

盆栽樱桃植株的光合特性

秦嗣军, 吕德国*, 刘国成, 李作轩

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

摘要: 以本溪山樱 (*Cerasus sachalinensis* Kom.) 和大青叶 (*C. pseudocerasus* G. Don) 为试材, 通过气体交换方法比较了在田间和盆栽方式下 2 种樱桃的光合特性。结果表明, 田间植株的净光合速率 (P_n)、光合能力、羧化效率 (CE)、表观量子效率 (AQY)、RuBP 最大再生速率等参数均高于盆栽植株。一天中田间植株的 P_n 、蒸腾速率 (Tr) 及气孔导度 (Gs) 基本高于盆栽植株, 而细胞间隙 CO_2 浓度 (Ci) 基本低于盆栽植株。分析了导致田间和盆栽樱桃植株光合特性不同的可能原因。

关键词: 樱桃; 光合特性

中图分类号: S 662.5 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2007) 01-0035-04

Photosynthetic Characteristics of Cherry Grown in Pot

Q N Si-jun, L ÜDe-guo*, L U Guo-cheng, and L I Zuo-xuan

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

Abstract: The photosynthetic characteristics of *Cerasus sachalinensis* Kom. and *C. pseudocerasus* G. Don 'Daqingye' grown in field and in pot were studied by gas exchange. The results showed that the net photosynthetic rate (P_n), photosynthetic capacity, carboxylation efficiency (CE), apparent quantum yield (AQY) and maximum regeneration rate of RuBP of cherry grown in field were higher than those grown in pot. P_n , transpiration (Tr) ratio and stomata conductance (Gs) of cherry grown in field were higher than those grown in pot, but the intercellular CO_2 concentration (Ci) was lower than that in pot during daytime. The physiological mechanism in photosynthesis of cherry grown in field differed from the potted plants.

Key words: Cherry; Photosynthetic characteristics

盆栽果树受容器限制, 根系的分布及其所处的土壤条件与田间植株有很大的差异。大部分盆栽果树栽植当年部分植株可分化花芽, 翌年即可开花结果, 而田间植株一般需 2~3 年才能形成花芽, 表明盆栽更有利于植株向生殖发育方向转变。但不同栽植方式下植株的光合代谢是否有差异, 这些差异对环境的响应是否相同, 尚缺乏深入研究。作者对田间和盆栽樱桃植株的光合特性及其对环境响应进行比较研究, 旨在为其栽培管理提供科学依据。

1 材料与方法

供试材料为 '本溪山樱' (*Cerasus sachalinensis* Kom.) 和 '大青叶' (*C. pseudocerasus* G. Don 'Daqingye'), 苗木于 2004 年 5 月初分别栽植于沈阳农业大学果树试验基地田间及素烧盆 (盆高 20 cm, 盆口内径 25 cm, 盆底内径 20 cm) 中, 冬季保护越冬。2005 年 8 月下旬, 每处理选生长势一致试材 3 株, 从中选出 5 个光照良好的顶部新梢, 每新梢选 1 片中部功能叶进行光合参数指标测定, 2005 年 8 月 26 日进行光合日变化的测定, 6:30~17:30 每隔 1 h 测定 1 次, 5 次重复。

收稿日期: 2006-05-25; 修回日期: 2006-09-07

基金项目: 辽宁省教育厅高等学校科学研究项目 (051393); 辽宁省博士启动基金资助项目 (20001044)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: lvdeguo@163.com)

气体交换参数用 CRAS-1 型便携式光合系统 (PP-System s, 英国) 测定, 测定时光合有效辐射 (PAR)、大气温度 (T_a)、叶温 (T_l)、水汽压 (V_p)、大气 CO_2 浓度 (C_a) 等参数均采用仪器自控系统控制。净光合速率 (P_n) 测定条件为: 光强 $1\,413\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $C_a\,350\sim360\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 相对湿度 75%, $T_a\,(25.2\pm1.9)$; 光强从 $36\sim1\,951\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 分 12 个梯度进行光合—光 (P_n - PAR) 响应曲线测定, 每一光强下适应 5 min 后记录数值, 用直线回归求得 P_n - PAR 响应曲线的初始斜率 $dP_n/dPAR$ 为表观量子效率 (AQY), 同时计算光补偿点 (LCP), 以拟合曲线方程 ($y=ax^2+bx+c$) 计算出饱和光强 (SL); CO_2 从 $50\sim2\,000\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 分 16 个浓度梯度进 P_n - CO_2 (C_a - C_i) 响应曲线测定, 测定时光强为 $1\,413\,\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 用直线回归求得 P_n - C_i 响应曲线的初始斜率 dP_n/dC_i 为羧化效率 (CE), 以 C_i 饱和时 P_n 为 RuBP 最大再生速率, 以 P_n - C_a 响应曲线方程计算 CO_2 补偿点 (CCP) 与饱和 CO_2 (SC); 以没有气孔限制时的同化速率 (即 C_i 为 $350\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 的 P_n) 代表光合能力; 根据 Farquhar 和 Sharkey (1982) 的方法计算气孔限制值 (L_s)。参考 Amon (1949) 的方法测定叶绿素含量。累计光合产物以每平方米叶面积日同化 CO_2 总量计, 按光合日变化曲线中每时刻测得的 P_n 近似计算日累计光合产物 ($CO_2\,\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}$) = $P_n\,(\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})\times 3\,600\,\text{s}/1\,000$ 。采用 DPS 数据处理系统进行统计分析 (LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 田间与盆栽樱桃植株光合特性的差异

由表 1 可看出, 田间栽培的本溪山樱及大青叶的 P_n 均显著高于其盆栽植株, 分别是盆栽植株的 2.40 倍和 1.45 倍。叶绿素含量也表现出与 P_n 相似的规律, 同作者前期 (2006) 研究结果相比 [2005 年 6 月初测定本溪山樱及大青叶的叶绿素含量分别为 (3.24 ± 0.18) 、 $(2.90\pm0.22)\,\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FM}$], 田间本溪山樱叶绿素含量没有明显的变化, 田间大青叶则下降了 24.8%, 而两种盆栽植株叶绿素含量均下降明显, 表明盆栽樱桃生长后期叶绿素降解较早, 这可能是导致盆栽植株光合能力下降的原因之一。从气孔限制值 (L_s) 上看, 两种田间樱桃间无明显差异, 但均显著大于其相应的盆栽植株, 说明盆栽植株 P_n 下降不是气孔限制而是叶肉的光合能力差异造成的, 因为田间栽培植株的羧化效率 (CE)、RuBP 最大再生速率和表观量子效率 (AQY) 均显著高于盆栽植株。

表 1 田间和盆栽樱桃光合生理参数的差异

Table 1 Diversity of photosynthetic parameters of cherry grown in field and in pot

材料 Material	栽植方式 Culture ways	总叶绿素 Total chlorophyll ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{FM}$)	光合速率 Photosynthetic (P_n) ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	光合能力 Photosynthetic capacity CE ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	AQY	$L_s(\%)$	最大再生速率 Max regeneration rate of RuBP ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
本溪山樱	田间 Field	$3.15\pm0.48a$	$11.5\pm1.06a$	$20.8\pm1.29a$	$0.045\pm0.005a$	$0.021\pm0.002a$	$43.7\pm2.6a$
<i>C. sachalinensis</i>	盆栽 Potted	$2.05\pm0.12b$	$4.8\pm0.23b$	$6.7\pm0.33b$	$0.022\pm0.004b$	$0.018\pm0.003b$	$28.3\pm1.0b$
大青叶	田间 Field	$2.18\pm0.12a$	$6.1\pm0.18a$	$10.2\pm0.31a$	$0.020\pm0.003a$	$0.019\pm0.002a$	$43.3\pm1.1a$
<i>C. pseudocensus</i>	盆栽 Potted	$1.47\pm0.05b$	$4.2\pm0.16b$	$6.6\pm0.23b$	$0.015\pm0.003b$	$0.013\pm0.002b$	$35.8\pm3.2b$

注: 表中同列不同字母表示相同种不同栽培方式之间 5% 水平上显著差异; 每个数据为 5 次测定的平均值。

Note: Different letters in same line indicate significant difference at 5% level between the pot and field cultured cherry; Values are means $\pm SE$ ($n=5$).

2.2 田间和盆栽樱桃植株光合作用对 CO_2 和光强的响应

在 $350\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 以下低 CO_2 浓度范围内, 田间植株的 P_n 随 CO_2 浓度升高而上升的幅度显著高于盆栽植株 (图 1, A、B)。田间本溪山樱、盆栽本溪山樱、田间大青叶及盆栽大青叶的 CO_2 补偿点 (CCP) 分别是 (89 ± 6) 、 (116 ± 7) 、 (72 ± 6) 及 $(89\pm6)\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 饱和 CO_2 (SC) 分别是 $(2\,252\pm46)$ 、 $(2\,886\pm74)$ 、 $(2\,292\pm59)$ 及 $(2\,801\pm66)\,\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。可见田间植株 CCP 较其盆栽植株低, 表明田间植株对低浓度 CO_2 的利用效率高于盆栽植株; 盆栽植株 SC 均较其相应田间植株

高,表明盆栽植株可利用更高浓度的 CO_2 。从整体上看田间植株的 Pn 对 CO_2 响应值明显高于盆栽植株,当 CO_2 浓度在 $1\ 200\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 以上时,盆栽大青叶的 Pn 对 CO_2 浓度响应趋于平缓。

经对 $\text{Pn}-\text{PAR}$ 响应曲线 (图 1, C) 方程计算可知,田间本溪山樱、盆栽本溪山樱、田间大青叶及盆栽大青叶的饱和光强 (SL) 分别为 $(1\ 374 \pm 72)$ 、 $(1\ 580 \pm 54)$ 、 $(1\ 418 \pm 68)$ 、 $(1\ 723 \pm 40)$ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,光补偿点 (LCP) 分别为 (44 ± 4) 、 (174 ± 27) 、 (94 ± 9) 、 (104 ± 11) $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,盆栽植株的 SL 均高于其相应的田间植株,说明盆栽植株对强光的利用能力高于田间植株。田间植株对弱光的利用能力明显高于盆栽植株。

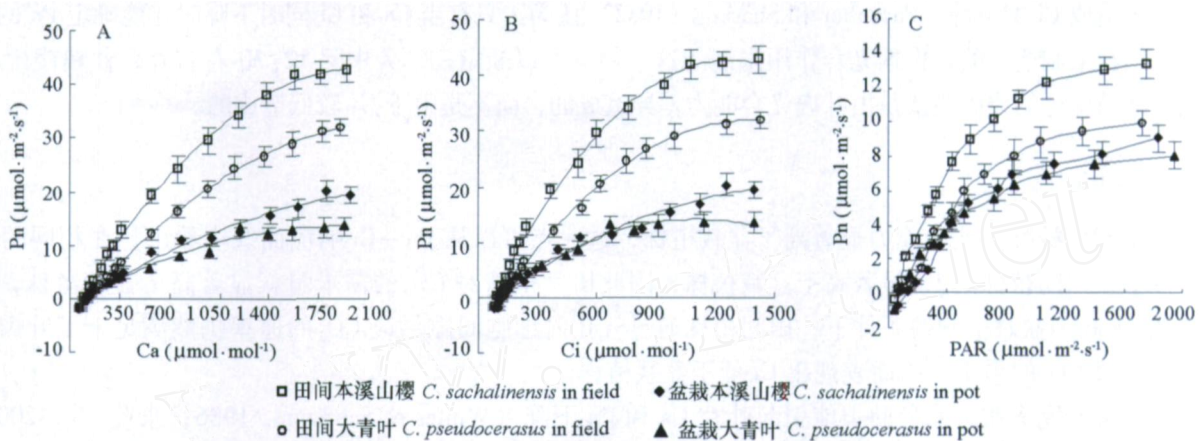


图 1 田间和盆栽樱桃 $\text{Pn}-\text{Ca}$ 响应曲线 (A)、 $\text{Pn}-\text{Ci}$ 响应曲线 (B) 和 $\text{Pn}-\text{PAR}$ 响应曲线 (C)

Fig 1 Responses of photosynthesis to different CO_2 concentrations (A), different intercellular CO_2 concentrations (B) and different photon flux densities (C) of leaves of field and pot cultured cherry

2.3 田间和盆栽樱桃光合作用的日变化

从图 2, A 中看出,一天中除早、晚外,田间植株的 Pn 显著大于盆栽植株。在早晨,随着光强和温度的逐渐增强,田间樱桃的 Pn 上升幅度明显快于盆栽樱桃。下午 15:30 左右田间樱桃的 Pn 出

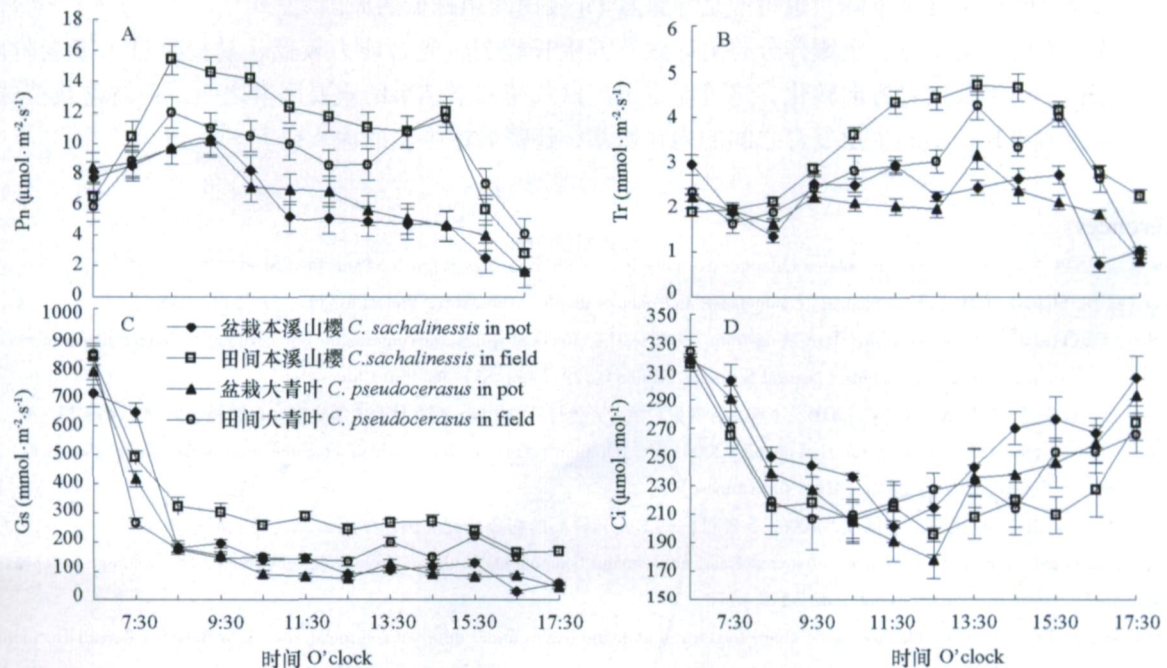


图 2 田间和盆栽樱桃净光合速率 (A)、蒸腾速率 (B)、气孔导度 (C)、胞间 CO_2 浓度 (D) 日变化

Fig 2 The diurnal variation of Pn (A), Tr (B), Gs (C) and Ci (D) of cherry grown in field and in pot

现第2次高峰,但盆栽植株的 P_n 于上午9:30以后便持续下降。经计算,田间本溪山樱、盆栽本溪山樱、田间大青叶及盆栽大青叶的日累计光合产物(同化 CO_2 总量)分别为459.2、263.9、393.9及284.7 $mmol \cdot m^{-2}$,由此可见,田间樱桃的光合能力远远高出盆栽植株。

从图2, B中看出,田间樱桃的蒸腾速率(Tr)一天中基本呈低—高—低的变化趋势,而盆栽植株变化相对较小,且较田间植株低。早晨8:30前田间和盆栽樱桃的气孔导度(G_s)均迅速下降,而后基本维持在一定水平,整体上田间植株高于盆栽植株(图2, C)。盆栽樱桃的胞间 CO_2 浓度(C_i)除在中午12:30时低于田间植株外,其余各时间均高于田间植株(图2, D)。盆栽樱桃的 G_s 虽较田间植株低但并未造成 C_i 的下降。Farquhar和Sharkey(1982)认为,只有当 G_s 和 C_i 同时下降时才能确定 P_n 的下降是气孔限制造成的,根据光合作用限制的这一判据可以断定,一天中除12:30左右外,盆栽樱桃 P_n 比田间植株低的原因主要是由叶肉光合能力差异造成的,而不是由于 G_s 较低造成的。

3 讨论

田间植株叶肉光合能力显著高于盆栽植株,这一点可以从 $P_n - C_i$ 响应曲线中看出,在相同的 C_i 条件下,田间植株的 P_n 显著高于盆栽植株,因此田间植株对 CO_2 的需求量就显著高于盆栽植株,即使在 G_s 高于盆栽植株的条件下,田间植株通过气孔向细胞间隙供应 CO_2 的速率仍然满足不了叶肉光合机构对 CO_2 的需求,因而表现出 C_i 低于盆栽植株。

许多研究表明,水分胁迫能引起叶片 G_s 和 P_n 下降(Winter & Schromm, 1986; 景茂等, 2005; 秦嗣军等, 2005; 严巧娣和苏培玺, 2005)。虽然盆栽植株土壤供水能力有限(所用试材每日傍晚浇透水,晴热天气的下午处于一种短期水分胁迫中),但我们认为导致其光合下降的原因不仅仅是土壤水分供应不足,因为在上午8:30左右盆栽植株并不缺水,而其 P_n 却明显低于田间植株。此外, C_i 的变化也表明,盆栽植株 P_n 的下降也并不是 G_s 下降造成的。因此我们认为,盆栽植株由于根系生长受到限制,可能通过某种信号转导机制影响到地上叶片的光合能力。另外,由于盆栽樱桃受容器的限制对肥水缓冲能力较弱,长时间处于干湿交替的水分胁迫及土壤养分胁迫中,造成植株提前衰老,叶片功能下降,叶绿素含量下降,也可能是导致其 P_n 较田间植株低的原因之一。

盆栽樱桃植株受水分、土壤养分胁迫导致营养生长较弱,光合能力较低,易提早进入衰老阶段,使养分有利于向生殖发育方向转化,这可能是引起盆栽植株早结果的重要因素之一。但对盆栽植株较低的光合能力与其较早的生殖发育之间的内在联系,还需做进一步的深入研究。

References

- Amon D L. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1 - 15.
- Farquhar G D, Sharkey T D. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol., 33: 317 - 345.
- Jing Mao, Cao Fu-liang, Wang Gui-bin, Hao Ming-zhuo. 2005. The effects of soil water contents on photosynthetic characteristics of ginkgo. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 29 (4): 83 - 86. (in Chinese)
- 景茂, 曹福亮, 汪贵斌, 郝明灼. 2005. 土壤水分含量对银杏光合特性的影响. 南京林业大学学报(自然科学), 29 (4): 83 - 86
- Qin Si-jun, Lü De-guo, Du Guo-dong, Liu Guo-cheng. 2006. The preliminary study on photosynthetic characteristics of five cherry rootstocks. Acta Horticulturae Sinica, 33 (4): 813 - 816. (in Chinese)
- 秦嗣军, 吕德国, 杜国栋, 刘国成. 2006. 5种樱桃砧木光合特性的初步研究. 园艺学报, 33 (4): 813 - 816
- Winter K, Schromm M J. 1986. Analysis of stomatal and nonstomatal components in the environmental control of CO_2 exchange in leaves of *Welwitschia mirabilis*. Plant Physiol., 82: 173 - 178.
- Yan Qiao-di, Su Pei-xi. 2005. Photosynthetic characteristics of grapevine leaves under different soil moistures. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 25 (8): 1601 - 1606. (in Chinese)
- 严巧娣, 苏培玺. 2005. 不同土壤水分条件下葡萄叶片光合特性的比较. 西北植物学报, 25 (8): 1601 - 1606.