

# 设施桃树 CO<sub>2</sub> 施肥过程中的光合适应现象

侯新村<sup>1</sup>, 牟洪香<sup>2</sup>, 高东升<sup>3</sup>, 李萌<sup>4</sup>, 李宪利<sup>1\*</sup>

(1. 天津农学院园艺系, 天津 300384; 2. 河北农业大学林学院, 河北保定

071000; 3. 山东农业大学园艺科学与工程学院, 山东泰安 271018; 4. 山东农业大学图书馆, 山东泰安 271018)

**摘要** 以3年生油桃为试材,在山东农业大学现代水暖玻璃温室中进行设施桃树CO<sub>2</sub>施肥研究。结果表明,在设施桃树CO<sub>2</sub>施肥过程中存在明显的光合适应现象,在普通空气条件和高浓度CO<sub>2</sub>条件下均是如此;PS 光化学效率的适应可从一个侧面解释桃树CO<sub>2</sub>施肥过程中的光合适应机制。尽管存在光合适应现象,CO<sub>2</sub>施肥对桃树的光合作用仍然有着明显的促进作用。

**关键词** 设施栽培;桃树;CO<sub>2</sub>施肥;光合适应

中图分类号 S662.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)09-02553-02

## Photosynthetic Acclimation of Peach Tree during CO<sub>2</sub> Enrichment

HOU Xincun et al (Department of Horticulture, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300384)

**Abstract** 3-year-old nectarine trees in greenhouse being taken as experiment materials in the modern water-warm glass conservatory of Shandong Agricultural University, the evident photosynthetic acclimation of peach during CO<sub>2</sub> enrichment was found out in the research for a relatively long period, both under normal and high CO<sub>2</sub> concentration. The acclimation of photochemical efficiency of photosystem may account for the photosynthetic acclimation of peach to some extent. Yet CO<sub>2</sub> enrichment in greenhouse promoted the photosynthetic rate of peach trees obviously.

**Key words** Installation culture; Peach; CO<sub>2</sub> enrichment; Photosynthetic acclimation

CO<sub>2</sub>施肥引起设施内CO<sub>2</sub>浓度升高,CO<sub>2</sub>浓度增高可在短期内明显改善植物的光合性能。然而,长期生长在高浓度CO<sub>2</sub>条件下的植物,其光合强度有所下降,即出现所谓的光合适应(photosynthetic acclimation, 又称光合下调,down regulation of photosynthesis)<sup>[1-5]</sup>。关于光合适应的机制观点不一<sup>[1-9]</sup>,可能与气孔导度的驯化有关<sup>[4-5]</sup>,也有可能与碳同化产物过剩引起的反馈抑制作用有关<sup>[6]</sup>,另有研究认为光合适应的真正原因是RUBP羧化酶总活性的降低<sup>[7]</sup>。

学者们对农作物、蔬菜、花卉CO<sub>2</sub>施肥过程中的光合适应现象作了大量研究,但对设施果树的研究少见报道。笔者分析了CO<sub>2</sub>施肥过程中桃树光合速率的变化,旨在研究设施果树CO<sub>2</sub>施肥过程中的光合适应现象,并试从光合系统光化学活性角度初步探讨其机制。

## 1 材料与方 法

试验在山东农业大学现代水暖玻璃温室内进行,以3年生曙光油桃(*Prunus persica* var. *nectariana* cv. *Shuguang*)为试材,于12月中旬移入温室内开始升温。

自3月初,采用化学反应法连续施用一定浓度的CO<sub>2</sub>(处理700 μ/L,处理1000 μ/L,处理1300 μ/L)。除阴雨天外,每天9:00、15:00各施肥2h。施肥处理均用新购置的0.065 mm聚乙烯无滴膜设置密封性良好的长方体小棚。

施肥时,用塑料小桶盛装过量的稀硫酸,放入小棚内,小棚内加入经计算所需的碳酸氢铵,经化学反应后放出CO<sub>2</sub>气体。用GXH305红外线CO<sub>2</sub>分析仪(北京分析仪器厂生产)监测小棚内CO<sub>2</sub>浓度,根据CO<sub>2</sub>浓度的变化适时加入适量的碳酸氢铵使处理小棚内CO<sub>2</sub>浓度保持在试验设计浓度,要求小棚内CO<sub>2</sub>浓度上下浮动不超过50 μ/L。

设处理为不施肥处理(CK),用新购置的0.065 mm聚乙烯无滴膜设置通风良好的长方体小棚,保持小棚内空气条件与温室内一致。

所有处理均栽植10株长势旺盛且相对一致的油桃。

施肥1、15、30、45、60 d后的晴天9:00~11:00,选取小棚中部4株树,取树冠外围伸展角度相近的新梢中部叶片,分别在普通空气条件(日光温室普通空气条件)和高浓度CO<sub>2</sub>条件(施肥处理CO<sub>2</sub>浓度条件)下,用美国PP-SYSTEMS公司生产的CRAS-1便携式光合测定系统测定树体的光合速率;用英国Hansatich公司制造的Peak MK型便携式植物效率分析仪测定叶片的初始荧光F<sub>0</sub>、可变荧光F<sub>v</sub>及F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>,并计算F<sub>v</sub>/F<sub>0</sub>。

## 2 结果与分析

**2.1 普通空气条件下桃树的光合适应现象** 在普通空气条件下测定桃树的光合速率结果表明(图1):施肥1 d后,处理与对照没有明显区别,对4个处理进行方差分析,表明施肥对光合速率的影响暂不显著;施肥15 d后,各施肥处理的光合速率低于对照,对4个处理进行方差分析,表明施肥对光合速率的抑制作用达极显著水平,发生了明显的光合适应现象,而且施肥浓度越高,光合适应现象越明显;但此后施肥处理的光合速率开始上升,施肥30 d后,施肥处理的光合速率开始高出对照,并趋于稳定,不再发生光合适应现象。

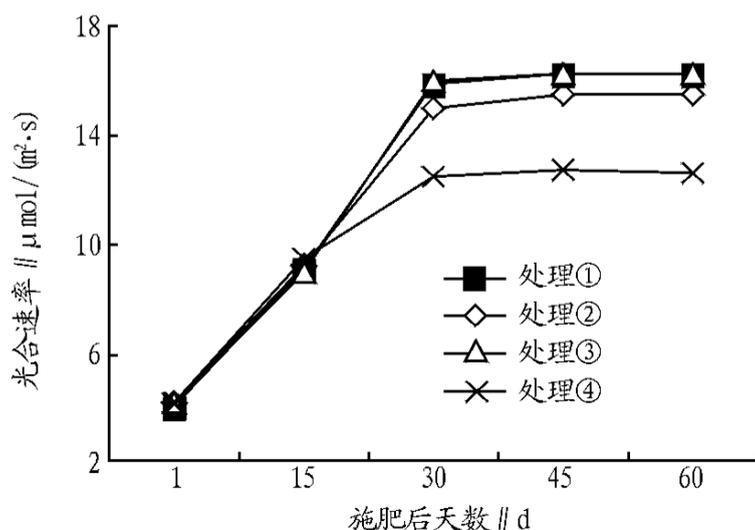


图1 普通空气条件下设施桃树的光合适应现象

**2.2 高浓度CO<sub>2</sub>条件下桃树的光合适应现象** 在高浓度CO<sub>2</sub>条件下测定桃树的光合速率(对照也在相应的高浓度CO<sub>2</sub>条件下测定),结果表明(图2):施肥1 d后,处理与对照没有明显区别,对4个处理进行方差分析,表明施肥对光合速率的影响暂不显著;施肥15 d后,各施肥处理的光合速率

明显低于对照,对处理①、②、③分别与对照进行方差分析,表明施肥对光合速率的抑制作用达极显著水平,发生了明显

的光合适应现象;此后,光合适应现象一直持续存在。

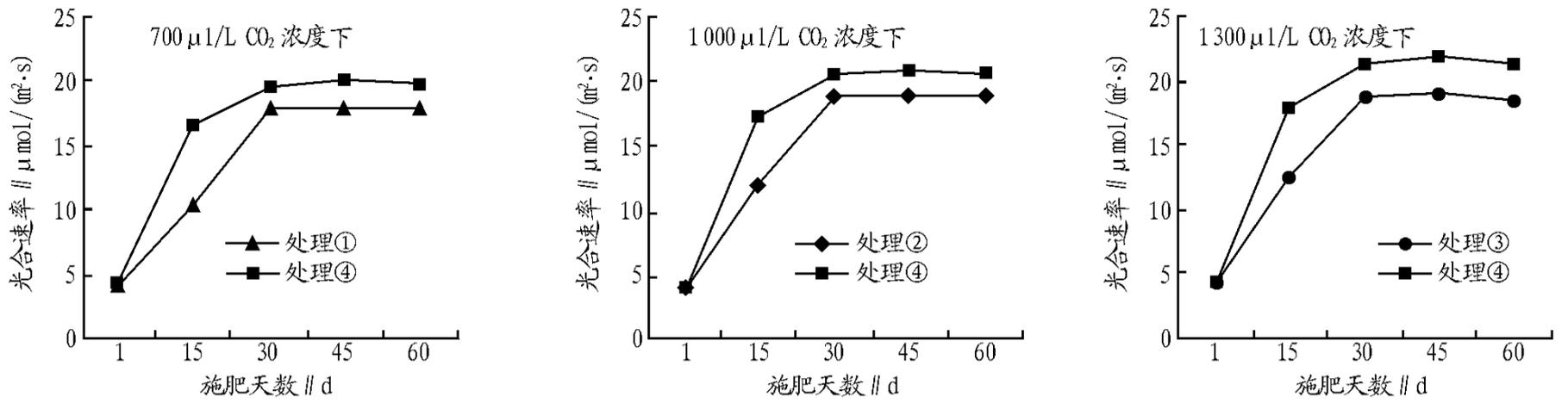


图2 高浓度CO<sub>2</sub>条件下设施桃树的光合适应现象

**2.3 设施桃树光合适应机制的初步探讨** 叶绿素a的荧光动力学是研究光合作用光化学过程最常用的方法。在其荧光诱导曲线中, Fo、Fv、Fm 分别代表初始荧光、可变荧光、最大荧光,可用 Fv/ Fo 和 Fv/ Fm 分别代表光合系统 (PS II) 的潜在活性和原初光能转化效率<sup>[10]</sup>。大豆、苜蓿上的试验表明,CO<sub>2</sub> 施肥有利于提高 PS II 的光化学活性<sup>[11-12]</sup>。

试验中未发现 CO<sub>2</sub> 施肥对桃树 PS II 系统 Fv/ Fm、Fv/ Fo 值的明显影响(图3):以施肥30 d 后为例,对4 个处理 Fv/ Fm、Fv/ Fo 值分别进行方差分析,表明施肥对 Fv/ Fm、Fv/ Fo 值的影响均不显著,即经过 CO<sub>2</sub> 施肥后,桃树叶片 PS II 的光化学效率并没有显著提高,而是产生了一定的适应,这可从一个侧面解释桃树在 CO<sub>2</sub> 施肥过程中出现的光合适应现象。

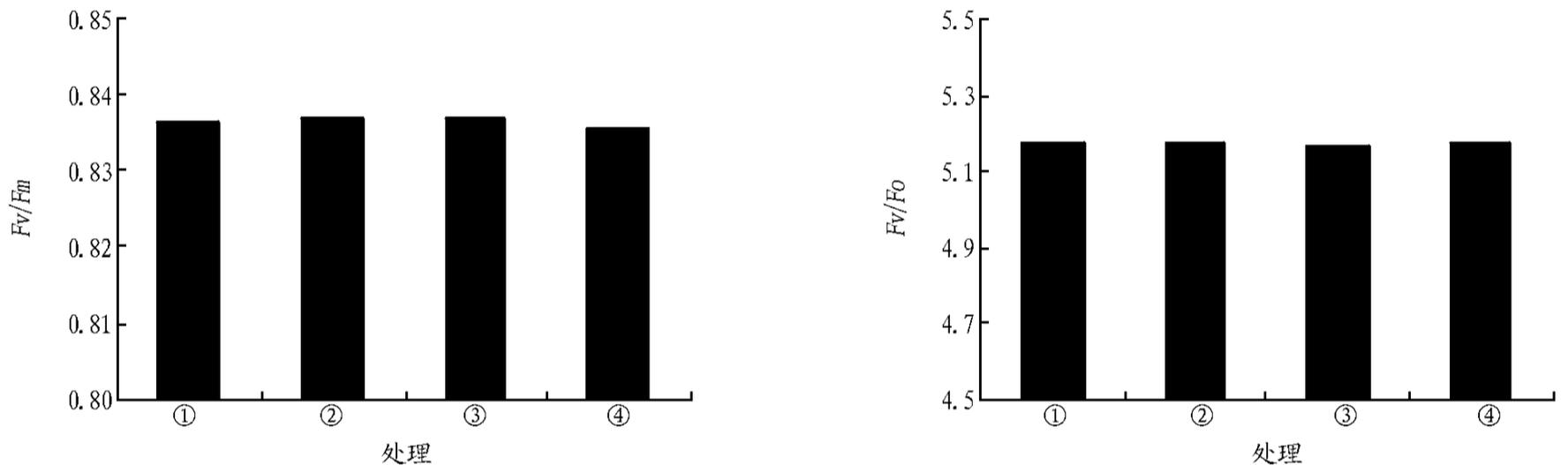


图3 CO<sub>2</sub> 施肥对设施桃树叶片 PS II 光化学效率的影响

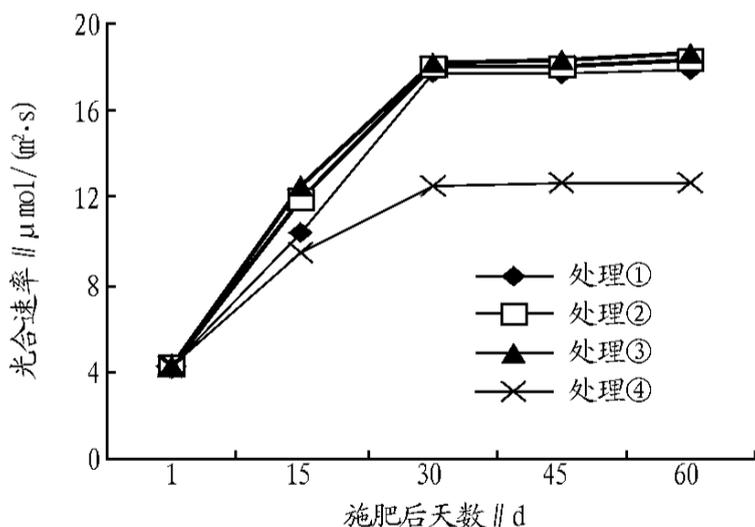


图4 CO<sub>2</sub> 施肥对设施桃树光合速率的影响(高浓度CO<sub>2</sub>条件下)

**2.4 设施桃树 CO<sub>2</sub> 施肥效应** 在高浓度 CO<sub>2</sub> 条件下进行的比较表明(图4),施肥1 d 后,处理与对照没有明显区别,对4 个处理进行方差分析表明,施肥对光合速率的影响暂不显著;随着时间的延长,CO<sub>2</sub> 施肥对桃树光合作用的正效应变得非常明显,施肥15、30、45、60 d 后,各施肥处理的光合速率均明显高于对照,对4 个时期的4 个处理分别进行方差分析,表明施肥对光合速率的促进作用均达极显著水平,而且 CO<sub>2</sub> 施肥浓度越高,这种促进作用越明显。

### 3 结论与讨论

CO<sub>2</sub> 施肥过程中桃树的光合适应现象非常明显,这种光

合适应现象在普通空气条件下持续时间较短,而在高浓度 CO<sub>2</sub> 条件下持续时间较长。光合适应现象表明,在设施生产中,CO<sub>2</sub> 施肥过程中趋于稳定的光合速率较瞬时光合速率更有实际意义。

笔者研究了1 个生长季内 CO<sub>2</sub> 施肥过程中出现的光合适应现象,从光合系统光化学活性角度初步探讨了光合适应的机制,认为 PS II 光化学效率的适应可在一定程度上解释桃树在 CO<sub>2</sub> 施肥过程中的光合适应现象。进一步的研究可以探讨连续2 个或几个生长季以至更长时期 CO<sub>2</sub> 施肥过程中的光合适应现象。

通过将处理树体在温室普通空气条件和高浓度 CO<sub>2</sub> 条件下的光合速率分别与对照在温室普通空气条件下的光合速率相比较来分析 CO<sub>2</sub> 施肥效应,这种研究方法符合树体全天的生长环境。分析结果表明:尽管在温室普通空气条件和高浓度 CO<sub>2</sub> 条件下均存在明显的光合适应现象,但是 CO<sub>2</sub> 施肥对桃树的光合作用仍然存在非常明显的正效应。

### 参考文献

- [1] 耿显华,于丹,黄永明,等.高浓度CO<sub>2</sub> 苦草的生长和生理生化反应[J].水生生物学报,2004,28(3):304-309.
- [2] MADSEN V, MABERLY S C, BOWES G. Photosynthetic acclimation of submersed angiosperms to CO<sub>2</sub> and HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> [J]. Aquatic Botany, 1996, 53:15-30.
- [3] 许大全.光合作用及有关过程对长期高CO<sub>2</sub> 浓度的响应[J].植物生理学通讯,1994,30(2):81-87.

(上接第2554页)

- [4] 欧志英, 彭长连. 高浓度二氧化碳对植物影响的研究进展[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(2): 190-196.
- [5] 白莉萍, 周广胜. 全球环境变化对农作物影响的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(3): 394-397.
- [6] 沈允钢, 施教耐, 许大全. 动态光合作用[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [7] REY A, JARMS P G. Long-term photosynthetic acclimation to increased atmospheric CO<sub>2</sub> concentration in young birch trees[J]. *Tree Physiol*, 1998, 18: 441-450.

- [8] 陈根云. 植物对开放式CO<sub>2</sub>浓度增高(FACE)的响应与适应研究进展[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(6): 479-486.
- [9] 韩文军, 廖飞勇, 何平. 大气二氧化碳浓度倍增对闽楠光合性状的影响[J]. 中南林学院学报, 2003, 23(2): 62-65.
- [10] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [11] 张其德, 卢从明, 刘丽娜, 等. CO<sub>2</sub>浓度倍增对不同基因型大豆光合色素含量和荧光诱导动力学参数的影响[J]. 植物学报, 1997, 39(10): 946-950.
- [12] 张其德, 卢从明, 冯丽洁, 等. CO<sub>2</sub>加富对紫花苜蓿光合作用原初光能转换的影响[J]. 植物学报, 1996, 38(1): 77-82.