播的主茎穗中部第 5~14 小穗具有明显的结实优势, 成为其穗粒数显著高于春播的重要原因。品种比较结果表明, 较高的小穗结实力是导致春性品种穗粒数较多的重要原因。由此可见, 与每穗小穗数相比, 小穗的结实粒数对于穗

粒数的增加显示了更为重要的作用。这一结论与 Miralles 等的报道相一致<sup>[5]</sup>，而不同于 Frank 等所得出的穗粒数基本由每穗小穗数所决定的研究结果<sup>[6]</sup>。

表 3 不同播期和品种主茎穗不同小花位的平均粒重

小穗位	小花位	播期	冬性品种 ( mg/ 粒)	春性品种 ( mg/ 粒)	差值 ( mg/ 粒)
上部小穗	第 1 小花	EP	27.4 A	+	
		MP	16.7 B	28.6 B	- 11.9 **
		LP	18.8 B	41.3 A	- 22.5 **
	第 2 小花	EP	3.2 B	+	
		MP	2.8 B	17.1 B	- 14.3 **
		LP	12.1 A	34.6 A	- 22.5 **
	第 3 小花	EP	0	+	
		MP	0	0	
		LP	0	0	
中部小穗	第 1 小花	EP	44.5 A	+	
		MP	44.0 A	44.9 A	- 0.9
		LP	30.1 B	45.1 A	- 15.0 **
	第 2 小花	EP	45.1 Ab	+	
		MP	47.2 Aa	46.7 Aa	0.5
		LP	23.7 Bc	44.3 Ab	- 20.6 **
	第 3 小花	EP	0B	+	
		MP	22.3 A	38.5 A	- 16.3 **
		LP	0B	24.3 B	- 24.3 **
基部小穗	第 1 小花	EP	38.3 A	+	
		MP	23.6 B	35.7 A	- 12.1 **
		LP	18.8 C	30.0 B	- 11.2 **
	第 2 小花	EP	32.3 A	+	
		MP	19.9 B	36.7 A	- 16.8 **
		LP	14.7 C	31.1 B	- 16.4 **
	第 3 小花	EP	1.8 B	+	
		MP	12.6 A	14.7 A	- 2.1 *
		LP	0C	2.2 B	- 2.2 **

在播期和品种间小穗结实粒数差异的基础上，其小穗重的差异更为明显。适播处理的中部小穗粒重极显著地高于早播或春播，成为播期间穗粒重差异的主要原因。上部和下部小穗播期间的差异趋势不一致。而春性品种各部位小穗粒重均极显著地高于冬性品种，导致其穗粒重大大高于冬性品种。可见，体现了环境差异的不同播期以中部及相邻部位小穗发育的影响为主，该部位小穗也就成了栽培措施调控的主要小穗位；而冬、春性品种的基因型差异可反映在各个小穗位上，构成了不同穗型结构的本质特征。也表明了环境条件及基因型差异同时影响着小穗的发育质量<sup>[2, 13]</sup>。

从不同小花位的子粒发育特征来看，发育较好的秋播(早播、适播)处理中部小穗均表现为第 2 小花位粒重最高，然后依次是第 1、第 3 小花位，发育较差的秋播处理上部、下部和

春播的各部位小穗均表现为第1小花位粒重高于第2小花位。说明第2小花位是发育潜力最大,也是对生育状况和环境条件最为敏感的粒位,可用来衡量整个小穗发育的好坏。张晓融等分析认为,穗器官早期分化的不均衡性以及营养物质的不均衡分配导致维管束分化的差异,进而使得同一穗中不同小穗和子粒之间在产量上出现差异<sup>[13]</sup>。有关不同小穗及小花位子粒发育差异的生理机制有待进一步研究。

综合本试验结果得出,在能够保证小麦安全越冬的前提下,生产上宜优先选用具有较大小穗、小花结实和子粒发育潜力的偏春性品种。在此基础上,采用合理的生长调控和栽培管理措施,以促进中部优势小穗(第5~15小穗)的结实为主攻目标,同时充分发挥优势小花位(按第2、第1、第3排序)的子粒发育潜力,实现以发达小穗为基础的大穗多粒栽培策略。

## 参考文献:

- [1] 金善宝. 小麦生态研究[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990. 336– 339.
- [2] 高年春, 郭文善, 彭永欣, 等. 杂种小麦子粒发育特性研究[J]. 江苏农学院学报, 1997, 18(1): 41– 47.
- [3] 李存东, 曹卫星. 小麦阶段发育生理生态特征评述[J]. 南京农业大学学报, 1997, 20(2): 17– 21.
- [4] Hunt L A, Pararajasingham S, Wiersma J V. Effects of planting date on the development and yield of spring wheat: Simulation of field data[J]. Can J Plant Sci, 1995, 76: 51– 58.
- [5] Miralles D J, Katz S D, Colloca A, *et al.* Floret development in near isogenic wheat lines differing in plant height[J]. Field Crops Res, 1998, 59: 21– 30.
- [6] Frank A B, Bauer A, Black A L. Effects of air temperature and water stress on apex development in spring wheat[J]. Crop Sci, 1987, 27: 113– 116.
- [7] Abbate P E, Andrade F H, Culot J P. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat[J]. J Agric Sci, 1995, 124: 351– 360.
- [8] 李存东. 小麦顶端发育动态模式与特征的研究(博士学位论文)[D]. 南京: 南京农业大学, 1998.
- [9] 晋浙荣, 庞家智, 周桂英, 等. 我国北部冬麦区小麦品种子粒灌浆特性的研究[J]. 作物学报, 1996, 22(6): 720– 728.
- [10] 任正隆, 李尧权. 小麦开花后的物质积累、子粒相对生长率和灌浆速率在品种间的变异[J]. 中国农业科学, 1981, (6): 13– 20.
- [11] 王振林, 贺明荣, 尹燕桦, 等. 晚播小麦灌浆期光合物质同化、分配及群体调节的效应[J]. 作物学报, 1997, 23(3): 257– 262.
- [12] 胡延吉, 赵檀方. 小麦高产育种中粒重作用的研究[J]. 作物学报, 1995, 21(6): 671– 678.
- [13] 张晓融, 王世之. 小麦穗、小穗及子粒差异的解剖结构及生理原因的研究[J]. 作物学报, 1993, 19(2): 103– 109.

## Floret Position Differences in Seed Setting Characteristic of Different Sowing Dates and Varieties

LI Cun-dong<sup>1,2</sup>, CAO Wei-xing<sup>2</sup>, ZHANG Yue-chen<sup>1</sup>, DAI Ting-bo<sup>2</sup>

(1 Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2 MOA Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Nanjing

Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The study on the characteristics of development and seed setting of different spikelet and floret positions was important for the realization of big spike cultural goal with more spikelets and grains. With both the winter type(WV) and spring type(SV) varieties sown at different dates, it was found that the greater seed setting capacity of spikelets resulted in more grain number of spike. The trend of differences in grain weight per spikelet between the different sowing dates and varieties was similar to that of grain number. The correlation between the average grain weight of middle spikelets and lower spikelets and the grain weight per spike was highly significant. The environmental changes resulted from different sowing dates mainly effected the middle spikelets development, even though the differences between WV and SV were represented in every spikelet positions. The grain weight on the second floret position was most sensitive to the development status of wheat plant and environmental changes, and could represent the yield potential of the whole spikelet. The results showed that the enhancement of seed setting of the middle spikelets (from 5<sup>th</sup> to 15<sup>th</sup>) and the grain development from the first to third floret positions was a key to realize big spike and grain.

**Key words:** Wheat; Spikelet; Floret; Seed setting