

文章编号: 1005-0906(2007)02-0094-04

不同耕作措施玉米高产光合指标的研究

李洪勋¹, 吴伯志²

(1. 贵州省烟草科学研究所 / 中国烟草西南农业试验站, 贵阳 550003; 2. 云南农业大学, 昆明 650201)

摘要: 2002~2003 年在云南农业大学农场采用滇丰 4 号玉米种, 开展了不同耕作措施的玉米光合指标的研究。结果表明: B 处理构建了高产玉米冠层的微环境特性和冠层结构, 改善了叶片光合特性。生育期间各个坡度 B、A、C 处理的叶绿素 a、b 的含量始终大于 D 处理; 光合速率的日变化在 12:00 时 B 处理要远远大于对照, 增加比例为 24.35%; 穗位叶蒸腾速率 B 处理明显大于对照, 2003 年各坡度平均增加 282.8%, 2002 年为 350.4%。经相关分析可知, 各个坡度总体上玉米叶片净光合速率、气孔导度都与蒸腾速率呈显著正相关。

关键词: 玉米; 高产; 光合指标**中图分类号:** S513.04**文献标识码:** A

A Study on the High-yielding Photosynthesis Indices in Maize

LI Hong-xun¹, WU Bo-zhi²

(1. Tobacco Research Institute of Guizhou / Tobacco Agricultural Experiment Station of Southwest, Guizhou 550003;

2. Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: A field experiment with maize of Dianfeng No.4 was carried out on the farm of Yunnan agricultural university in the 2002-2003, the purpose of this experiment was to study the photosynthesis indices for various tillage. The results showed that micro-environmental characteristic of high yield maize canopy and canopy structure were instituted by treatment B, at the same time, photosynthesis characteristic of leaves were improved. Contents of chlorophyll a and b of treatment B, A, C for different gradients were always higher than those of check treatment; Compare diurnal variation of net photosynthetic rate of treatment B to that of check at 12:00, Sep.2, 2003, far more was increased, the increasing rate was 24.35%; Relativity analysis indicated that net photosynthetic rate, stomata conductance and transpiration rate were both reached prominent standard for different gradients in the whole.

Key words: Maize; High yield; Photosynthesis indices

玉米叶片的光合作用是玉米生物产量形成的基础。光是驱动光合作用的源动力, CO₂ 是植物进行光合作用的自然“源料”。因此, 植物冠层特性和微环境特性的差异就决定了光合作用特性的差异, 改善植株间微环境状况就可以改善冠层内叶片的光合作用特征。

1 材料与方法

试验于 2002~2003 年在云南农业大学农场进行。供试土壤为红壤, 肥力中等。采用随机区组设计,

3 次重复(3°、10°、27°三个坡度)。供试玉米品种为滇丰 4 号。试验分 4 个处理: A 沿等高线 + 薄膜覆盖 + 开沟种植; B 沿等高线 + 薄膜覆盖 + 秸秆覆盖 + 开沟种植; C 沿等高线 + 薄膜覆盖 + 打塘种植; D(CK) 无任何覆盖的顺坡打塘种植。种植密度均为 58 333 株 /hm², 播期为 4 月中旬。

基肥施有机肥 15 t/hm², 普钙 300 kg/hm², 尿素 225 kg/hm²; B 处理行间覆盖麦秆 3 t/hm²。50% 出苗时, 分批破膜放苗。当玉米生长到 3~5 个叶片时, 开始补苗。种后 40 d 和 60 d 追肥尿素, 在追肥时对膜下和株行间的杂草进行拔除, 所有管理措施各小区保持一致。

试验采用定标准株取样测定的方法。测定项目及方法: 各生育时期分别选择一晴天用 CI301ps 便携式光合测定仪测定叶片的净光合速率、气孔导度、

收稿日期: 2006-03-20; **修回日期:** 2006-08-10**基金项目:** 欧盟在云南的“中国南部及泰国北部坡地作物系统生产力的可持续性改善研究”项目**作者简介:** 李洪勋(1975-), 男, 山东菏泽人, 硕士, 助研, 从事作物栽培研究。Tel: 13511997315 E-mail: lihx_666@163.com

蒸腾速率等。拔节期测定第6片展开叶,以后测定穗位叶。每小区测定3株,取平均值。另外,用光合测定仪在生育中期选择一晴天从早6:00到晚18:00测定光合指标日变化,每2h测定一次。

各个生长期不同坡度不同处理V字形各选择3株玉米,分别剪取穗位叶各一小片叶(大于2g即可)。叶绿素含量的测定采用丙酮乙醇混合液法测定。

2 结果与分析

2.1 光合速率的变化

不同耕作处理下,夏玉米棒三叶叶片净光合速率动态变化在整个生育期内均呈单峰曲线(图1)。从苗期至灌浆期,叶片光合速率逐渐升高,灌浆期后光合速率开始下降。B、A、C处理在灌浆期穗位叶净光合速率值与对照相比,3°小区平均分别增加137%、77.67%和4.87%;10°小区分别为101.16%、55.83%和23.1%;27°小区分别为170.43%、93.88%和79.25%。经方差分析可知,3°和27°处理间均达到极显著水平,10°的D处理与C处理达到显著水平,其余处理间达到极显著水平。

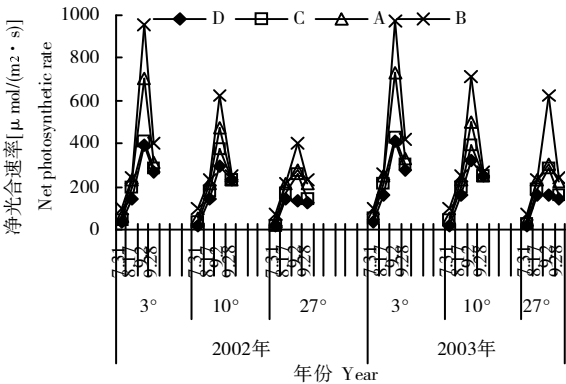


图1 不同处理穗位叶净光合速率的比较

Fig.1 Comparison of net photosynthetic rate in functional leaf on different treatments

玉米冠层穗位叶叶片净光合速率的日变化(图2)呈不典型的“单峰型”曲线,在上午10:00至下午14:00叶片光合速率保持较高状态,中午12:00稍有下降。这一结论与冯春生和Tadashi Hirasawa研究结论基本一致。从光合速率的日变化与冠层内光照强度的日变化来看,玉米叶片的光合速率与光合强度既存在着统一性,又存在着不同性。这表现在上午随着冠层内光照强度的增加,玉米冠层内叶片光合速率增大;午后光照强度仍有增强,但光合速率有下降的趋势;14:00~18:00又表现为与光照的统一性,即随着光强的下降,光合速率呈明显的下降趋

势。在光合速率的日变化上,B处理与A处理之间叶片光合速率差别不大,但与C处理尤其是对照D处理差别较大,各处理日变化趋势基本一致。中午12:00的Pn以B处理要远远大于对照D处理,增加比例平均为24.35%,这主要与光照和气体等微环境的改善有关。另外,A处理比C处理的光合速率大,这可能是由于开沟处理形成一个通风通道,利于光照和气体的进入有关;而打塘处理则相对不利,这方面的原因有待进一步研究。

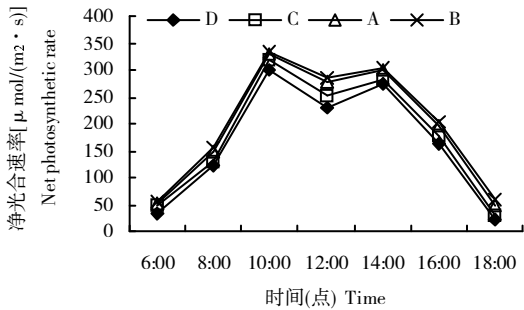


图2 净光合速率日变化

Fig.2 Diurnal variation of net photosynthetic rate

玉米生育期间,棒三叶的净光合速率总的变化趋势表现为穗位叶>穗上叶>穗下叶(图3),尤其在抽雄开花期表现显著。原因是叶片随营养均衡程度提高,光合速率普遍增大。穗位叶的叶肉维管束鞘特别发达,多环叶肉细胞比例大,叶绿素含量高;同时,抽雄开花期,穗位叶叶片处于适龄期,生长代谢旺盛,因而光合速率最高;而穗下位叶片处于老龄期,组织老化,光合能力降低;穗上位叶居中。

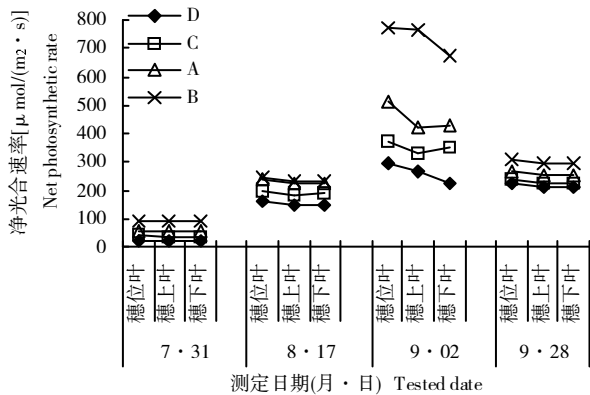


图3 棒三叶净光合速率比较

Fig.3 Net photosynthetic rate of functional leaves

2.2 蒸腾速率的变化

玉米群体冠层内叶片蒸腾速率的日变化与光合速率的日变化趋势基本一致(图2和图4)。蒸腾作用的状况也能体现气孔的开放程度。本试验结果表明,

各个坡度总体上光合速率(Y)与蒸腾速率(X)拟合的线性回归方程为: $Y_{\text{光合速率}}=4.855\ 7X_{\text{蒸腾速率}}+219.6$, $R^2=0.826^{**}(F=23.750, P=0.005)$ 。

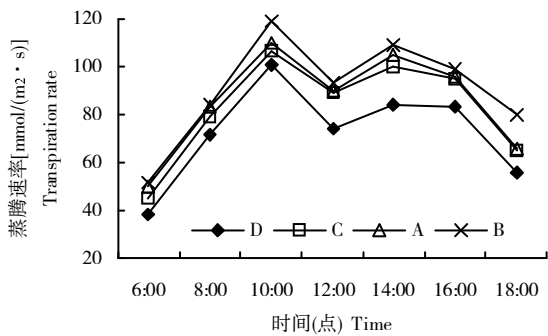


图 4 蒸腾速率日变化

Fig 4 Diurnal variation of transpiration rate

王美云和游明安等研究认为,玉米叶片光合速率与蒸腾速率呈显著正相关关系,在密度为 5 万株/hm² 下相关系数达 0.745。与本试验两者的关系基本一致,即一天中蒸腾作用与光合作用呈正相关关系。从图 4 上还可以看出,一天中蒸腾速率的最大值在上午 10:00 出现,也就是说蒸腾速率的最大值总是出现在太阳辐射的最大值之前。B 处理的玉米穗位叶的蒸腾作用明显优于对照 D 处理,中午蒸腾速率的下降与光合作用是同步的,下午的蒸腾速率要高于上午。B 处理的玉米在 16:00~18:00 之间仍能保持相对较高的蒸腾速率,这可能是由于通风性增强的原因。

在玉米生育期中,不同坡度各个处理穗位叶蒸腾速率存在差异(图 5),都有共同的趋势:即 B>A>C>D 处理。尤其在玉米生殖生长期,B 处理的穗位叶蒸腾速率要明显大于对照 D 处理,2003 年各坡度平均增加达 282.8%,2002 年为 350.4%。

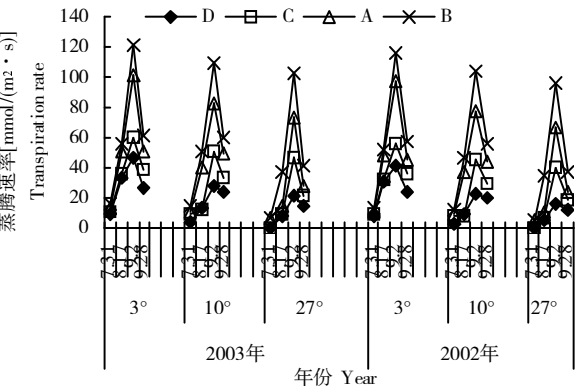


图 5 不同处理穗位叶蒸腾速率的比较

Fig.5 Comparison of transpiration rate in functional leaf for different treatments

2.3 气孔导度的变化

玉米穗位叶叶片气孔导度的日变化呈“M”型(图 6),基本与蒸腾速率的日变化一致,将同时测定的气孔导度与蒸腾速率的数据绘制于图 7。经显著性测定,蒸腾速率与气孔导度呈极显著正相关,相关系数 $R^2=0.791$ 。

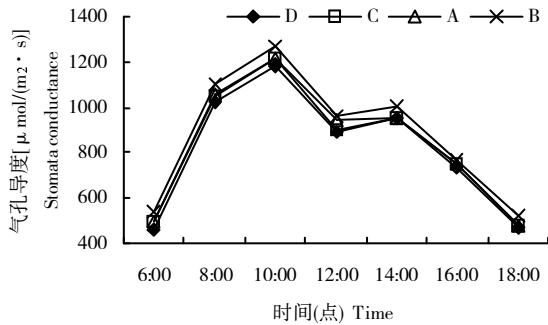


图 6 气孔导度日变化

Fig.6 Diurnal variation of stomata conductance

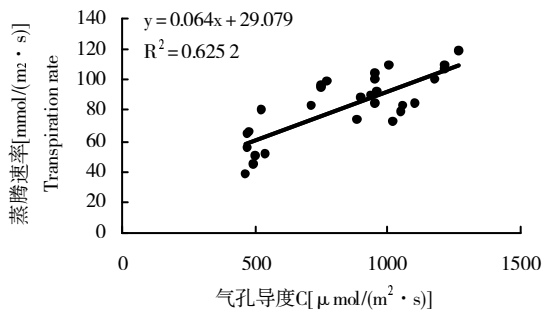


图 7 蒸腾速率与气孔导度的关系

Fig.7 Relationship between leaf transpiration rate and stomata conductance

由于气孔的开闭与光强有关,并且气孔的开张有一个诱导期,7:00 以前气孔导度较小,7:00 以后随着气孔张开,气孔导度逐渐上升,光合作用和蒸腾速率也在逐渐上升,上午 10:00~11:00 时气孔导度为一天中最大值;中午 11:00~13:00 时由于 PAR 强,气温高,叶片失水大,气孔开度减小,气孔导度下降;13:00 以后由于空气饱和差和气温开始降低,气孔导度又有增加;傍晚前气孔导度下降。这一研究结论与孙景生、王庆成等的研究结论一致。从图上还可以看出, B 处理的玉米穗位叶叶片气孔导度最大值要大于其他处理,尤其是大于对照 D 处理,一天中基本上都有 B 处理种植的玉米气孔导度大于 A、C、D 处理。因此, B 处理在光合作用的日变化上,气孔限制因素要远小于其他种植方式,从而创制了高光合特性的冠层结构。

各个坡度不同处理的玉米,叶片气孔导度的变

化趋势为“单峰”曲线(图 8),生育中期达到最大,生育前、后期较小;不同处理穗位叶叶片气孔导度的变化趋势为 B>A>C>D 处理,尤其在 9 月 2 日差异比较显著。

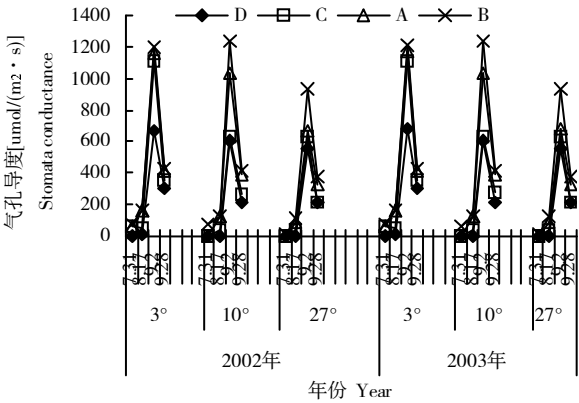


图 8 不同处理穗位叶气孔导度的比较

Fig.8 Comparison of stomata conductance in functional leaf for different treatments

2.4 叶绿素的变化

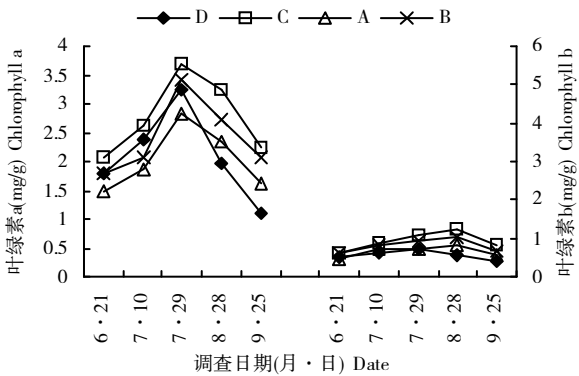


图 9 2003 年生育期穗位叶叶绿素含量的变化

Fig.9 Chlorophyll content of functional leaves during growth period in 2003

整个生育期内叶绿素的变化均呈单峰曲线变化(图 9),从苗期至拔节期,叶片叶绿素含量迅速上升;拔节期至灌浆期,叶片叶绿素含量都比较稳定,而且较高,其中在抽雄期和灌浆期达到最大值。7 月 29 日的 B、A、C 处理的穗位叶叶片叶绿素 a 含量达 5.1、4.22、3.69 mg/g, 分别比对照增加 56.92%、29.85%和 13.54%;8 月 28 日的 B、A、C 处理的穗位叶叶片叶绿素 b 含量达 1.014、0.85、0.83 mg/g, 分别比对照增加 174.05%、129.73%和 124.32%。整个生育期内,开沟、盖草、地膜覆盖的叶绿素含量最高,而且相对稳定。这主要是由于温度和土壤水分影响叶绿素的合成,生育前中期,地膜覆盖和秸秆覆盖的增

温和纳水保墒作用及开沟的集水效应利于叶绿素的合成。经方差分析,7 月 29 日的叶绿素 a 含量 B、A 处理与 D 处理之间差异极显著 ($F=25.78^{**}$, $P=0.000$);8 月 28 日的叶绿素 b 含量 B、A 处理与 D 处理之间差异极显著 ($F=54.62^{**}$, $P=0.000$)。

4 种处理的玉米叶绿素 a 含量都高于叶绿素 b 含量(图 9)。玉米整个生育期穗位叶叶片叶绿素 a、b 含量与光合速率存在着正相关关系(图 10)。

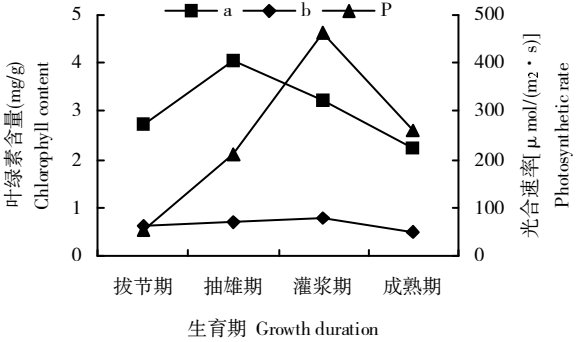


图 10 光合速率与叶绿素含量的关系

Fig.10 Relationship between photosynthetic rate and chlorophyll content

3 结论与讨论

高光合冠层特性主要表现在抽雄至灌浆期保持相对较高的光合速率,甚至应延续到乳熟期,保证光合速率高且持续期长,才能保证创高产。

冠层微环境与气孔开放程度有关。地膜覆盖为玉米提供了适宜的生长小环境,其保墒作用改善了土壤的供水和玉米植株的吸水能力,土壤表层温度稳定,使叶片气孔导度增大,有利于气体的交换;秸秆覆盖种植玉米,改善了土壤条件,促进了植物根系的发育,有利于水分状况的改善,提高了生理代谢功能,表现为气孔导度明显增加,在一定程度上提高了玉米的水分利用效率。

叶绿素含量的多少影响着对光能的吸收和转换。随着叶片的衰老,组织老化,其捕获光能和转化成化学能的能力均减弱,光合速率明显下降。因此,尽管幼嫩叶片和衰老叶片的叶绿素含量相当,但老叶的光合速率显著降低。

参考文献:

[1] 张宪政. 植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J]. 辽宁农业科学, 1986(3): 26–28 .
[2] 冯春生, 尹枝瑞, 赵述文. 耐密型玉米光合速率和光合产物转动分配研究[J]. 吉林农业科学, 1993(3): 78–82 .

(上接第 97 页)

- [3] Tadashi H, Theodore H. Some characteristics of reduced leaf photosynthesis at midday in maize growing in the field [J]. Field Crops Research, 1999, 62: 53–62.
- [4] 王群英, 胡昌浩. 玉米不同叶位叶片叶绿体超微结构与光合性能的研究[J]. 植物学报, 1988, 30(2): 146–150.
- [5] Louwerse W, Zweerde W V D. Photosynthesis, Transpiration and leaf morphology of *Phaseolus vulgaris* and *Zea mays* grown at different irradiances in artificial and sunlight[J]. Photosynthetica, 1977, 11(1): 11–14.
- [6] 郑国生, 邹 畸. 不同天气条件下田间大豆光合作用日变化的研究[J]. 中国农业科学, 1993, 26(1): 44–50.
- [7] 梁宗锁, 李新有, 康绍忠. 影响夏玉米单叶 WUE 的冠层因子分析[J]. 西北农业学报, 1996, 5(1): 13–16.
- [8] 王美云, 李少昆, 赵 明. 关于玉米光合作用与水分利用效率关系的研究[J]. 作物学报, 1997, 23(3): 345–352.
- [9] 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): 74–77.
- [10] Pasquale S, Theodore C. Maize canopies under low soil water regimes, II. Seasonal trends of evapotranspiration–carbon dioxide assimilation and conductance, and as related to leaf area index[J]. Agricultural and

Forest Meteorology, 1998, 89: 185–200.

- [11] 徐克章, 武志海, 王 珍. 玉米群体冠层内光合 CO_2 分布特性的初步研究[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(3): 9–12.
- [12] 游明安, 盖钧镒, 马育华, 等. 大豆叶片光合速率与气孔导度和叶肉导度的关系[J]. 作物学报, 1995, 21(2): 145–149.
- [13] 刘 萱, 于沪宁. 麦田冠层气孔导度的分层研究[J]. 植物学报, 1990, 32(5): 390–396.
- [14] 孙景生. 夏玉米叶片气孔阻力估算模型的研究[J]. 灌溉排水, 1996, 15(3): 16–20.
- [15] 王庆成, 王忠孝, 牛玉贞, 等. 不同株型主产玉米蒸腾作用的研究[J]. 玉米科学, 1994, 2(2): 58–60.
- [16] 胡昌浩, 王群英. 玉米不同叶位叶片叶绿素含量与光合强度的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998(1): 43–47.
- [17] 刘贞琦, 刘振亚, 曾淑芬. 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J]. 作物学报, 1984, 10(1): 57–61.
- [18] Butty B R, Buzzell R I. 大豆光合作用速率和叶绿素含量之间的关系[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [19] 张国民, 王连敏, 王立志. 苗期低温对玉米叶绿素含量及生长发育的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2000(1): 10–12.

(责任编辑: 张 英)