

文章编号: 1005-0906(2006)05-0094-04

高产玉米群体的冠层结构及光合特性分析

曹 娜, 于海秋, 王绍斌, 于 挺, 曹敏建

(沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

摘 要: 以紧凑型高产玉米品种郑单 958 为试验材料, 用红外气体分析仪和冠层分析仪测定并比较了不同密度下玉米群体的冠层结构和光合特性。结果表明: 高产玉米群体的产量增加源于肥水管理与综合栽培技术创建了合理的群体冠层结构, 在追求较高的叶面积指数且使之尽早达到最佳状态、减少前期光能漏射损失的同时, 保证了叶片维持较长的功能期, 尤其在吐丝至乳熟期间。高产玉米群体在大喇叭口期至吐丝期叶面积指数(LAI)为 4.0 ~ 4.6, 乳熟期不低于 3.2, 吐丝期平均净光合速率(CO_2)为 $31.2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

关键词: 玉米; 高产群体; 冠层结构; 光合特性

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Analysis on Canopy Structure and Photosynthetic Characteristics of High Yield Maize Population

CAO Na, YU Hai-qiu, WANG Shao-bin, YU Ting, CAO Min-jian

(College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: The canopy structure and photosynthetic characteristics of maize populations with different densities were contrasting studied with an infrared CO_2 analyzer and canopy analyzer in the compact and high yield type Zheng-dan 958. The results showed that the increased yield of high yield population belonged to construct the reasonable canopy structure by fertilizer and water control and cultural techniques, the leaf area index was high and came to the best suitable condition early to the full, lessened light losses at development earlier stage, prolonged leaves functional period, especially from flowering stage to milk stage. It could be concluded that the suitable LAI for high yield of maize was 4.0 – 4.6 from malle trail stage to flowering stage and more than 3.2 at milk stage, the net photosynthetic rate(CO_2) was $31.2 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ at flowering stage.

Key words: Maize; High yield population; Canopy structure; Photosynthetic characteristics

玉米群体冠层结构中微环境的变化对玉米产量及品质起着决定性作用, 特别是光分布及玉米光合特性表现决定了玉米群体光能利用效率的高低。王珍等研究了玉米群体冠层光合速率与叶面积指数的关系, 指出群体与单株在此方面的协调是夺取高产的必要条件; 徐恒永、董树亭等认为, 作物群体大小、结构与产量有关系。Modarres 和 Louwerse 指出冠层内高光、富 CO_2 对玉米生长发育有影响。但这些研究较少涉及大田自然情况。在辽宁省玉米主产区,

高产玉米群体冠层内株间的微环境变化特性目前尚不清楚。本试验以紧凑型玉米品种郑单 958 为试验材料, 分析高产玉米群体冠层结构及光合特性, 解析高产玉米群体冠层内不同层次的结构特征、光合生理及微生态环境特点, 旨在明确高产玉米群体生理机制, 为进一步研究超高产玉米栽培模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及试验品种

试验地设在沈阳市辽中县大黑岗子乡农技推广站, 供试土壤为耕型沙质碳酸盐草甸土, 地力均匀。土壤有机质含量 0.92%, 碱解氮含量 87.34 mg/kg , 速效磷含量 58.04 mg/kg , 速效钾含量 57.05 mg/kg , 速效锌含量 0.23 mg/kg , 土壤 pH 6.73。

收稿日期: 2005-12-18; 修回日期: 2006-01-16

基金项目: 国家科技攻关计划项目资助(2004BA520A-11)

作者简介: 曹 娜(1981-), 女, 在读硕士, 从事作物栽培与耕作研究。

Tel: 13940568123 E-mail: caona8122@163.com

曹敏建为本文通讯作者。Tel: 024-88487136

E-mail: caominjian@163.com

供试玉米品种为郑单 958。

1.2 试验设计

高产试验地面积为 1.2 hm²,大垄双行种植(大垄宽 75 cm,小垄宽 45 cm,株距 24 cm),种植密度为 75 000 株 /hm²。常规大垄直播(行距 60 cm,株距 33 cm)为对照,种植密度为 52 500 株 /hm²。4 月 26 日播种,9 月 24 日收获。

高产田在打垄的同时深施底肥,每公顷条施尿素 300 kg(配施“肥隆”15 kg)、有机肥 3 万 kg。药剂拌种防治地下害虫。播种时每公顷施磷酸二铵 300 kg、硫酸钾 300 kg、硫酸锌 15 kg、尿素 300 kg,整个生育期追施尿素两次,第一次在大喇叭口期(7 月 8 日)525 kg,第二次穗肥(8 月 5 日)225 kg。种肥施用西洋复合肥(总养分≥45%,N、P、K 含量分别为 13%、17%、15%)525 kg/hm²。对照管理措施同当地玉米大田生产。

1.3 测定项目及方法

分别在苗期、拔节期、大喇叭口期、抽雄期、吐丝期、乳熟期、蜡熟期测定单株叶面积动态变化,采用长宽系数法;测定群体叶面积指数和无截取散射的动态变化,利用冠层分析仪(LAI-2000,Li-Cor Inc, Lincoln NE, USA);测定叶绿素含量动态变化,利用 SPAD 叶绿素仪;测定光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO₂ 浓度,测定时间为上午 9:00~11:00,利用红外气体分析仪(LI-6400,Li-Cor Inc, Lincoln NE, USA);收获前调查实有穗数、双穗率及空秆率,按测定点(梅花 5 点,每点 10 m²)每点选取有代表性的 10 穗考种,测定产量及其构成因素。

2 结果与分析

2.1 单株叶面积动态变化

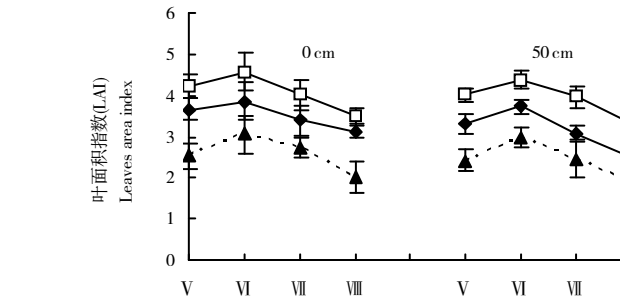
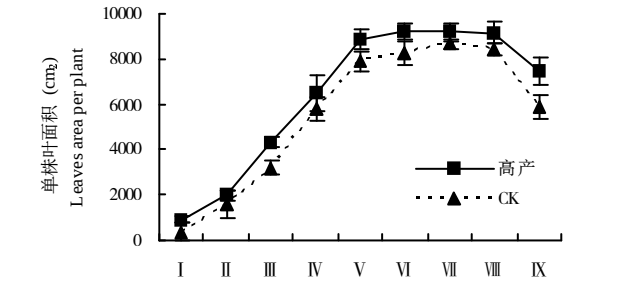


图 2 高产处理和对照下玉米不同生育时期的叶面积指数
Fig.2 LAI of high yield treatment and comparison at different mature stages

图 2 显示,不同生育时期的 LAI 基本上是高产田窄垄>高产田宽垄>对照。从大喇叭口期至抽雄期,不同层次叶面积指数的变化趋势大致为高产田

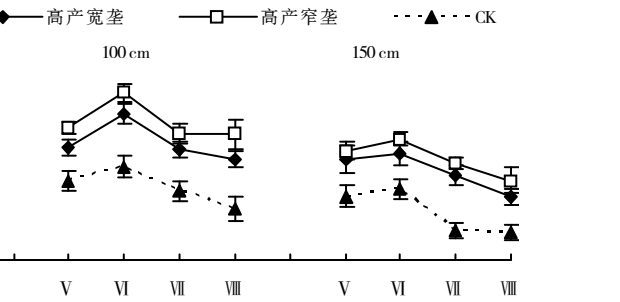
图 1 表明,苗期两个处理差异不显著。拔节至大喇叭口期,两个处理的单株叶面积增长均较快,高产处理的单株叶面积均显著高于对照($F_{拔节初期}=50.28, P<0.01; F_{拔节期}=20.48, P<0.05; F_{大喇叭口期}=16.57, P<0.05$);自抽雄期开始,单株叶面积增长变得缓慢,高产处理先达到最大单株叶面积(9 245.90 cm²),而对照晚于高产处理 8 d 达到最大单株叶面积(8 675.90 cm²);灌浆开始后,高产处理的单株叶面积下降比较缓慢,而对照相对下降迅速。由此说明,高产处理的单株叶面积在生长前期增长较快,中期叶面积大且稳定时间长,后期叶面积下降缓慢,在整个生育期叶面积始终保持较大值,有利于获得更多的光能与同化产物。



注: I 为 3 叶期, II 为 6 叶期, III 为拔节初期, IV 为拔节期, V 为大喇叭口期, VI 为抽雄期, VII 为吐丝期, VIII 为乳熟期, IX 为蜡熟期。下同。
Note: I : 3 leaves stage, II : 6 leaves stage, III : seminal elongation stage, IV : elongation stage, V : malle trail stage, VI : heading stage, VII : flowering stage, VIII : milk stage, IX : dough stage. The same as following figures.

图 1 高产处理和对照下玉米不同生育时期的单株叶面积
Fig.1 Leaves area per plant of high yield treatment and CK at different mature stages

2.2 叶面积指数的动态变化



窄垄增长较快,其次是高产田宽垄,对照增长较缓慢。群体内距地面 100 cm 层处,高产田宽垄与对照差异极显著 ($F_{大喇叭口期}=11\ 550.71, P<0.01; F_{抽雄期}$

=7 147.93, $P<0.01$); 高产田窄垄与对照差异极显著 ($F_{\text{大喇叭口期}}=1\,180.08, P<0.01; F_{\text{抽雄期}}=5\,596.3, P<0.01$)。吐丝期 LAI 达到最大值后开始下降, 对照下降的幅度较大, 在吐丝期和乳熟期不同层次的 LAI 大小为高产田窄垄 > 高产田宽垄 > 对照, 高产处理与对照差异极显著 (高产田宽垄与对照: $F_{\text{吐丝期}}=55\,278.43, P<0.01; F_{\text{乳熟期}}=21\,680.21, P<0.01$; 高产田窄垄与对照: $F_{\text{吐丝期}}=108\,969.4, P<0.01; F_{\text{乳熟期}}=113\,725.2, P<0.01$), 表明高产处理下光合有效面积及光合持续时间均高于对照。高产处理的宽窄垄配合优势相当于边行优势, 可以充分利用地力空间和光能挖掘玉

米的增产潜力。

2.3 无截取散射的动态变化

DIFN(无截取散射)即透光率的大小。由图 3 可知, 不同生育时期不同层次的 DIFN 趋势大致为对照 > 高产田宽垄 > 高产田窄垄。大喇叭口期 DIFN 开始呈下降趋势, 其中对照的下降幅度最大; 抽雄期达到最低值, 说明此时漏光损失最小; 随着叶片逐渐衰老, DIFN 呈上升趋势, 上升幅度为对照 > 高产田宽垄 > 高产田窄垄, 即对照的透光程度大于高产田宽垄, 高产田窄垄的透光程度较小。

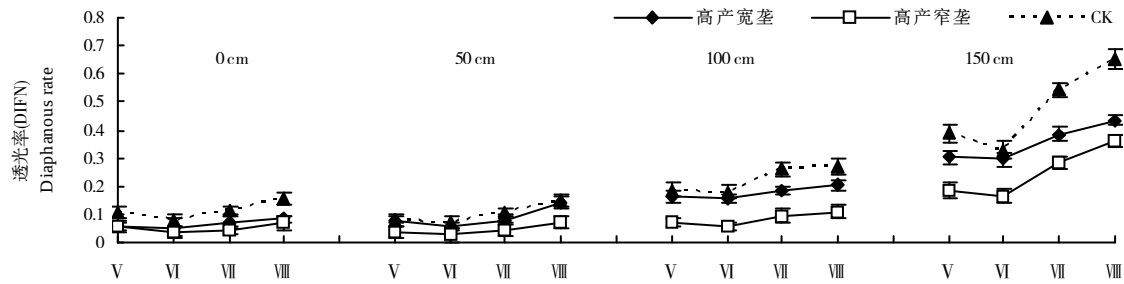


图 3 高产处理和对照下玉米不同生育时期的无截取散射
Fig.3 DIFN of high yield treatment and comparison at different mature stages

2.4 叶片叶绿素含量的动态变化

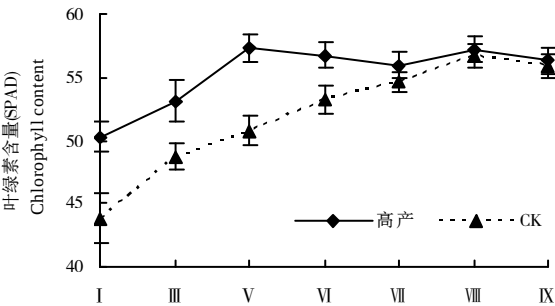


图 4 高产处理和对照下玉米不同生育时期的叶片叶绿素含量
Fig.4 SPAD of high yield treatment and comparison at different mature stages

图 4 表明, 在生育前期高产处理叶片的叶绿素含量显著高于对照 ($F_{\text{F}_3\text{叶期}}=425.18, P<0.01; F_{\text{拔节初期}}$

=113.91, $P<0.01; F_{\text{大喇叭口期}}=18.33, P<0.05$), 且呈上升趋势。高产处理的叶绿素含量在大喇叭口期达到了最大值, 而对照在生育中期时仍未达到最大值, 这是由于高产处理肥水与耕作措施使之生长较快。乳熟期后高产处理和对照的叶绿素含量均下降, 最后趋于一致, 两者差异不显著。

2.5 叶片的光合特性

由表 1 得出, 在抽雄期, 高产处理下叶片的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)分别比对照高出 3.2% 和 14.4%; 胞间 CO_2 浓度(C_i)和蒸腾速率(T_r)与对照相比下降了 12.3% 和 14.9%。方差分析结果表明, 处理间差异未达到显著水平。在吐丝期, 高产的 P_n 比对照高 17.7%, 差异显著 ($F=199.66, P<0.01$); 高产的 G_s 比对照大 15.5%, C_i 比对照低 8.1%, T_r 比对照小 3.8%, 三者处理间的差异不显著。

表 1 抽雄期和吐丝期玉米叶片的光合特性指标

Table 1 Photosynthetic characteristics indexes of leaves at heading stage and flowering stage

生育时期 Mature stages	处 理 Treatments	净光合速率(CO_2) $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ Net photosynthetic rate	气孔导度(mmol/mol) Stomata conductance	胞间 CO_2 浓度($\mu\text{mol}/\text{mol}$) Intercellular CO_2 contents	蒸腾速率(H_2O) $\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ Transpiration rate
抽雄期	高产	26.65 ± 1.27	0.175 ± 0.023	151.40 ± 29.23	1.14 ± 0.19
	CK	25.83 ± 1.36	0.153 ± 0.027	172.73 ± 16.69	1.34 ± 0.11
吐丝期	高产	31.20 ± 2.31	0.127 ± 0.032	162.38 ± 15.34	1.75 ± 0.15
	CK	26.50 ± 1.89	0.110 ± 0.027	150.15 ± 26.78	1.82 ± 0.28

2.6 产量及其相关性状分析

表2结果表明,高产处理的产量达12 217.5 kg/hm²,比对照高出31.8%,两者间呈极显著差异(F=36.67,P<0.05)。高产处理和对照的穗长、穗粗、秃尖长及穗行数间均未达显著水平,对产量的影响不

大;高产处理下的行粒数和百粒重均略低于对照,但差异也不显著;高产处理下的种植密度远远大于对照,前者比后者高42.9%,差异达极显著水平,这是造成产量差异的最主要原因。

表2 高产处理和对照下的玉米产量性状

Table 2 Yield traits of high yield treatment and comparison

处 理 Treatment	空秆率(%) Blank ear rates	穗长(cm) Ear length	秃尖长(cm) Bare top length	穗行数(行) Ear row number	行粒数(粒) Grain number per row	百粒重(g) 100-kernel weight	种植密度 (株 /hm ²) Planting densities	产 量 (kg/hm ²) Yield
高产	3.1 ± 0.5	16.8	0.8	16	36 ± 2.69	27.43 ± 2.36	75 000	12 217.5
CK	0.0	16.9	0.7	16	39 ± 2.17	27.88 ± 3.15	52 500	9 270.0

3 讨 论

玉米产量决定于其光合效率、光合面积和光合时间。一般说来,光合效率高,光合面积适当大,光合时间长,光合产物消耗少,光合产物分配合理,就能够获得高产。事实证明,要实现玉米高产目标,必须从玉米的生理生态出发,在育种中改良玉米品种的光合效率基础,依靠栽培技术措施的改进来提高玉米的光能利用效率。目前,提高光合效率的研究尚无新的进展,因此增加光合面积是提高玉米产量的重要途径。大量研究结果表明,在一定范围内玉米叶面积指数与产量呈正相关。因此进一步提高玉米叶面积指数是获得高产的保证。本研究结果也证明了这一点。

玉米高产必须依靠合理的群体来实现。玉米群体叶面积多,才能截获更多的太阳光能,叶面积与产量在一定范围内呈正相关关系,因此高产的玉米群体必须有较高的叶面积指数。但是玉米在光能截获上常常存在两个明显的缺欠:一是苗期至封垄前这段时间叶片不能充分覆盖地面;二是生长的中后期叶面积衰减较快,漏光损失较大。为了克服这两个缺点,应尽量促进玉米前期的生长,使叶片尽早达到最佳状态,减少前期光能漏射损失,从而截获更多的光能。另外,在追求较高的叶面积指数的同时,还要保证叶片维持较长的功能期,尤其是开花吐丝后,光合产物主要流向穗部,是子粒产量形成的最佳期。若玉米灌浆期叶面积衰减过快,叶片形成的光合产物少,流向子粒的光合产物明显不足,最终导致产量下降。

本研究结果还表明,叶片的生长发育与周围生长环境条件密切相关。光合作用实际上也是叶片与自然环境及微环境的物质和能量交换的中间环节,叶片光合作用是受生长冠层内微环境多因素控制。因此,创建合理的高产冠层结构及微环境对实现高产目标至关重要。

参考文献:

[1] 徐克章,武志海,王 珍. 玉米群体冠层内光和 CO₂ 分布特性的初步研究[J]. 吉林农业大学学报,2001,23(3):9-12 .

[2] 胡昌浩,董树亭. 高产夏玉米群体光合速率与产量关系的研究[J]. 作物学报,1993,19(1):63-69 .

[3] 崔彦宏,等. 紧凑型夏玉米群体光合特性与产量关系分析[J]. 玉米科学,1994,2(2):52-57 .

[4] 门司正三,佐伯敏郎. 植物群体中光的因素及其对植物生产的作用[M]. 光合作用与作物生产译丛,朱健人译. 北京:农业出版社,1980 .

[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):9-12,16 .

[6] 蔡永萍,陶汉之,程备久. 对生玉米叶片蒸腾、光合若干特性的研究[J]. 安徽农业大学学报,1996,23(4):474-477 .

[7] 徐恒永,王庆成,赵君实,等. 小麦玉米亩产吨粮群体光合性能与配套技术的研究[J]. 山东农业科学,1996(1):14-18 .

[8] 董树亭,高荣岐,胡昌浩,等. 玉米花粒期群体光合性能与配套技术的研究[J]. 作物学报,1996,23(3):318-325 .

[9] Modarres A M. Plant population density effects on maize in bred limes grow in short-season environments[J]. Crop Science, 1996, 36: 104-107.

[10] Louwerse W, Zweerde W V D. Photosynthesis, transpiration and leaf morphology of phaeolus vulgaris and Zea mays grown at different irradiances in artificial and sunlight[J]. Photosynthetic, 1997, 11(1): 11-21.

(责任编辑:张 英)