

## 不同砧木嫁接番茄光合特性的研究

李文嘉<sup>1</sup>, 王益奎<sup>1,2</sup>, 黎炎<sup>1</sup>, 康红卫<sup>1</sup>, 吴永官<sup>1</sup>, 梁任繁<sup>1</sup>

(1. 广西农业科学院 蔬菜研究中心, 广西南宁 530007; 2. 广西大学 农学院, 广西南宁 530005)

**摘要:** 采用 LI-6400 便携式光合作用系统对田间条件下嫁接番茄(珍红/砧木 1 号, 珍红/桂砧 1 号)以及接穗(珍红)的光合作用特性进行了系统研究。结果表明: 自根苗的光饱和点显著高于嫁接苗; 自根苗和嫁接苗的光补偿点差异不显著, 以珍红/桂砧 1 号最高( $31.8 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), 珍红/砧木 1 号最低( $17.6 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ); 嫁接苗的  $\text{CO}_2$  补偿点显著低于自根苗, 且珍红/桂砧 1 号与自根苗的差异达极显著水平; 表观量子效率变化范围为  $0.062 \sim 0.073$ ;  $\text{CO}_2$  饱和点在  $844 \sim 971 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$  左右,  $\text{CO}_2$  羧化效率变化范围为  $0.055 \sim 0.086 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 光合作用  $\text{CO}_2$  补偿点珍红、珍红/砧木 1 号和珍红/桂砧 1 号分别为  $74.0$ 、 $60.8$  和  $50 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。嫁接苗的日平均光合速率和蒸腾速率高于自根苗, 但两者的日进程曲线均为“单峰型”, 其光合作用不存在“午休现象”。

**关键词:** 番茄; 光合特性; 砧木; 补偿点

**中图分类号:** Q945.1    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3142(2006)06-0631-05

## Study on different rootstock on photosynthetic characteristics of grafted tomatoes

LI Wen-jia<sup>1</sup>, WANG Yi-kui<sup>1,2</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, KANG Hong-wei<sup>1</sup>,  
WU Yong-guan<sup>1</sup>, LIANG Ren-fan<sup>1</sup>

(1. Vegetable Research Center, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China;  
2. Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China)

**Abstract:** The photosynthetic characteristics of grafted tomatoes (Zhenhong/Rootstock 1, Zhenhong/Rootstock 11) and own root tomato (Zhenhong) under field conditions were studied by using the LI-6400 portable photosynthesis system. The results were as follows: The Zhenhong had the highest light saturation point ( $2085 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), the other two grafted species had lower light saturation point ( $1195 \sim 1390 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). The Zhenhong/Rootstock 11 had the highest light compensation point ( $31.8 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), the other two species (Zhenhong/Rootstock 1, Zhenhong) had low light compensation point ( $17.6 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \sim 18.9 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ). The apparent quantum efficiency between  $0.062$  and  $0.073$ . Under suitable temperature and saturation light intensity condition,  $\text{CO}_2$  saturation point ranged from  $844 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$  to  $971 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ , the carboxylation efficiency was between  $0.055 \sim 0.086 \text{ mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . The  $\text{CO}_2$  compensation point of the Zhenhong, Zhenhong/Rootstock 1, Zhenhong/Rootstock 11 were  $74.0 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $60.8 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $50 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$  respectively. The photosynthetic diurnal variations in leaves of tomato had been studied. The diurnal variations of net photosynthetic rates and respiration rates exhibited “single peaked pattern”. They had the highest point at midday and existed no “midday depression” in the photosynthesis. The diurnal variations of internal  $\text{CO}_2$  con-

收稿日期: 2005-06-02    修回日期: 2005-12-10

基金项目: 广西青年基金资助项目(桂科青 033999013) [Supported by the Youth Foundation of Guangxi (033999013)]

作者简介: 李文嘉(1962-), 女, 广西贵港市人, 研究员, 主要从事蔬菜遗传育种、新品种新技术的研究及推广工作。

centration were just opposite to net photosynthetic rates.

**Key words:** tomato; photosynthetic characteristic; rootstock; compensation point

嫁接番茄是近年来番茄生产的栽培技术之一,不但可以提高植株抗性(周长勇等,2001),而且还使植株具有长势好、早熟、高产优质等特性(邢国明等,2000)。国内外学者已对嫁接番茄的矿质营养代谢(张春兰等,1995)、产品品质(黄宁珍等,2000)及常规栽培的番茄光合特性(丁兆堂等,2003;周春菊等,1998)等开展广泛的研究,但是嫁接栽培条件下番茄光合特性研究报道甚少,特别是在我国南方湿热地区嫁接番茄的光合特性几乎很少报道,为此,作者通过研究不同砧木嫁接番茄的光合特性及环境相关生理生态因子,了解嫁接栽培条件下番茄光合生理生态特性之间的差异,为研究嫁接番茄砧木高产作用机理提供理论参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料及试验设计

本试验于2004年6月至2004年12月在广西农业科学院蔬菜研究中心试验基地进行。供试砧木品种分别为砧木1号(桂林金穗蔬菜种苗科技开发中心提供)和桂砧1号(广西农业科学院蔬菜研究中心提供);接穗为珍红(市场种子店购买)。2004年9月14日分别将砧木1号及桂砧1号两个砧木品种播种于育苗盘中,9月19日播种接穗珍红于育苗盘中,当接穗幼苗3~4片、砧木5~6片叶子时进行劈接。嫁接后遮荫5d。2004年9月30日将3种处理即自根苗(珍红)、嫁接苗珍红/砧木1号和珍红/桂砧1号定植于大田,田间种植采用完全随机区组设计,小区面积11.25 m<sup>2</sup>,定植时选取大小一致的苗每小区定植30株,重复3次,定植后按照常规管理。

### 1.2 测定项目及方法

取自根苗和嫁接苗顶端成熟叶(每次测定3株,每株选取3片,取平均值),采用LI-6400(美国LI-COR公司生产)便携式光合系统测定植株叶片的光合速率(Pn,  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、气孔导度(Gs,  $\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci,  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2}$ )以及蒸腾速率(Tr,  $\text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ),同时记录光合有效辐射(PAR,  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、气温(Ta, °C)、空气相对湿度(RHr, %)、大气CO<sub>2</sub>浓度(Ga,  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ )以及叶室和环境

各种生理生态影响因子。(1)光合一光强响应曲线测定:采用LI-6400-02B人工光源,PAR(光合有效辐射)分别设定为0、50、100、200、400、600、1 000、1 500、2 000、2 500  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,测量时样本室CO<sub>2</sub>浓度(CO<sub>2</sub>S)设为380  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,叶温(Tl)设为25 ± 1 °C;表观量子效率(AQY)根据低于200  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 光强下的光响应曲线斜率求得。(2)光合-CO<sub>2</sub>响应曲线测定:采用仪器人工调节设定CO<sub>2</sub>浓度,分别为50、100、200、300、400、600、800、1 200  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ ,测量时光合有效辐射1 500  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,叶温(Tl)设为°C;CO<sub>2</sub>羧化效率(CE)根据CO<sub>2</sub>浓度低于300  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 时的CO<sub>2</sub>响应曲线斜率求得,CO<sub>2</sub>饱和条件下的光合速率为RuBP最大再生速率(Jmax)。(3)光合特性日变化测定:从8:30到17:30,每1.5 h测定1次,每次记录3~5个数据,环境生态因子均由仪器记录。

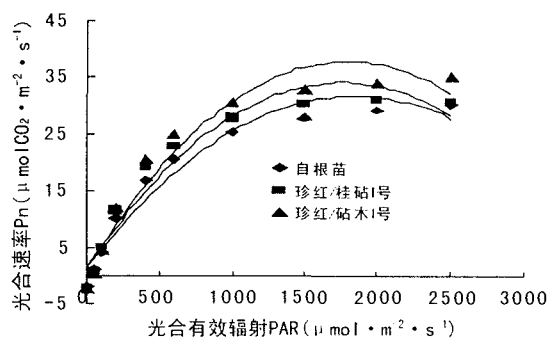


图1 三种处理光合速率对光强的响应  
Fig. 1 Responses of photosynthetic rate (Pn) in tomato to the light intensity

## 2 结果与分析

### 2.1 番茄叶片光合速率对环境的响应

2.1.1 对光强的响应 在温度25 ± 1 °C, RH 60% ~ 70%, 样本室CO<sub>2</sub>浓度(CO<sub>2</sub>S)设为380  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ 测得番茄叶片光合速率对光强的响应曲线(图1)。在光合有效辐射低于200  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时呈直线上升,光合有效辐射超过1 000  $\mu\text{molphotons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,随着PAR的增加而光合速率增加减缓,当PAR到达一定值后,3种处理光

合速率不再增加。根据番茄叶片光合一光强响应曲线的模拟方程(珍红:  $y = -1E - 05x^2 + 0.0417x - 0.7864$ ,  $R^2 = 0.9757$ ; 珍红/砧木1号:  $y = -2E - 05x^2 + 0.0556x - 0.9731$ ,  $R^2 = 0.9877$ ; 珍红/桂砧1号:  $y = -2E - 05x^2 + 0.0478x - 1.5081$ ,  $R^2 = 0.9819$ ), 求得光响应特征参数(表1), 嫁接苗和自根苗的表观量子效率在 0.062~0.073 之间, 处理间无显著差异; 自根苗光饱和和光合速率高于嫁接苗, 为  $42.7 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 处理间差异达到显著水平; 番茄叶片的光补偿点为  $17.6 \sim 31.8 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 嫁接苗和自根苗之间无显著差异; 但嫁接苗和自根苗之间光饱和点则达到极显著差异, 嫁接苗光适应范围较小的原因可能是由于嫁接苗早期的生理机能不如自根苗的缘故, 这与黄瓜苗期光合特性表现类似(郁继华等, 2001)。

表 1 三种处理的表现量子效率、光饱和和光合速率、光补偿点及光饱和点

Table 1 The apparent quantum yield(AQY), light saturated photosynthetic rate, light saturation point and light compensation point in leaves of different tomato varieties

处理 Treatment	表观量子效率 AQY	光饱和 光合速率 Light saturated Pn ( $\mu\text{molCO}_2$ $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光饱和点 Light saturated point( $\mu\text{mol photons}$ $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	光补偿点 Light compensation point ( $\mu\text{mol photons}$ $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
自根苗	0.070 a	42.7 aA	2085 aA	18.9 a
珍红/砧木1号	0.062 a	37.7 bA	1390 bB	17.6 a
珍红/桂砧1号	0.073 a	27.1 cB	1195 cC	31.8 a

注: a, b, c; 5% 水平显著; A, B, C; 1% 水平显著。以下同。  
Note: a, b, c; Significant at 5% level; A, B, C; Significant at 1% level. The same below.

2.1.2 对 CO<sub>2</sub> 的响应 在温度  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ , RH 60%~70%, PAR 为  $1500 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  条件下测光合一CO<sub>2</sub> 响应曲线如图2所示。嫁接苗和自根苗的变化趋势基本一致, 随着 CO<sub>2</sub> 浓度增加光合速率增加, 当 CO<sub>2</sub> 浓度增加到  $600 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$  时, 光合速率随着 CO<sub>2</sub> 浓度升高而增加的速率趋向缓慢, 继续增加 CO<sub>2</sub> 至  $1000 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$  左右时, 嫁接苗和自根苗叶片光合速率均达到饱和, 即 CO<sub>2</sub> 的饱和速率; 根据曲线模拟方程(珍红:  $y = -5E - 05x^2 + 0.0971x - 6.9105$ ,  $R^2 = 0.9887$ ; 珍红/桂砧1号:  $y = -6E - 05x^2 + 0.1013x - 4.9174$ ,  $R^2 = 0.9894$ ; 珍红/砧木1号:  $y = -6E - 05x^2 + 0.1036x - 6.0761$ ,  $R^2 = 0.9913$ ), 可得出 CO<sub>2</sub> 羧化效率、

RuBP 最大再生速率、CO<sub>2</sub> 补偿点和 CO<sub>2</sub> 饱和点(表2)。嫁接苗和自根苗之间的 CO<sub>2</sub> 羧化效率无显著差异, 变化范围大约为  $0.055 \sim 0.086 \text{ molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 珍红/桂砧1号与珍红的 RuBP 最大再生速率之间的差异显著水平, 但两嫁接组合之间差异不显著, 3 种处理相比自根苗的 RuBP 最大再生速率最大, 达到  $40.2 \mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 嫁接苗和自根苗之间的 CO<sub>2</sub> 饱和点变化范围为  $844 \sim 971 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ , 差异均不显著; 3 种处理间 CO<sub>2</sub> 补偿点的差异显著, 且珍红与珍红/桂砧1号的差异达到极显著水平, 这说明嫁接栽培番茄利用低浓度 CO<sub>2</sub> 能力较强。

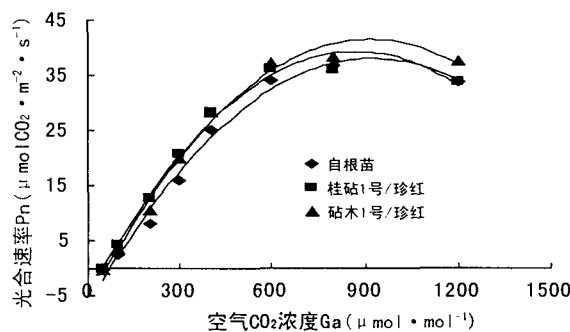


图 2 三种处理光合速率对 CO<sub>2</sub> 的响应  
Fig. 2 Responses of photosynthetic rate (Pn) in tomato to the environmental CO<sub>2</sub> concentration

表 2 三种处理的羧化效率、RUBP 最大再生速率及 CO<sub>2</sub> 补偿点和饱和点

Table 2 The CE, J<sub>max</sub>, CO<sub>2</sub> saturation point and CO<sub>2</sub> compensation point in leaves of different tomato varieties

处理 Treatment	CO <sub>2</sub> 羧化效率 CE ( $\text{molCO}_2$ $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	RuBP 最大再生速率 J <sub>max</sub> ( $\mu\text{molCO}_2$ $\cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> 饱和点 CO <sub>2</sub> saturation point ( $\mu\text{molCO}_2$ $\cdot \text{mol}^{-1}$ )	CO <sub>2</sub> 补偿点 CO <sub>2</sub> compensation point ( $\mu\text{molCO}_2$ $\cdot \text{mol}^{-1}$ )
自根苗	0.055 a	40.2 aA	971 a	74.0 aA
珍红/砧木1号	0.072 a	38.6 abA	863 a	60.8 bAB
珍红/桂砧1号	0.086 a	37.8 bA	844 a	50.0 cB

2.2 光合特性日变化

自然条件下环境因子日变化(图3)。10月28日从 8:30 到 17:30 测定光合有效辐射, 基本上呈现开口向下的抛物线趋势, 在 12:00~13:30 可达最大值; 而环境中的 CO<sub>2</sub> 浓度和大气相对湿度的变化与光强、气温相反, 呈现开口向上的抛物线趋势。

10月中旬测定3种处理番茄的光合速率的日

变化如图4:A,结果显示:自根苗和嫁接苗的净光合速率趋势均为单峰曲线,高峰出现在当日的12:00(图4),分别为19.7,21.2和22.8  $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,均不存在“午休现象”。8:00~11:00,珍红、珍红/桂砧1号和珍红/砧木1号光合速率几乎直线增长,12:00左右达最大值;然后缓慢下降,在14:00

时迅速下降,17:30自根苗的光合速率为 $-0.6 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,说明此时自根苗的呼吸作用大于光合作用;而桂砧1号/珍红和砧木1号/珍红的光合速率分别为 $0.19 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $0.21 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。无论是桂砧1号还是砧木1号,嫁接番茄的光合速率均高于自根苗珍红,全天平

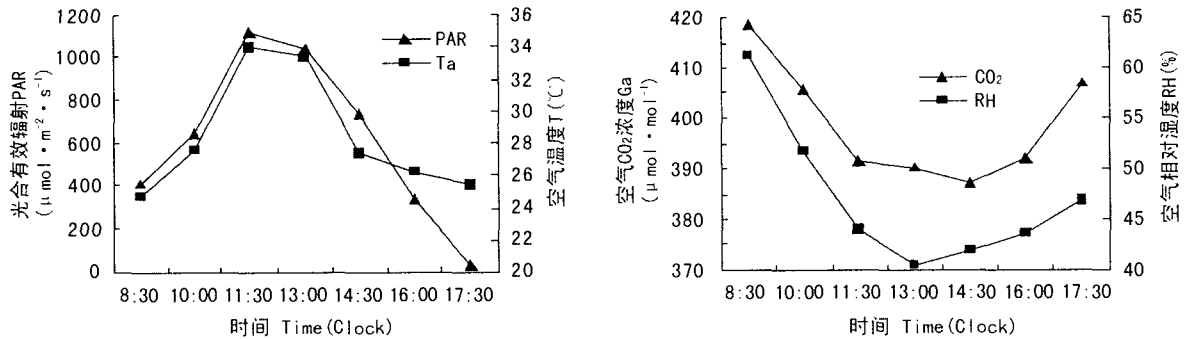


图3 光合作用相关的主要环境因子日变化

Fig. 3 Diurnal changes of photosynthetically active radiation (PRA), air temperature,  $\text{CO}_2$  concentration (Ga) and relative humidity (RH) in October

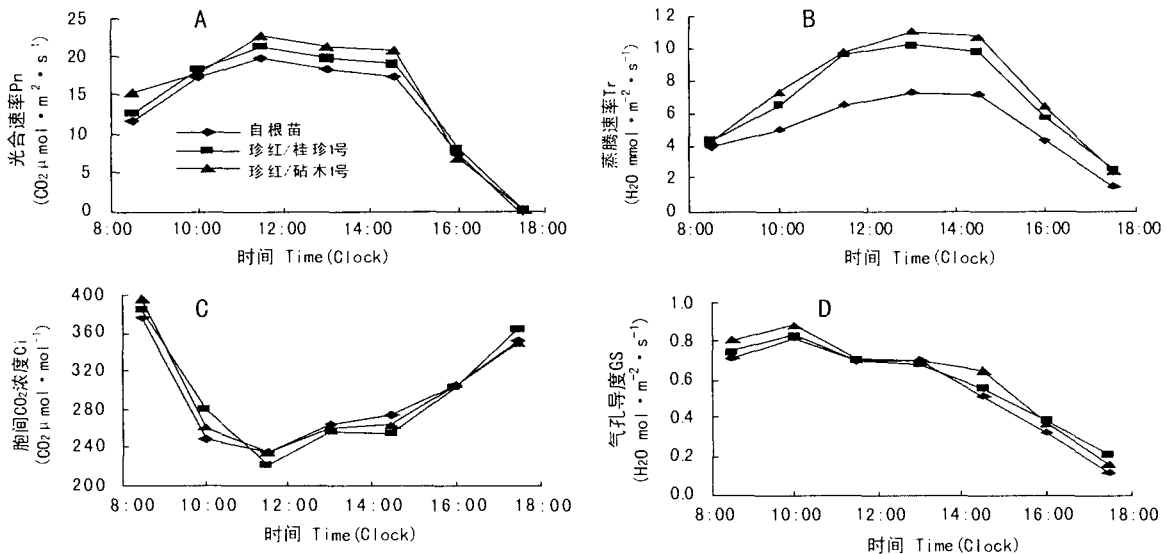


图4 三种番茄光合速率、蒸腾速率、胞间  $\text{CO}_2$  浓度和气孔导度的日变化

Fig. 4 Diurnal changes in photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), intercellular  $\text{CO}_2$  concentration (Ci) and stomatal conductance in tomatoes

均光合速率分别高于珍红8.1%和13.2%。

3种处理的蒸腾速率随着一天时间变化先升后降,最大值发生在12:00~14:30(图4:B)。嫁接苗和自根苗蒸腾速率变化趋势基本一致,变化幅度很大,最大值均发生在14:00左右,然后迅速下降。嫁接苗的蒸腾速率日平均明显高于自根苗,方差分

析表明处理间差异达到极显著水平。3种处理胞间  $\text{CO}_2$  浓度变化与光合速率完全相反,总趋势是先迅速降低后逐步升高(图4:C),嫁接苗与自根苗之间差异不显著。所有供试材料的气孔导度日变化随着时间的推移均呈先缓慢升高后逐步降低的趋势(图4:D);11:00左右3种处理叶片的气孔导度基本上

达到最大值,中午一直维持较高的水平,此后逐步下降,17:30 气孔导度几乎为零。

### 3 讨论

嫁接是使不同基因型的植物生长成一个植株,必然会对其生长发育产生综合的影响。本试验结果表明,通过选取不同砧木嫁接番茄对其光合特性参数影响较大,明显改变了番茄的光合参数。主要表现:一方面,嫁接苗的光饱和点明显降低,可能是嫁接苗前期的生理机能不如自根苗的缘故,在黄瓜苗期光合特性研究中有类似现象(郁继华等,2001)。另一方面,嫁接苗的日平均光合速率高于对照,通过嫁接栽培能明显提高番茄嫁接苗的光合日变化。另外,3种处理间 CO<sub>2</sub> 补偿点的差异显著,通过桂砧 1 号砧木嫁接的番茄与自根苗间的差异达到极显著水平,这说明嫁接栽培番茄能明显提高番茄利用低浓度 CO<sub>2</sub> 能力。

前人研究光合速率日变化受外界环境影响时指出,在正常情况下均为双峰曲线,即有明显的“午休现象”,如黄瓜(马德华等,1997)和西葫芦(高志奎等,1996)在保护地栽培(崔志峰等,2000)和施 CO<sub>2</sub> 肥条件(孙治强等,1997)下可能会出现单峰曲线,即无“午休现象”。在嫁接栽培方面,有研究表明,自根苗和嫁接苗的光合速率日变化均呈双峰曲线,有明显的光合“午休”现象,例如黄瓜(郁继华等,2001)和西瓜(徐坤等,1999)。本试验中嫁接苗和自根苗的光合速率日变化净光合速率趋势均为单峰曲线,与前人结果不一致,推测可能是空气中 CO<sub>2</sub> 浓度减少、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度降低、空气湿度降低等不利于光合速率增加的因素出现,还有嫁接苗和自根苗自身因素的影响,从而使嫁接苗和自根苗均不存在“午休现象”。番茄嫁接苗光合速率改变的内在原因可能与嫁接苗具有较高的叶绿素含量、可溶性蛋白含量和 RuBP 羧化酶活性有关,但嫁接苗光合特性性能变化机制尚缺乏系统深入的研究,如嫁接后是否改变光合机构的运转、是否影响到光合电子的传递以及对地上部分叶片的改变等都有待进一步研究。

### 参考文献:

Cui ZF(崔志峰), Ai XZ(艾希珍), Zhang ZX(张振贤), *et al.*. 2000. Effect of temperature and photon flux density in autumn greenhouse on photosynthetic efficiency of some major

vegetable crops(秋延迟大棚温光因子对几种主要蔬菜作物光合效率的影响)[J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*(西北农业学报), 9(4): 33—35, 62.

Ding ZT(丁兆堂), Lu YH(卢育华), Xu K(徐坤). 2003. Effects of environmental factors on the photosynthetic characteristics of tomatoes(环境因子对番茄光合特性的影响)[J]. *J Shandong Agric Univ*(山东农业大学学报(自然科学版)), 34(3): 356—360.

Gao ZK(高志奎), Liu YM(刘彦民), He JP(何俊萍), *et al.*. 1996. Photosynthetic characteristics of pumpkin(西葫芦光合特性研究)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 23(3): 305—306.

Huang NZ(黄宁珍), Luo J(罗洁), Lan FS(蓝福生), *et al.*. 2000. Preliminary study on anti-decrease seedling selection of tomato(番茄抗青枯病种苗选育初步研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 20(3): 259—264.

Ma DH(马德华), Pang JA(庞金安), Huo ZR(霍振荣), *et al.*. 1997. Characteristics of photosynthesis and respiration of cucumber seedlings(黄瓜幼苗光合与呼吸特性研究)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), 24(4): 397—398.

Sun ZQ(孙治强), Bai YL(白玉玲), Zhang HM(张惠梅), *et al.*. 1997. The effect of CO<sub>2</sub> enrichment on photosynthetic characteristic of squash in heliogreenhouse(CO<sub>2</sub> 施肥对日光温室西葫芦光合特性的影响)[J]. *Acta Agric Univ Henan*(河南农业大学学报), 31(4): 375—378.

Xing GM(邢国明), Kang XP(亢秀萍), Guan DYF(官岛郁夫). 2000. Effects of grafting methods on growth development and yield of tomato(嫁接方式对番茄生长发育及产量的影响)[J]. *J Shenyang Agric Univ*(沈阳农业大学学报), 31(1): 50—52.

Xu K(徐坤), Kang LM(康立美), Xing HR(邢海荣). 1999. Studies on the photosynthetic characteristics of aspermous watermelon(嫁接无籽西瓜光合特性研究)[J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*(西北农业学报), 8(2): 73—76.

Yu JH(郁继华), Qin SH(秦舒浩). 2001. Studies on photosynthetic property of grafted and self-rooted seedlings of different varieties of cucumber(黄瓜品种间嫁接苗与自根苗光合特性研究)[J]. *J Lanzhou Univ(Nat Sci)*(兰州大学学报), (6): 63—68.

Zhang CL(张春兰), Zhang YD(张耀栋), Lv LW(吕烈武), *et al.*. 1995. On the potassium uptake of graft plants of different varieties of tomato(不同品种嫁接番茄植株间吸钾特性差异的研究)[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), 18(3): 72—80.

Zhou CJ(周春菊), Xue WX(薛万新), Zou YJ(邹养军), *et al.*. 1998. Photosynthetic characteristics of early-maturing tomato in seedling stage(早熟番茄苗期光合特性研究)[J]. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*(西北农业学报), (1): 78—80.

Zhou CY(周长勇), Zhang XQ(张秀清), Yi XB(尹旭彪). 2001. Study of comparing grafted seedling with seedling for tomatoes(嫁接番茄苗与对照的对比试验)[J]. *China Vegetables*(中国蔬菜), (4): 32—33.