

# 5种樱桃砧木光合特性的初步研究

秦嗣军 吕德国\* 杜国栋 刘国成

(沈阳农业大学园艺学院, 辽宁沈阳 110161)

**摘要:** 以马哈利、大青叶、本溪山樱、吉塞拉 5 号及考特 5 种樱桃砧木为试材, 通过气体交换等方法研究了它们的光合特性。结果表明, 马哈利对低浓度  $\text{CO}_2$  及高光强利用能力均强, 光合能力最大; 考特对弱光利用能力显著强于马哈利和吉塞拉 5 号, 但其光合能力最弱; 5 种樱桃砧木新梢中下部、中部、中上部叶面积占新梢总叶面积比率及相应 3 部分光合产物占总光合产物比率均明显高于基部和顶部所占比率, 中下部及中部叶片较大且发育良好, 是整个新梢叶片光合生产力的主要贡献者。

**关键词:** 樱桃; 砧木; 光合特性

中图分类号: S 662.5 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2006) 04-0813-04

## The Preliminary Study on Photosynthetic Characteristics of Five Cherry Rootstocks

Qin Sijun, Lü Deguo\*, Du Guodong, and Liu Guocheng

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

**Abstract:** The photosynthetic characteristics of five rootstocks of cherry *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Cerasus pseudocerasus* (Lindl.) G. Don 'Daqingye', *Cerasus sachalinensis* Kom., 'Gisela 5', and 'Colt' were studied by gas exchange. The results showed that there were differences among photosynthetic capacity, carboxylation efficiency, apparent quantum yield,  $\text{CO}_2$  compensation points,  $\text{CO}_2$  saturation points, light compensation points and light saturation points in the five rootstocks of cherry. The capacities of *Cerasus mahaleb* L. using low concentration  $\text{CO}_2$  and high intensity illumination were high, and photosynthetic capacity was the biggest, though the capacity of using low light of Colt was higher than *Cerasus mahaleb* L. and Gisela, the photosynthetic capacity of Colt was the smallest. Photosynthetic capacities were differences among the leaves of different position of the shoots, the proportion of the leaf areas of different position of new shoot in total areas and photosynthetic products in total photosynthetic products were different. The percentage of leaf area in total leaf area and photosynthetic products in total photosynthetic products of the basal middle, middle and mid-top part leaves was higher than that of the base and top part leaves, the leaves of basal middle and middle parts were bigger and developed better, which were the major parts of photosynthetic capacity.

**Key words:** Cherry; Rootstock; Photosynthetic characteristics

## 1 目的、材料与方法

我国生产上应用的樱桃砧木类型较多, 但适应性广、综合性状优良的砧木较少<sup>[1]</sup>, 常出现根系适应性差、与嫁接品种亲和不良、根癌病发生严重等问题。目前对此尚缺乏系统研究, 尤其是对砧木光合特性等基础研究尚欠深入, 而这些研究正是评价其生态适应性的基础<sup>[2~5]</sup>, 本试验对不同类型樱桃砧木的需光特点和光合特性进行研究, 以期对樱桃砧木选择提供一定的理论依据。

供试材料马哈利 [*Cerasus mahaleb* (L.) Mill., 起源于欧洲地中海地区]、大青叶 [*Cerasus pseud-*

收稿日期: 2005-08-24; 修回日期: 2005-11-11

基金项目: 中国博士后基金项目 (中博金 (1998) 9号); 辽宁省博士启动基金项目 (20001044)

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

*ocerasus* (Lindl.) G. Don 'Daqingye', 主要分布在中国长江流域 1. 本溪山樱 [*Cerasus sachalinensis* (Fr. Schu) Kom., 主要分布在中国东北 1. 吉塞拉 5号 ('Gisela 5', 德国育成的矮化砧木), 及考特 (Colt, 英国育成的无性系砧木) 于 2004年 5月初栽植于沈阳农业大学设施果树试验基地冷棚, 正常土肥水管理, 冬季保护越冬, 2005年 6~7月进行光合指标测定。每处理选生长势一致试材 5株, 每株选 1个光照良好的顶部新梢, 按其抽生长度平均分为基部、中下部、中部、中上部、顶部 5部分, 选中部完全展开叶进行光合参数指标测定, 重复测定 5个叶片, 并于 2005年 6月 1日及 2005年 7月 7日对新梢每一叶片的叶面积及净光合速率 ( $P_n$ ) 进行测定。气体交换参数用 CRAS-1型便携式光合系统进行测定。 $P_n$ 、光合 - 光 ( $P_n$ -PAR) 响应曲线及光合 -  $CO_2$  ( $P_n$ -Ca,  $C_i$ ) 响应曲线测定条件为: 光强  $1\ 963\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $CO_2$   $350 \sim 360\ \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 相对湿度 75%。从  $123 \sim 1\ 963\ \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 分 10个梯度进行  $P_n$ -PAR响应曲线测定, 每一光强下适应 5 min后进行测定, 用直线回归求得  $P_n$ -PAR响应曲线的初始斜率, 即为表观量子效率 (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); 从  $50 \sim 2\ 000\ \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 分 16个浓度梯度进行  $P_n$ -Ca响应曲线测定, 用直线回归求得  $P_n$ - $C_i$ 响应曲线的初始斜率, 即为羧化效率 (CE), 以  $C_i$ 饱和时的  $P_n$ 为 RuBP最大再生速率, 以  $P_n$ -Ca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等<sup>[6]</sup>的方法计算气孔限制值 (Ls)。参考 Amon<sup>[7]</sup>的方法测定叶绿素。采用 DPS数据处理系统进行统计分析 (LSD法)。

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 5种樱桃砧木光合参数的差异

由表 1可看出, 马哈利的  $P_n$ 显著高于其它 4种砧木, Gisela 5及大青叶的  $P_n$ 亦较高, Colt最低。5种樱桃砧木光合能力也表现出与  $P_n$ 相似的结果。从 Ls上看, 除 Gisela 5较高外, 其它 4种砧木间无显著差异, 说明 5种樱桃砧木光合能力差异是由非气孔限制引起, 这可能与起源地生长环境、生态适应性等砧木本身特性有关。另外, 光合能力较强的马哈利与光合能力较弱的本溪山樱叶绿素含量最高, 其次是大青叶和 Gisela 5, Colt含量最低, 说明不同砧木类型光合能力强弱不完全与叶绿素含量高低一致, 而是受多种因素影响。CE及 RuBP最大再生速率是影响光合能力的主要因素, 试验结果 (表 1) 表明, 在饱和光强 ( $PAR\ 1\ 963\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 下马哈利的 CE及 RuBP最大再生速率显著高于其它 4种砧木, 表明马哈利对低、高浓度  $CO_2$  利用率均高是其光合能力较强的主要原因。

表 1 5种樱桃砧木光合参数的差异

Table 1 Diversity of photosynthetic parameter in five cheery rootstocks

材料 Materials	叶绿素 Chlorophyll ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	净光合速率 $P_n$ ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光合能力		表观量子效率 AQY	气孔限制值 Volume of stoma restriction (%)	RuBP最大再生速率 Max regeneration velocity of RuBP ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
			Photosynthetic capacity ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	羧化效率 CE			
马哈利 <i>C. mahaleb</i>	3.3 $\pm$ 0.2 a	20.2 $\pm$ 1.0 a	24.2 $\pm$ 0.4 a	0.075 $\pm$ 0.002 a	0.033 $\pm$ 0.007 a	17 $\pm$ 3 b	44.8 $\pm$ 1.4 a
吉塞拉 5号 <i>Gisela 5</i>	2.8 $\pm$ 0.1 b	15.6 $\pm$ 0.8 b	21.1 $\pm$ 1.7 b	0.061 $\pm$ 0.007 bc	0.033 $\pm$ 0.004 a	26 $\pm$ 2 a	28.6 $\pm$ 3.4 b
大青叶 <i>C. pseudocerasus</i>	2.9 $\pm$ 0.2 b	15.2 $\pm$ 1.5 b	17.8 $\pm$ 0.5 c	0.067 $\pm$ 0.005 ab	0.027 $\pm$ 0.004 a	18 $\pm$ 5 b	31.5 $\pm$ 4.5 b
本溪山樱 <i>C. sachalinensis</i>	3.2 $\pm$ 0.1 a	12.9 $\pm$ 0.4 c	15.6 $\pm$ 0.6 d	0.051 $\pm$ 0.002 c	0.026 $\pm$ 0.004 a	17 $\pm$ 5 b	27.9 $\pm$ 0.5 b
考特 <i>Colt</i>	2.4 $\pm$ 0.2 c	11.2 $\pm$ 0.5 d	13.2 $\pm$ 1.0 e	0.031 $\pm$ 0.011 d	0.016 $\pm$ 0.003 b	16 $\pm$ 4 b	30.4 $\pm$ 2.0 b

注: 表中同列不同字母表示 5%水平上差异显著, 每个数据为 5次测定的平均值。

Note: Different letters in same line indicated significant difference at 5% level, values are means  $\pm$ SE (n=5).

### 2.2 5种樱桃砧木光合 - $CO_2$ 、光响应曲线

从图 1 (A、B) 中可看出, 在低  $CO_2$  浓度范围内马哈利的  $P_n$ 随  $CO_2$  升高上升最快, 其次是大青

叶与 Gisela 5, 本溪山樱与 Colt 上升最慢。经对低  $\text{CO}_2$  浓度下  $\text{Pn}$  响应值直线回归, 可知马哈利、Gisela 5、大青叶、本溪山樱、Colt 的  $\text{CO}_2$  补偿点分别是  $(84 \pm 6)$ 、 $(55 \pm 10)$ 、 $(115 \pm 4)$ 、 $(112 \pm 7)$ 、 $(134 \pm 7) \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当  $\text{CO}_2$  浓度上升达 849 (Gisela 5)、1 456 (大青叶)  $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$  后, 2 砧木  $\text{Pn}$  上升明显较其它砧木减缓, 经计算, Gisela 5 和大青叶的饱和  $\text{CO}_2$  分别为  $1\,850 \pm 28$  和  $1\,922 \pm 47 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 而其它 3 种砧木均在  $2\,000 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$  以上。

从图 1 (C) 中看出, 5 种樱桃砧木的  $\text{Pn}$  对 PAR 响应值整体上为马哈利 > Gisela 5 > 大青叶 > 本溪山樱 > Colt, 对其进行曲线回归可知其饱和和光强分别为  $(1\,669 \pm 38)$ 、 $(1\,398 \pm 4)$ 、 $(1\,585 \pm 27)$ 、 $(1\,466 \pm 171)$ 、 $>1\,963 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 表明 5 种樱桃砧木皆是喜光植物。另外, 当 PAR 降至  $755 \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$  以下时, 马哈利、大青叶的  $\text{Pn}$  随光强降低而迅速下降, 其次是 Gisela 5 和本溪山樱, 而 Colt 在所控光强范围内始终呈缓慢下降趋势。对低光强下 5 种樱桃砧木  $\text{Pn}$  对 PAR 响应值进行直线回归可知, Colt 的 AQY 最低 (表 1), 表明相同弱光条件下其光合能力最小, 但从光补偿点 [马哈利、Gisela 5、大青叶、本溪山樱和 Colt 分别为  $(81 \pm 14)$ 、 $(53 \pm 13)$ 、 $(42 \pm 8)$ 、 $(24 \pm 15)$ 、 $(27 \pm 17) \mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ ] 看, 其可利用最低光强显著低于马哈利和 Gisela 5。

### 2.3 5种樱桃砧木不同节位叶片的净光合速率

樱桃砧木在新梢抽生初期 (2005 - 06 - 01), 马哈利叶片  $\text{Pn}$  明显高于大青叶、本溪山樱和 Colt 3 种砧木同一节位叶片, 表现出较强的光合能力。随着节位升高马哈利和 Gisela 5 的  $\text{Pn}$  表现出由高到低的变化趋势, 大青叶和 Colt 则为低—高—低型, 而本溪山樱虽然在整体上较低, 但相对稳定。

说明马哈利和 Gisela 5 新展开的叶片达到较高  $\text{Pn}$  需较长时间, 而本溪山樱从展叶开始即保持相对稳定的光合能力, 这可能是由砧木本身特性及新梢抽生速度不同引起。在新梢生长中期 (2005 - 07 - 07) 大青叶和本溪山樱叶片  $\text{Pn}$  较抽生初期整体均有所提高, 而马哈利和 Gisela 5 整体上则继续维持较高的  $\text{Pn}$ , 表明此期随着叶龄加大  $\text{Pn}$  逐渐上升。

### 2.4 5种樱桃砧木新梢各部分叶面积及光合产物比例

从表 2 中可看出, 5 种樱桃砧木新梢各部分叶面积及光合产物 (单位时间内) 所占新梢总叶面积及总光合产物比例不同。基部、中下部、中部叶面积占新梢总叶面积比例分别小于相应 3 部分光合产物占新梢总光合产物比例, 中上部、顶部叶面积占新梢总叶面积比例分别大于相应两部分光合产物占

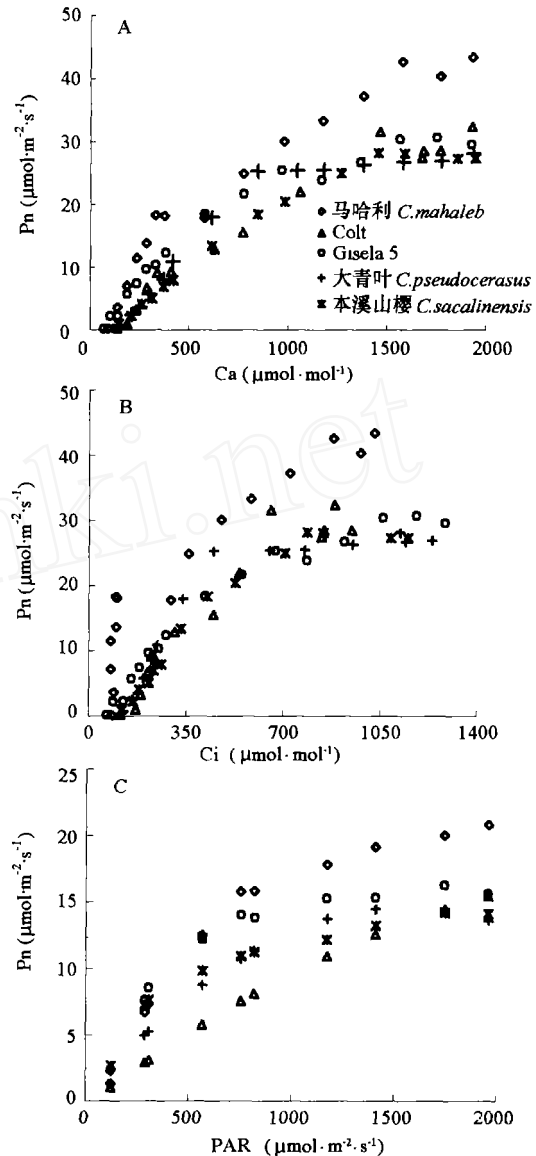


图 1 樱桃砧木的  $\text{Pn}$ - $\text{Ca}$  响应 (A)、 $\text{Pn}$ - $\text{Ci}$  响应 (B) 和  $\text{Pn}$ -PAR 响应 (C)

Fig 1 Responses of photosynthesis to different  $\text{CO}_2$  concentrations (A), different intercellular  $\text{CO}_2$  concentrations (B) and different photon flux densities (C) in five cherry rootstocks

新梢总光合产物的比例,说明新梢中部以下叶片光合能力明显强于中部以上叶片。另外,从整体上看,新梢中下部、中部、中上部叶面积占新梢总叶面积比例明显高于基部及顶部所占比例,相应各部分光合产物占总光合产物比例也有相同的趋势,这与新梢不同发育进程形成的叶片大小、光合能力强弱不同有关。新梢基部叶片较小,  $P_n$  偏低,单位时间内同化的光合产物少;中下部和中部叶片较大且发育良好,  $P_n$  较大,单位时间内同化的光合产物多,是整个新梢叶片光合生产力的主要贡献者;中上部、顶部叶片展开较晚,叶片小且发育尚不健全,  $P_n$  最小,单位时间内同化的光合产物亦最少。因此,栽培管理中应尽可能维持新梢中下部叶片旺盛的生理功能,使叶片的光合能力较长时间维持在较高水平上,以利于光合产物的积累。

表 2 5种樱桃砧木新梢不同部位叶面积和光合产物所占的百分率

Table 2 Ratio of photosynthetic rate and leaf area of leaves in different position shoots in five cherry rootstocks (%)

材料	月份	基部 Basal part		中下部 Basal-middle part		中部 Middle part		中上部 Mid-top part		顶部 Top part	
Material	Month	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
马哈利 <i>C. mahaleb</i>	6	11.4	16.0	32.2	42.3	22.0	22.6	19.2	15.3	15.1	3.9
	7	12.1	16.0	21.5	26.2	28.4	32.6	21.8	17.8	16.1	7.3
吉塞拉 5号 <i>Gisela 5</i>	6	9.2	12.9	23.5	30.6	25.8	29.6	23.9	17.9	17.7	9.0
	7	12.5	12.9	19.8	20.2	21.7	22.8	26.6	28.0	19.3	16.0
考特 <i>Colt</i>	6	9.1	11.6	24.9	28.3	29.3	38.3	26.8	21.3	9.9	0.7
	7	21.8	25.7	25.0	26.6	21.2	24.4	23.8	18.8	8.2	4.5
大青叶 <i>C. pseudocerasus</i>	6	13.5	14.7	35.3	37.5	19.1	20.9	16.1	16.6	15.2	10.4
	7	13.9	17.2	21.1	29.3	24.1	21.7	22.8	17.8	18.1	14.0
本溪山樱 <i>C. sachalinensis</i>	6	18.2	18.3	36.1	42.3	20.6	23.9	17.1	14.2	8.0	1.5
	7	11.6	10.4	22.2	25.5	23.8	21.5	24.0	22.2	18.4	20.4

注: A: 占总叶面积%; B: 占总光合产物%。

Note: A: Percentage of total leaf area; B: Percentage of total photosynthetic products

## 参考文献:

- 1 吴禄平, 吕德国, 刘国成. 甜樱桃无公害生产技术. 北京: 中国农业出版社, 2003. 1~8  
Wu L P, Lü D G, Liu G C. Produce technology of sweet cherry without social effects of pollution. Beijing: China Agricultural Publishing Company, 2003. 1~8 (in Chinese)
- 2 Huang W D, Wu L K, Zhan J C. Effect of weak light on the peroxidation of membrane-lipid of cherry leaves. *Acta Botanica Sinica*, 2002, 44 (8): 920~924
- 3 吴兰坤, 黄卫东, 战吉成. 弱光对大樱桃坐果及果实品质的影响. 中国农业大学学报, 2002, 7 (3): 69~74  
Wu L K, Huang W D, Zhan J C. Effect of low light intensity on sweet cherry fruit setting and quality. *Journal of China Agricultural University*, 2002, 7 (3): 69~74 (in Chinese)
- 4 杨江山, 常永义, 种培芳. 3个樱桃品种光合特性比较研究. 园艺学报, 2005, 32 (5): 773~777  
Yang J S, Chang Y Y, Chong P F. Comparative studies on photosynthetic characteristics of three sweet cherry cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32 (5): 773~777 (in Chinese)
- 5 王关林, 吴海东, 苏冬霞, 那杰. NAA、BA对樱桃砧木插条的生理、生化代谢和生根的影响. 园艺学报, 2005, 32 (4): 691~694  
Wang G L, Wu H D, Su D X, Na J. Effects of NAA and BA on biochemical metabolism and rooting of cherry's stock. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32 (4): 691~694 (in Chinese)
- 6 Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol*, 1982, 33: 317
- 7 Amon D L. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiol*, 1949, 24: 1~15