

文章编号: 1005-0906(2005)03-0087-04

玉米密植和营养改良之研究

I. 密度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(6.0万株/hm²、7.5万株/hm²、9.0万株/hm²)的田间试验结果表明:影响玉米产量潜力提高的主要因素是密度,其次为行距,再次为品种;在试验实施的密度、行距、品种各因素处理中,玉米杂交种产量均随密度的增大而增加,玉米营养面积随密度的增大而变小。

关键词: 玉米;产量潜力;密度

中图分类号: S513.042

文献标识码: A

Study on Close Planting and Nutrient Improvement of Maize

I. Effect of Density 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 Shaanxi 712100;

2. Breeding Center of Hebei Longhua Sanbei Seed Industry Longhua 068150, China)

Abstract: The result of field experiment with 4 leaf straight-up type maize hybrids, 3 planting models (50 cm distance between rows, 6-angle shape, 67 cm distance between rows), 3 densites (60 000 plants/ha, 75 000 plants/ha, 90 000 plants/ha) indicated: The first main factor which affect maize yield potential developing is density; The second is distance between rows; The third is variety under this experimental conditions; The yield of maize hybrids is increasing as density increasing, the maize nutrient area is decreasing as density increasing.

Key words: Maize; Yield potential; Density

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”,前人已有的玉米高产攻关研究的理论与实践研究较多的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,即株行距配置多大既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,迄今还未见到深入具体的研究报告。

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、7.5和9.0万株/hm²的3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,就玉米

收稿日期: 2004-11-29; 修回日期: 2005-04-29

基金项目: 陕西省农发办重点推广项目资助

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

E-mail:swj3869@sina.com

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,为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综合评价玉米新组合的丰产性和适应性等提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验品种及处理

本研究选用 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:①50 cm 等行条播(处理 I),②六角形穴播(处理 II),③67 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 D₁(6.0 万株/hm²)、D₂(7.5 万株/hm²)、D₃(9.0 万株/hm²)3 个密度定额,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

处理	50 cm 行距条播	六角形穴播	67 cm 行距条播
D ₁	33.3×50.0	40.8×40.8	24.9×67.0
D ₂	26.7×50.0	36.5×36.5	19.9×67.0
D ₃	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。试验地土壤为粘性土。试验小区 4 m×5 m。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)。

试验地前作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,人工板锄开沟,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 日一次间、定苗。6 月 20 日和 7 月 1 日两次人工追施苗肥 975 kg/hm² 碳铵、拔节肥 525 kg/hm² 尿素(折算每公顷追施纯 N 436.1 kg)。其它管理同大田生产。

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 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 三因素试验玉米产量结果

表 2 玉米三因素三裂式试验产量结果分析

因素	水平	产量 (kg/hm ²)	相对 (%)	产量极差	产量效应位次
行距	处理 I	12 061.3	117.2	1 767.0	2
	处理 II	10 789.2	104.8		
	处理 III	10 294.3	100.0		
密度	D ₃	12 755.5	134.7	3 282.2	1
	D ₂	10 917.8	115.3		
	D ₁	9 473.3	100.0		
品种	V ₁	10 533.5	91.6	1 341.9	3
	V ₂	11 748.0	102.1		
	V ₃	10 406.1	90.4		
	V ₄	11 505.7	100.0		

由表 2 可见,在本试验中对玉米杂交种产量作用最大的是密度,次为行距,再次为品种。密度 R(极差)3 282.2 kg/hm²,行距 R(极差)1 767.0 kg/hm²,品种 R(极差)1 341.9 kg/hm²。

2.2 三因素试验产量结果的方差分析

表 3 玉米行距、密度、品种三因素试验方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F 值	F _{0.05}	F _{0.01}
区组间	2	3.784 6	1.892 3	1.673 0	3.13	4.92
处理间	35	1548.355 5	44.238 7	39.111 2**	1.59	1.93
行距间	2	239.815 5	119.907 8	106.009 9**	3.13	4.92
密度间	2	799.299 5	399.649 8	353.328 4**	3.13	4.92
品种间	3	149.070 1	49.690 0	43.930 7**	2.74	4.08
行距×密度	4	178.414 2	44.603 6	39.433 8**	2.50	3.60
行距×品种	6	48.265 7	8.044 3	7.111 9**	2.23	3.07
密度×品种	6	45.686 6	7.614 4	6.731 9**	2.23	3.07
行距×密度×品种	12	87.803 9	7.317 0	6.468 9**	1.89	2.45
误差	70	79.179 7	1.131 1			
总变异	107	1 631.319 8				

由表 3 可以看出, 区组间误差不显著且极显著小于各处理间误差, 说明试验结果准确可靠。行距、密度、品种以及行距×密度、行距×品种、密度×品种、行距×密度×品种对玉米杂交种产量的效应均达极显著水平。在上述效应和互作中对杂交种产量作用效应的大小次序为密度>行距>品种>行距×密度>行距×品种>密度×品种>行距×密度×品种。统计分析结

果说明, 影响玉米产量潜力增进的主要因素是种植密度, 其次为行距, 再次为品种。在选用直立叶型玉米杂交种时, 行距×密度的作用也很大; 在优化密度、行距、品种三个因素的同时还应注重行距×密度×品种的最佳配置。

2.3 密度对玉米营养和产量的影响

由表 4 可见, 随着种植密度的增大, 玉米单株内

表 4 不同密度下玉米单株内切圆面积与群体产量的比较

密度(万/hm ²)	单株内切圆		平均产量			产量差异 SSR 测验	
	S cm ²	相对%	kg/hm ²	相对%	位次	0.05	0.01
D ₃	487.0	54.8	12 754.5	134.7	1	a	A
D ₂	638.8	71.9	10 916.4	115.3	2	b	B
D ₁	888.0	100.0	9 473.4	100.0	3	c	C

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 $S=\pi r^2$ 计算得到。

切圆面积逐步缩小, 而群体产量则显著增加。密度由 D₁ 增大至 D₂ 时, 密度增大 25%, 玉米单株内切圆面积缩小 28.1%, 群体产量增加 15.3%; 密度由 D₁ 增大至 D₃ 时, 密度增大 50%, 玉米单株内切圆面积缩小 45.2%, 群体产量增加 34.7%。试验表明, 增大密度可使玉米营养恶化, 但能使玉米群体产量极显著

增加, 玉米密植增产的效应随密度的增大而增强, 群体对产量的增产作用随密度的增大而逐步增强。因此, 在一定群体密度下, 增大玉米单株内切圆营养面积, 可提高玉米群体产量; 缩小玉米单株内切圆营养面积, 增大群体密度, 可显著增加群体产量。

2.4 不同行距下密度对玉米产量和营养的影响

表 5 不同行距、不同密度下玉米单株内切圆营养面积与群体产量的比较

行距处理	密度(万株/hm ²)	单株内切圆面积			平均产量			产量差异 SSR 测验	
		S cm ²	位次	相对%	kg/hm ²	位次	相对%	0.05	0.01
处理 I	D ₃	368.9	3	42.4	14 840.0	1	160.0	a	A
	D ₂	559.6	2	64.3	12 065.4	2	130.0	b	B
	D ₁	870.5	1	100.0	9 283.9	3	100.0	c	C
处理 II	D ₃	870.5	3	66.6	12 078.3	1	126.4	a	A
	D ₂	1 045.8	2	80.0	1 073.5	2	112.3	b	B
	D ₁	1 306.7	1	100.0	9 554.9	3	100.0	c	C
处理 III	D ₃	216.3	3	44.4	11 345.3	1	118.4	a	A
	D ₂	310.9	2	63.9	9 952.3	2	103.9	b	B
	D ₁	486.7	1	100.0	9 581.4	3	100.0	c	C

由表 5 可看出, 各行距下均表现随着密度的增大玉米群体产量在提高, 玉米单株内切圆面积在缩小。但增产和减少的百分数各不相同。处理 I 时, 密度从 D₁ 到 D₃ 群体产量提高 60%, 玉米单株营养面积减少 57.6%; 处理 II 时, 密度从 D₁ 到 D₃ 群体产量增加 26.4%, 玉米个体营养面积减少 33.6%; 处理 III 时, 密度从 D₁ 到 D₃ 群体产量增加 18.4%, 玉米个体营养面积减少 56.6%。说明处理 I 下玉米密植和营养改良效果最显著。

3 讨论

玉米是喜光温短日照作物。在玉米产量潜力的持续增进中, 遗传改良, 特别是杂种优势的利用使玉米产生了划时代的增产作用。因此, 人类从光能利用的角度通过广泛的遗传改良改变玉米形态以利密植。20 世纪 60 年代随着人们对理想株型玉米杂交

种的研究培育, 人们开始探讨玉米在田间的种植方式, 到 20 世纪 90 年代, 在我国大面积普及推广紧凑型玉米杂交种成功以后, 玉米超高产攻关研究认为: 玉米杂交种产量潜力是亲本配合力(个体)和株型(群体)综合作用的结果, 玉米杂交种群体产量取决于增密过程中足群体下均衡较高的单株(个体)产量。因此, 在采用直立叶型优良玉米杂交种时, 应注重增大密度与光、热、水、气、肥、空间等营养改良的相互统一, 即采取人工栽培的措施使群体与个体相互协调、互补而不相克(或相克降到最低)。

玉米密植具有极显著的增产效应, 以 50 cm 行距时玉米密植(7.5 万~9.0 万株/hm²)的增产幅度最大。

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] H. 费西克. 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] 苏祯祿. 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, 1990.
- [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.
- [29] Meyer W S, et al. A portable chamber for measuring canopy gas exchange of crops subject to different root zone conditions[J]. Agronomy Journal, 1987, 79: 181-184.
- [30] Wang Q C, et al. Relationship between plant type and canopy apparent photosynthesis in maize (*Zea mays* L.)[J]. Biology Plant Arum, 1995, 37(1): 85-91.
- [31] Wang Q C, et al. Effects of altered source-sink ration on canopy photosynthetic rate and yield of maize (*Zea mays* L.)[J]. Photosynthetic, 1996, 32(2): 271-276.

欢迎订阅 2006 年《玉米科学》

《玉米科学》杂志是 1992 创刊, 由吉林省农业科学院主办。近年来, 玉米科学已经发展成为我国惟一的玉米学术刊物, 在国内外玉米界具有较大影响。2004 年被评为中文核心期刊。

《玉米科学》是理论与实践相结合、普及与提高相结合的刊物。主要报道: 遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、专家论坛、国内外玉米科研动态、新品种信息等方面的内容。适合科研、教学、生产及管理方面的人员参考。

《玉米科学》为双月刊, 双月 15 日出版。大 16 开本, 176 页, 每期定价 15 元, 全年 90 元。国内外公开发行, 邮发代号: 12-137, 全国各地邮局(所)均可订阅, 漏订者可直接向本刊编辑部补订。地址: 吉林省公主岭市科贸西大街 303 号, 邮编: 136100。

《玉米科学》刊登广告, 广告经营许可证: 四广字 050104 号。有意者请与本刊编辑部联系, Tel: 0434-6283137, E-mail: ymkx@cjaas.com。