

4种木瓜品种的呼吸作用以及其耐荫性研究*

蔡楚雄¹, 曹洪麟², 邓雄², 刘世平¹, 叶万辉²

(1. 东莞植物园, 广东 广州 523079;

2. 中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

摘要: 对4种木瓜 *Carica papaya* Linn 新品种台农2号(TL2)、台农6号(TL6)、龙珠(LZ)和夏威夷(H)的呼吸作用进行了观测, 结果表明: ①净光合速率高的呼吸速率也强。净光合速率(A_n)4个品种高低排列依次为 $H \geq TL2 \geq TL6 \geq LZ$, 而暗呼吸速率(R_d)为 $H \geq TL6 \geq TL2 \geq LZ$ 。 R_d/A_n 从高到低依次排列为 $LZ \geq TL6 \geq H \geq TL2$ 。②通过网室内4种木瓜的光合量子产量比较 $LZ \geq H \geq TL6 \geq TL2$, 结合其暗呼吸速率光合速率, 说明LZ的耐荫性最好, 而H则应该较为喜阳。其它种则差异不显著。③呼吸速率与光强呈显著正相关, 而光强过高时则下降, 呼吸速率与气温呈显著负相关($P \leq 0.05$)。④网室栽培有助于木瓜避开华南地区中午高温、强光以及高湿的胁迫, 避免“午休”, 减少呼吸损失, 积累更多碳同化产物。

关键词: 木瓜 *Carica papaya* Linn; 呼吸作用; 光合速率

中图分类号: Q945.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579(2003)S1-0211-04

植物的呼吸作用包括暗呼吸和光呼吸。农作物、果树的呼吸作用对其生长发育、产量形成有着重要的生理意义, 呼吸作用在一定程度上限制了作物和果树的产量, 而降低暗呼吸消耗也是提高产量的一个重要的途径^[1,2]。在棉花、大豆、小麦等农作物此类的研究比较多, 而在果树的研究则很少, 针对木瓜 *Carica papaya* Linn 的呼吸作用的研究则尚未见报导^[2-5]。了解木瓜的呼吸作用的发生和变化规律, 将会有助于我们对植物总的光合作用碳固定组成以及比例的更深入了解, 从而有助于制定适宜的栽培管理措施。本研究以东莞植物园新引入的4种木瓜品种为实验材料, 希望能解决以下几个问题: ①不同木瓜品种的呼吸作用是不是具有显著差异, 不同的品种是否应该因种制宜采取有针对性的栽培管理措施? 几个木瓜品种与总光合作用的比例关系, 是否应采取适当措施来提高总的光合作用, 以获得更多的光合产物, 提高产量。②通过不同品种的光合响应曲线得到的暗呼吸与光合量子产量, 推测其耐荫性的差异。③通过网室栽培与网室外栽培的木瓜呼吸的比较研究, 探讨其呼吸与光照温度的相关性。

1 材料与方法

以广东省东莞市植物园 2002 年自台湾引入 4

种新的木瓜 *Carica papaya* Linn 品种台农2号(TL2), 台农6号(TL6), 龙珠(LZ)和夏威夷(H)为实验材料。其中的龙珠和夏威夷两种品种进行网室栽培遮荫处理方式以及网室外自然光下栽培比较实验。

4种木瓜的呼吸作用与其光合作用日进程测定于2003年3月上旬的晴朗天气的同一天进行。各品种选取生长条件较为一致的植株6~10株作为供试材料, 随机选取受光条件好的、健康的成熟叶进行活体测定。自当地时间7:00至19:00每小时测一次, 每次6~8片叶。光合指标测定使用LCA4型便携式光合测定仪(ADC, 英国), 所得数据贮存在光合测定系统, 再通过系统提供的数据输出端口输出到计算机转为Microsoft Excell格式文件。其中生理指标包括植物的净光合速率(A_n)、蒸腾速率(E)、气孔导度(g_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)等, 微气象参数包括光合有效辐射(PPFD)、气温(θ)、叶温(t_l)、空气湿度(RH)等, 并得出蒸汽压差(VPD)等。其中呼吸速率(R_d)黑布完全遮光测出, 并求得呼吸速率占光合作用比例 R_d/A_n ^[3-5]。通过光响应曲线线性 PFD 在 0~200 ($mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) (0, 20, 50, 100, 150, 200) 拟合, 可以得到4个木瓜品种的光量子产量(ϕ)即为拟合曲线的斜率大小^[6,7]。

* 收稿日期: 2003-04-23

基金项目: 国家重点基础研究发展资助项目(G2000046803); 广东省自然科学基金重点发展资助项目(021536); 广东省科技厅国际合作资助项目(2002B50802); 广东省科技厅工程资助项目(2KB068015)

作者简介: 蔡楚雄(1965年生), 男, 助理工程师; **通讯联系人:** 曹洪麟; E-mail: caohl@scib.ac.cn

2 结果与分析

网室内日平均太阳光通量密度 PFD 比室外低将近 30% 左右, 而温度则低了 0.6°C (如图 1)。

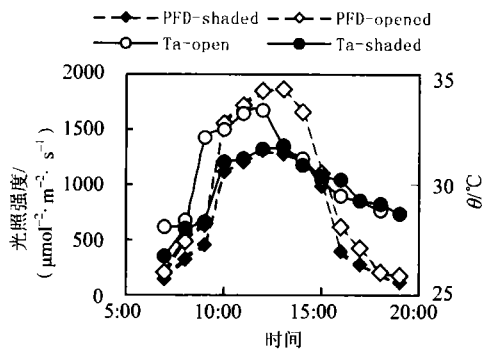


图 1 两种栽培方式的木瓜光强与温度日变化

Fig.1 Diurnal courses of PFD and Ta inside and outside network
shaded 和 opened 分别为网室栽培以及网室外自然光栽培方式

这样可能有利于缓解中午的强光 PFD、高蒸汽压差 VPD 和高温对植物造成的胁迫, 而且能减少植物的光呼吸和暗呼吸, 避免光合作用“午休”的现象, 有利于植物进一步更多地积累有机碳^[5-8]。几个品种的暗呼吸基本上有这样的规律: ①网室栽培的 4 个木瓜种暗呼吸日变化都呈现“单峰曲线”, 而网室外的则有“午休”, 光合作用和呼吸日变化出现“双峰曲线”(图 2); ②呼吸速率净光合速率高的呼吸速率也强。净光合速率 4 个品种高低排列依次为 $H \geq TL2 \geq TL6 \geq LZ$, 而暗呼吸速率为 $H \geq TL6 \geq TL2 \geq LZ$, R_d/A_n 从高到低依次排列为 $LZ \geq TL6 \geq H \geq TL2$ (图 3, 4)。

通过光响应曲线线性 PFD 在 $0 \sim 200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ($0, 20, 50, 100, 150, 200$) 拟合, 可以得到 4 个木瓜品种的光量子产量 (ϕ) 即为拟合曲线的斜率大小, 四种木瓜的光合量子产量由大到小依次为 $LZ(0.169) \geq H(0.165) \geq TL6(0.0139) \geq TL2(0.0116)$ (图 5(a))。而在网室栽培木瓜品种显著要比在网室外栽培的要光合量子产量要高 (图 5(b), $P \leq 0.05$)。而暗呼吸速率和低光强下光合量子产量是评价植物耐荫能力的重要指标。结合我们的光合量子产量和它们暗呼吸可以对 4 种木瓜品种的耐荫能力做一些初步的评价^[6-8]。

利用光合作用日变化中暗呼吸速率与外界光强以及温度拟合可以得到的暗呼吸-光强以及暗呼吸-温度的曲线方程 (如图 6)。暗呼吸速率随光强和温度升高, 但是当光强升高到 $1300 \sim 1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以后暗呼吸速率开始下降。所以网室栽培适度

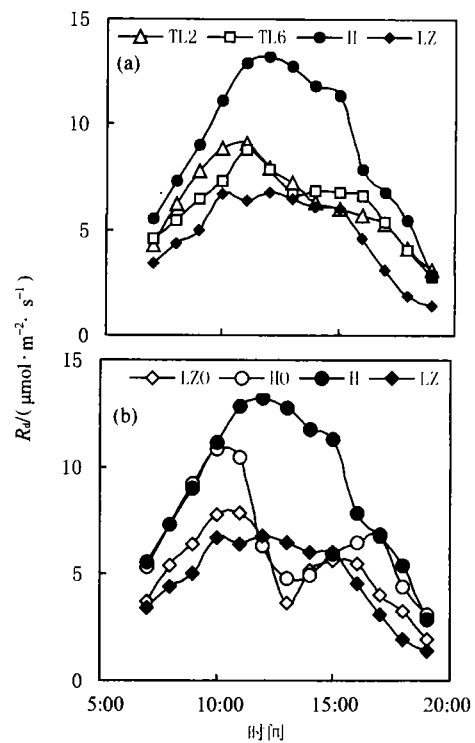


图 2 4 种木瓜暗呼吸日变化(a)以及 2 种栽培方式的暗呼吸日变化比较(b)

Fig.2 Diurnal courses of R_d for four *C. papaya* genotypes in the network and two genotypes inside and outside network

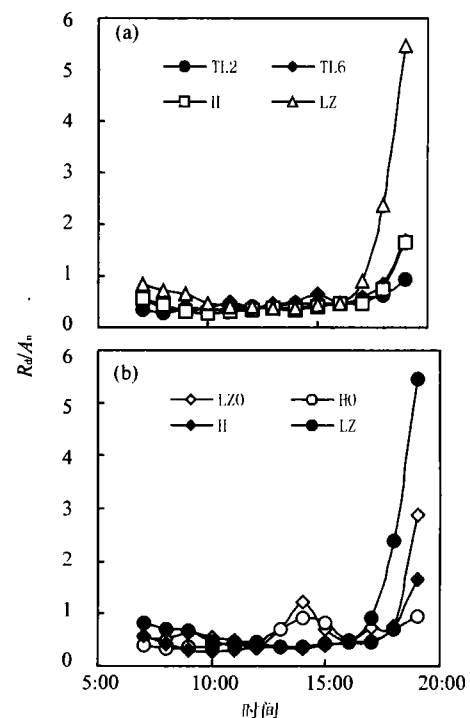


图 3 4 种木瓜暗呼吸速率与光合速率比 R_d/A_n 的日变化(a)以及 2 种栽培方式 R_d/A_n 日变化比较(b)

Fig.3 Diurnal courses of R_d/A_n for four *C. papaya* genotypes and two genotypes inside and outside network

降低 PFD 和 θ 可以减少暗呼吸速率, 从而减少碳固定损失, 增加生物量积累。

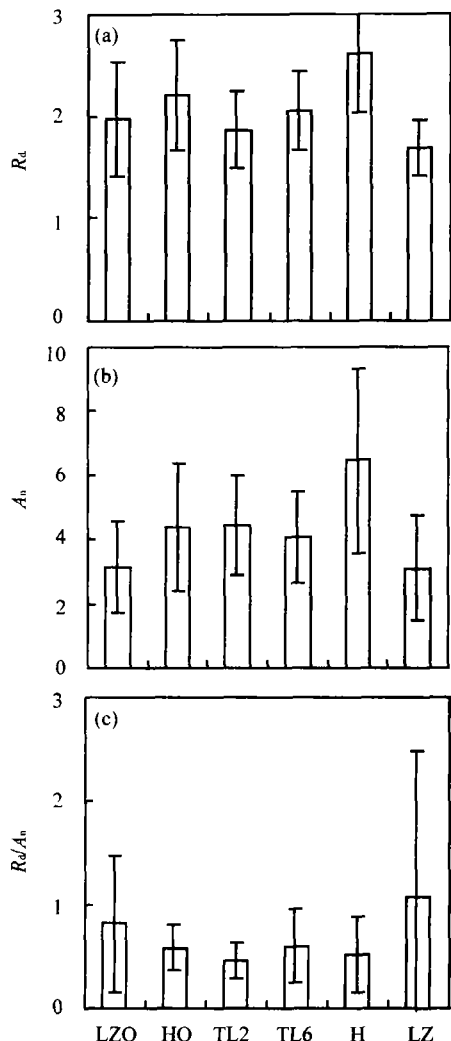


图4 木瓜的日平均 A_n (a)、日平均 R_d (b) 以及日平均 R_d/A_n (c)比较

Fig.4 Average A_n (a), R_d (b), R_d/A_n (c) in diurnal courses for *C. papaya*

由图6可知呼吸作用与 PFD 成显著正相关 ($P \leq 0.05$), 但是当 PFD 大于 $1500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 则呈下降的趋势。呼吸作用的温度响应曲线也可以看出 R_d 与 θ 呈显著正相关 ($P \leq 0.05$), 温度越大上升的趋势越明显。

3 讨论

木瓜的呼吸作用与气温呈显著正相关, 而与光强也显著相关。4种新品种木瓜中 LZ 的耐荫性最好。夏威夷木瓜的呼吸作用显著高于其它3种, 同时它的光合速率也高 ($P \leq 0.05$), 应该较为喜阳, 其它2种则差异不显著。各品种在光合作用、呼吸作用以及各组分在总气体交换中的比例存在差异,

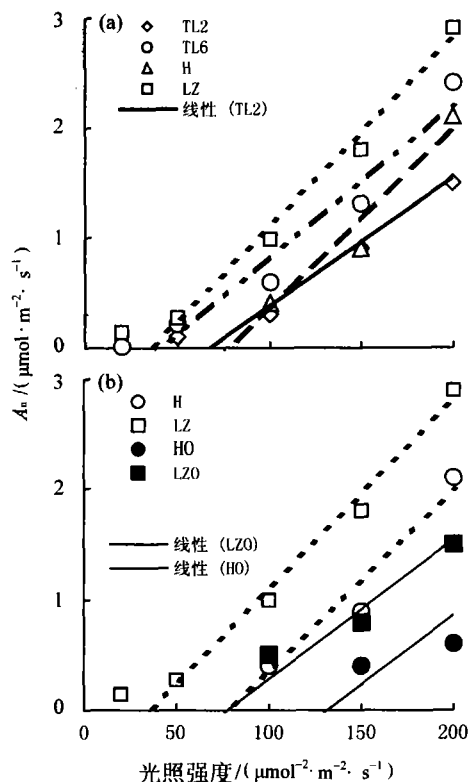


图5 两种栽培方式下4种木瓜的光响应曲线光合量子产量比较

Fig.5 Apparent quantum yield in light response curves of four *C. papaya*

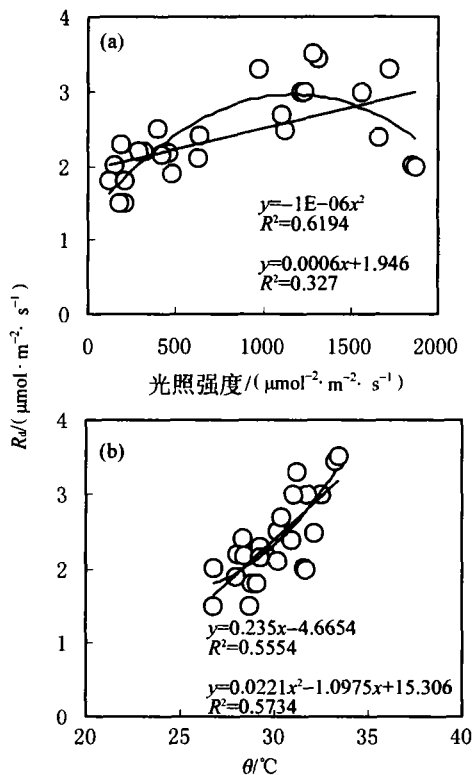


图6 木瓜呼吸与光照强度(a)以及温度(b)响应
Fig.6 PFD and temperature responses of R_d for *C. papaya*

在栽培管理中应该因种制宜采取相应的措施。从我们的实验中网室栽培对于缓解午间的光合“午休”和降低全天的呼吸都有积极的作用^[6-8],应该进一步研究并综合评价,考虑在华南地区予以推广。

参考文献:

- [1] Larcher. 植物生态生理学[M]. 第五版, 中国农业大学出版社. 1997, 93-94.
- [2] 许大全. 光合速率、光合效率与作物产量[J]. 生物学通报, 1999, 34(8): 8-9.
- [3] 蔡楚雄, 邓雄, 刘世平, 等. 8个芒果品种的光合作用比较研究[J]. 广东农业科学, 2003, 2: 13-16.
- [4] 李少昆, 张旺峰, 马富裕, 等. 北疆高产棉叶呼吸作用及其与光合作用关系的研究[J]. 棉花学报, 1998, 10

(5): 240-254.

- [5] 邓雄, 李小明, 曾凡江, 张希明. 策勒高产棉实验区两种棉花叶片不同生育期气体交换特征的比较[J]. 棉花学报, 2001, 13(6): 321-322.
- [6] Berry J A, Downton W J S. Environmental regulation of photosynthesis // Govindjee eds. Photosynthesis, Vol. II: development, carbon metabolism and plant productivity[M]. New York: Academic Press. 1982, 263-243.
- [7] Farquhar G D. Carbon isotope discrimination and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1989, 40: 520-523.
- [8] Franks J, Farquhar G D. A relationship between humidity response, growth form and photosynthetic operating point in C3 plants[J]. Plant Cell and Environment, 1999, 22: 1337-1349.

Respiration and Shade-tolerance of the Four New *Carica papaya* Linn Genotypes

CAI Chu-xiong¹, CAO Hong-lin², DENG Xiong², LIU Shi-ping¹, YE Wan-hui²

(1. Dongguang Botanic Garden, Dongguang, Guangdong 523079, China;

2. South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: The respiration of the four new genotypes of *Carica papaya* Linn (TL2, TL6, H and LZ) was measured, the results showed that: ① The dark respiration rate (R_d) increased coupled with the photosynthetic rate (A_n). The values of A_n arranged in this sequence: $H \geq TL2 \geq TL6 \geq LZ$, (R_d) $H \geq TL6 \geq TL2 \geq LZ$ and R_d/A_n $LZ \geq TL6 \geq H \geq TL2$. ② The quantum yield efficiency of the four genotypes arranged in the sequence of $LZ \geq H \geq TL6 \geq TL2$, combined with their R_d and A_n , it could infer that LZ was the most shade-tolerant genotype and H was a sunny genotype, but the other two genotypes had no significant differences ($P \leq 0.05$). ③ R_d had the positive relationship with PFD, but PFD increased to more than $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, R_d reduced, R_d also significantly related positively with θ ($P \leq 0.05$). ④ Network will be helpful for *C. papaya* escape from high temperature, PFD and high humidity, release from “noon break”, reduce the damage by respiration, increase the carbon fixation and the production.

Key words: *Carica papaya* Linn; respiration; photosynthetic rate