

# 砧木对盐处理下‘丰水’梨幼树光合特性的影响

高光林 姜卫兵\* 汪良驹 韩浩章 戴美松

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

**摘 要:** 用 CIRAS-1 便携式光合作用测定系统研究不同盐浓度处理下, 分别以‘豆梨’、‘杜梨’作砧木的‘丰水’梨幼树叶片光合作用。结果表明: (1) 不同砧木对盐处理下的丰水梨叶片光合作用反应有显著影响; (2) 在相同条件下杜梨上的丰水较豆梨上的丰水有更高的净光合率 ( $P_n$ )、气孔导度 ( $G_s$ )、蒸腾速率 ( $T_r$ ) 和羧化效率 ( $C_E$ ), 而在高浓度盐处理下, 前者较后者有较低的细胞间隙  $CO_2$  浓度 ( $C_i$ )。 (3) 低盐胁迫对梨叶片光合作用的抑制, 初期主要表现为气孔性限制, 而在高盐处理和低盐处理后期主要表现为非气孔性限制; (4) 不同砧木对梨叶片光合作用的影响在高盐处理后期差异不明显。

**关键词:** 梨; 砧木; 光合特性; 盐处理; 气孔限制; 非气孔限制

**中图分类号:** S 661.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2003) 03-0258-05

盐胁迫对果树的影响一直被广泛关注, 我们在对部分果树的耐盐能力<sup>[1~3]</sup>及耐盐机理<sup>[4~6]</sup>和砧木对果树光合作用影响<sup>[7]</sup>研究的基础上, 进一步研究砧木对盐胁迫下果树叶片光合作用的影响。

盐分胁迫抑制果树的光合作用, 且这种抑制作用受树体和品种的影响, 已得到了大量的试验证实; 也有试验说明在水分胁迫下砧木对果树的光合作用有显著的影响作用<sup>[8]</sup>, 而有关砧木对盐胁迫条件下果树叶片光合作用影响的研究则不多。已有研究认为净光合速率 ( $P_n$ ) 的下降程度与砧木无明显相关性<sup>[9~11]</sup>; Schmutz 等<sup>[10]</sup>对‘13-1’ (耐盐) 和‘Turpentine’ (盐敏感) 两种芒果砧木与相同的接穗组合在盐胁迫下的研究结果也表明两种砧木上接穗叶片的  $CO_2$  同化速率下降程度相当; 而 Garcia 等<sup>[12]</sup>在柠檬处于盐胁迫条件下的研究结果表明, 酸橙砧上的‘Verna’和‘Eureka’的叶片  $CO_2$  同化速率下降幅度较‘Fino’上的相同品种大。本研究主要探讨不同砧木对盐胁迫下梨叶片光合特性的影响, 以期生产上梨砧木的选择提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在南京农业大学蔬菜园 (有避雨设备) 进行。试材来自江苏省南京市溧水县傅家边农业示范园。选用于 2000 年秋分别嫁接于杜梨 (*Pyrus betulaefolia* Bge.) 和豆梨 (*P. calleryana* Dcne.) 砧上的丰水梨 (*P. pyrifolia* Nakai. cv. Hosui) 品种, 于 2001 年秋挂牌以确保材料的可靠性, 2002 年春定植于直径 20 cm 高 30 cm 带有底部托盘的塑料盆内。盆土配比为腐殖土:园土:砂 = 2:2:1, 每盆装土 6.5 kg, 每盆栽 3 株。定植后于嫁接口以上 10 cm 处平茬, 新枝萌发后每株留 2 根枝条, 正常管理。

### 1.2 试验设计

以杜梨为砧木的丰水, 设对照和盆土干样质量含盐量为 0.3%、0.6% 的处理, 并分别记作 H-B<sub>CK</sub> (丰水 - 杜梨的对照)、H-B<sub>0.3</sub> (丰水 - 杜梨的 0.3% 盐处理)、H-B<sub>0.6</sub> (丰水 - 杜梨的 0.6% 盐处理); 以豆梨为砧木的丰水梨的处理设计同以杜梨为砧木的丰水梨, 并分记作 H-C<sub>CK</sub> (丰水 - 豆梨的对照)、H-C<sub>0.3</sub> (丰水 - 豆梨的 0.3% 盐处理)、H-C<sub>0.6</sub> (丰水 - 豆梨的 0.6% 盐处理)。采用一次加盐

收稿日期: 2002-10-23; 修回日期: 2002-12-30

基金项目: 江苏省农业三项工程项目 (P99314)

\* 通讯作者, Author for correspondence.

法<sup>[1]</sup>,根据盆土干样质量按设计处理含盐量,将配好的 NaCl 溶液一次性浇入盆中(1000 mL/盆),每处理设6盆(18株),处理期间保持盆土湿润而不积水,若有雨则盖膜以防盐分流失。试验共进行两次,第1次于7月9日当天停水,7月10日傍晚进行处理;第2批材料于8月19日开始处理,方法同第1次处理。

### 1.3 测定方法

用英国 PP Systems 公司产 CIRAS-1 光合测定系统进行测定,采用开放式气路;除做 CO<sub>2</sub> 响应曲线外,其它测定全部采用模拟自然条件进行。以从顶部完全展开叶向下第9~11叶为光合测定研究对象,5次重复。对不同日期的同项指标测定采用定时测定,早晨和阴天用镓灯补光对植株进行激活。Pn、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)均由仪器直接测得,羧化效率(CE)以 Pn-Ci 初始斜率表示。本试验两次测定以及两个品种(丰水和高高)结果趋势相似,以丰水梨第2次测定的结果为代表进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砧木对盐处理下丰水梨叶片 Pn 的影响

经统计分析,丰水梨叶片的 Pn,以豆梨为砧木的较以杜梨为砧木的下降幅度大,这种差异在高盐浓度(0.6%)下则更明显。从图1可以看出,在同一砧木,同一盐浓度处理下丰水梨叶片 Pn 随着时间的延长表现为明显下降,尤其是在高盐浓度(0.6%)处理下则更加明显。在低盐(0.3%)处理初期(84 h内),不同砧木的丰水梨的 Pn 大幅度下降,但不同砧木之间的差异不显著: H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 52.81%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 58.83%;但处理 156 h 后,砧木对 Pn 的影响表现出明显的差异: H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 59.59%,而 H-C<sub>0.3</sub> 降幅达 78.09%。在高盐处理 84 h 后,砧木对丰水梨叶片 Pn 影响即达显著差异: H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 74.01%,而 H-C<sub>0.6</sub> 降幅达 87.52%;高盐处理随时间的进一步延长,砧木对梨叶片 Pn 的影响开始减弱: 156 h 后 H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 90.85%, H-C<sub>0.6</sub> 降幅为 91.39%, 300 h 后 H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 102.02%, H-C<sub>0.6</sub> 降幅为 101.60%。从图1还可看出:不论是嫁接在何种砧木的丰水梨,在高盐处理下的 Pn 下降幅度都明显大于低盐处理的下降幅度,尤其是在处理中期(处理 184 h 后),这种差异更为明显。

### 2.2 不同砧木对盐处理下丰水梨叶片 Tr 的影响

从表1可看出,以豆梨为砧木的丰水梨叶片 Tr 下降幅度较杜梨为砧木的下降幅度大,这种差异在高盐(0.6%)处理下更加明显。而同一砧木、同一盐浓度处理下,随着时间的延长,Tr 表现为明显的下降趋势,尤其是在高浓度下更加明显。无论是在低盐(0.3%)还是高盐处理后 12 h,不同砧木上丰水梨的 Tr 均表现为明显的下降,不同的砧木对此时的 Tr 变化幅度影响已达显著水平: H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 19.94%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 26.76%, H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 31.96%,而 H-C<sub>0.6</sub> 降幅已达 40.00%;在盐处理 84 h 后,表现得更加明显: H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 25.88%,而 H-C<sub>0.3</sub> 降幅达 38.71%; H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 40.59%,而 H-C<sub>0.6</sub> 降幅已达 50.44%。无论是在高盐还是在低盐处理下,随着时间的进一步延长(156、300 h 后),不同砧木对 Tr 的影响差异开始变小: 盐处理 156 h 后 H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 44.19%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 54.12%, H-B<sub>0.6</sub> 降幅为 70.64%, H-C<sub>0.6</sub> 降幅为 69.59%。

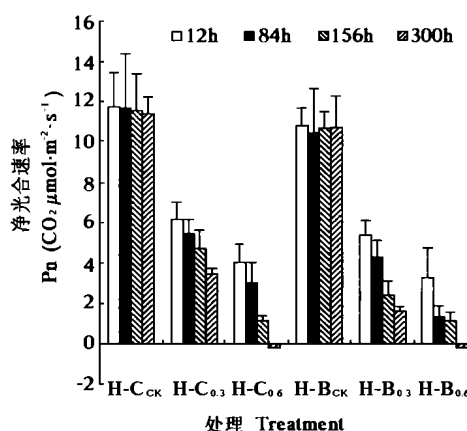


图1 砧木对不同盐处理梨叶片 Pn 的影响

处理代号见表1。

Fig. 1 Effect of rootstocks on Pn of pear leaves under different salt treatments

See table 1 for the treatment codes.

表 1 砧木对不同盐处理梨叶片蒸腾速率的影响

Table 1 Effect of rootstocks on Tr of pear leaves under different salt treatments

(mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>)

组合 Combination	盐处理 Treatment	代号 Code	处理时间 Hours of treatment (h)		
			84	156	300
丰水梨 - 杜梨 Hosui- <i>P. betulaefolia</i>	对照 Control	H-B <sub>CK</sub>	3.40 ± 0.59	3.44 ± 0.22	3.64 ± 0.29
	0.3%	H-B <sub>0.3</sub>	2.52 ± 0.32	1.92 ± 0.38	1.08 ± 0.19
	0.6%	H-B <sub>0.6</sub>	2.02 ± 0.61	1.01 ± 0.41	0.37 ± 0.26
丰水梨 - 豆梨 Hosui- <i>P. calleryana</i>	对照 Control	H-C <sub>CK</sub>	3.41 ± 0.96	3.88 ± 0.39	3.97 ± 0.36
	0.3%	H-C <sub>0.3</sub>	2.09 ± 0.32	1.78 ± 0.45	0.75 ± 0.48
	0.6%	H-C <sub>0.6</sub>	1.69 ± 0.29	1.18 ± 0.79	0.29 ± 0.01

### 2.3 不同砧木对盐处理下丰水梨叶片 Gs 的影响

由图 2 可看出, H-C<sub>0.3</sub> 的 Gs 较 H-B<sub>0.3</sub> 的 Gs 降幅大; 盐处理 12 h 时, H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 56.33%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 61.11%; 并在盐处理 84 h 时达显著差异: H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 69.75%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 75.41%; 盐处理 300 h 时这种差异进一步扩大, H-B<sub>0.3</sub> 降幅为 49.91%, H-C<sub>0.3</sub> 降幅为 81.51%。H-B<sub>0.3</sub> 在处理 300 h 后, 其 Gs 已表现出部分恢复。而在高盐 (0.6%) 处理下, 砧木对 Gs 的影响并无明显的规律性, 同时差异也不明显, H-B<sub>0.6</sub> 和 H-C<sub>0.6</sub> 都未表现出恢复的迹象。不论对何种砧木上的丰水梨, Gs 下降幅度是高盐处理显著大于低盐处理。

### 2.4 不同砧木对盐处理下丰水梨叶片 Ci 的影响

由表 2 可看出: 不论是何种砧木的丰水梨在低盐处理 (0.3%) 下, 其 Ci 变化都呈先下降而后恢复的趋势, 而在高盐 (0.6%) 处理下则一直维持在高于对照的水平。

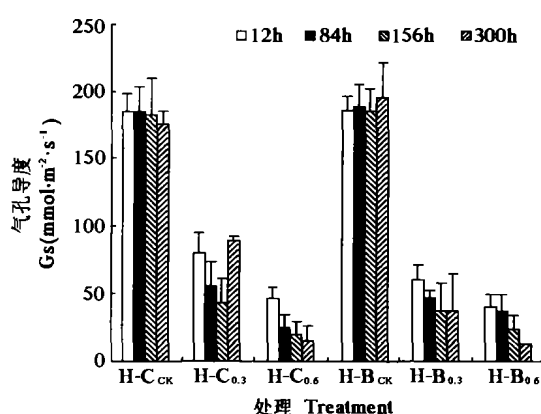


图 2 砧木对不同盐处理丰水梨叶片 Gs 的影响  
处理代号见表 1。

Fig. 2 Effect of rootstocks on Gs of pear leaves under different salt treatments  
See table 1 for the treatment codes.

表 2 砧木对不同盐处理丰水梨叶片细胞间隙 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

Table 2 Effect of rootstocks on Ci of pear leaves under different salt treatments

(μmol·L<sup>-1</sup>)

组合 Combination	盐处理 Treatment	代号 Code	处理时间 Hours of treatment (h)			
			12	84	156	300
丰水梨 - 杜梨 Hosui- <i>P. betulaefolia</i>	对照 Control	H-B <sub>CK</sub>	226.00 ± 43.03	231.40 ± 52.64	210.40 ± 76.68	253.00 ± 68.51
	0.3%	H-B <sub>0.3</sub>	240.20 ± 16.65	229 ± 42.26	150.2 ± 29.90	259.33 ± 84.9
	0.6%	H-B <sub>0.6</sub>	244.40 ± 11.15	237.80 ± 83.79	237.40 ± 24.40	317.33 ± 163.53
丰水梨 - 豆梨 Hosui- <i>P. calleryana</i>	对照 Control	H-C <sub>CK</sub>	251.20 ± 58.11	219.60 ± 24.69	202.60 ± 26.14	252.33 ± 18.58
	0.3%	H-C <sub>0.3</sub>	280.80 ± 12.97	238.00 ± 52.78	160.20 ± 72.37	270.67 ± 47.51
	0.6%	H-C <sub>0.6</sub>	316.40 ± 32.59	336.00 ± 31.09	270.60 ± 42.77	336.67 ± 82.28

### 2.5 不同砧木对盐处理下丰水梨叶片 CE 的影响

处理初期, 不论是在高盐还是低盐处理下, 丰水梨叶片的 CE 均高于对照, 且在低盐处理 132 h 后仍维持相当于对照水平, 但随时间的进一步延长则明显低于对照; 而在高盐处理下, CE 表现为急剧下降, 尤以 H-C<sub>0.6</sub> 的 CE 下降最快, 但在处理后期基本维持一个较低的水平 (表 3)。

表 3 砧木对不同盐处理梨叶片羧化效率的影响  
Table 3 Effect of rootstocks on CE of Pear leaves under different salt treatments

组合 Combination	盐处理 Treatment	代号 Code	处理时间 Hours of treatment (h)		
			60	132	276
丰水梨-杜梨 Hosui- <i>P. betulaefolia</i>	对照 Control	H-B <sub>CK</sub>	0.0645	0.0633	0.0652
	0.3%	H-B <sub>0.3</sub>	0.1652	0.0674	0.0318
	0.6%	H-B <sub>0.6</sub>	0.0932	0.0579	0.0148
丰水梨-豆梨 Hosui- <i>P. calleryana</i>	对照 Control	H-C <sub>CK</sub>	0.0617	0.0621	0.0613
	0.3%	H-C <sub>0.3</sub>	0.1247	0.0796	0.0189
	0.6%	H-C <sub>0.6</sub>	0.1427	0.019	0.0198

### 3 讨论

不论是高盐处理还是低盐处理均导致丰水梨幼树叶片  $P_n$  的下降,这种效应在 12 h 后表现非常明显,以杜梨为砧木的丰水梨叶片  $P_n$  下降幅度小于以豆梨为砧木的丰水梨,且高盐处理后 84 h 即表现为显著差异,低盐处理在 156 h 后也表现为显著差异。

从图 1、图 2、表 3 可以看出,在低盐处理期  $G_i$  随  $G_s$  下降而下降,与此同时,  $P_n$  也随之下降,根据关义新<sup>[13]</sup>的方法计算证明此时的光合限制主要是由气孔性限制引起。在盐处理 300 h 后, H-B<sub>0.3</sub> 的  $G_s$  表现为部分恢复, H-C<sub>0.3</sub> 则基本保持较低水平的  $G_s$ ,与此同时, H-B<sub>0.3</sub> 和 H-C<sub>0.3</sub> 的  $G_i$  均上升到相当于对照水平,但此时的  $P_n$  却仍表现为下降趋势,计算结果说明此时的光合限制主要是由非气孔性限制引起的;由表 4 也可看出,此时的 H-B<sub>0.3</sub> 和 H-C<sub>0.3</sub> 的 CE 都非常低,已成为光合作用的限制性因子。H-C<sub>0.3</sub> 虽然有较高的  $G_i$ ,但因其 CE 较 H-B<sub>0.3</sub> 低得多,因此其  $P_n$  值也显著低于 H-B<sub>0.3</sub>,从另一个角度来说, H-C<sub>0.3</sub> 较 H-B<sub>0.3</sub> 有较高的  $G_i$  主要是由于其对  $CO_2$  的利用能力下降所致。

在高盐处理的整个过程中,丰水梨幼树叶片一直有高于或相当于对照的  $G_i$ ,低于对照的  $P_n$  和  $G_s$ ,说明在高盐处理下光合作用限制主要是由非气孔性限制引起的。在高盐处理中期以豆梨为砧木的丰水梨叶片比以杜梨为砧木的丰水梨叶片有更高的  $G_i$ 、较低的  $P_n$  和羧化效率 (CE),前者的非气孔性限制较后者的大;而在处理初期和后期,两者的差异不大,可能是由于处理初期主要表现为气孔性限制,而处理后期则可能由于胁迫过于严重而使两者的光合机构均遭严重破坏而使得两者非气孔性限制相当。

在盐处理初期,不论是高盐还是在低盐处理,丰水梨叶片的 CE 均高于对照,这可能与在盐处理初期植株叶片的希尔反应相应增强<sup>[14]</sup>有关;而此时植株叶片  $P_n$  均低于对照,这可能是由于以下两原因所致:其一,高盐处理植株在处理初期有较高的光呼吸和暗呼吸,而低盐处理的植株叶片亦有较高的光呼吸;其二,由于叶片的  $CO_2$  饱和点下降,此时植株叶片的高 CE 也只能维持在低  $CO_2$  水平下。CE 能够一定程度上代表 Rubisco 酶活性,本试验处理后期 CE 下降与前人结果<sup>[15,16]</sup>一致,但盐处理初期的结果则与他们的结论相反。

从整个试验的结果看,以豆梨为砧木的丰水梨叶片较相同处理下以杜梨为砧木的丰水梨叶片光合特性变化对盐胁迫反应更为敏感,尤其是在低盐处理下表现得更为明显;从光合角度来说,在适度盐胁迫下以杜梨为砧的丰水梨表现较以豆梨为砧的丰水梨要好,陈长兰等<sup>[17]</sup>的研究结果都表明杜梨的抗盐性强于豆梨。据 Walker 等<sup>[18]</sup>在柠檬上的试验认为,这种差异可能是由于砧木对离子的选择吸收引起的;另外是否与根系合成的具生理活性物质的量及其运输有关还有待进一步试验证明。

### 参考文献:

- 1 王业遵,马凯,姜卫兵,等.五种果树耐盐力试验初报.中国果树,1990,(3):8~12
- 2 马凯,汪良驹,王业遵,等.十八种果树盐害症状与耐盐性研究.果树科学,1997,14(1):1~5

- 3 汪良驹, 马 凯, 姜卫兵, 等. NaCl 胁迫下石榴和桃植株  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  含量与耐盐性的研究. 园艺学报, 1995, 22 (4): 336 ~ 340
- 4 姜卫兵, 马 凯, 朱建华, 等. 盐离子的吸收和分布及其与无花果品种耐盐性的关系. 江苏农业学报, 1994, 10 (3): 18 ~ 22
- 5 姜卫兵, 马 凯, 王业遵. 无花果耐盐性生理指标的探讨. 江苏农业学报, 1991, 7 (3): 29 ~ 33
- 6 姜卫兵, 马 凯, 朱建华. 多效唑提高草莓耐盐性的效应. 江苏农业学报, 1992, 8 (4): 13 ~ 17
- 7 姜卫兵, 俞开锦, 高光林, 等. 梨不同砧穗组合光合特性比较. 园艺学报, 2002, 29 (6): 569 ~ 570
- 8 姜卫兵, 高光林, 汪良驹, 等. 水分胁迫对果树光合作用的影响研究进展. 果树学报, 2002, (6): 412 ~ 416
- 9 Banuls J, Prino E Millo. Effects of salinity on some citrus scion-rootstocks combinations. Annals of Botany, 1995, 76 (1): 97 ~ 102
- 10 Schmutz U, Ludders P. Salt tolerance in mango (*Mangifera indica* L.) rootstocks. Angewandte Botanik Berichte, 1994, (5): 189 ~ 193
- 11 Schreiner M, Ludders P. Gas exchange of apple trees under salinity and levels of  $\text{K}^+$  supply. Gartenbauwissenschaft, 1996, 6 (3): 130 ~ 138
- 12 Garcia MF Legaz, Ortiz J M, Garcia A G Lidon, et al. Effect of salinity on growth, ion content and  $\text{CO}_2$  assimilation rate in lemon varieties on different rootstocks. Physiologia Plantarum, 1993, 89 (3): 427 ~ 432
- 13 关义新, 戴俊英, 林 艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制. 植物生理学通讯, 1995, 31 (4): 293 ~ 297
- 14 Guerrier G. Effect of sodium chloroplasts and photosynthetic capacity of isolated chloroplasts and photorespiratory capacity (glycolate oxidase activity) in cotyledons of seedlings sensitive or tolerant to salinity. Photosynthetica, 1985, 19 (4): 542
- 15 Bongi G, Loreto F. Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europea* L.) leaves. Plant Physiology, 1989, 90 (4): 1408 ~ 1416
- 16 Mickelber M V, Marler T E. Root zone sodium chloride influences photosynthesis, water relations, and mineral content of sapodilla foliage. HortScience, 1996, 31 (2): 230 ~ 233
- 17 陈长兰, 龚 欣, 贾敬贤. 梨树野生砧木的抗盐性和抗旱性鉴定初报. 作物品种资源, 1996, (4): 30 ~ 31
- 18 Walker R R, Blackmore D H, Sun Q. Carbon dioxide assimilation and foliar ion concentrations in leaves of lemon (*Citrus lemon* L.) trees irrigated with NaCl or  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Australian Journal of Plant Physiology, 1993, (20): 2, 173 ~ 185

## Effects of Rootstocks on Photosynthetic Properties of Young ‘Hosui’ Pear Trees under Salinity

Gao Guanglin, Jiang Weibing, Wang Liangju, Han Haozhang, and Dai Meisong

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The effect of two pear rootstocks ‘Calleryana’ and ‘Betulaefolia’ on photosynthetic properties of young ‘Hosui’ under salinity was measured by portable photosynthesis systems CIRAS-1. The results showed that: (1) There are obvious discrepancy between *Pyrus betulaefolia* and *P. calleryana* effect on the photosynthetic properties of Hosui blade; (2)  $\text{Pn}$ ,  $\text{Gs}$ ,  $\text{Tr}$ , and  $\text{CE}$  were higher in Hosui combined with *P. betulaefolia* (H-B) than in Hosui combined with *P. calleryana* (H-C) under the same conditions, H-C with higher  $\text{Ci}$  than H-B under high salinity. (3) Photosynthesis of pear blade was inhibited by salinity most cause for stomatal limitation under low salinity at early time, and most cause for nonstomatal limitation under high salinity and low salinity at anaphase; (4) In anaphase of treatment, the discrepancy between *P. betulaefolia* and *P. calleryana* effect on photosynthetic properties was diminished under severe salinity.

**Key words:** Pear; Rootstock; Photosynthetic properties; Salinity; Stomatal limitation; Nonstomatal limitation

### 《英汉园艺学词典》 章文才主编

该词典共收集专业词汇约两万条, 按照全、新、准、精的收词原则, 收录了园艺科学的基本词汇和与园艺科学有密切联系的基础科学和边缘科学词汇, 其中从现代外文书刊中摘录的拼合新词约 100 多条。为了便于检索, 本词典将主要的果树、蔬菜、花卉种名, 按植物属分类汇编。可供我国园艺界的教学、科研、生产方面的专业人员和广大园艺工作者参考使用。定价: 23 元 (含邮费)。

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街 12 号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部, 邮编 100061。

