

文章编号: 1005-0906(2005)04-0062-04

大垄双行种植玉米群体冠层结构及光合特性的解析

武志海, 张治安, 陈展宇, 徐克章

(吉林农业大学农学院, 长春 130118)

摘要: 通过采用大垄双行的种植方式, 在不同密度下对 3 种株型的玉米建立不同的群体冠层结构, 并测定了其光合特性。结果表明: 大垄双行种植玉米可改善冠层中下层叶片的光照条件, 提高叶绿素含量, 可使中下层叶片光合速率增加 5% ~ 10%, 气孔导度增加 10% 左右。

关键词: 玉米; 大垄双行; 冠层结构; 光合特性

中图分类号: S513.04

文献标识码: A

Researched on Characteristics of Canopy Structure and Photosynthetic Characteristic of Maize Planting in Double Lines at One Width Ridge

WU Zhi-hai, ZHANG Zhi-an, CHEN Zhan-yu, XU Ke-zhang

(College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Three type maize colony were planted by double lines at one width ridge in different planting density, and photosynthetic characteristic were be measured. The result showed: Photo flux condition of middle and under layer leaf of maize were improved by double lines at one width ridge. Photosynthetic characteristic of middle and under layer leaf were elevated 5% - 10%, chlorophyll content were enhanced, Stomata conductance were increased about 10% approximately.

Key words: Maize; Double lines width ridge; Canopy structure; Photosynthetic characteristic

作物产量是由作物光合特性决定的, 而光合特性又受作物生长的微环境和冠层特性所控制。G.W. Wall^[1]的研究认为, 小麦不同冠层结构对叶面积指数、光截获和 CO₂ 同化速率有一定影响, 改变冠层结构主要是改变了作物 LAI 的季节性变化, 通过改变行距, 可改变冠层的截光能力。Mimlgowan^[2]等研究了高粱在 6.6 万株/hm² 密度下, 行距分别为 0.5、1.0 和 1.5 m 时植株生长和群体冠层内光分布以及水分利用效率进行了研究。Eastin(1969)建议每一种基因型的玉米品种, 都应有不同的行距和种植密度, 植株冠层结构才能达到适宜的叶面积^[3]。大垄双行的种植方式早有报道, 不同株型玉米群体的光合特

性研究也有很多报道^[4,5], 但采用大垄双行对不同株型的玉米群体冠层结构和光合特性的影响报道很少。本试验通过大垄双行的种植方式, 旨在改变正常种植方式下玉米群体的冠层结构和光合特性, 并构建适合各品种玉米的适宜冠层结构, 探索大垄双行创高产的生理基础。

1 供试材料及方法

1.1 供试玉米品种

供试玉米品种为吉林农业大学农学院种子分公司提供的耐密型品种四密 25、中间型品种农大 3138 和平展型品种吉单 159。

1.2 试验小区设计和管理方法

本试验采用大垄双行(大垄垄距 80 cm, 小垄垄距 40 cm)和正常种植两种方式, 随机区组设计。试验因素有品种和密度。玉米品种选用耐密型品种四密 25 和平展型品种吉单 159; 四密 25 的密度分别为 5.5、6.0 和 6.5 万株/hm²; 农大 3138 的密度分别为

收稿日期: 2005-04-10

基金项目: 吉林省科技厅资助项目(吉科合字第 980501)

作者简介: 武志海(1975-), 男, 硕士, 讲师, 从事作物光合生理研究。

Tel: 0431-4533315(H) 13500824821

E-mail: wuzhihai751116@sina.com

徐克章为本文通讯作者。0431-4532893(0)

4.5、5.0 和 5.5 万株/hm²; 吉单 159 的密度分别为 4.0、4.5 和 5.0 万株/hm²。每小区行长 9 m,宽 8 m,3 次重复,共 54 个小区。

田间试验在吉林农业大学农业试验站试验田中进行。底肥:硫酸钾 50 kg/hm²,尿素 100 kg/hm²,磷酸二铵 100 kg/hm²。2001 年 4 月 29 日播种,各密度严格按播种绳穴播。分别于 6 月 25 日和 7 月 20 日两次追肥,共追尿素 350 kg/hm²。整个生育期按常规管理。

1.3 测定指标及方法

光合速率:美国产 LI-6400 型便携式光合作用测定系统在田间直接测定。

气孔导度:美国产 LI-6400 型便携式光合作用测定系统在田间直接测定。

叶绿素含量:用无水乙醇:丙酮=1:1 提取叶绿素,用直径为 1 cm 的打孔器打两孔,放入 10 mL 提取液中,置于暗处,待叶片变白,用 721 分光光度计于 663 nm 和 645 nm 下比色,由 Arnon(1949)公式计算叶绿素含量。

叶面积:用长宽系数法, $S=长\times宽\times0.75$ 。
叶向值: $LOV=(90^\circ-叶茎夹角)\times叶片直立高度/叶长$ 。
叶面积指数:参照叶面积指数法测定^[6]。

2 结果与分析

2.1 大垄双行种植的玉米群体冠层结构特性

2.1.1 茎叶夹角和叶向值的变化特性

从表 1 可以看出,对于同一品种来说,茎叶夹角表现为下层叶>中层叶>上层叶,叶向值表现为上层叶>中层叶>下层叶,大垄双行的叶向值小于正常种植,中层叶表现尤为明显。这主要是因为正常种植条件下,叶片稍偏上冲;而大垄双行种植情况下,大垄的光照条件以及气体条件充足,叶片较平展,有利于光的截获和光能的利用。3 个品种冠层特性有明显的不同,四密 25 大垄双行全株平均茎叶夹角为 32.6°,叶向值为 36.4;农大 3138 平均茎叶夹角为 37.1°,叶向值为 31.5;吉单 159 全株平均茎叶夹角为 40.5°,叶向值为 24.8。

表 1 不同种植方式玉米群体冠层结构特性

处 理		四密 25		农大 3138		吉单 159	
		茎叶夹角(度)	叶向值	茎叶夹角(度)	叶向值	茎叶夹角(度)	叶向值
上层叶	大垄双行	21.5	50.3	22.8	45.3	21.7	35.6
	对 照	18.9	49.6	20.5	40.1	23.5	33.9
中层叶	大垄双行	35.6	37.4	45.3	30.0	51.6	23.5
	对 照	33.2	33.5	46.9	31.5	53.1	24.2
下层叶	大垄双行	40.6	21.5	43.4	20.1	48.8	15.5
	对 照	39.3	26.3	44.5	19.8	49.6	16.4

2.1.2 不同株型玉米群体的叶形(叶长、叶宽、叶长/叶宽)

从表 2 可知,平展型品种吉单 159 叶片最长,其次是中间型品种农大 3138,叶片最短为耐密型品种四密 25;而叶宽则为四密 25>吉单 159>农大 3138。在同一生育期内,不同品种的叶长/叶宽有所不同,表现为农大 3138>吉单 159>四密 25。在同一生育期内,3 个品种均表现为大垄双行种植的叶长比正常

的叶长长,两种种植方式下四密 25 的叶宽比较接近,农大 3138 和吉单 159 的叶宽都有大垄双行大于对照的趋势。同一品种在整个生育期内叶长/叶宽的值基本上呈逐渐减小的趋势,减小幅度最大的时期为从大喇叭口期(7 月 7 日)到抽雄期(7 月 21 日),说明在此生育期期间,叶长的发展较缓,而叶宽的发展较快。

表 2 不同玉米群体不同生育时期的叶形

处 理		四密 25			农大 3138			吉单 159		
		叶长(cm)	叶宽(cm)	叶长/叶宽	叶长(cm)	叶宽(cm)	叶长/叶宽	叶长(cm)	叶宽(cm)	叶长/叶宽
拔节期	大垄双行	59.0±2.8	6.2±0.44	9.52	59.1±4.5	5.8±0.51	10.19	65.1±2.5	6.5±0.48	10.02
	对 照	49.6±5.3	5.8±0.62	8.55	58.8±2.7	6.2±0.44	9.48	61.3±3.4	6.3±0.29	9.70
大喇叭口期	大垄双行	93.3±2.9	10.1±0.54	9.23	93.7±2.9	8.9±0.92	10.50	98.5±4.6	10.1±0.69	9.80
	对 照	89.2±2.2	10.3±0.79	8.66	91.0±5.2	8.1±0.29	11.20	96.1±5.8	9.3±0.45	10.30
抽雄期	大垄双行	97.0±3.4	12.6±1.02	7.70	106.4±2.8	10.7±0.91	9.91	110.3±0.9	12.0±0.26	9.19
	对 照	91.6±2.2	12.6±1.28	7.27	100.3±3.1	11.7±0.81	8.60	99.2±5.4	11.6±0.45	8.56
灌浆期	大垄双行	93.1±4.2	12.1±1.07	7.69	100.0±7.0	11.4±0.96	8.80	96.6±4.6	11.8±1.22	8.18
	对 照	89.7±4.1	12.9±0.66	6.95	98.2±8.3	10.7±0.95	9.20	99.3±6.3	11.0±1.05	9.03

2.1.3 整个生育期内叶面积指数的变化

从图 1 可以看出,从苗期到大喇叭口期 LAI 迅

速增长,抽雄期至灌浆期基本是 LAI 稳定期,灌浆期以后 LAI 开始下降。在营养生长阶段(苗期至大喇

叭口期),大垄双行种植的玉米与正常种植的玉米 LAI 之间无明显差别。在 LAI 稳定期大垄双行体现了明显的优势,LAI 一般比正常种植大 0.3 ~ 0.5,而且耐密型品种四密 25 的叶面积指数要高于其它两个品种,其最大叶面积指数达 5.25,农大 3138 最大 LAI 为 4.68,吉单 159 为 3.98。大垄双行具有较高的叶面积指数,这可能是由于大垄双行的光照优势和气体条件优势,给叶片充分的发展空间,创造了良好的发展势头,造成中层叶叶面积较大的原因;再加上生殖生长前期中层叶片光合作用较强,不仅可满足生殖生长而且光合作用合成的有机物质可继续供给营养生长部位,缓和了营养生长与生殖生长之间的矛盾,也最大限度地协调了个体之间的矛盾。

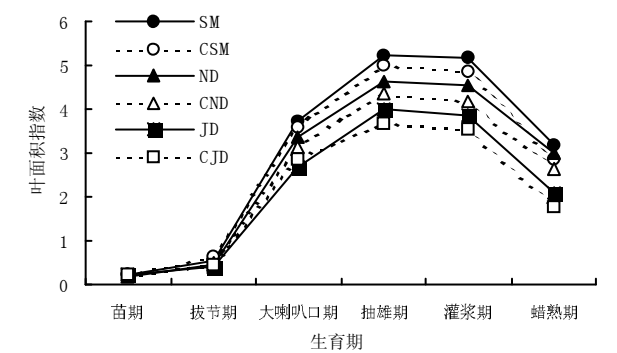


图 1 整个生育期内不同品种玉米 LAI 的发展曲线

2.1.4 叶面积指数与冠层中光照强度之间的关系

从不同株型玉米、不同生育时期测得的叶面积指数(LAI)和相应冠层中的光量子密度(PFD)来看,LAI 和 PFD 呈负相关关系(图 2),随着 LAI 增加,PFD 迅速降低,相关系数为-0.970 3。而且大垄双行种植的冠层在 LAI 为 2.0 ~ 5.4 时,冠层内 PFD 比正常种植的冠层内 PFD 要大。说明在玉米生长中后期,大垄双行的透光能力更明显,这也是增产的关键原因。

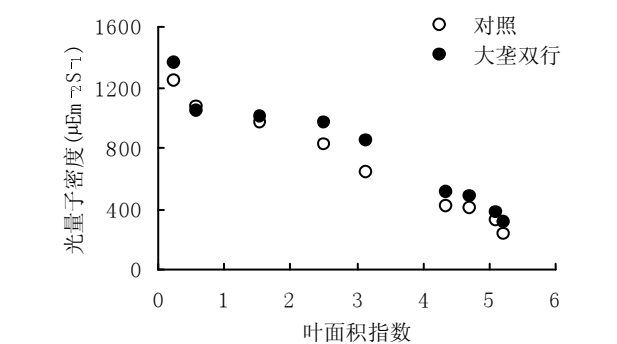


图 2 叶面积指数与光量子密度的关系

2.2 不同群体冠层玉米光合特性的变化

2.2.1 不同群体玉米不同层次叶片的光合速率

表 3 玉米群体冠层内不同层次叶片的光合速率
 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$

品 种	上层叶		中层叶		下层叶	
	大垄双行	对照	大垄双行	对照	大垄双行	对照
四密 25	25.4	24.8	26.2	23.2	14.3	12.1
农大 3138	23.5	24.1	25.7	24.1	15.5	13.0
吉单 159	22.6	22.5	24.8	22.3	12.6	10.7

从表 3 可知,玉米群体冠层内不同层次叶片的光合速率大小为中层叶>上层叶>下层叶。其中,中上层叶片光合速率较接近,且远大于下层叶片,大垄双行种植的玉米中层叶片的光合速率明显大于对照中层叶片的光合速率。从光响应曲线(图 3)来看,在 400 ~ 600 $\mu\text{E}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间,光合速率也只能在 12 ~ 20 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 之间,远低于所测得的冠层内的光合速率值,这主要是因为光合作用的光反应是一个在极短时间内光合成的过程,在极短的高强度光照下可能激发电子传递,发生一系列光反应过程,在中层叶片和下层叶片中,有“光斑”(light flecks)存在,“光斑”是太阳直射光从叶片互相交错的缝隙中穿过形成的,在叶片上形成的不规则圆斑。“光斑”处的光量子密度可达到 1 300 ~ 1 400 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,这一光量子密度是足以满足高光合作用特性的光需求。大垄双行大垄叶片之间空隙较大,因此中层叶片接受“光斑”较多,从而中下层叶片光合速率高于对照。Thomas Sharkey 等^[7](1986)深入讨论了“光斑”的存在对阴生植物的作用,目前,这方面的讨论报道尚少。但阳生植物冠层下部叶片也具有阴生特性,对“光斑”的反应也很敏感,进一步的研究还有待深入。

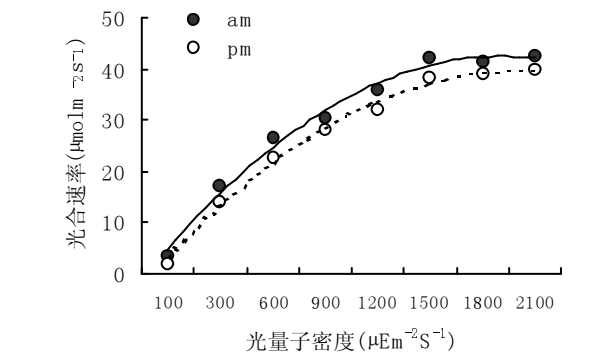


图 3 玉米穗位叶光合作用的光响应曲线

2.2.2 不同层次叶片叶绿素含量的变化

由表 4 可知,不同层次玉米叶片叶绿素 a+b 的含量表现为中层叶>上层叶>下层叶,且有 大垄双行果穗叶叶绿素含量高于正常种植的趋势。叶绿素 a/b 的值表现为下层叶>上层叶>中层叶。特别是大垄双行能绝对的提高中下层叶片叶绿素 a 的含量。由

于 PS II 和 PS I 的反应中心色素分子都为叶绿素 a, 因此使得中下层叶片光系统发达, 能在较弱的光照条件下进行高效的光合作用。随着玉米冠层的加深, 下层叶所接受的光照强度要减弱, 而且在光照透过叶片或叶片夹缝时, 光质也发生不同程度的变化, 下层叶接受的绿光相对多, 不利于叶绿素的形成, 但大

垄双行可改善大垄中、下层叶片的受光状况, 因此也提高了中下层叶片的叶绿素含量。关于不同层次叶片叶绿素含量的变化, 本试验结论与左宝玉(1987)等^[8]的研究结论基本一致, 但 Chla/Chlb 的比值有一定差异, 存在差异的原因可能是由于所测时间的不同造成的。

表 4 不同种植方式玉米群体不同叶位叶片叶绿素含量的变化(7 月 28 日测定) mg/dm²

处 理		四密 25		农大 3138		吉单 159	
		Chl(a+b)	Chla/Chlb	Chl(a+b)	Chla/Chlb	Chl(a+b)	Chla/Chlb
上层叶	大垄双行	6.73	0.98	7.29	1.08	6.74	0.93
	对 照	6.18	1.10	7.43	1.03	6.44	0.93
中层叶	大垄双行	8.55	0.98	8.32	0.97	7.37	1.54
	对 照	7.42	1.04	8.09	0.95	6.73	0.88
下层叶	大垄双行	6.35	1.80	6.68	1.53	5.24	1.11
	对 照	6.20	1.40	6.54	1.00	5.17	1.23

2.2.3 不同玉米群体不同层次叶片气孔导度

四密 25 叶片的气孔导度表现为中层叶>上层叶>下层叶, 吉单 159 和农大 3138 均表现为上层叶>中层叶>下层叶。株型的不同导致冠层结构以及冠层内光分布的差异。四密 25 中层叶的气孔导度较高, 有利于中层叶的光合作用, 农大 3138 和吉单 159 正常种植的中层叶片气孔导度远低于上层叶的

气孔导度。大垄双行种植能使 3 种株型玉米中层叶片的气孔导度都有提高。其中四密 25 提高最明显, 其次是吉单 159 和农大 3138。大垄双行对下层叶片的气孔导度也有一定提高。因此, 大垄双行提高了中下层叶片的气孔导度, 改善了中下层叶片的光合特性, 为创高产奠定了基础。

表 5 不同种植方式下玉米群体冠层内不同层次叶片的气孔导度的变化(7 月 24 日测定) mol/(m² · s)

处 理		四密 25(万株/hm ²)			农大 3138(万株/hm ²)			吉单 159(万株/hm ²)		
		5.5	6.0	6.5	5.0	5.5	6.0	4.0	4.5	5.0
上层叶	大垄双行	0.70	0.78	0.82	0.81	0.90	0.85	0.89	0.92	0.86
	对 照	0.72	0.71	0.70	0.70	0.81	0.79	0.81	0.88	0.87
中层叶	大垄双行	0.99	0.88	0.90	0.78	0.87	0.73	0.85	0.85	0.79
	对 照	0.82	0.80	0.82	0.72	0.74	0.62	0.80	0.73	0.62
下层叶	大垄双行	0.40	0.69	0.66	0.66	0.67	0.59	0.58	0.80	0.70
	对 照	0.43	0.54	0.63	0.51	0.53	0.57	0.75	0.69	0.67

3 小 结

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。紧凑型玉米品种大垄双行种植的平均叶夹角比对照大, 而平展型和中间型玉米品种的平均叶夹角比对照小, 这更有利于光能的利用, 发挥大垄双行的冠层优势。大垄双行种植可促进玉米生育后期叶宽的发展, 可增加冠层的截光能力, 扩大光合面积, 充分利用不同层次的光资源。大垄双行在与对照同样叶面积指数的情况下, 中下层叶片的光照强度可提高 15%左右, 光合速率提高 5%~10%, 气孔导度提高 10%左右, 叶绿素 a 的含量得到绝对的提高, 从而改善了中下层叶片的光合特性。采用大垄双行种植玉米还可在各种株型的适宜种植密度下适当提高 5 000 株/hm², 有进一步增产的可能。

参考文献:

[1] Wall G W, Kanemasu E T. Carbon dioxide exchange rate in wheat canopies. Part I, Influence of canopy geometry on trends in leaf area index, light interception and instantaneous exchange rates[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 1990, 49: 81-102.

[2] McGowan M, Taylor H M, Willingham J. Influence of row spacing on growth, light and water use by sorghum [J]. Journal of Agricultural Science, 1991, 116: 329-339.

[3] Daynard T B, Muldoon J F. Plant-60-plant variability of maize plants grown at different densities[J]. Plant sci., 1983, 63: 45-59.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992.

[7] Thomas S, Jeffrey R S, Robert W P. Contribution of metabouites of photosynthesis to postillumination CO₂ assimilation in response to light flacks[J]. Plant physiol., 1986, 82: 1063-1068.

[8] 左宝玉, 李世仪, 匡廷云. 玉米不同层次叶片叶绿体的超微结构和叶绿素含量的变化[J]. 作物学报, 1987, 13(3): 213-217.