

文章编号: 1005-0906(2006)02-0108-04

玉米密植和营养改良之研究

II. 行距对玉米产量和营养的效应

张永科¹, 孙 茂², 张雪君², 吴金平², 何仲阳¹, 马永平¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 河北隆化三北种业育种中心, 河北 隆化 068150)

摘 要: 4个直立叶型杂交种、3个种植行距(67 cm 等行条播、50 cm 等行条播、六角形穴播)、3个密度处理(6.0万、7.5万和9.0万株/hm²)的田间试验结果表明:行距对玉米产量的效应在中、低密度时不显现,在较高密度条件下才能显现,密度×行距对玉米具有(1+1)>2的耦合增产效应。

关键词: 玉米; 产量潜力; 栽培措施

中图分类号: S513.04

文献标识码: A

Study on Close Planting and Nutrient Improvement of Maize

II. Effect of Row Distance to Yield and Nutrition of Maize

ZHANG Yong-ke¹, SUN Mao², ZHANG Xue-jun², WU Jin-ping², HE Zong-yang¹, MA Yong-ping¹(1. *Agricultural College, NWSTUAF, Yangling 712100, China;**2. Breeding Center of Hebei Longhua Sanbei Seed Industry, Longhua 068150, China)*

Abstract: The result of field experiment by using 4 leaf straight-up type maize hybrids, 3 planting model (50 cm row distance, 6-angle shape, 67 cm row distance), 3 density (60 000 plants/ha, 75 000 plants/ha, 90 000 plants/ha) indicated that the maize yield difference from different plant-row distance conducted is not apparent under the lower and middle density, only did it apparent under high density(75 000 – 90 000 plants/ha); There was (1+1)>2 combination yield increase effect in process of maize produce using the optimum density × row distance.

Key words: Maize; Yield potential; Cultivation techniques

玉米是高光效 C₄ 植物,增产潜力大,其群体产量取决于该群体冠层光合系统的大小和效率。运用栽培技术建立科学合理的最佳光合系统,尽可能地提高玉米群体光合速率是提高群体质量、实现较高生物产量和尽可能达到经济产量的技术途径。玉米高产开发的实践以及不同生态条件下玉米库源潜力变化研究表明:“足群体、壮个体、高积累”是实现玉米产量潜力增进中玉米生长发育所有农艺技术攻关的总纲。

如何实现玉米生产中“足群体、壮个体、高积累”,过去玉米高产攻关的理论与实践研究认为,应通过品种改良,即培育推广叶片直立向上的“理想株型”高产杂交种,增加玉米种植密度实现“足群体”,

同时在栽培技术方面运用水、肥的调配进行玉米的规范化、模式化栽培以实现“壮个体”。但由于玉米群体不仅涉及到玉米群体的大小,也涉及到玉米群体的组成结构,特别是玉米在田间的配置状况。玉米的营养不仅涉及到玉米根际的水肥供给,也涉及到光、热、气、空间状况。所以在强调品种改良增密的过程中以及在高密度下如何运用栽培技术来确定玉米的最佳株行距,建立高光效玉米群体冠层光合系统,即株行距配置多大才能有利于玉米自身在足群体下最高效的利用养料实现壮个体,又有利于人类的耕作栽培。

本研究以直立叶型玉米杂交种作试材,设3个株行距配置处理,在6.0万、7.5万和9.0万株/hm²3个密度下进行田间试验。通过对各处理玉米生育期间叶面积系数和收获后产量性状的测定比较,对玉米生产中的密植和营养状况进行研究,探讨现代玉米杂交种最佳田间株行距配置,及运用栽培技术进行玉米的营养改良,实现玉米产量潜力的增进以及

收稿日期: 2005-04-29

基金项目: 西北农林科技大学植物遗传育种专项(05YZ008-4)

作者简介: 张永科(1963-),男,汉中市人,在读硕士,主要从事玉米育种研究工作。Tel:029-87081003 13002980322

E-mail: swj3869@sina.com

综合评价玉米新组合的丰产性和适应性。

1 材料与方法

1.1 试验品种及处理

选用 V₁ (65232 × 8355)、V₂ (89-1W × 5022)、V₃ (8112 × 8355)和 V₄(郑单 958)4 个直立叶型杂交种为试材。

设 50 cm 等行条播(处理Ⅰ)、六角形穴播(处理Ⅱ)和 67 cm 等行条播(处理Ⅲ)3 个株行距处理,以目前生产上普遍使用的 67 cm 等行条播为对照,各处理均单株留苗;每个处理设 6.0 万株 /hm²(D₁)、7.5 万株 /hm²(D₂)和 9.0 万株 /hm²(D₃)3 个密度,以 6.0 万株 /hm² 作对照(表 1)。

表 1 试验处理的株行距设置					cm × cm
代号	密度 (万株/hm ²)	50 cm 行距 (株×行)	六角形穴播 (株×行)	67 cm 行距 (株×行)	
D ₁	6.0	33.3×50.0	40.8×40.8	24.9×67.0	
D ₂	7.5	26.7×50.0	36.5×36.5	19.9×67.0	
D ₃	9.0	22.2×50.0	33.3×33.3	16.6×67.0	

1.2 试验实施

本试验在西北农林科技大学科技园区五星村北堡实验基地进行。试验地土壤为粘性口土。试验小区 4 m × 5 m=20 m²。试验按种植方式、密度处理、供试品种依次顺序排列,重复 4 次(3 次重复用于收获计产,1 次重复用于取样观测)。

试验地前茬夏玉米收后耕翻冬闲。播种前拖拉机深犁一遍后旋耕待播。旋耕前撒施陕复二铵 525 kg/hm²、尿素 105 kg/hm²、硫酸钾 75 kg/hm² 作底肥(折算每公顷施纯 N 148.1 kg,P₂O₅ 267.8 kg,K₂O 36.0 kg)。

试验于 2003 年 6 月 1 日播种。按试验设计先进行人工拉线划定行距,人工板锹开沟,再按密度要求设计算定的株距,人工带尺杆点播,每穴 3 粒种子,播种后人工覆土。试验地四周起垄。因干旱 6 月 2 日灌水,6 月 7 日再次灌水助苗出土,6 月 23 日 1 次间、定苗。6 月 20 日、7 月 1 日两次人工追施苗肥碳铵 975 kg/hm²、拔节肥尿素 525 kg/hm²(折算追施纯 N 436.1 kg/hm²)。其他管理同大田生产。

玉米开花盛期用人工测量法测定叶面积系数。试验于 2003 年 9 月 25 日收获。收获后进行室

内考种。脱粒后风干至恒重称重计产。试验结果的相关分析和方差分析采用常规方法进行统计分析。在对品种进行评比时,对照品种为 V₄(郑单 958);高产稳定性评价用改良高稳系数法来综合评价品种的丰产性和适应性。其计算公式为:

$H_{cv}(\%)=(\bar{x}-s)\cdot ya^{-1}\times 100\%$,其中 H_{cv} 越大,高产稳定性越好。

玉米生长期间苗期及开花授粉期共进行 3 次人工灌水。玉米灌浆期直到收获与往年相比连阴雨时间长,日照偏少。试验管理上水肥营养供给充足,有利于玉米生长发育和杂种优势发挥。

2 结果与分析

2.1 不同行距处理的玉米产量和营养比较

在一定密度下改变玉米的株行距可改变玉米单株内切圆营养面积,进而影响玉米产量。

玉米单株内切圆营养面积与群体产量的比较见表 2。由表 2 可见,玉米单株的内切圆营养面积以六角形穴播最大,50 cm 行距次之,67 cm 行距最小;群体产量以 50 cm 行距最高,六角形穴播次之,67 cm 行距最低;50 cm 行距总平均产量较六角形穴播平均增产 1 273.9 kg/hm²,增幅为 11.8%,较 67cm 行距平均增产 1 768.7 kg/hm²,增幅为 17.2%;六角形穴播较 67 cm 行距平均增产 494.8 kg/hm²,增幅为 4.8%。说明在相同的高密度下缩小行距、增大株距可增大玉米单株营养面积,有利于玉米营养的改良,提高群体产量。

2.2 不同密度下各行距处理的玉米产量

由表 2 还可以看出,在各密度下六角形穴播玉米单株内切圆面积最大,群体产量较高,但并不是最高;各行距处理随着密度的增大,玉米单株内切圆面积在缩小,群体产量则增加。但不同行距下密植增产效应差异较大,以 50 cm 行距条播玉米增产幅度最大。试验表明:虽然理论上分析六角形穴播玉米其单株内切圆营养面积最大,但高密度下六角形穴播的增产幅度并非最大,而且在具体的实施中,高密度下玉米追肥、灌水很不方便,因此在实际生产中六角形穴播玉米很难推广。

表 2 玉米单株内切圆营养面积与群体产量的比较

处 理	单株内切圆面积			平均产量			SSR 测验	
	面积(cm ²)	位 次	相对(%)	(kg/hm ²)	位 次	相对(%)	0.05	0.01
50 cm 行距	599.7	2	176.5	12 063.1	1	117.2	a	A
六角形穴播	1 074.3	1	316.3	10 788.2	2	104.8	b	B
67 cm 行距	338.0	3	100.0	10 293.0	3	100.0	c	B

注:单株内切圆面积的计算:在密度、行距一定时,以其株距的 1/2 作为单株内切圆半径 r,由圆面积公式 S=π r² 计算得到。

进一步分析表 3 数据, 比较行距对玉米群体产量的作用可以看出, 在较低(6.0 万株 /hm²)密度下, 缩小行距, 改善玉米营养面积对玉米增产的效应较小, 而且六角形穴播、50 cm 行距还较 67 cm 行距减产 0.3% ~ 3.1%; 随着密度的增大, 缩行增株(缩小行距、增大株距)对玉米的增产作用逐渐增强; 在 7.5 万株 /hm² 下, 50 cm 行距、六角形穴播分别较 67 cm 行距增产 21.2% 和 7.8%; 在 9.0 万株 /hm² 下, 两者较 67 cm 行距分别增产 30.8% 和 6.6%。表明缩行增株改善玉米单株的营养面积, 对玉米的增产效应在中、低密度时不显现, 随着密度的增大, 缩行增株改善玉米

单株营养面积的增产作用逐步增强。此外, 6.0 万株 /hm² 时 3 个行距的群体产量其差异较小, 当增大密度至 7.5 万株 /hm² 和 9.0 万株 /hm² 时, 缩小行距引起的个体营养面积的变化所导致的群体产量升高的增产效应渐次显著。说明改善玉米个体营养面积的增产作用只有在高密度(7.5 万 ~ 9.0 万株 /hm²)、群体压力对个体竞争发生作用以及群体压力对个体竞争十分激烈时才产生显著或极显著的增产效应。试验证明, 高密度下缩行增株改善玉米个体营养对玉米具有极显著的增产作用, 9.0 万株 /hm² 下 50 cm 行距条播玉米有利于玉米“足群体、壮个体”。

表 3 不同密度下玉米单株内圆营养面积与群体产量的比较

密 度 (万株/hm ²)	处 理	单株内切圆面积			平均产量			SSR 测验	
		面积(cm ²)	位 次	相对(%)	(kg/hm ²)	位 次	相对(%)	0.05	0.01
6.0	67 cm 行距	486.7	3	100.0	9 581.4	1	100.0	a	A
	六角形穴播	1 306.7	1	268.5	9 554.9	2	99.7	a	A
	50 cm 行距	870.5	2	178.9	9 283.9	3	96.6	a	A
7.5	50 cm 行距	559.6	2	180.0	12 065.4	1	121.2	a	A
	六角形穴播	1 045.8	1	336.4	10 731.5	2	107.8	b	B
	67 cm 行距	310.9	3	100.0	9 952.3	3	100.0	c	C
9.0	50 cm 行距	368.9	2	166.5	14 840.0	1	130.7	a	A
	六角形穴播	870.5	1	392.8	12 078.3	2	106.4	b	B
	67 cm 行距	216.3	3	100.0	11 354.3	3	100.0	c	C

2.3 行距 × 密度对玉米产量的效应

方差分析表明, 行距 × 密度对玉米产量的效应

达极显著水平。由表 4 可见, 各行距下密度对产量的效应大于各密度下行距对产量的效应。

表 4 行距 × 密度互作效应分析

各行距下的密度效应					各密度下的行距效应				
行 距	密 度 (万株/hm ²)	产 量 (kg/hm ²)	相 对 (%)	SSR 测验	密 度 (万株/hm ²)	行 距	产 量 (kg/hm ²)	相 对 (%)	SSR 测验
				0.05 0.01					0.05 0.01
50 cm	9.0	14 840.0	160.0	a A	6.0	67 cm	9 581.4	100.0	a A
	7.5	12 065.4	130.0	b B		六角形	9 554.9	99.7	a A
	6.0	9 283.9	100.0	c C		50 cm	9 283.9	96.9	a A
六角形	9.0	12 078.3	126.4	a A	7.5	50 cm	12 065.4	121.2	a A
	7.5	10 731.5	112.3	b B		六角形	10 731.5	107.8	b B
	6.0	9 554.9	100.0	c C		67 cm	9 952.3	100.0	c C
67 cm	9.0	11 345.3	118.4	a A	9.0	50 cm	14 840.0	130.8	a A
	7.5	9 952.3	103.9	b B		六角形	12 078.3	106.6	b B
	6.0	9 581.4	100.0	c B		67 cm	11 345.3	100.0	c C

表 5 行距 × 密度对玉米杂交种产量效应差异比较

行距 × 密度	位 次	产 量			LSR 测验	
		(kg/20 m ²)	(kg/hm ²)	相对(%)	0.05	0.01
Row 1 × D ₃	1	29.68	14 840.0	154.9	a	A
Row 2 × D ₃	2	24.16	12 078.3	126.1	b	B
Row 1 × D ₂	3	24.13	12 065.4	125.9	b	B
Row 3 × D ₃	4	22.69	11 345.3	118.4	c	BC
Row 2 × D ₂	5	21.47	10 731.5	112.1	d	C
Row 3 × D ₂	6	19.91	9 952.3	103.9	e	D
Row 3 × D ₁	7	19.16	9 581.4	100.0	e	D
Row 2 × D ₁	8	19.11	9 554.9	99.7	ef	D
Row 1 × D ₁	9	18.54	9 283.9	96.8	f	D

由表 5 可见, 9 个行距 × 密度组合在 4 个杂交种 × 3 个密度处理 × 3 次重复试验下, 总平均产量以 Row1 × D₃ 最高, 具体内容为 50 cm 行距 × 9.0 万株 /hm² 密度。

3 讨 论

(1) 行距对玉米产量的效应分析表明: 缩小玉米行距、增大株距、改良玉米营养的增产作用在中、低

密度时不显现,只在高密度(7.5 万~9.0 万株/hm²)、群体压力对个体竞争发生作用以及群体压力对个体竞争十分激烈时才产生显著或极显著的增产作用;在较高密度下,不同水平地缩小行距使玉米密植增产效应差异较大,以 50 cm 等行条播玉米增产幅度最大;虽然理论上分析六角形穴播玉米,其玉米单株内切圆营养面积最大,但试验表明高密度下的增产幅度并非最大,而且在具体的实施中,高密度下六角形穴播使玉米追肥、灌水很不方便。因此,现阶段在实际生产中六角形穴播玉米很难推广。

(2)行距×密度对玉米产量的效应分析表明:在采用优化的处理水平 50 cm 行距、9.0 万株/hm² 密度时,其对玉米互作的增产幅度(54.9%)大于两个单个因素增产百分率的相加值(51.9%),显示出玉米产量潜力增进中(1+1)>2 的耦合增产效应。由于缩小行距有利于玉米“壮个体”,密植有助于玉米“足群体”,因而行距×密度这种(1+1)>2 的互作增产效应,其实质也就是个体×群体的超加性互补互促作用。这种超加性互补互促的增产作用只有在优化行距、密度处理,并实施其优化处理的组装配套时才得以充分发挥。本研究结果证明:在本试验行距×密度的 9 个组合中,50 cm 行距×9.0 万株/hm² 在 4 个杂交种 3 次重复的总平均产量中最高;在 9.0 万株/hm² 密度下实施 50 cm 行距条播玉米,有利于行距和密度耦合增产效应的进一步增强。

参考文献:

- [1] 顾慰连,戴俊英,刘俊明,等.玉米高产群体叶层结构和光分布与产量关系的研究[J].沈阳农业大学学报,1985,16(2):1-8.
- [2] 孙运东,顾建新,郭迎春,等.玉米不同群体田间光合特征的分析[J].沈阳农业大学学报,1985,16(3):43-50.
- [3] 王庆祥,顾慰连,戴俊英,等.玉米群体的自动调节与产量[J].作物学报,1987,13(4):281-287.
- [4] 徐庆章,王庆成,牛玉贞,等.玉米株型与群体光合作用的关系研究[J].作物学报,1995,21(4):492-496.
- [5] 陈国平,李伯航.紧凑型玉米高产栽培的理论与实践[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [6] 王天铎.光合作用与作物产量[J].植物生理学通讯,1988,(1):52.
- [7] 李登海,黄舜阶,徐庆章,等.玉米株型在高产育种中的作用 I.株型的增产作用[J].山东农业科学,1992,(3):4-8.
- [8] 徐庆章,牛玉贞,王庆成,等.玉米株型在高产育种中的作用 II.不同株型玉米受光量的比较研究[J].山东农业科学,1992,(4):5-8.
- [9] 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):223-227.
- [10] 王忠孝,王庆成,牛玉贞,等.夏玉米高产规律的研究 I.高产玉米的生理指标[J].山东农业科学,1988,(5):8-10.
- [11] 刘开昌,王庆成,张清秀,等.玉米叶片生理特性对密度的反应与耐密性[J].山东农业科学,2000,(1):9-11.
- [12] 胡昌浩,董树亭,岳寿松,等.高产夏玉米群体光合与产量关系的研究[J].作物学报,1993,19(1):63-69.
- [13] 费西克 H.六角形穴播法[J].农业科学译报,1960,(2):70-71.
- [14] 范福仁,莫惠栋,秦泰辰,等.玉米种植方式研究[J].作物学报,1963,(4):399-408.
- [15] 山东农科院.中国玉米栽培学[M].上海:上海科技出版社,1983.
- [16] 山东农学院.作物栽培学[M].北京:农业出版社,1995.
- [17] 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,(3):246-252.
- [18] 张 瑛.美国玉米生产概况及高产栽培技术[J].杂粮作物,2000,(3):10-13.
- [19] 陈国平.美国玉米生产概况及考察后的反思[J].作物杂志,1992,(2):1-4.
- [20] 韩秉进,陈 渊,赵殿臣,等.玉米有效营养面积研究[J].玉米科学,2001,9(3):64-68.
- [21] 苏祯禄.夏玉米亩产 650~700 kg 技术指标[A].黄淮海玉米高产文集[C].杨凌:天则出版社,1990.133-140.
- [22] 李竞雄.玉米杂种优势回顾与展望[A].植物遗传理论与应用研讨会文集[C].北京:农业出版社,1990.5-8.
- [23] 张学舜,田守芳,刘经纬,等.普通玉米育种问题的探讨[J].玉米科学,2001,9(3):42-44.
- [24] 凌启鸿.论中国特色作物栽培科学的成就与振兴[J].作物杂志,2003,(1):1-7.
- [25] 张世煌,胡瑞法.加入 WTO 以后玉米种业技术进步和制度创新[J].杂粮作物,2004,24(1):19-22.
- [26] 王 昭.不同生态条件下玉米库源潜力变化研究[J].江苏作物通讯,1997,(6):6-9.
- [27] 温振民,张永科.用高稳系数法估算玉米杂交种高产稳产性的探讨[J].作物学报,1994,(4):509-512.
- [28] 张永科,袁公选,马永平,等.玉米杂交种高产稳产性参数的统计比较[A].作物科学研究理论与实践——2000 作物科学学术研讨会文集[C].北京:中国科学技术出版社,2000.
- [28] 周文伟,李桂芝,李俊杰,等.不同类型玉米杂交种对密度的反应评价[J].玉米科学,2004,12(专刊):63-65.
- [29] 王庆成,刘开昌.山东夏玉米高产栽培理论与实践[J].玉米科学,2004,12(专刊):60-62.
- [30] 刘武仁,刘凤成,冯艳春,等.玉米不同密度的生理指标研究[J].玉米科学,2004,12(专刊):82-83.
- [31] Meyer W S, et al. A portable chamber for measuring canopy gas exchange of crops subject to different root zone conditions. Agronomy Journal, 1987, 79: 181-184.
- [32] Wang Q C, et al. Relationship between plant type and canopy apparent photosynthesis in maize(*Zea mays* L.). Biology Plant Arum, 1995, 37(1): 85-91.
- [33] Wang Q C, et al. Effects of altered source-sink ration on canopy photosynthetic rate and yield of maize(*Zea mays* L.). Photosynthetic, 1996, 32(2): 271-276.