

# 果实的有无对桃叶片净光合效率及相关生理反应的影响

朱亚静<sup>1</sup> 李绍华<sup>1\*</sup> 王红清<sup>2</sup> 姜全<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院植物研究所, 北京 100093; <sup>2</sup> 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094; <sup>3</sup> 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093)

**摘要:** 将‘燕红’桃在果核硬化期和果实最后迅速生长期留果对照和去果比较, 去果(库)后叶片(源)净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )和蒸腾速率( $E$ )降低, 叶片温度( $T_{leaf}$ )升高, 对细胞间隙 $\text{CO}_2$ 浓度( $C_i$ )无显著影响。去果对 $P_n$ 、 $G_s$ 、 $E$ 和 $T_{leaf}$ 的影响主要发生在9:00~16:00之间, 且在中午前后一段时间里影响最显著。研究叶片 $P_n$ 与 $G_s$ 之间的关系表明, 当 $G_s$ 值小于 $60 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 二者呈极显著正相关。此外, 留果对照和去果处理间叶片 $P_n$ 差值与 $T_{leaf}$ 差值呈显著或极显著的正相关。去果降低库力, 减少叶片 $G_s$ 并导致叶片温度的增加可能是源叶 $P_n$ 降低的关键因素。

**关键词:** 桃; 库源关系; 光合作用; 叶片温度

**中图分类号:** S 662.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 0513-353X (2005) 01-0011-04

## Effect of Sink-source Change on Net Photosynthesis and Related Physiological Response in Peach Trees (*Prunus persica*)

Zhu Yajing<sup>1</sup>, Li Shaohua<sup>1\*</sup>, Wang Hongqing<sup>2</sup>, and Jiang Quan<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; <sup>2</sup> College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China; <sup>3</sup> Institute of Forestry and Fruit Research, Beijing Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

**Abstract:** The effect of defruiting on source leaf net photosynthesis ( $P_n$ ) and related physiological response was investigated on ‘Yanhong’ peach trees (*Prunus persica*) during the fruit stone hardening and final fruit rapid growth stage. The results showed that  $P_n$ , stomatal conductance ( $G_s$ ) and transpiration ( $E$ ) in source leaves decreased significantly while leaf temperature ( $T_{leaf}$ ) increased from defruiting trees as compared with those from fruiting ones. There was, however, no significant difference of substomatal  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) between fruiting and defruiting treatments. The effect of reducing the sink activity by defruiting treatment on  $P_n$ ,  $G_s$ ,  $E$  and  $T_{leaf}$  appeared during 9:00 and 16:00. The relationship between  $P_n$  and  $G_s$  was significantly positive only when  $G_s$  was less than  $60 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The difference of  $P_n$  between fruiting and defruiting increased with the increasing difference of  $T_{leaf}$  between defruiting and fruiting treatments. It is suggested that an increasing  $T_{leaf}$ , resulting from the stomatal closure, may be a key factor which leads the decrease of leaf  $P_n$  in reducing the sink activity in fruit trees.

**Key words:** Peach; Sink-source; Photosynthesis; Leaf temperature

降低库力改变库源关系对光合作用产生的抑制作用通常用反馈抑制假说来解释, 即库力的降低减少了同化产物从源向库中输出, 结果源中可溶性糖和淀粉积累。高的可溶性糖和淀粉的含量反过来抑制叶片中相应酶的活性, 导致了光合效率的降低<sup>[1,2]</sup>。反馈抑制假说的提出尽管已有近百年的历史, 但这一假说到目前既没被证明, 也未被抛弃<sup>[3]</sup>。且部分研究结果发现改变库源关系对源叶片的光合效率并无影响<sup>[4~6]</sup>, 故反馈抑制假说也经常受到质疑<sup>[7,8]</sup>。本文报道了库源关系严格控制条件下通过

收稿日期: 2004-02-24; 修回日期: 2004-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170654)

\*通讯作者 Author for correspondence (Email: shhli@ibcas.ac.cn)

去果降低库力后桃树净光合效率及相关生理反应的研究结果。

## 1 材料与方法

试验于2002年在北京市农林科学院林业果树研究所进行，试材为5年生‘燕红’桃(*Prunus persica* Batsch)，2001年冬应用长枝修剪技术进行冬季修剪<sup>[9]</sup>。

在果核硬化期和果实最后迅速生长期，选择东南和西南方向树冠外围生长势较为一致的1年生枝，每个1年生枝上保留两个斜上生新梢，随机进行留果和去果处理，即其中1个新梢下的1年生枝段上保留1个果实（对照），另1个新梢下的1年生枝段上去果。为了对库源关系进行严格的控制，阻断试验部分与树体其他部分之间的碳水化合物的交流，对1年生枝进行3处（留果对照和去果处理间、留果对照和去果处理的一年生枝下部和上部间）环剥，并去掉两个新梢基部小叶、保留8片成熟叶片剪梢。

处理后4~14 d选择晴朗天气，采用CI-310便携式光合作用测定系统（美国CD公司）测定叶片净光合速率（Pn）的日变化。每个1年生枝为1个区组，去果处理和留果对照新梢上固定测量上、中、下部位的3个叶片，每次各测量5个新梢上的叶片，即5次重复。光合作用测定的同时，测定叶片的蒸腾速率（E）、气孔导度（Gs）、细胞间隙CO<sub>2</sub>浓度（Ci）、叶片温度（T<sub>leaf</sub>）等生理指标。

## 2 结果与分析

### 2.1 去果对源叶Pn、Gs、Ci、E和T<sub>leaf</sub>的日均值的影响

从表1可以看出，和留果对照相比，大部分时间里，去果处理源叶Pn显著或极显著降低，降低程度在28.9%~49.5%之间。去果处理同时导致叶片Gs和E的降低，Gs平均降低54.2%，E大约降低50%。但是去果处理和留果对照间的源叶Ci几乎不存在差别。另外，尽管去果的日平均T<sub>leaf</sub>比对照高0.7~2.1，但和留果对照间不存在显著性差异。

表1 ‘燕红’桃去果和留果处理的叶片平均净光合速率、平均气孔导度、平均蒸腾速率和平均叶片温度

Table 1 Average Pn, Gs, E and T<sub>leaf</sub> from fruiting and defruiting treatments in ‘Yanhong’ peach tree

光合参数 Parameter	处理 Treatment	果核硬化期 Fruit stone hardening stage (M-D)		果实最后迅速生长期 Fruit final rapid growth stage (M-D)	
		06 - 04	06 - 08	08 - 10	08 - 11
净光合速率 Pn(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	留果 Fruiting	10.3 a	8.5	8.3	10.9 a
	去果 Defruiting	5.2 b	4.9	5.9	7.3 b
气孔导度 Gs(mmo·h <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	留果 Fruiting	78.7 A	55.4 a	50.8 A	76.3 A
	去果 Defruiting	25.1 B	20.7 b	28.1 B	45.1 B
蒸腾速率 E(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	留果 Fruiting	1.86 A	1.22 a	1.7	1.4
	去果 Defruiting	0.76 B	0.54 b	1.0	0.9
叶片温度 T <sub>leaf</sub> ( )	留果 Fruiting	33.8	27.8	34.8	31.4
	去果 Defruiting	35.2	28.6	36.9	32.1

注：数字后接不同大写或小写字母分别表示留果对照和去果处理间存在P<0.01和P<0.05的显著性差异。

Note: Different capital and small letters are significant different at P<0.01 and P<0.05 between fruiting and defruiting treatments, respectively.

### 2.2 去果对源叶Pn、Gs、E和T<sub>leaf</sub>的日变化动态影响

从图1可以看出，无论是在果核硬化期间还是在果实最后迅速生长期，一天中除了早晚光照较弱情况外的绝大部分时间里，降低库力（去果处理）显著降低叶片的Pn（图1，A和B）。去果处理在绝大多数情况下显著或极显著地降低了叶片的Gs和E，尤其在中午前后的一段时间里，去果处理叶片的Gs和E的降低程度相对较大，仅为留果对照的30%左右（图1，C和D；E和F）。从T<sub>leaf</sub>日变化曲线来看（图1，G和H），去果处理导致T<sub>leaf</sub>升高，尤其是中午前后增高较多。

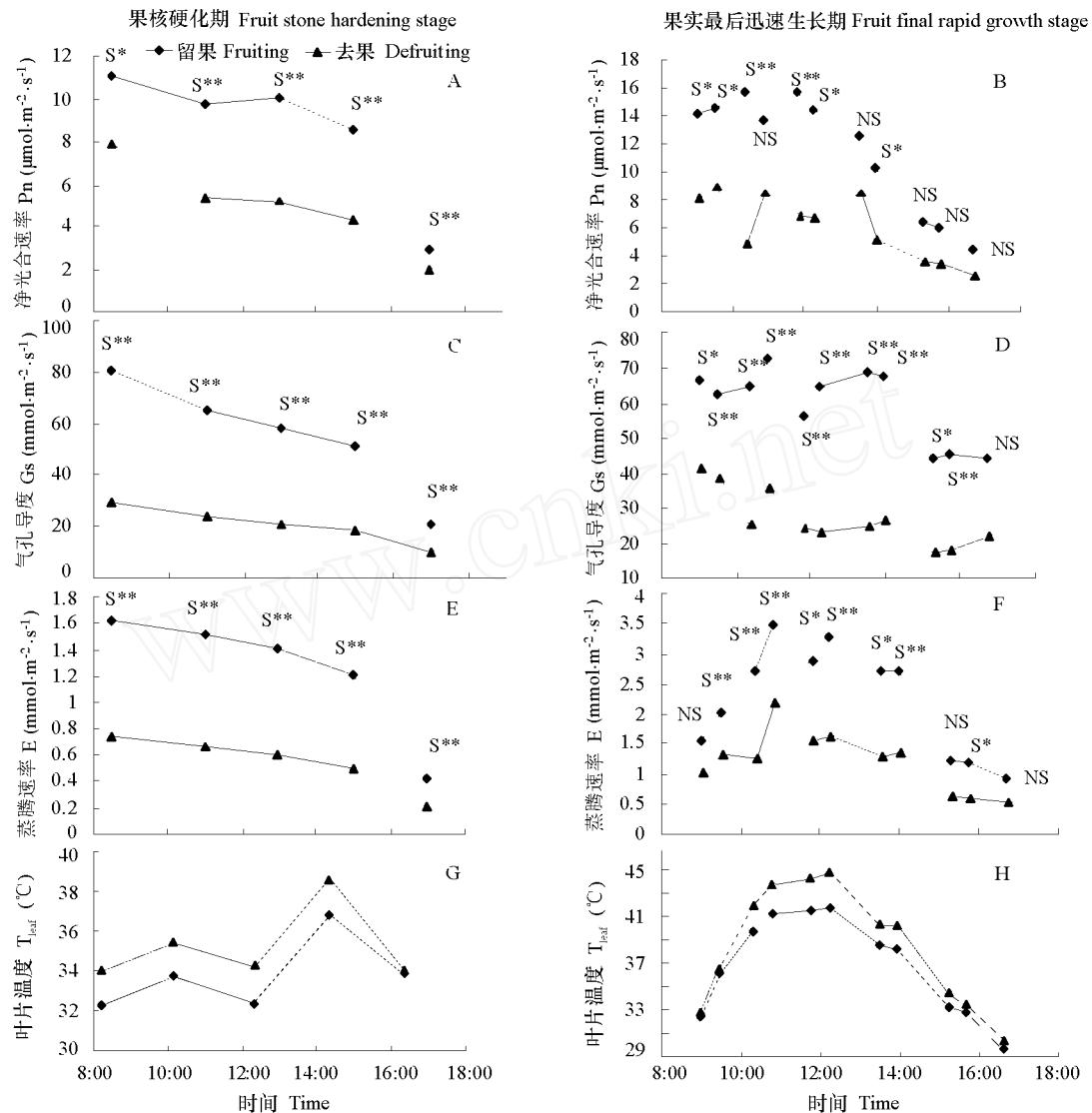


图 1 果核硬化期间和果实最后迅速生长期部分生理指标日变化

NS, S\* 和 S\*\* 表示留果对照和去果处理间分别不存在显著性差异、在  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  的显著性差异。

Fig. 1 Diurnal change in Pn, Gs, E and T<sub>leaf</sub> from fruiting and defruiting treatments during fruit stone hardening and final fruit rapid growth

NS, S\*, and S\*\* indicate non-significant difference and significant difference between fruiting and defruiting treatments at  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$  level, respectively.

### 2.3 源叶 Pn 与 Gs 及与 T<sub>leaf</sub> 的相关关系

留果对照和去果处理源叶 Pn 受 Gs 的影响

(图 2)。当源叶 Gs 值小于 60 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 时, Pn 与 E 呈极显著正相关关系 ( $r = 0.780^{**}$ ), Gs 越大, Pn 越高。但当 Gs 超过 60 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 时, Pn 和 Gs 之间不存在显著相关性。此外, 留果对照和去果处理间叶片 Pn 差值与 T<sub>leaf</sub> 差值呈显著或极显著的正相关关系 (图 3), 去果处理与留果对照之间叶温差别越大, 去果处理叶片 Pn 减少程度也越多。

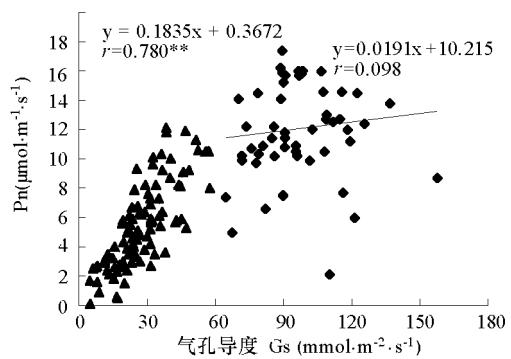


图 2 净光合速率与气孔导度的相关关系

Fig. 2 Relationship between Pn and Gs

### 3 讨论

无论在果核硬化期还是在果实最后迅速生长期，去掉果实降低库力后，源叶 Pn有较大幅度的下降（表 1），尤其是在一天的中午前后，降低库力显著降低源叶 Pn（图 1）。本研究结果还表明， $T_{leaf}$ 在去果降低库力影响源叶 Pn中起到了一个较重要的作用，留果对照和去果处理间叶片 Pn差值与  $T_{leaf}$ 差值呈显著或极显著的正相关关系，即去果处理后导致源叶温度升高越多，Pn减少得越多（图 3）。实际上，叶片 E取决于 Gs，因此降低库力应首先导致源叶的气孔导度降低，之后导致叶片 E减少。 $T_{leaf}$ 与叶片 E呈极显著的直线负相关关系 ( $y = -0.0864x + 37.326$ , y 为  $T_{leaf}$ , x 为 E,  $r = -0.446^{**}$ )。叶片 E的降低意味着从叶片中带走

的热量变少，叶片温度的升高。我们可以认为正是去果处理  $T_{leaf}$ 升高导致了源叶的 Pn的降低。Li 等在 Opal桃上进行果实套袋改变果实微气候环境条件对源叶 Pn的影响研究发现，果实套袋导致源叶 Gs的降低和  $T_{leaf}$ 的升高，并提出了库源关系改变中源叶 Pn调控时的“气孔开张为启动因子、叶片温度为作用因子”的新假说<sup>[10]</sup>。即降低库力，首先会导致源叶 Gs的降低，降低叶片的 E。较低的 E会导致  $T_{leaf}$ 升高，当  $T_{leaf}$ 超过某一临界值后会因与光合作用相关酶活性的降低或光合结构的损坏导致源叶 Pn的下降。本研究结果可用该假说进行解释。但有关果树库源关系中光合作用调控机制，尤其是改变库力后气孔开张的调控机制仍需要深入的研究。

### 参考文献：

- 1 Heald A. Regulation of photosynthesis by sink activity-the missing link. *New Phytologist*, 1980, 86: 131~144
- 2 Nii N. Changes of starch and Sorbitol in leaves before and after removal of fruits from peach trees. *Ann Bot*, 1997, 79: 139~144
- 3 许大全, 沈允钢. 光合作用的限制因素. 见: 余叔文和汤章城主编. 植物生理与分子生物学(第二版). 北京: 科学出版社, 1998. 262~276
- Xu D Q, Sheng Y G. Factors limiting photosynthesis. In: *Plant physiology and biotechnology*. 2nd ed. Yu S W, Tang Z C, ed. Beijing Science Press, 1998. 262~276 (in Chinese)
- Curt R R, Ferre D C. Influence of fruit on spur leaf photosynthesis and transpiration of 'Golden Delicious' apple. *HortScience*, 1986, 21: 1026~1029
- Roper T R, Keller J D, Loescher W H, Rom C R. Photosynthesis and carbohydrate partitioning in sweet cherry: fruiting effects. *Physiol Plant*, 1988, 72: 42~47
- Schechter I, Proctor J T A, Elfving D C. Apple fruit removal and limb girdling affect fruit and leaf characteristics. *J Amer Soc Hort Sci*, 1994, 119: 157~162
- Chaumont M, Monot-Gaudry J F, Foyer C H. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vine with and without fruit. *J Exp Bot*, 1994, 45: 1235~1243
- Mercelis L F M. Effects of sink demand on photosynthesis in cucumber. *J Exp Bot*, 1991, 42: 1387~1392
- Li S H, Zhang X P, Meng Z Q, Wang X. Responses of peach trees to modified pruning. I. Vegetative growth. *New Zealand J Crop Hort Sci*, 1994, 22: 401~409
- Li S H, Géard M, Bussi C, Huguet J G, Habib R, Basset J, Laurent R. Fruit quality and leaf photosynthesis in response to microenvironment modification around individual fruit by covering the fruit with plastic in nectarine and peach trees. *J Hort Sci Biotech*, 2001, 76: 1~6

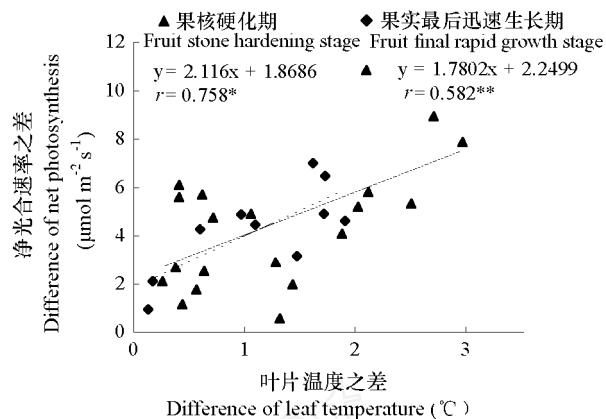


图 3 留果对照和去果处理间叶片 Pn差值与  $T_{leaf}$ 差值的相关关系

Fig. 3 Correlation between the difference of Pn of fruiting and defruiting treatments and the difference of  $T_{leaf}$  of defruiting and fruiting treatments