

寒区玉米大垄双行直播技术研究

韩毅强¹, 高亚梅¹, 郑殿峰², 杜吉到²

(1. 黑龙江八一农垦大学生命科学技术学院, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘 要: 为了探明寒区玉米大垄双行直播种植方法适合的种植密度和增产机制, 试验以小垄为对照, 通过测定土壤温度、土壤水分、玉米群体内光照强度及玉米产量性状等指标, 研究了 3 个密度下玉米大垄双行直播种植效果。结果表明: 大垄双行处理对土壤温度没有显著影响, 但增加了 0~20 cm 土层的土壤水分含量; 大垄双行减少了垄沟顶层叶片的光照截获, 高密度处理(6.00 万株·hm⁻²)底层(出地表 1/3)仍然保持一定的光照强度(72.5 μmol·m⁻²·s⁻¹), 减少了空秆率, 在乳熟期单位面积干物质重显著增加; 2008 年大垄双行高密度处理(S3)产量为 9 193.5 kg·hm⁻², 较对照(CK3)增产 911.3 kg·hm⁻²。大垄双行直播种植方法增产机制主要是通过增加土壤湿度和调控群体内部光照强度影响产量。

关键词: 大垄双行; 玉米; 产量; 光照强度

中图分类号: S513.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)04-0128-05

Effects of wide ridge and double row planting of maize in cold regions

HAN Yi-qiang¹, GAO Ya-mei¹, ZHENG Dian-feng², DU Ji-dao²

(1. College of Life Science and Technology, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, CHINA;

2. College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University)

Abstract: To explore the mechanism of yield improvement and proper density of maize under wide ridge and double row cropping, an experiment was conducted with three planting densities by using narrow ridge cropping as the control, and soil temperature, soil moisture, illumination intensity and yield traits were measured. The results showed that wide ridge and double row cropping had little effect on soil temperature, but increased soil moisture in 0~20 cm layer. Under the condition of wide ridge and double row cropping, the light capture of top leaves in furrow decreased, and the bottom layer of plants (1/3 above ground) remained certain illumination intensity (72.5 μmol·m⁻²·s⁻¹) in the treatment of high planting density (60 000 plants·hm⁻²), which contributed to decrease rate of barren stalk and to increase dry weight obviously at milky maturity stage. The yield of wide ridge and double row cropping with high planting density (S3) was 9 193.5 kg·hm⁻² in 2008, being 911.3 kg·hm⁻² higher than the control (CK3). Wide ridge and double row cropping affected yield mainly by increasing soil moisture and regulating illumination intensity among maize population.

Keywords: wide ridge and double row; maize; yield; illumination intensity

玉米机械化大垄双行直播高产配套技术(简称“大垄双行”)是利用边际效应的原理,在玉米“大双覆”技术上总结出来的一种节本、增效的农艺措施。武志海等通过对大垄双行种植的玉米群体冠层结构和光合特性的测定分析,得出了大垄双行种植方式的冠层特性具有明显优势^[1]。而作物产量是由作物光合特性决定的,光合特性又受作物生长的微环境和冠层特性所控制^[2]。范秀玲等研究发现通过改变种植方式、调节个体分布状况也可以提高种植密度

而获得高产^[3]。赵殿臣等研究玉米不同垄作的增产机制及相应的群体结构,发现大垄种植方式具有保持和提高土壤温度、水分的作用,同时适于密植,光能利用率高等特点,适宜密度 6~7 万株·hm⁻²^[4]。杨克军等研究认为大垄双行栽培方式可以改善玉米的群体结构,减少株间竞争,从而有效地改善了玉米群体光照条件,提高群体光能利用率,提高了春玉米的产量^[5]。然而一种耕作方式的广泛应用必须配合相应的栽培方式和具有良好的品种适应性及地域适应

收稿日期:2013-06-30
基金项目:国家“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD20B04)
作者简介:韩毅强(1976—),男,河北宣化人,讲师,硕士,主要从事作物生理生化研究。E-mail:hyq420@163.com。
通信作者:杜吉到(1973—),男,黑龙江人,博士,主要从事作物群体及遗传育种研究。E-mail:djdynd@163.com。

性,为此我们在黑龙江东部地区八五零农场研究了不同种植密度下大垄双行技术对土壤温度、土壤含水量、光照强度、产量及产量相关性状的影响,以便为更好地在寒区利用大垄双行技术打下基础。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验布设于黑龙江省八五零农场科研所试验站,土质为白浆土,有机质含量 $29.5\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效氮 $0.99\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷 $1.30\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 $1.28\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,耕层 $18\sim 20\text{ cm}$,前茬为麦茬。秋起垄时垄台条状深松 40 cm 。基施硫酸钾型掺混肥料($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=15:23:10$) $450\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中秋起垄时施入 $375\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,采用三相分层深施肥,深度 $20\sim 30\text{ cm}$; $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 种肥,播种时在 $5\sim 10\text{ cm}$ 处分两层施入。品种选用垦玉六号。

1.2 试验设计与方法

试验采用随机区组设计,对照采用 65 cm 小垄(CK),播后苗前条状深松 35 cm 。大垄双行处理采用 130 cm 大垄(S),垄上双行,实行宽窄行种植,垄上窄行距 50 cm ,垄间大行距 80 cm ,在播后苗前采取波状深松,即垄台小行距间深松 25 cm ,垄沟深 35 cm 。2006、2007 年对照设 1 个种植密度 $4.5\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (CK1),处理设置 3 个种植密度,分别为 $4.5\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (S1)、 $5.25\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (S2)和 $6.00\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ (S3);2008 年对照和处理均设 3 个种植密度。试验设三次重复,每小区 10 m 行长,8 行区(大垄双行为 4 行区)。2006 年试验测量了玉米的空秆率(Barren Stalk Rate,BSR)和产量(Yield,Y);2007 年试验测量了玉米干物质重(Weight of dry matter,WDM)、玉米空秆率、产量和应用照度计测量群体光照强度(Illumination intensity,II)、采用烘干称重法测定土壤含水量^[6](Soil water content,SWC);2008 年试验测定了土壤温度(Soil temperature,ST)、土壤含水量,测定了玉米产量及产量相关性状:单穗粒重(Kernel weight per ear,KWE)、穗长(Ear length,EL)、穗粗(Ear diameter,ED)、穗行数(Ear row number,ERN)、穗粒数(Kernels per ear,KE)、百粒重(Weight of 100-kernel,WK)、秃尖长(Bare tip length,BTL)、丝黑穗(Head smut,HS)、株高(Plant height,PH)、穗位高(Ear height,EH)、茎粗(Stem diameter,SD)和空秆率。

1.3 数据处理

应用 Microsoft Execl 2007 和 SPSS19.0 统计软件

进行数据计算及统计分析。

2 结果与分析

2.1 大垄双行直播技术对土壤温度的影响

在北方寒地进行垄作,其中一个主要目的是为了提高地温^[5]。2008 年试验分 5 个时期对试验区 10 cm 深的土壤温度进行了测量,6 月 1 日和 6 月 13 日(苗期)因为苗木覆盖影响很小,只测量了 CK1 和 S1 的土壤温度。结果显示 130 cm 大垄与 65 cm 小垄在 10 cm 深处的土壤温度没有显著变化,表明 130 cm 与 65 cm 小垄一样具有提高土壤温度的作用,见表 1。

表 1 大垄双行直播对土壤温度的影响/ $^{\circ}\text{C}$					
Table 1 Effect of wide ridge and double row cropping on soil temperature					
种植形式 Planting pattern	日期 Date(M - d)				
	06 - 01	06 - 13	07 - 04	07 - 15	07 - 27
CK1	18.2a	21.5a	23.5a	27.3a	24.0a
CK2	—	—	23.5a	28.0a	24.1a
CK3	—	—	22.8a	28.0a	24.0a
S1	18.2a	21.5a	23.4a	27.8a	24.0a
S2	—	—	23.0a	28.5a	24.0a
S3	—	—	23.0a	27.8a	24.0a

注:(1) CK1、CK2、CK3、S1、S2、S3 分别指小垄 $4.50\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、小垄 $5.25\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、小垄 $6.00\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、大垄双行 $4.50\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、大垄双行 $5.25\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、大垄双行 $6.00\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$,下同。
(2) 同一列内不同字母代表数值在 5% 水平以上有显著性差异。

Note: (1) CK1, CK2 and CK3 mean narrow ridge with 45 000 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$, 52 500 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$ and 60 000 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$ respectively; S1, S2 and S3 mean wide ridge and double row cropping with 45 000 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$, 52 500 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$ and 60 000 plants $\cdot\text{hm}^{-2}$ respectively. The same below.
(2) Same letters in same columns mean no significant difference at $P < 0.05$.

2.2 大垄双行直播技术对土壤水分的影响

2007、2008 年对垄体土壤水分测量,结果显示在 $0\sim 20\text{ cm}$ 土层中大垄双行处理提高了土壤含水量(表 2)。经估算,在 20 cm 土层内(容重按 $1.13\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$),土壤水分每提高 1 个百分点,相当于每公顷地多贮水 22.5 t 。在严重干旱的年份 2007 年 7 月 25 日大垄双行比对照多贮水 $51.8\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,这对缓解旱情是非常有利的^[7]。同样我们可以算出在不同的时期,干旱年份(2007 年)大垄比对照多贮水 $9.0\sim 51.8\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$,非干旱年份(2008 年)大垄比对照多贮水 $20.3\sim 56.3\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

表 2 大垄双行直播对土壤含水量的影响/%
Table 2 Effect of wide ridge and double row cropping on soil water content

土层深度 Soil depth /cm	处理 Treatments	2007						2008					
		6 月 5 日	6 月 15 日	6 月 25 日	7 月 1 日	7 月 15 日	7 月 25 日	6 月 13 日	7 月 4 日	7 月 15 日	7 月 28 日	8 月 27 日	9 月 16 日
		Jun. 5	Jun. 15	Jun. 25	Jul. 1	Jul. 15	Jul. 25	Jun. 13	Jul. 4	Jul. 15	Jul. 28	Aug. 27	Sep. 16
0 ~ 10	CK1	13.4a	13.4a	11.5a	24.3a	18.4a	12.4a	21.6ab	21.7a	13.0a	27.0a	24.8ab	24.2a
	CK2	—	—	—	—	—	—	21.3b	22.4a	13.5a	23.8bc	23.5ab	24.8a
	CK3	—	—	—	—	—	—	21.9ab	20.8a	13.7a	22.4c	22.7b	24.3a
	S1	13.5a	13.9a	11.6a	24.2a	19.7a	13.2a	22.8ab	22.3a	13.9a	27.1a	25.2a	25.1a
	S2	13.4a	14.3a	11.0a	24.5a	18.9a	13.1a	22.1ab	22.8a	13.6a	23.6bc	24.1ab	25.7a
	S3	13.6a	14.2a	11.5a	24.1a	18.6a	12.1a	23.4a	20.9a	13.8a	25.1ab	23.1ab	24.6a
10 ~ 20	CK1	19.9a	20.4a	19.9b	24.4b	22.4a	15.2b	25.3a	21.6b	16.0a	26.9ab	23.7ab	25.1a
	CK2	—	—	—	—	—	—	25.6a	21.5b	14.6ab	25.3ab	23.9ab	26.1a
	CK3	—	—	—	—	—	—	26.4a	23.9a	14.5ab	24.3bc	22.9b	26.1a
	S1	20.5a	21.7a	21.9a	24.9ab	22.3a	16.7a	26.6a	22.9ab	16.5a	27.7a	25.1a	25.7a
	S2	20.2a	20.5a	20.8ab	24.9ab	22.1a	15.7ab	26.8a	23.8a	14.1b	26.2ab	24.2ab	26.2a
	S3	19.7a	19.9a	20.1ab	25.8a	21.9a	15.1ab	26.9a	23.5a	14.6ab	25.9ab	22.9b	26.9a

注:同一土层深度、同一列内不同字母代表数值在 5% 水平以上有显著性差异。
Note: Different letters in same columns within same soil depth mean significant difference at $P < 0.05$.

2.3 大垄双行直播技术对群体光照强度的影响

光照利用的高低是判断群体结构是否合理的一个重要方面。玉米不仅喜光,而且是光合能力强和低光呼吸的高光效作物,因此玉米整个生育期对光照条件要求很高。结果表明,在同等密度下大垄双行处理 S1 与 CK1 相比在垄台处和垄沟处的光照强度都增加。随着群体的密度增加,群体内的光照强度降低,当大垄双行处理群体密度比对照增加 16.7%(S2,密度为 5.25 万株·hm⁻²) 时与 CK1 的光照强度相当。尤其明显的是大垄双行在垄沟处光照强度显著高于小垄,即使是高密度大垄双行也比小垄低密度的高,可见大垄双行创造了密中有疏的玉米群体结构,益于通风透光,见表 3。所以为了增加光照利用率可以适当增加玉米的种植密度,但群体密度也不可过分增加,过度增加群体密度会引起群体内部光照强度的减弱,从而影响产量^[8]。

2.4 大垄双行直播技术对玉米干物质积累的影响

在全生育期内,分三个时期对各处理的地上、地下部分干物质进行测定,结果显示 S1、S2、S3 三个处理单位面积内干物质均有一定的增加(除苗期的 S1 的地下干物质重)。S3 处理在大喇叭口期地下干重显著高于对照,在乳熟期末地下干重、茎干重和籽粒干重均显著高于对照,高密度种植有利于群体干物质的积累,见表 4。研究单株干物质重时,结果表明 S1 生物量最大,S3 最小。单株籽粒干重也符合这种规律,说明在产量构成因素中,高密度群体的单株穗粒重并不占优势。

表 3 不同密度大垄双行结构对
光照强度的影响/($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

Table 3 Effect of wide ridge and double row cropping with different
planting densities on illumination intensity

位置 Position	处理 Treatments	地表 Land surface	1/3 株高 1/3 plant height	2/3 株高 2/3 plant height
垄台 Ridge	CK1	40.0a	65.0a	100.0b
	S1	55.0a	62.5a	152.5a
	S2	45.0a	65.0a	100.0b
	S3	40.0a	55.0a	65.0b
垄沟 Furrow	CK1	60.0a	80.0a	130.0b
	S1	70.0a	90.0a	205.0a
	S2	60.0a	90.0a	200.0a
	S3	60.0a	90.0a	200.0a
平均 Mean	CK1	50.0	62.5	115.0
	S1	62.5	76.3	178.8
	S2	52.5	77.5	150.0
	S3	50.0	72.5	132.5

注:同一位置、同一列内不同字母代表数值在 5% 水平以上有显著性差异。
Note: Different letters in same columns within same position mean significant difference at $P < 0.05$.

2.5 大垄双行直播技术对玉米空秆率的影响

空秆是玉米生产中常见的现象,空秆率的高低直接影响玉米产量的高低。在每年收获之前,对全区玉米进行了空秆率的调查。结果显示,虽然不同年度间空秆率差异较大,但是大垄双行的空秆率始

终低于对照,即使在密度增加 33.3%(S3,6.0 万株·hm⁻²)的情况下也是如此,见表 5。说明大垄双行处理改善通风透光条件对降低空秆率、提高成穗率有利。试验也表明,大垄双行随着密度的增加,空秆率

亦增加,但增加的幅度较小、较平稳。进一步说明了大垄双行结构可以在群体密度适当增加的情况下,保持较低的空秆率,从而较大幅度地提高了单位面积穗数,对提高产量具有重要作用。

表 4 不同密度大垄双行处理对玉米干物质积累的影响/(g·m⁻²)

Table 4 Effect of wide ridge and double row cropping with different planting densities on dry matter accumulation of maize										
处理 Treatments	苗期 Seedling stage		大喇叭口期 Bell-mouthed stage			乳熟期末 Late milky maturity stage				
	根 Root	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	果穗 Spike	籽粒 Grain
CK1	10.35a	21.60b	18.81b	63.95a	52.83a	64.80b	203.40b	205.20a	1039.95a	638.10b
S1	9.90a	22.05ab	19.85b	69.97a	59.94a	64.80b	209.25b	224.10a	1041.30a	641.70b
S2	10.50a	24.68ab	21.21b	69.88a	60.06a	71.40a	228.38ab	208.43a	1082.55a	717.68ab
S3	11.40a	27.60a	24.24a	68.22a	64.62a	71.40a	259.20a	218.40a	1167.60a	764.40a

注:同一列内不同字母代表数值在 5% 水平以上有显著性差异。下同。
Note: Different letters in same columns mean significant difference at $P < 0.05$. The same below.

表 5 不同密度大垄双行处理对玉米空秆率的影响/%

Table 5 Effect of wide ridge and double row cropping with different planting densities on barren stalk of maize					
处理 Treatments	2006 年空秆率 Barren stalk rate in 2006	2007 年空秆率 Barren stalk rate in 2007	2008 年空秆率 Barren stalk rate in 2008	平均空秆率 Average barren stalk rate	与 CK1 相比 Comparing with CK1
CK1	3.81a	11.65a	7.23a	7.56a	—
S1	3.36a	3.90b	4.87a	4.04a	- 3.52
S2	3.32a	5.73b	5.57a	4.87a	- 2.69
S3	3.65a	6.25b	7.03a	5.64a	- 1.92

2.6 大垄双行直播技术对玉米产量性状的影响

单株产量性状(穗重)总体看低密度均优于高密度处理,其中穗粗、穗粒数、百粒重(g)与单株穗重呈正相关性(表 6),汤华等也发现穗粗、百粒重、穗长与单株产量高度相关^[9]。群体产量统计结果表明,从低密度到高密度大垄双行比小垄玉米产量分别提

高 5.3%、7.6% 和 11.0%,高密度处理达显著水平,表明大垄双行技术更适合高密度种植。在大垄双行条件下,S2 的产量比 S1 增加 10.2%,而 S3 比 S2 增加 6.5%,说明随着密度的增加,增产幅度逐渐减弱。因此只能在一定的幅度内适当增加密度。

表 6 大垄双行处理对玉米产量性状的影响(2008)

Table 6 Effect of wide ridge and double row cropping on yield traits of maize								
处理 Treatments	空秆率/% Barren stalk rate	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear diameter	穗行数/个 Rows per ear	穗粒数/个 Kernels per ear	百粒重/g Weight of 100-kemel	单株穗重/g Ear weight per plant	产量 (kg·hm ⁻²) Yield
CK1	7.23a	24.8a	5.03a	14.67a	41.5a	29.1a	177.5ab	7413.0d
CK2	7.07a	23.9ab	4.99a	14.67a	39.8abc	28.1a	162.7bc	7931.6bcd
CK3	8.97a	23.4ab	4.87a	14.50a	37.1c	28.2a	151.7c	8282.2bc
S1	4.87a	23.4ab	5.11a	15.07a	40.3ab	30.0a	182.7a	7812.0cd
S2	5.57a	22.3b	5.04a	15.13a	39.4abc	28.9a	172.3ab	8530.5ab
S3	7.03a	23.3b	5.05a	15.13a	37.9bc	28.8a	164.8bc	9193.5a

对三年的产量结果统计显示,均是 S3 > S2 > S1 > CK1,在大垄双行条件下,当密度增加 16.7% 时(S2,5.25 万株·hm⁻²),比 CK1 增产 15.3%,当密度增加 33.3% 时(S3,6.00 万株·hm⁻²),比 CK1 对照增

产 21.8%(见表 7)。结合干物质积累的结果,我们分析得出 S3 和 S2 的产量高于 S1 和 CK1 的主导因素是亩穗数增加,而 S1 的产量高于 CK1,既有亩穗数增加的因素,也有单株穗粒重提高的因素。

表 7 不同密度大垄双行处理对玉米产量的影响/(kg·hm⁻²)

Table 7 Effect of wide ridge and double row cropping with different planting densities on yield of maize

处理 Treatments	产量 Yield				增产/% Yield increase
	2006	2007	2008	平均 Average	
CK1	7447.5b	6723.0b	7413.0b	7194.0b	—
S1	7617.0b	7041.0ab	7812.0b	7489.5ab	4.1
S2	8830.5a	7524.0ab	8530.5a	8295.0ab	15.3
S3	9199.5a	7890.0a	9193.5a	8761.5a	21.8

3 结 论

玉米机械化大垄双行直播高产配套技术是一项综合性技术。试验表明采用大垄双行可以提高 0 ~ 20 cm 土层中的土壤含水量,在干旱年份对缓解旱情非常有利。该技术改善了群体的通风透光条件,在密度增加 33.3% 后光照强度仍然没有显著减小。武志海等也发现大垄双行处理与对照在叶面积指数相同的情况下,可提高中下层叶片的光照强度,减低空秆率,提高成穗率,最终提高产量^[1,10]。徐娥等研究也发现大垄双行种植形式下采用双株定向播种方式创造了密中有疏的玉米群体结构,益于通风透光,提高光能利用率,从而提高了产量^[11]。其他研究也发现大垄双行栽培方式可以播种后形成宽窄行,具有边行效应,减少株间竞争,改善了玉米群体光照条件,提高群体光能利用率^[12-13]。依据试验分析得出高密度处理的产量高于低密度处理主导因素是亩穗数增加,相同密度下大垄双行技术增产主要是通过提高穗粒重、单位面积穗数和降低空秆率增加产量。大垄双行高密度条件下(6.00 万株·hm⁻²) 产量最高比 CK3 增产 11.0%。2008 年大垄双行技术在不增加物资投入的情况下,依靠耕作方式的变化,比对照增产 911.3 kg·hm⁻²,每公顷增收 1 275.82 元(按籽粒 1.40 元·kg⁻¹计)。综合分析,我们认为采用大垄双行技术可以增加产量。种植密度可以根据所选用品种比常规种植密度适当增加 20% ~ 30%

较为合适。

参 考 文 献:

[1] 武志海,张治安,陈展宇,等.大垄双行种植玉米群体冠层结构及光合特性的解析[J].玉米科学,2005,13(4):62-65.

[2] 李洪文,陈君达,邓 健,等.旱地玉米机械化保护性耕作技术及机具研究[J].中国农业大学学报,2000,5(4):68-72.

[3] 范秀玲,李凤海,史振声,等.玉米偏垄宽窄行种植方式的增产作用和生理特性研究[J].玉米科学,2010,18(1):108-111.

[4] 赵殿臣,陈 渊,王占哲.玉米大垄种植技术的试验示范效果及增产机制分析[J].黑龙江农业科学,2000,(5):14-18.

[5] 杨克军,李 明,李振华.栽培方式与作物群体结构对寒地春玉米光合性能及产量的影响[J].玉米科学,2006,14(5):78-83.

[6] 张学礼,胡振琪,初士立.土壤含水量测定方法研究进展[J].土壤通报,2005,36(1):118-123.

[7] 刘 爽,张兴义.不同耕作方式对黑土农田土壤水分及利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(1):126-131.

[8] 王庆成,牛玉贞,徐庆章,等.株型对玉米群体光合速率和产量的影响[J].作物学报,1996,22(2):223-225.

[9] 汤 华,黄益勤,严建兵,等.玉米优良杂交种豫玉 22 产量性状的遗传分析[J].作物学报,2004,30(9):922-926.

[10] 王 珍,武志海,徐克章.玉米群体冠层光合速率与叶面积指数关系的初步研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(2):9-12.

[11] 徐 娥,景希强,葛 超,等.不同种植形式和播种方式对春玉米光合特性及产量的影响[J].玉米科学,2005,13(4):62-65.

[12] 刘武仁,冯艳春,郑金玉,等.玉米宽窄行种植产量与效益分析[J].玉米科学,2003,11(3):63-65.

[13] 王庆杰,李洪文,徐迪娟,等.大垄双行玉米免耕播种技术研究[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):17-20.