

光强对玉米幼苗不同叶位叶片花环结构的影响

姜雯宇, 李 智, 张红亮, 张福珍, 郭丽丽, 朱延姝*

(沈阳农业大学 生物科学技术学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 以玉米为材料, 通过观察不同光强下玉米幼苗叶片的显微结构, 探讨光强和叶位变化对玉米叶片花环结构的影响。结果表明: 在同一光强下, 不同叶位的花环结构发育程度不同, 在不同光强下, 同一叶位的花环结构发育程度也不同。总体上, 同一光强下, 叶片的花环结构从 1—5 叶位逐步完善; 而同一叶位的花环结构从 200、1 300、1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 到 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下逐步完善。

关键词: 光强; 玉米; 叶位; 花环结构

中图分类号: S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2013)02-0034-04

Effect of Light Density on Kranz Structure of Leaves in Different Position of Maize Seedling

JIANG Wen-yu, LI Zhi, ZHANG Hong-liang, ZHANG Fu-zhen, GUO Li-li, ZHU Yan-shu*

(College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: The effect of light density and leaf position on the kranz structure of leaves was studied by observing the microstructure of different-position leaves of maize seedling under different light density. The result showed that the development degree of kranz structure was different under different light densities and in different leaf positions. As a whole, the kranz structure of leaves improved step by step from first to fifth leaf, and under the light densities from 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ to 1 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ to 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ to 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$.

Key words: light density; maize; leaf position; kranz structure

花环结构^[1]是 C₄ 植物叶片最显著的特征之一, 是由叶肉细胞(MC)和维管束鞘细胞(BSC)组成的内外两层细胞系统, 内层是 BSC, 外层是呈环状或近于环状排列的 MC, MC 和 BSC 像花环一样围绕维管束同心排列, 在 BSC 和 MC 之间存在丰富的胞间连丝, 利于光合产物向维管束运输。MC 和 BSC 在结构和功能上具有明确分工, 二者协同完成 C₄ 光合作用。有研究表明, C₄ 植物光合途径的形成与叶片的发育阶段和环境有关, 如 Crespo 等^[2]和 Cousins 等^[3]发现, 玉米和高粱不同叶位的光合碳同化途径不同; Watling 等^[4]提出, 高浓度 CO₂ 使 BSC 细胞壁厚度降低, 并引起 C₄ 植物光合效率降低等。光照是植物质

体转变为能够进行光合作用的叶绿体的必需因子, 因此, 光照是影响叶片花环结构及光合碳同化途径形成的重要因素。为明确光强和叶位对叶片花环结构的影响, 以 C₄ 植物玉米为材料, 观察不同光强下不同叶位叶片的显微结构, 研究花环结构在不同光强和叶位间的变化规律, 为进一步探讨 C₄ 植物光合途径的形成机制提供参考。

1 材料和方法

1.1 试验材料及培养方法

供试材料: 郑单 958 玉米品种(购于北京德农种业股份有限公司)。

收稿日期: 2012-08-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(31201141); 教育部博士点基金项目(20102103120001); 沈阳农业大学大学生科技创新基金

作者简介: 姜雯宇(1990-), 女, 辽宁东港人, 本科, 主要从事生物技术研究工作。李智、张红亮与第一作者同等贡献。

* 通讯作者: 朱延姝(1972-), 女, 辽宁沈阳人, 副教授, 博士, 主要从事植物光合生理生化研究工作。E-mail: zhu-yanshu@163.com

在培养室中设置光强分别为 200、600、1 000、1 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的培养空间(光源为荷兰 philips 公司生产农用高压钠灯 SONTAGRO400WGES)。挑选干净、健壮饱满的玉米种子,置于直径 15 cm 双体营养钵中,栽培基质为泥炭土(购于黑龙江省五常市地宝有机肥有限公司),将营养钵放入不同光强的培养空间。所有处理的光照时间均为 14 h/d,温度 25 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度 40%~50%。分批次播种,调整播种时间,使得第 1—5 叶位叶片都达到完全展开的生长状态,从各处理中挑选长势一致的玉米幼苗作为研究对象。

1.2 叶片显微结构观察

选取不同光强下的 1—5 位完全展开、生长良好、整齐一致的玉米幼苗叶片,取中间部位,去除中央叶脉,将叶片切成 0.5 cm^2 的小块,立即放入 FAA 固定液中,固定好的试验材料经脱水、透明、浸蜡、包埋、切片、粘片、脱蜡、染色和封片等步骤制成石蜡切片。使用日本 Olympus 公司生产的 Olympus BH-2 显微镜观察叶片组织切片。使用德国 Carl Zeiss 光学公司生产的 Axio Cam MRC 相机拍摄照片,图片拍摄和处理软件为相机自带软件 MRGrab。

2 结果与分析

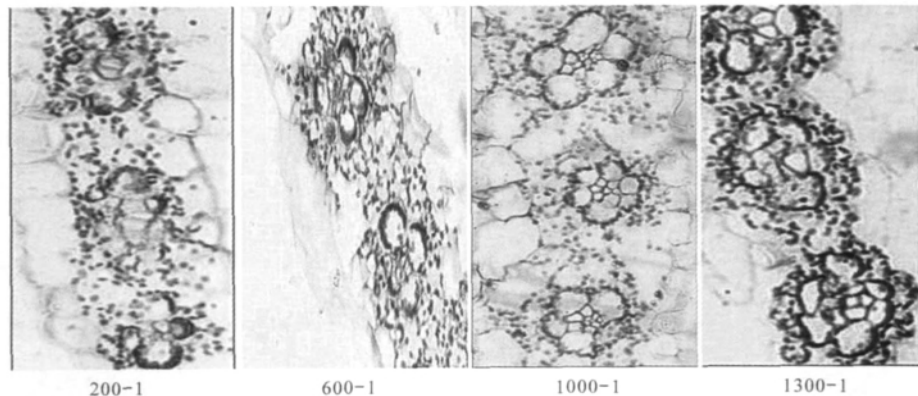
2.1 同一光强下不同叶位叶片花环结构变化特性

在同一光强下,不同叶位叶片的花环结构发育程度不同。在同一光强下,随着叶位的增加,花环结构逐渐完善。BSC 和 MC 的体积逐渐增大,二者围绕在维管束外侧排列紧密,BSC 中叶绿体的数量逐渐增多,分布有规律(图 1—5)。

2.2 不同光强下同一叶位叶片花环结构变化特性

在不同光强下,同一叶位叶片的花环结构发育程度也不同。在不同光强下,各个叶位叶片花环结构的完善程度以在 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下最好,在 1 000、1 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下次之,在 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下最差。600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下细胞排列更紧密,BSC 和维管束内的细胞特征更明显,第 5 叶位叶片在 1 300 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强下光合结构被破坏(图 1—5)。

不同光强下玉米幼苗 1—5 叶位叶片花环结构特征见表 1。



显微结构放大倍数为 400 倍,其中 200-1、600-1、1000-1、1300-1 分别代表各个处理对应的光照强度和叶位,下同。

图 1 不同光强下玉米幼苗第 1 叶位叶片显微结构

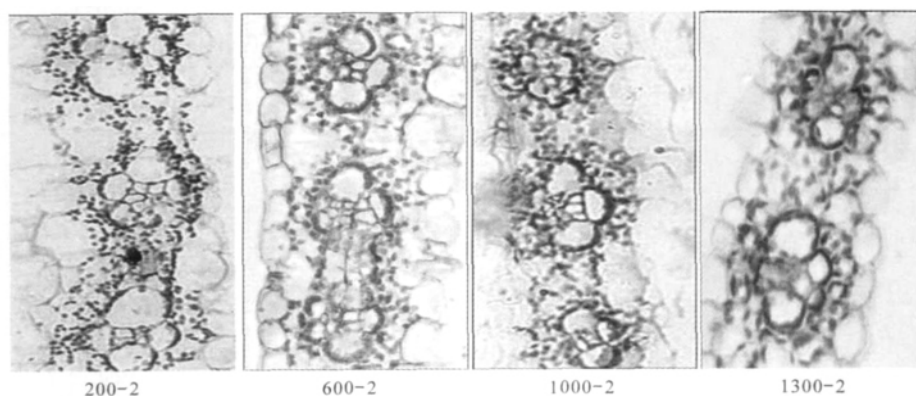


图 2 不同光强下玉米幼苗第 2 叶位叶片显微结构

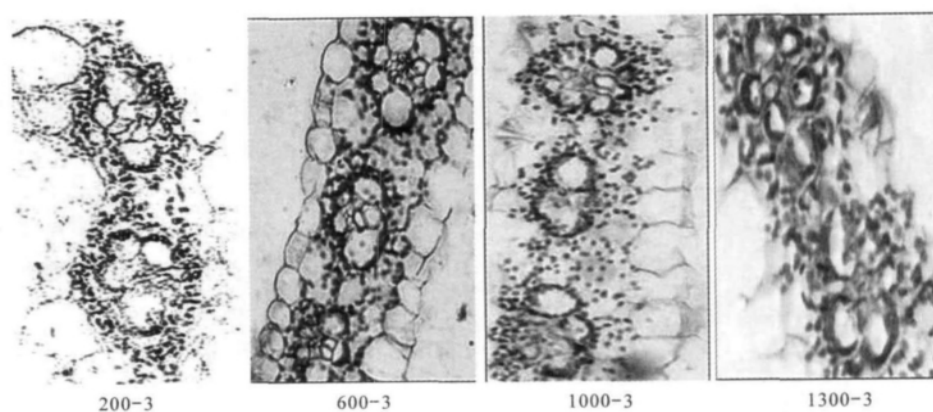


图 3 不同光强下玉米幼苗第 3 叶位叶片显微结构

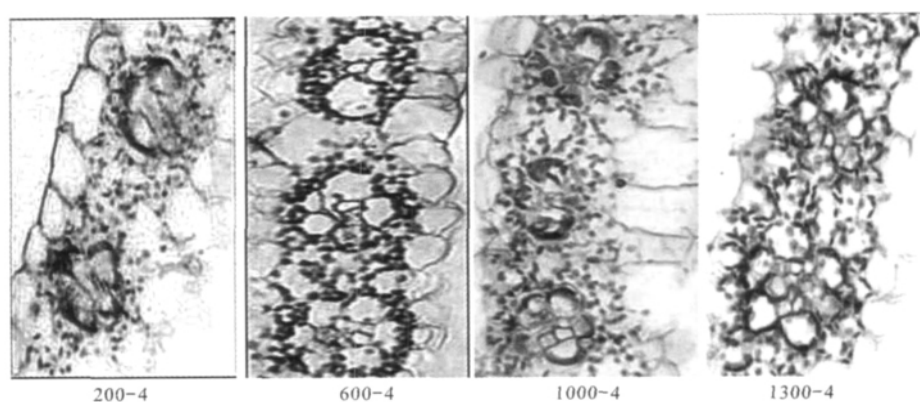


图 4 不同光强下玉米幼苗第 4 叶位叶片显微结构

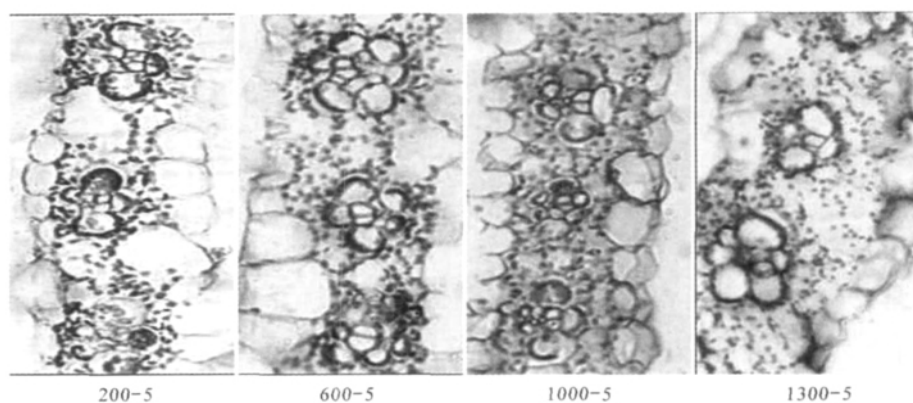


图 5 不同光强下玉米幼苗第 5 叶位叶片显微结构

表 1 不同光强下玉米幼苗 1—5 叶位叶片花环结构特征

叶位	总体特征	光强/ $[\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$			
		200	600	1 000	1 300
1	BSC 体积较小,在不同光强下体积变化不大,但比 MC 稍大;BSC 中的叶绿体较少,排列松散	花环结构不清晰;BSC 叶绿体排列无规则	BSC 叶绿体离心式排列	BSC 叶绿体离心式排列	少量叶绿体排列在膜边缘,MC 最小
2	花环结构逐渐清晰,BSC 大小不一,体积变大,维管束内细胞变化明显	BSC 明显大于 MC,少量叶绿体排列在膜外缘	BSC 叶绿体增加,少量叶绿体有序排列在膜边缘	BSC 叶绿体增加,少量叶绿体有序排列在膜边缘	维管束内薄壁细胞、管状细胞、筛管等不清晰

续表 1 不同光强下玉米幼苗 1—5 叶位叶片花环结构特征

叶位	总体特征	光强/[$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]			
		200	600	1 000	1 300
3	花环结构清晰, BSC 和 MC 叶绿体增加, BSC 体积比 MC 大很多	BSC 与 MC 叶绿体体积差异大	花环结构最清晰	花环结构较清晰	BSC 与 MC 叶绿体体积差异大; BSC 排列松散
4	花环结构更明显, 维管束内细胞清晰	维管束间距大, BSC 排列松散	BSC 和 MC 排列最紧密, BSC 叶绿体离心式排列更清晰, 维管束鞘内的薄壁细胞、管状细胞、筛管等清晰	BSC 和 MC 排列较紧密	BSC 和 MC 排列较松散
5	不同光强下结构变化明显	BSC 叶绿体呈离散式, MC 较少较小	结构更加完善, MC 小, 排列松散	MC 增多, 排列紧密	叶绿体含量较少, MC 无规则排列

3 结论与讨论

本试验结果表明, 在不同光强下, 玉米幼苗 1—5 叶位叶片均具有花环结构。只是不同光强下各叶位叶片花环结构发育程度不同。总体上, 叶位从 1—5, 光强从 200、1 300、1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 到 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 花环结构逐步完善。这说明叶片花环结构的发育程度除了与植物生长发育有关, 也与叶片生长的光照环境有关。

Wang 等^[5]认为, 光照并不直接影响花环结构的形成, 但是光照间接影响 BSC 的结构发育。本试验中, 低光强下, BSC 叶绿体数目少, 排列松散无规律。这可能是弱光限制了叶片光合机构的进一步发育, 叶绿体松散排列可以增强对光能的有效吸收和利用。适宜光强下, BSC 和 MC 体积增大, 二者围绕在维管束外侧排列紧密, BSC 中叶绿体的数量逐渐增多, 分布有规律。这是叶片本身固有的遗传特性被充分体现的结果。光强过大则对光合机构产生破坏, 表现为叶绿体排列无序, 这很可能因为强光下叶片发生光抑制甚至光氧化, 导致叶绿体损伤。

通过花环结构的有无判定, 各个光强下的玉米叶片都为 C₄ 型。然而, 只有发育完善的维管束鞘细胞和叶肉细胞共同合作, 才能提高植物的光合效

率。光强是影响维管束鞘细胞发育的重要因子, 只有在适当的光强下, 花环结构才能更好地发育, 提高光合效率。

参考文献:

[1] Brown W V. Variations in anatomy, associations and origins of Kranz tissue[J]. Amer J Bot, 1975, 4: 395-402.

[2] Crespo H M, Frean M, Cresswell C F, *et al.* The occurrence of both C₃ and C₄ photosynthetic characteristics in a single *Zea mays* plant[J]. Planta, 1979, 147: 257-263.

[3] Cousins A B, Adam N R, Wall G W, *et al.* Development of C₄ photosynthesis in sorghum leaves grown under free-air CO₂ enrichment(FACE)[J]. J Exp Bot, 2003, 54: 1969-1975.

[4] Watling J R, Press M S, Quick W P. Elevated CO₂ induces biochemical and ultrastructural changes in leaves of C₄ cereal sorghum[J]. Plant Physiol, 2000, 123: 1143-1152.

[5] Wang J L, Long J J, Hotchkiss T, *et al.* C₄ photosynthetic gene expression in light- and dark-grown amaranth cotyledons[J]. Plant Physiol, 1993, 102: 1085-1093.