麦类作物学报　2013,33(2):320-324
Journal of Triticeae Crops

网络出版时间:2013-3-5
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1359.S.20130305.1149.029.html

# 宽幅带播对大穗型冬小麦冠层特征及产量的影响

*

李世莹,王永华,冯 伟,侯翠翠,朱云集,郭天财

(河南农业大学/国家小麦工程技术研究中心,河南郑州 450002)

**摘　要**:为了解宽幅带播在小麦种植上的应用效果,在大田条件下,以兰考矮早八为材料,研究了宽幅带播种植对大穗型冬小麦冠层特征及产量的影响。结果表明,与常规条播比较,宽幅带播的小麦群体叶面积指数、冠层光截获量和相对湿度较高,而冠层温度较低,穗数显著增加,产量提高0.47%~13.70%。宽幅带播下随着行距增大,叶面积指数、光截获量和湿度降低,而冠层温度升高,穗数和穗粒数减少,千粒重增加,最终产量降低。宽幅带播下15 cm行距可作为大穗型冬小麦品种的适宜行距配置。

**关键词**:冬小麦;宽幅带播;行距;冠层特征;产量

**中图分类号**:S512.1;S311　　　**文献标识码**:A　　　**文章编号**:1009-1041(2013)02-0320-05

# Effects of Wide Belt Planting on Canopy Characteristics and Yield Winter Wheat with Large-spike

**LI Shi-ying, WANG Yong-hua, FENG Wei, HOU Cui-cui, ZHU Yun-ji, GUO Tian-cai**

(National Engineering Research Centre for Wheat, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

**Abstract**: Row spacing is a cultivation technique to gain high yield in winter wheat. The objective of this study was to investigate the effects of wide row belt spacing on canopy characteristics and yield of large spike winter wheat under planting patterns of wide belt planting with 8 cm strip width and conventional planting with 2cm strip width. The field experiment was conducted with large-spike winter wheat cultivar 'Lankao Aizao 8' with three row spacing of 15, 20 and 25 cm for wide belt planting and 20 cm row spacing for conventional planting in the growing seasons of 2011－2012. Time-course measurements were taken on canopy leaf area index, light interception and canopy temperature, relative humidity and yield during the experimental periods. The results showed that compared with conventional planting, leaf area index, light interception and relative humidity for wide belt planting is higher, while the canopy temperature is lower, subsequently the spikes numbers per unit area increased by 2.1%~8.2% and yield increased by 0.5%~13.7%. Leaf area index, light interception and relative humidity decreased, while canopy temperature increased with the increase of row spacing under wide belt planting. Spike number per unit area and grain number per spike decreased, grain weight increased with the increase of row spacing, finally leaded to yield decrease. It suggested that 15 cm row spacing under wide belt planting could be feasible and promising planting patterns for large spike winter wheat.

**Key words**: Winter wheat; Wide belt planting; Row spacing; Canopy characteristics; Yield

---

* 收稿日期:2012-10-25　　　修回日期:2012-12-01

**基金项目**:农业部公益性行业科研专项(201203096);国家现代农业(小麦)产业技术体系项目(MATS)。

**作者简介**:李世莹(1988－),女,硕士研究生,主要从事小麦生理生态研究。E-mail:lishiying0601109@126.com

**通讯作者**:郭天财(1953－),男,教授,博士生导师,主要从事小麦高产优质栽培研究。E-mail:tcguo888@sina.com

冯　伟(1976－),男,副研究员,主要从事小麦生态及生长监测方面的研究。E-mail:fengwei78@126.com

近年来，我国小麦播种方式实现了从粗放型撒播向精量半精量播种的变革[1]，行距配置方式经历了从常规的等行距到宽窄行结合的转变[2-3]。种植方式影响冠层结构，显著调节群体冠层微环境，最终影响群体光合效率和产量[4-6]。因此，通过改变种植方式可建立合理的小麦群体冠层结构，使个体与群体协调发展，为高产超高产创造条件。在当前小麦高产栽培中，大穗型品种具有穗粒重高、根系活力强、光合速率高、产量潜力大的特点，在生产上逐渐受到重视[7-8]，但该类品种分蘖成穗率低，生产上多采用加大播量以提高单位面积成穗数。在传统的常规条播种植方式下，大播量必然导致大穗型品种株距过小，株间竞争增强，单株营养面积降低，冠层结构不良，依靠增密增穗增产的效果不明显[9]。种植行距与播种密度是调控冠层结构的重要栽培措施。目前关于行距和密度配置对冬小麦冠层结构及微环境的影响已有较多报道[7,10-11]，其不仅影响作物的群体动态及冠层形态结构，还可有效调控冠层微环境[12-13]。前人关于小麦行密配置研究均在常规条播种植方式下进行，而小麦宽幅带播作为一种新型高产栽培技术，改传统密集条播为宽幅带播（8 cm 播幅），具有个体分布均匀、单株营养面积大等显著优点。目前，针对宽幅带播种植方式下行距对大穗型冬小麦品种生长发育的影响尚未见报道。为此，本试验在前人研究基础上，探讨了宽幅带播对大穗型冬小麦品种兰考矮早八冠层特征及产量的影响及其行距的调控效应，以期为宽幅带播的推广应用提供理论依据和技术支撑。

## 1　材料与方法

### 1.1　试验设计

试验于 2011－2012 年度在河南农业大学科教示范园区（郑州）进行。试验地为中壤土，前茬为玉米，秸秆全部掩底还田，0～20 cm 耕层土壤基础养分含量：有机质 11.8 mg · $g^{-1}$，全氮 0.96 g · $kg^{-1}$，碱解氮 87.3 mg · $kg^{-1}$，速效磷 43.5 mg · $kg^{-1}$，速效钾 90.3 mg · $kg^{-1}$，pH 值 7.54。按照试验地土壤基础养分含量和高产小麦的养分需求，耕地前每公顷施纯 N 150 kg、$P_2O_5$ 120 kg 和 $K_2O$ 90 kg，拔节期结合浇水追施纯 N 120 kg · $hm^{-2}$。全生育期浇水 2 次，分别为拔节水和抽穗水，5 月份防治病虫害 2 次，其他栽培管理同一般高产麦田。

试验以大穗型冬小麦品种兰考矮早八为材料，采用山东农业大学研制的 2BJK-6 型宽幅播种机进行播种，幅宽 8 cm，为方便机械操作，行内播种密度固定（每米 68 粒，种子随机均匀分布，行内株距平均为 3.43 cm），行距设 15、20 和 25 cm，分别记作 KF15、KF20 和 KF25，对应的种植密度分别为 450 万、338 万和 270 万株 · $hm^{-2}$，符合小麦生产上种植密度习惯（270 万～450 万株 · $hm^{-2}$）。以生产上常规条播种植方式为对照，行距 20 cm（行内株距平均为 1.85 cm），对应种植密度为 270 万 · $hm^{-2}$，记作 CK。各处理 3 次重复，随机排列，小区长 25 m，宽 6.6 m。

### 1.2　测定项目及方法

#### 1.2.1　叶面积指数（*LAI*）的测定

每小区选取有代表性小麦 20 株，将绿色叶片按叶位分离并称重，在 105 ℃下杀青并在 80 ℃下烘干后称重，得到各叶位叶片干重及绿色叶片的总干重。同步利用 CID-301 型叶面积仪测定每个叶位叶片 20 张样叶并称重，由于叶干重与其面积间存在一定的比例关系，采用比叶重法求得所有取样植株不同叶位叶片面积，进而计算出单一植株（茎）的每个叶位叶面积，然后与单位土地面积植株（单茎）数相乘，得出单位土地面积内的每个叶位叶片面积，将所有叶位绿叶片面积相加即得到总叶面积指数（*LAI*）。

#### 1.2.2　冠层光截获（*LI*）的测定

选择晴朗无云的天气用 Delta 公司生产的 SUNSCAN 仪器于花后 10、20 和 30 d 的 9：00－11：00 进行测定。测定位置分别为冠层上方（50 cm）、上层（旗叶层）、中层（株高 1/2 处）和地表（距地表 5 cm 处）。按公式 $LI=(I_0-I)/I_0$ 计算冠层光截获。式中 $I_0$ 为冠层顶部瞬时光合有效辐射，$I$ 为通过一定叶层的瞬时光合有效辐射。

#### 1.2.3　冠层温湿度的测定

用干湿球温度计于 9：00－17：00 每隔一个小时测定冠层的温度和相对湿度，重复 3 次。

#### 1.2.4　产量和其构成的测定

成熟前每小区选三个样点，每个样点测定 1 m双行统计穗数，收获后取 20 株进行室内考种，得到穗粒数、千粒重和穗粒重。每小区收获 5 $m^2$，换算出每公顷籽粒产量。

### 1.3 数据处理与统计分析

试验数据采用 SPSS17.0 进行方差分析，用 Excel2003 进行图表绘制。

## 2 结果与分析

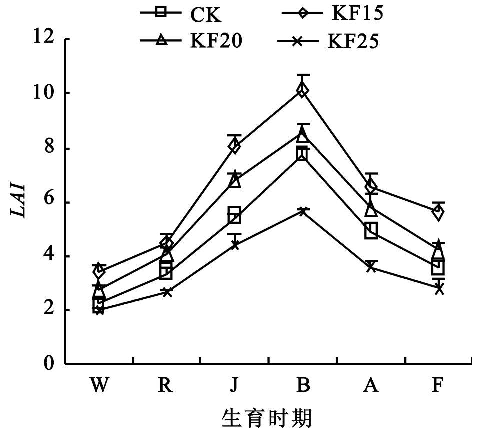
### 2.1 宽幅带播下行距配置对冬小麦冠层结构的影响

#### 2.1.1 对冬小麦叶面积指数（*LAI*）的影响

从图 1 可以看出，随着生育时期的推进，不同处理的 *LAI* 均逐渐增加，至孕穗期达到最大值，之后又逐渐下降。在各测定时期，KF15、KF20 的 LAI 均显著高于 CK，而 KF25 和 CK 间差异不显著。拔节至开花期宽幅带播对 *LAI* 促进效应最为明显，KF15、KF20 和 KF25 分别较 CK 增加 43.63%、14.66%、2.97%。在宽幅带播种植方式下，各生育时期 *LAI* 均随着行距减小而增加。在开花期以后 *LAI* 降低幅度在处理间差异较大，以 CK 处理下降幅度最大，达到 20.45%，这可能是常规条播播幅较窄、植株之间竞争加强、生育后期衰老较快所致。

#### 2.1.2 对冬小麦冠层光截获（*LI*）的影响

由表 1 可知，随着灌浆进程，小麦冠层光截获量（*LI*）逐渐降低，不同层次均如此。宽幅带播处理的 *LI* 均高于常规条播，以花后 30 d 增加幅度最大（1.33%）。从冠层不同层次看，宽幅带播相对于 CK 以冠层上层增加幅度最大，达到 21.33%。宽幅带播条件下冠层不同层次 *LI* 均随着行距缩小而增加。KF15 与 KF20 间在花后 10 d 和花后 30 d 的上层差异显著；KF15 和 KF25 间差异在花后 10 d 和花后 30 d 的上、中层及花后 20 d 的下层表现显著；KF20 与 KF25 间差异仅在花后 10 d 的中层表现显著。因此生产上对于兰考矮早八这类大穗型品种适当缩小行距有利于提高 *LI* 和光能利用率。




W：越冬期；R：返青期；J：拔节期；B：孕穗期；A：开花期；F：灌浆期

**图 1 宽幅带播下行距对冬小麦 *LAI* 的影响**

**Fig. 1 Effect of row spacing on *LAI* under wide belt planting in winter wheat with large spike**

**表 1 宽幅带播下行距配置对冬小麦冠层光截获（*LI*）的影响**

**Table 1 Effect of row spacing on canopy light interception（*LI*）of winter wheat under wide belt planting**

| 处理 | 花后 10 d | | | 花后 20 d | | | 花后 30 d | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 上层 | 中层 | 下层 | 上层 | 中层 | 下层 | 上层 | 中层 | 下层 |
| CK | 0.354b | 0.907b | 0.976a | 0.242a | 0.881a | 0.960b | 0.114c | 0.788b | 0.923a |
| KF15 | 0.520a | 0.944a | 0.984a | 0.249a | 0.899a | 0.981a | 0.241a | 0.836a | 0.945a |
| KF20 | 0.389b | 0.940a | 0.980a | 0.246a | 0.894a | 0.966ab | 0.173b | 0.813ab | 0.933a |
| KF25 | 0.356b | 0.912b | 0.979a | 0.242a | 0.887a | 0.958b | 0.172b | 0.801b | 0.931a |

数据后的不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平，下表同。

### 2.2 宽幅带播下行距配置对冬小麦冠层微环境的影响

#### 2.2.1 对冬小麦冠层温度的影响

从图 2 可知，灌浆期各处理群体冠层温度变化均呈单峰趋势，且在中午 12：00 左右达最大值。宽幅带播处理的冠层温度均低于常规条播，其中在 10：00 时降温效果最为明显，KF15、KF20 和 KF25 分别较 CK 低 4.2、2.5 和 1.9℃。宽幅带播条件下群体不同层次的冠层温度均随着行距减小而降低，KF15 处理冠层内温度最低，比大气温度低 2.45℃，而 KF25 处理冠层温度最高，仅比大气温度低 1.67℃。冠层温度降低有利于缓解高温天气（＞30℃）对籽粒灌浆的负向效应，延长高峰灌浆持续期，提高灌浆强度。

#### 2.2.2 对冬小麦冠层相对湿度的影响

由图 3 可知，灌浆期各处理群体冠层相对湿度均呈“V”型变化趋势，且在中午时刻达最低值。宽幅带播处理的冠层相对湿度均高于常规条播，

KF15、KF20 和 KF25 分别较 CK 高 7.2%、4.9% 和 3.8%。宽幅带播条件下冠层相对湿度均随着行距减小而升高,KF15、KF20 和 KF25 处理分别比大气湿度高 19.4%、17.1%和 16.0%。这是由于行距减小,群体密度增大,冠层蒸腾量高,空气通透性差,水汽不易散发,致使空气湿度升高。

### 2.3　宽幅带播下行距配置对冬小麦产量及其构成的影响

由表 2 可知,KF15 处理产量显著高于其他处理,其他处理间差异不显著。宽幅带播各处理产量高于常规条播,KF15、KF20 和 KF25 处理分别比 CK 增产 13.70%、3.32%和0.47%。宽幅带播处理的穗数较常规条播处理平均增加 8.63%。宽幅带播条件下穗数随着行距减小而升高,KF15、KF20 和 KF25 三处理间差异显著。穗粒数也随着行距的减小而升高,以 KF25 处理最小,KF15 和 KF20 较 CK 分别提高 1.0 粒和 0.3 粒。千粒重随着行距的增大而增加,KF15、KF20 和 KF25 较 CK 处理分别提高 0.86%、1.31%和 2.84%。由此可见,宽幅带播较常规条播增穗效果最为明显,而对穗粒数和千粒重的调控效应因行距而异,其中 KF15 处理产量结构最为协调,穗数和穗粒数均最高。

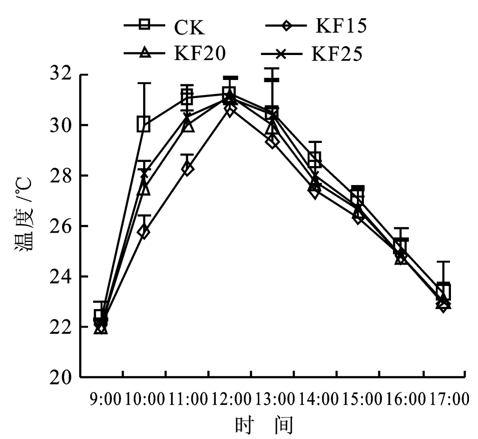



**图 2　不同种植方式下灌浆期冬小麦冠层温度的变化**

**Fig. 2　Change of canopy temperature at grain-filling stage under different planting forms**

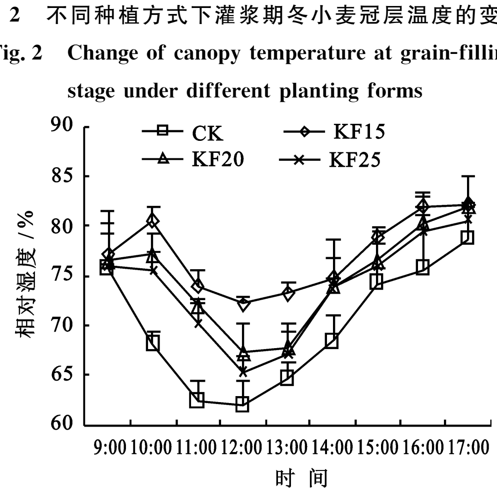



**图 3　不同种植方式下灌浆期冬小麦冠层相对湿度的变化**

**Fig. 3　Change of canopy relative humidity at grain-filling stage under different planting forms**

**表 2　宽幅带播下行距配置对冬小麦产量及其构成的影响**

**Table 2　Effects of row spacing on yield and its components of winter wheat under wide belt planting**

| 处理 | 穗数/(万·hm$^{-2}$) | 穗粒数 | 千粒重/g | 产量/(kg·hm$^{-2}$) |
|---|---|---|---|---|
| CK | 376.0c | 48.6ab | 45.7a | 8 276.0b |
| KF15 | 434.5a | 49.6a | 46.1a | 9 409.4a |
| KF20 | 406.8b | 48.9ab | 46.3a | 8 550.7b |
| KF25 | 384.0c | 46.6c | 47.0a | 8 315.2b |

## 3　讨 论

*LAI* 是描述群体受光结构的基础参数,直接影响光分布、光能利用和作物产量[14-15]。行距和密度调控作物冠层结构[12-13],生产管理中通过合理的行距和密度配置,不仅可以提高冠层内叶片光合效率,而且可以改善冠层内微环境,提高群体光能利用率[16]。通过增加种植密度,可提高群体叶面积、光合势、地上部干物质积累和冠层光截获量[17-18]。行距加宽时,行间漏光严重,因此适宜缩小行距,增加密度,可改变植株在田间分布状态,减缓个体与群体间矛盾,提高群体光能分布及利用性能[5,13]。本研究结果表明,宽幅带播种植方式的 *LAI* 和 *LI* 均高于常规条播,且宽幅带播下 *LAI* 和 *LI* 均随着行距减小而增大。

有研究表明,行距配置通过调控冠层结构直接影响冠层内光照、温度、湿度和 $CO_2$ 等微环境,最终影响群体光合效率和籽粒产量[12-13]。种植密度可有效调节群体结构及冠层微生态因子,进而获得较高有效贮积能量[19]。徐克章等[20]研究表明,密度增加,农田水分消耗增多,株间空气相对湿度提高。杨文平等[7]研究认为,行密配置具有显著的群体微生态效应,随着行距增加,冠层温度升高,湿度下降,$CO_2$ 分布均匀度降低。本试验结果进一步证实了前人研究结论。可见,宽幅带播种植方式下适当缩小行距,可降低冠层温度和提高湿度,有利于减轻北方小麦灌浆期高温干旱天气对籽粒充实的不利影响。

冬小麦的适宜种植行距和播种密度要根据特定品种、地域和生态条件等因素综合确定。大穗型冬小麦品种穗大粒多,千粒重高,但分蘖成穗率低。本试验采用宽幅带播种植方式,改传统的"密集条播籽粒一条线"为"宽播幅种子带状匀布",使大穗品种出苗均匀,个体健壮,群体结构合理,冠层通风透光,微环境适宜,成穗数较常规条播种植方式提高了8.63%。在河南生态和生产条件下,宽幅带播15 cm行距,且配置 $450\times10^4$ 株·$hm^{-2}$ 种植密度,大穗品种兰考矮早八株行间距分配合理,植株营养面积充足且分布均匀,分蘖成穗率高,光能截获能力强,群体降温增湿效果明显,产量构成最为协调,较CK增产13.7%。因此,宽幅带播下15 cm行距可作为该品种的适宜行距配置方式。宽幅带播种植方式是对现有播种方式的重大革新,生产可操作性强,增产效果显著,可作为一种新型栽培技术推广应用,但宽幅带播种植方式的适宜幅宽及其行距还应结合当地生态条件、生产水平、品种特性及管理措施综合确定。

**参考文献:**

[1]周忠军,董全才,郭延敏,等.小麦精播"三高"栽培技术的实践与应用[J].中国农学通报,2005,21(12):175-178.

[2]赵秉强,余松烈,李凤超,等.带状种植小麦带型-群体-产量相关规律研究[J].中国农业科学,1999,32(1):33-39.

[3]王玉红,张 季,王敏杰.小麦超高产宽窄行栽培技术[J].现代农业科技,2009(11):177-178.

[4]De Bruin J L,Pedersen P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean yield[J]. Agronomy Journal,2008,100(3):704-710.

[5]Jost P H,Cothren J T. Growth and yield comparisons of cotton planted in conventional and ultra-narrow row spacings[J]. Crop Science,2000,40(2):430-435.

[6]Sangoi L,Gracietti M A,Rampazzo C,*et al*. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density[J]. Field Crops Research,2002,79(1):39-51.

[7]杨文平,郭天财,刘胜波,等.行距配置对'兰考矮早八'小麦后期群体冠层结构及其微环境的影响[J].植物生态学报,2008,32(2):485-491.

[8]黄祥辉,胡茂兴.小麦栽培生理[M].上海:上海科学技术出版社,1984:258.

[9]Wang F H,Wang X Q,Ken Sayre. Comparison of conventional flood irrigated flat planting with furrow irrigated rised bed planting for winter wheat in China[J]. Field Crops Researth,2004,87(1):35-42.

[10]李娜娜,李慧,裴艳婷,等.行株距配置对不同穗型冬小麦品种光合特性及产量结构的影响[J].中国农业科学,2010,43(14):2869-2878.

[11]毕常锐,白志英,杨 訸,等.种植密度对群体光能资源利用的调控效应[J].华北农学报,2010,25(5):171-176.

[12]Sharratt B S,McWilliams D A. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn in the northern US corn belt[J]. Agronomy Journal,2005,97(4):1129-1135.

[13]Reta-Sanchez D G,Fowler J L. Canopy light environment and yield of narrow-row cotton as affected by canopy architecture[J]. Agronomy Journal,2002,94(6):1317-1323.

[14]Verhagen A M W,Wilson J H,Britten E J. Plant production in relation to foliage illumination[J]. Annals of Botany,1963,27(4):627-640.

[15]Mannion,Antoinette. Productivity and management in agricultural systems[J]. Biologist,2012,59(1):47.

[16]李潮海,刘 奎,周苏玫,等.不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J].作物学报,2002,28(2):265-269.

[17]杨国虎,李 新,王承莲,等.种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J].西北农业学报,2006,15(5):57-60.

[18]沈秀瑛,戴俊英,胡安畅,等.玉米群体冠层特征与光截获及产量关系的研究[J].作物学报,1993,19(3):246-252.

[19]刘开昌,张秀清,王庆成,等.密度对玉米群体冠层内小气候的影响[J].植物生态学报,2000,24(4):489-494.

[20]徐克章,武志海,王 珍.玉米群体冠层内光和 $CO_2$ 分布特性的初步研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(3):9-28.