

# 不同钙素水平对设施油桃叶片光合作用的影响

韩龙慧, 李中勇, 徐继忠\*

(河北农业大学 园艺学院, 河北 保定 071001)

**摘要:** 以设施油桃中油 5 号为试材, 研究了不同钙素水平(0、2、4、6、8、10 mmol/L)对设施油桃新梢长度及叶片光合作用的影响。结果表明: 随施钙水平的提高, 设施油桃新梢长度, 叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b、叶绿素 a/b、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均表现为先升高后降低, 并且均在 Ca<sup>2+</sup> 8 mmol/L 时达到最大值, 与不施钙处理相比差异达显著水平 ( $P < 0.05$ )。不同水平的施钙处理均能显著促进设施油桃新梢生长, 改善叶片的光合作用。

**关键词:** 设施; 油桃; 钙; 新梢; 光合作用

中图分类号: S662.1 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2013)09-0095-04

## Effects of Different Calcium Levels on Leaf Photosynthesis of Nectarine under Protected Culture

HAN Long-hui, LI Zhong-yong, XU Ji-zhong\*

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

**Abstract:** The effects of different calcium levels on new shoots and leaf photosynthesis of nectarine under protected cultivation were studied by using 3-year-old nectarine (*Prunus persica* var. *nectariana* cv. Zhongyou 5). The results showed that the different levels of calcium significantly improved the length of new shoots and leaf photosynthesis. The length of new shoots, the chlorophyll contents, net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr), and intercellular CO<sub>2</sub> concentration (Ci) all increased firstly and then decreased with the increasing of calcium levels. These indices reached maximum at 8 mmol/L, which had significant differences ( $P < 0.05$ ) compared with calcium-free treatment.

**Key words:** protected culture; nectarine; calcium; new shoots; photosynthesis

桃树是设施果树栽培的主要树种之一。与陆地栽培相比, 设施桃存在果实偏小、品质下降、风味变淡等现象, 严重制约了设施桃产业的发展<sup>[1]</sup>。因此, 提高设施桃果实品质成为研究者的主要目标。已有研究表明, 钙肥能增加设施桃的单果质量, 提高产量, 改善果实品质<sup>[2]</sup>, 但是关于钙是否能改善设施桃的光合作用还少见报道。鉴于此, 以 3 年生的设施油桃中油 5 号为试材, 研究不同钙素水平对其新梢生长、叶片光合作用的影响, 以期为设施桃的合理施肥提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

试验于 2011 年 4 月—2012 年 5 月在河北农业大学教学试验基地设施果树温室进行, 试材为 3 年生中油 5 号油桃, 砧木为毛桃。试材采用基质盆栽, 盆规格为口径 40 cm, 深 30 cm, 基质为草炭: 蛭石: 珍珠岩=1:1:1 的混合基质, 每盆装入调配好的基质 4 kg, 单株小区, 重复 3 次。于 2011 年 12 月 15 日扣棚升温。

收稿日期: 2013-04-20

基金项目: 河北省自然科学基金项目(C2011204015)

作者简介: 韩龙慧(1987-), 女, 河北保定人, 在读硕士研究生, 研究方向: 果树栽培生理。E-mail: hlh813@126.com

\* 通讯作者: 徐继忠(1964-), 男, 河北唐山人, 教授, 博士, 主要从事果树结实生理与分子生物学研究。E-mail: xjzhxw@126.com

## 1.2 试验设计

试验采用营养液浇灌作为施肥处理,设置 6 个不同的钙素水平,  $\text{Ca}^{2+}$  浓度分别为 0、2、4、6、8、10 mmol/L,其他元素及用量参照霍格兰特营养液。在桃树的生长发育期,每 7 d 浇营养液 1 次,每次 2 L,其他管理措施按常规进行。盆外部用外银灰色内黑色的地膜覆盖,保证盆内部条件一致。

## 1.3 测定指标和方法

1.3.1 新梢长度 在果实成熟期,选取每株树树冠外围平斜生长的新梢 10 个,用卷尺测定其长度。

1.3.2 叶绿素含量 参照张志刚等<sup>[3]</sup>的方法,用分光光度计在 663、645 nm 处测定吸光值,计算叶绿素 a(Chl a)、Chl b、Chl(a+b)含量、Chl a/b 值。

1.3.3 光合参数 选取晴朗无风的天气,于 9:00—11:00,选择每株树树冠外围新梢中部完好的叶片 2 片。用 Li-6400(LI-COR,美国)便携式光合仪测定叶片的净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、气孔导度( $G_s$ )、胞间  $\text{CO}_2$  浓度( $C_i$ )。测定时叶室配备 LED 光源,光量子通量密度(PFD)为  $1\,200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,设定叶室中环境  $\text{CO}_2$  浓度为  $(360 \pm 10)\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,叶室温度为  $25\ ^\circ\text{C}$ 。

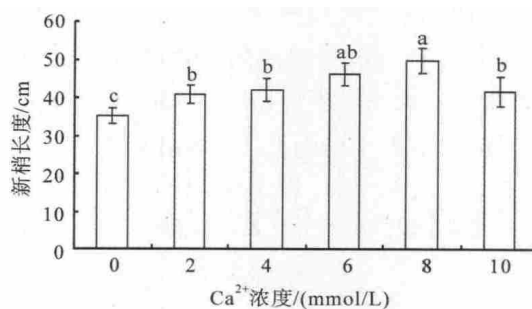
## 1.4 数据处理

数据采用 DPS 2.0 软件处理,并用 LSD 法进行显著性方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同钙素水平对设施油桃新梢生长的影响

由图 1 可知,施钙处理对设施油桃新梢生长影响显著( $P < 0.05$ )。在  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为 0 mmol/L 时,新梢长度最小,为 35.30 cm,之后随着  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的增大,新梢长度逐渐增长,在 8 mmol/L 时出现最大值(49.85 cm),比不施钙处理增加了 41.22%;当  $\text{Ca}^{2+}$  浓度增大到 10 mmol/L 时,新梢长度降低,为 41.79 cm,高出不施钙处理 18.39%,差异显著( $P < 0.05$ )。



不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同

图 1 不同钙素水平对设施油桃新梢长度的影响

### 2.2 不同钙素水平对设施油桃叶片叶绿素含量的影响

由图 2 可以看出,与不施钙处理相比,施钙处理的 Chl a、Chl b、Chl(a+b)含量及 Chl a/b 值均显著

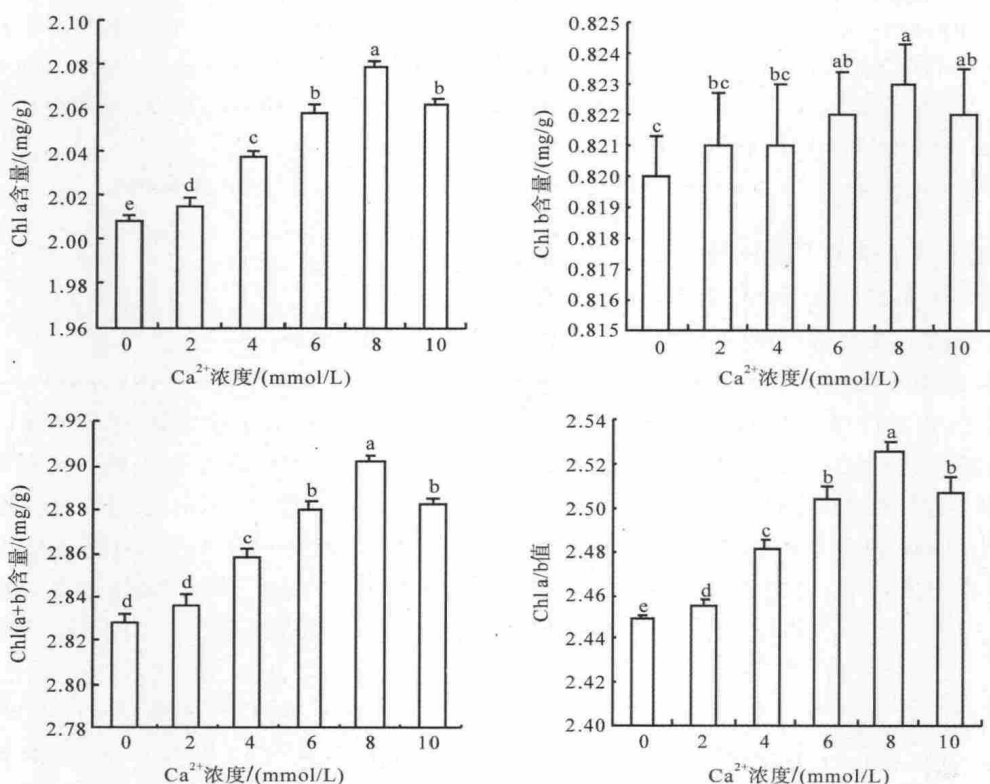


图 2 不同钙素水平对设施油桃叶片叶绿素含量的影响

增加,且随着  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的逐渐升高,呈现先上升后降低的趋势,均在  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为 8 mmol/L 时达最大值。当  $\text{Ca}^{2+}$  浓度继续增大到 10 mmol/L 时,叶绿素含量反而下降,但是仍显著高于不施钙处理。

### 2.3 不同钙素水平对设施油桃叶片光合参数的影响

2.3.1  $\text{Pn}$ 、 $\text{Tr}$  随着  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的升高, $\text{Pn}$ 、 $\text{Tr}$  均呈现先升高后降低的趋势,且均在  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为 8 mmol/L

时出现最大值(图 3)。与不施钙处理相比,不同浓度的施钙处理均提高了设施油桃叶片的  $\text{Pn}$ ,且差异均达到了显著水平( $P < 0.05$ ),其中最大值为  $5.13 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,比不施钙处理 [ $3.98 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] 增加了 28.89%。 $\text{Tr}$  的变化趋势和  $\text{Pn}$  基本一致,但变化幅度更大,在  $\text{Ca}^{2+}$  浓度为 8 mmol/L 时, $\text{Tr}$  值为  $3.64 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,比不施钙处理 [ $1.85 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ] 增加了 96.76%。

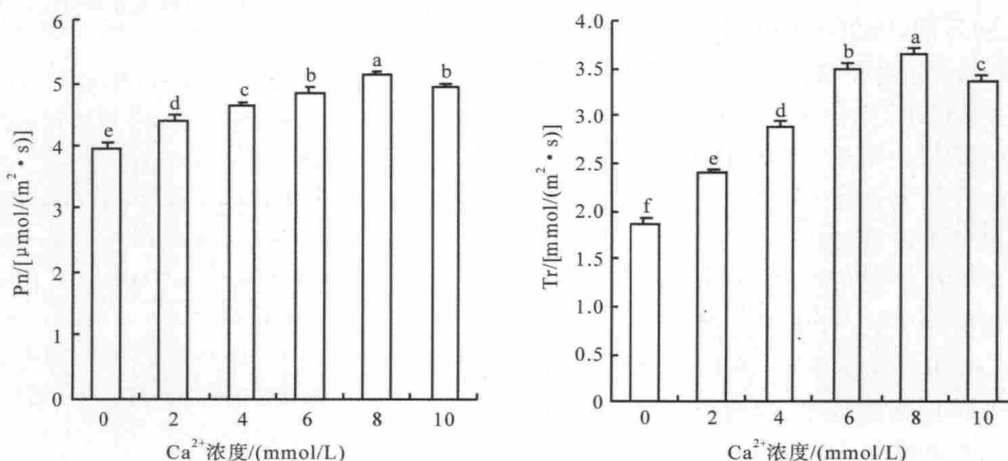


图 3 不同钙素水平对设施油桃叶片  $\text{Pn}$ 、 $\text{Tr}$  的影响

2.3.2  $\text{Gs}$ 、 $\text{Ci}$  由图 4 可以看出,设施油桃叶片  $\text{Gs}$  和  $\text{Ci}$  值随着  $\text{Ca}^{2+}$  浓度的增加均表现为先升高后降低的趋势,最大值均出现在  $\text{Ca}^{2+}$  8 mmol/L 处理,

分别为  $0.075 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $219.5 \mu\text{mol/L}$ 。与不施钙处理相比,不同施钙处理均显著提高了  $\text{Gs}$ 、 $\text{Ci}$  值( $P < 0.05$ )。

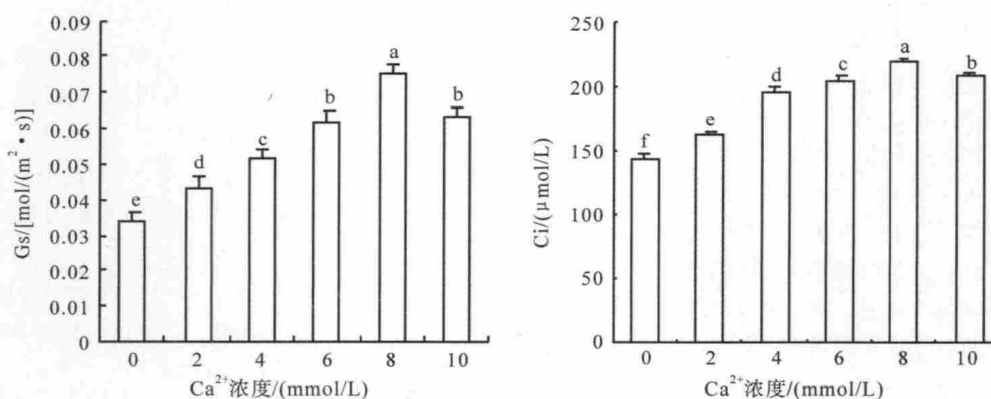


图 4 不同钙素水平对设施油桃叶片  $\text{Gs}$ 、 $\text{Ci}$  的影响

## 3 结论与讨论

光合色素是植物叶片光合作用的物质基础,叶绿素作为最重要的光合色素,承担着吸收转化光能的作用,其含量的高低能反映植物的生长状况和叶片光合能力<sup>[4]</sup>。本研究结果表明,施钙处理显著增加了油桃叶片叶绿素含量,这与前人对长春花<sup>[5]</sup>、马铃薯<sup>[6]</sup>的研究结果一致。光合作用是植物进行物质

生产的基本代谢过程,较强的光合作用是作物获得较高生物产量的生理基础<sup>[7]</sup>, $\text{Pn}$  是衡量植物实际光合效率最常用的参数。本研究结果表明,不同水平的钙施处理均能显著提高设施油桃叶片  $\text{Pn}$ ,这与前人对番茄<sup>[8]</sup>、黄瓜<sup>[9]</sup>、贝母<sup>[10]</sup>、水稻<sup>[11]</sup>的研究结果一致。龙明华等<sup>[12]</sup>研究表明,在一定的范围内,叶绿素含量与光合速率呈正相关关系,本试验结果显示,不同钙水平处理  $\text{Pn}$  的变化趋势和叶绿素的变化趋

势一致,这和龙明华等<sup>[12]</sup>的研究结果相一致。

一般认为,造成光合能力降低的因素包括气孔限制因素和非气孔限制因素,非气孔限制因素主要指叶肉细胞光活性下降,光系统Ⅱ受迫害。根据 Farquhar 等<sup>[13]</sup>的观点, $C_i$  值的大小是评判气孔限制和非气孔限制的依据, $P_n$ 、 $G_s$  和  $C_i$  同时下降, $P_n$  的下降主要为气孔限制,相反,如果  $P_n$  的降低伴随着  $C_i$  值的提高,说明光合作用的限制因素主要是非气孔限制。本试验中,从 8 mmol/L 到 0 mmol/L,随着  $Ca^{2+}$  浓度的降低, $P_n$ 、 $G_s$ 、 $C_i$  变化趋势一致,均呈逐渐降低的趋势,由此可知,缺钙或低钙( $Ca^{2+}$  浓度 $<8$  mmol/L)条件下,光合作用受到了抑制,且主要是因为气孔的部分关闭造成的。已有研究表明, $Ca^{2+}$  可能在植物放氧复合体光合放氧、气孔关闭等光合过程中发挥了非常重要的作用<sup>[14-16]</sup>,说明  $Ca^{2+}$  在维持植物叶片气孔正常开放过程中作用重大。对植物增施一定浓度的  $Ca^{2+}$  有助于维持叶绿体膜结构的稳定性,增强 Rubisco 酶和 PEP 羧化酶的活性<sup>[17]</sup>,从而提高  $CO_2$  羧化效率,改善植物的光合性能,本试验中设施油桃光合参数的升高还可能与  $Ca^{2+}$  参与的这些过程有关。

#### 参考文献:

- [1] 唐福荣. 论我国设施果树栽培的现状 & 前景[J]. 林业科学, 2012(2): 168-169.
- [2] 李中勇, 高东升, 王闯, 等. 土壤施钙对设施栽培油桃果实钙含量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(1): 191-196.
- [3] 张志刚, 尚庆茂. 低温、弱光及盐胁迫下辣椒叶片的光合特性[J]. 中国农业科学, 2010, 43(1): 123-131.
- [4] 夏庆平, 高洪波, 李敬蕊.  $\gamma$ -氨基丁酸(GABA)对低氧胁迫下甜瓜幼苗光合作用和叶绿素荧光参数的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 999-1006.
- [5] 孙金春, 张扬欢, 温泉, 等. 不同钙效应剂对长春花光合特性的影响[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(6): 74-78.
- [6] 辛建华. 钙素对马铃薯生长发育、光合作用及物质代谢影响的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2008.
- [7] 董德坤, 师恺, 曹家树. 芸薹属两个亚种间杂种光合作用优势及其机理[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2804-2810.
- [8] 齐明芳, 刘玉凤, 周龙发, 等. 钙对亚高温下番茄幼苗叶片光合作用的调控作用[J]. 中国农业科学, 2011, 44(3): 531-537.
- [9] 艾希珍, 王秀峰, 崔志峰, 等. 钙对弱光亚适温下黄瓜光合作用的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(9): 1865-1871.
- [10] 李同根, 王康才, 罗庆云, 等.  $Ca^{2+}$  对皖贝母高温胁迫下抗逆生理指标及光合作用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 765-770.
- [11] Huang Z A, Jiang D A, Yang Y, *et al.* Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzymes in leaves of rice plants[J]. Photosynthetica, 2004, 42: 357-364.
- [12] 龙明华, 唐小付, 于文进, 等. 不同钙素水平对厚皮甜瓜叶片光合作用和保护酶活性的影响[J]. 广西植物, 2005, 25(1): 77-82.
- [13] Farquhar G D, Sharkey D T. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [14] Meeiich K, Zaleski C M, Pecoraro V L. Using small molecule complexes to elucidate features of photosynthetic water oxidation[J]. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 2008, 363: 1271-1279.
- [15] 陈玉玲, 肖玉梅, 陈珈, 等. G 蛋白可能参与细胞外钙调素促进蚕豆气孔关闭的过程[J]. 自科科学进展, 2003, 13(4): 343-349.
- [16] 王旭, 郭世荣, 陈珈, 等.  $Ca^{2+}$  对根际低氧胁迫下黄瓜幼苗生长和叶片荧光特性的影响[J]. 西北植物学报, 2007, 27(5): 859-863.
- [17] Assche F V, Clijsters H. Effects of metals on enzyme activity in plants[J]. Plant Cell and Environment, 1990, 13(3): 195-206.