

# 盐胁迫对甜樱桃“吉塞拉”砧木光合指标的影响

孟艳玲<sup>1,2</sup>, 刘庆忠<sup>1</sup>, 魏海蓉<sup>1</sup>, 王甲威<sup>1</sup>

(1. 山东省果树研究所, 山东 泰安 271018; 2. 威海市农业科学院, 山东 威海 264200)

**摘要:**以甜樱桃砧木“吉塞拉 6 号”(G6)、“吉塞拉 5 号”(G5)、Y1 和 B5 的 1 a 生盆栽实生苗为试材,探讨了不同浓度 NaCl 处理对其光合指标的影响。结果表明:盐胁迫影响了“吉塞拉”砧木的光合色素含量、光合参数和叶绿素荧光参数。随着 NaCl 处理浓度增加和处理时间延长,各试材的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)、PSII 潜在活性(Fv/Fo)、实际原初光能转化效率(ΦPSII)和表观电子传递速率(ETR)显著下降,其中 B5 的下降趋势相对平缓。盐胁迫对“吉塞拉”砧木的效应既有处理间差异,又有品种间差异。轻中度盐胁迫(3‰ NaCl 和 6‰ NaCl 处理前中期)并未明显抑制各试材的 PSII 活性,重度盐胁迫导致各试材 PSII 受损,光合受到抑制。比较而言,B5 的抗盐性优于其它 3 种试材。

**关键词:**盐胁迫;“吉塞拉”砧木;光合;叶绿素荧光

**中图分类号:**S 662.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)15-0001-05

盐胁迫是抑制果树生长、降低果树产量的主要环境因素之一。世界大约 20% 的灌溉农业用地受到盐碱化的影响,我国大约有 0.27 亿  $\text{hm}^2$  盐碱土壤,干旱、不合理耕作、落后的排水设备、设施栽培等因素导致土壤次生盐碱化日益加重<sup>[1]</sup>,盐害成为当前农业生产的重要问题。由于大多数果树对土壤盐分敏感,在盐土上的种植潜力有限,因此开发滩涂种植果树及选用耐盐碱的果树资源具有广阔的发展前景。甜樱桃是我国近二十年来发展最快的果树之一,由于其具有上市早、单位面积产值高、市场需求量大的优势,各适栽地区均把甜樱桃列为果树生产的重要树种。甜樱桃的发展除受品种制约之外,砧木也是限制其发展的关键因素。“吉塞拉”砧木具有明显的矮化、丰产、早实性强、抗病、耐旱、耐盐碱等优点<sup>[2-5]</sup>,成为近年来各地发展甜樱桃的首选砧木。该试验以“吉塞拉”系列砧木—“吉塞拉 6 号”(3 倍体)、“吉塞拉 5 号”(3 倍体)、Y1(3 倍体“吉塞拉 6 号”自然授粉获得的 4 倍体实生后代)、B5(“吉塞拉 6 号”×甜樱桃的 3 倍体后代)为试材,利用不同浓度的 NaCl 处理,比较不同程度盐处理对“吉塞拉”系列砧木光合影响的差异,以期在生产上“吉塞拉”砧木选优提供依据。

第一作者简介:孟艳玲(1976-),女,吉林龙井人,博士,研究方向为果树育种及果树逆境生理。E-mail:myling1976@163.com。

责任作者:刘庆忠(1963-),男,山东莒南人,博士,研究员,研究方向为果树育种。E-mail:qzliu001@126.com。

基金项目:国家“863”计划资助项目(2006AA100108);公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903019)。

收稿日期:2011-04-28

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验在山东省果树所试验温室中进行,采用长势均一的“吉塞拉”系列砧木 G6、G5、Y1 和 B5 的 1 a 生盆栽实生苗为试材,实生苗地上部具 20~25 片真叶,盆径 23 cm,盆高 29 cm,底部带有托盘。盆土配比为腐殖土:园土=3:1,每盆 1 株。

### 1.2 试验方法

设浇 3‰、6‰ 和 9‰ NaCl 3 个浓度处理,每隔 5 d 浇 1 次盐水,直至出现死株,共浇 7 次(试验结束时各浓度对应盆土的全盐含量分别为 0.65%、1.28% 和 1.46%),以浇清水为对照。单株小区,3 次重复。

### 1.3 测定方法

光合和荧光参数测定采用由英国 PP Systems 公司生产的 CIRAS-1 光合测定系统进行测定。选取新梢顶部第 2~3 片成熟叶片,于上午 9:30 测定光合参数,阴天用钨灯补光对植株进行激活,测定参数为净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)。用由英国 Hansatech 公司生产的 FMS2 脉冲调制式荧光仪在相同叶片上测定荧光参数 Fo、Fv、ΦPSII 和 ETR,测定前将叶片充分暗适应 15 min。

光合色素测定:最后 1 次参数测定完毕后,选取相同节位的叶片混合研磨,每处理重复 3 次,用 96% 乙醇提取,UV-450 型紫外可见分光光度计下检测并计算叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量<sup>[6]</sup>。

盐害率及盐害指数测定参见杜中军等的盐害评估指标<sup>[7]</sup>。

### 1.4 数据分析

用 SPSS 数据统计软件,单因素变异系数法(One-way ANOVA)分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 盐胁迫下“吉塞拉”砧木盐害指数变化

由图 1 可知,盐胁迫下“吉塞拉”砧木皆受到不同程度的伤害,B5 盐害指数最小、受害最轻,其它 3 个品种受害程度较为接近,各试材的平均盐害指数依次为  $Y1 > G5 > G6 > B5$ 。

### 2.2 盐胁迫下“吉塞拉”砧木叶片光合色素变化

不同浓度 NaCl 处理影响了“吉塞拉”砧木叶片中的光合色素含量,且不同砧木品种对盐胁迫反应表现为多态性,处理末期各试材的光合色素含量见图 2。该试验中,叶绿素 a/叶绿素 b 值(Ca/Cb)反映了各试材盐害指数的差异,NaCl 处理对盐害指数最低的 B5 无

显著影响,而盐害指数较高的 G6、G5 和 Y1 的 Ca/Cb 值则显著下降,最低值分别为对照的 56.48%、57.10% 和 57.30%。

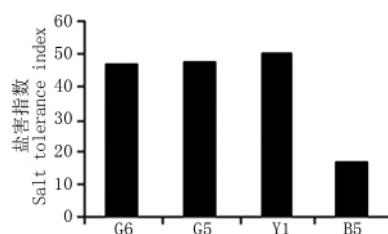


图 1 盐胁迫下“吉塞拉”砧木平均盐害指数  
Fig. 1 The average salt tolerance index of 'Gisela' rootstocks under salt stress

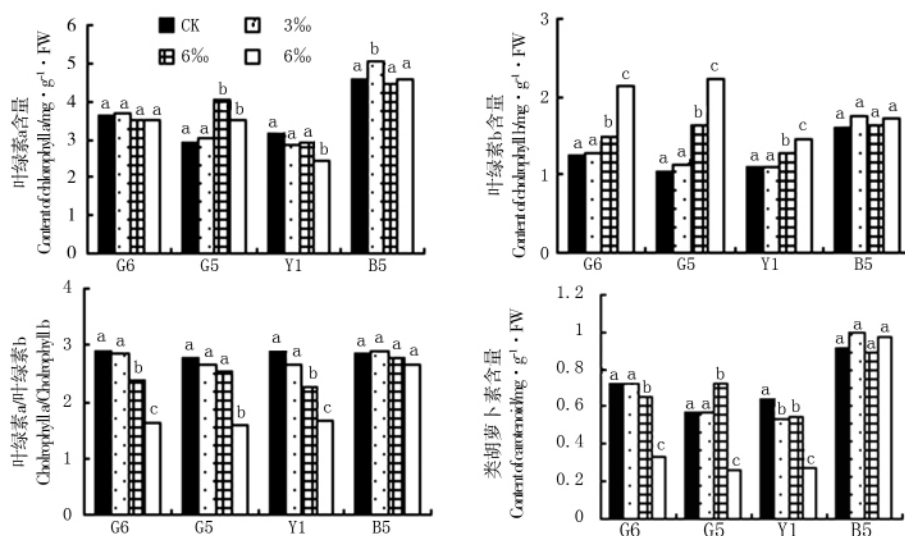


图 2 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木叶片叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a/叶绿素 b 和胡萝卜素含量变化  
Fig. 2 The content of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a/chlorophyll b, and carotenoid in the leaves of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

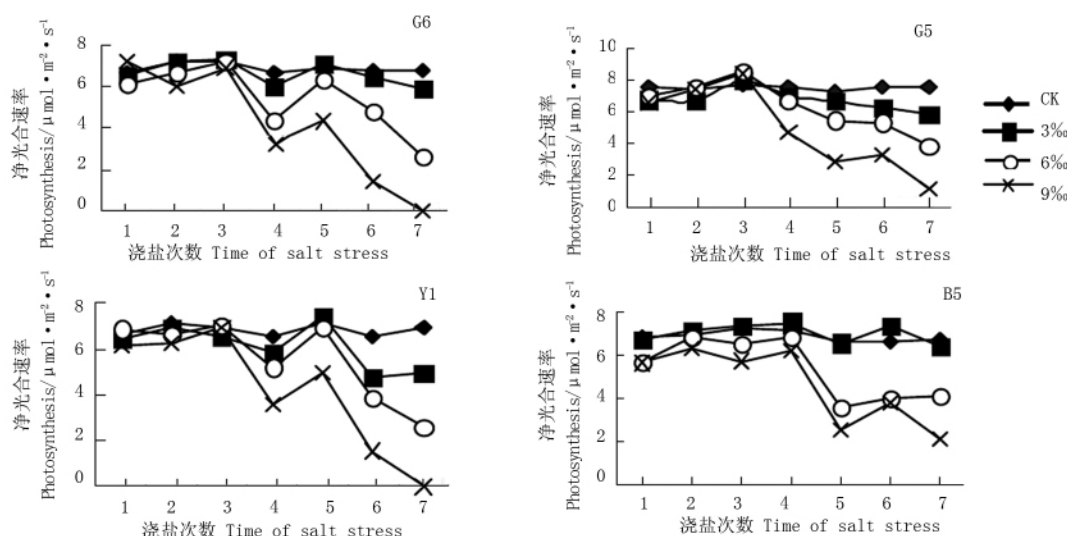


图 3 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木净光合速率变化

Fig. 3 The change of net photosynthesis rate of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

### 2.3 盐胁迫下“吉塞拉”砧木光合参数变化

图 3 结果表明,各试材的净光合速率随 NaCl 浓度

的增高和处理时间的延长而逐渐下降。3‰ NaCl 处理 6 次,G6、G5 和 Y1 的净光合速率显著低于对照,而 B5

在整个处理期间无显著变化;6‰ NaCl 处理 4 次,G6 和 Y1 净光合速度显著下降,G5 和 B5 则在处理 5 次后净光合速度显著下降;9‰ NaCl 处理 4 次,各试材的净光合速率显著下降,其中 G6 和 Y1 在处理末期几乎检测不出,而 G5 和 B5 分别降至初始值的 17.2% 和

38.1%。

由图 4 可知,3‰ 和 6‰ NaCl 处理下,各试材的气孔导度呈现出先升后降趋势;9‰ NaCl 处理下,各试材的气孔导度随处理时间的延长急剧下降,其中 G6 和 Y1 在处理末期检测不出。

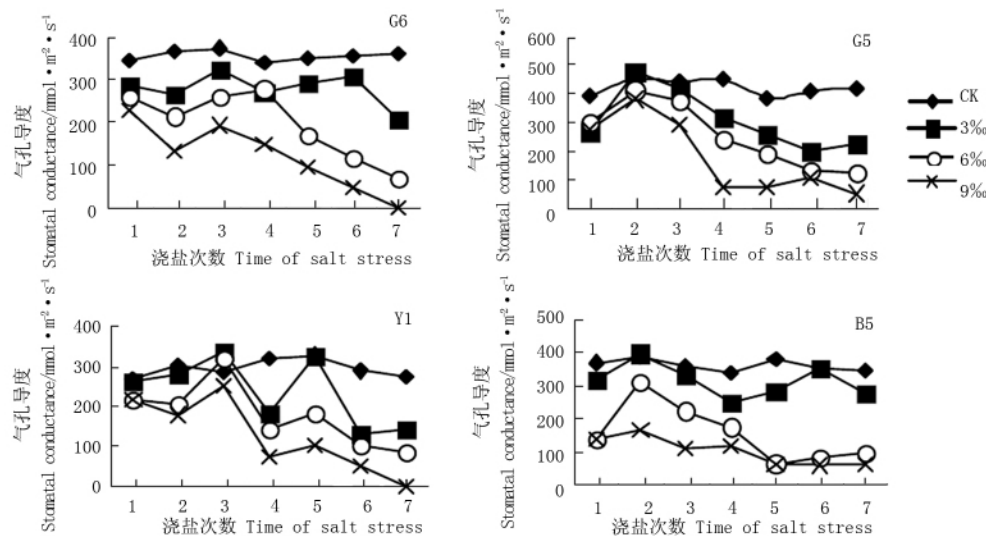


图 4 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木气孔导度变化

Fig. 4 The change of stomatal conductance of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

由图 5 可知,不同浓度 NaCl 处理前期(第 3 次浇 NaCl 前),各试材的蒸腾速率平稳下降,而后随着处理

浓度的升高和处理时间的延长急剧下降。9‰ NaCl 处理末期,G6 和 Y1 的蒸腾速率检测不出。

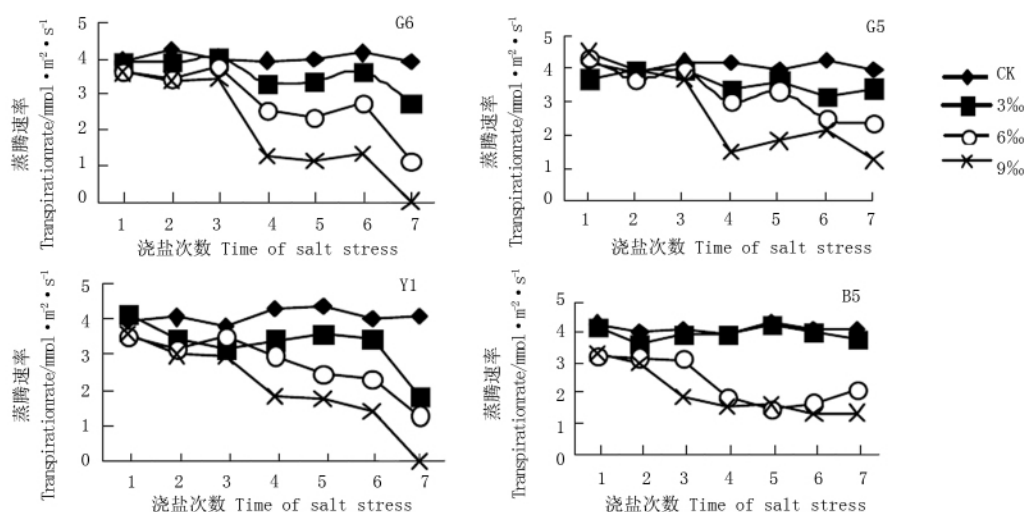


图 5 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木蒸腾速率变化

Fig. 5 The change of transpiration rate of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

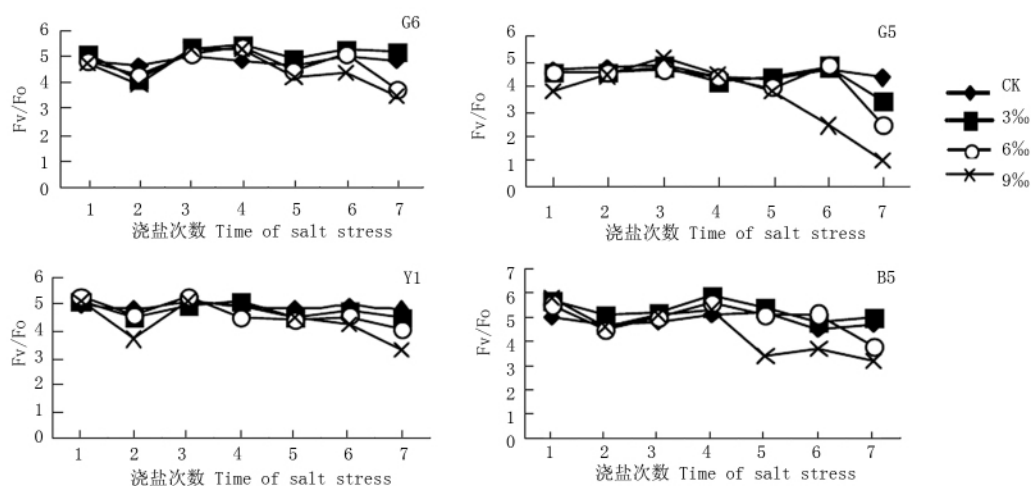
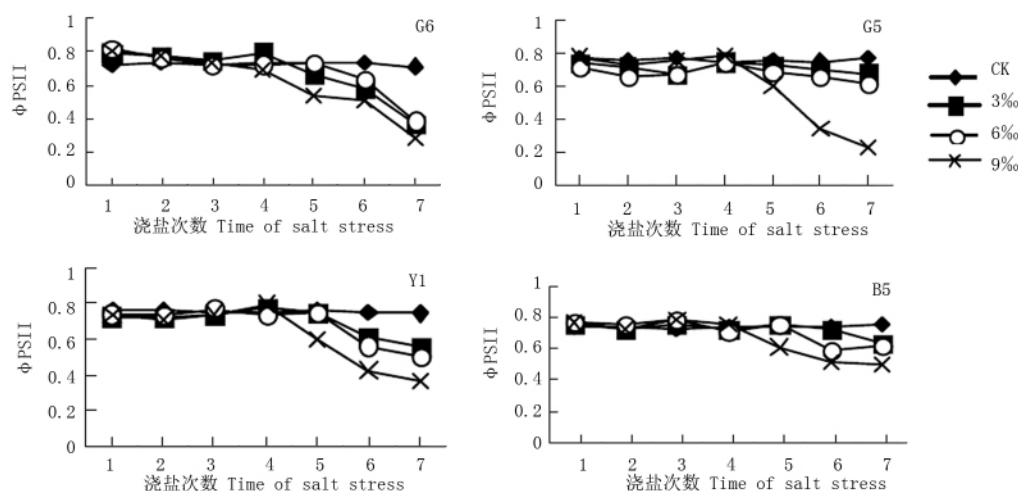
#### 2.4 盐胁迫下“吉塞拉”砧木叶绿素荧光参数的变化

$F_v/F_o$  表示光反应中心 PSII 的潜在活性。不同浓度的 NaCl 处理前中期(第 5 次浇 NaCl 前)各试材的  $F_v/F_o$  值无显著变化,而后随着处理时间的延长和处理浓度的增加显著下降(图 6)。

$\Phi PSII$  是 PSII 实际光化学量子产量,它反映 PSII 反应中心在有部分关闭情况下的实际原初光能捕获效率。从图 7 可看出,不同浓度 NaCl 处理的前中期(第 5

次浇 NaCl 前),各试材  $\Phi PSII$  值接近对照,此后随着处理时间的延长和浓度的增加显著下降,其中 B5 降幅最小,最低值降至对照的 65.73%,而 G6、Y1 和 G5 分别降至对照的 35.33%、49.62% 和 28.43%。

表观光合电子传递速率(ETR)是反映实际光强条件下的表观电子传递效率。从图 8 可看出,不同浓度的 NaCl 处理前中期(第 4 次浇盐前),Y1、G6 和 G5 的 ETR 高于或接近对照,此后随处理时间的延长和浓度

图 6 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木  $F_v/F_o$  变化Fig. 6 Response of  $F_v/F_o$  in leaves of 'Gisela' rootstocks under different salt stress图 7 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木  $\Phi PSII$  变化Fig. 7 Response of  $\Phi PSII$  in leaves of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

的增高显著下降。在整个处理期间内, B5 的 ETR 显著高于或接近对照。

### 3 结论与讨论

盐胁迫使许多果树的叶片光合速率( $P_n$ )下降, 如柑橘、柠檬、葡萄和苹果等, 并且  $P_n$  变化还受所处理盐的浓度和处理时期长短的影响<sup>[8-12]</sup>。在该试验中, 不同浓度的 NaCl 处理均导致“吉塞拉”砧木的  $P_n$ 、 $G_s$  和  $T_r$  下降, 并且在浓度和时间上呈现出累积效应, 即随着处理时间的延长和处理浓度的增加显著下降, 这与前人的研究结果基本相似。盐胁迫效应在不同“吉塞拉”砧木品种间存在差异, 其中 B5 降幅较其它 3 个品种(G6、G5 和 Y1)相对平缓。

光合作用的限制可分为气孔因素和非气孔因素, 前者由于气孔导度下降导致  $CO_2$  进入叶片受阻, 后者因为光合细胞机构和功能受到了损害而导致光合速率下降。该试验中, NaCl 处理前中期(第 4 次浇盐前), 4 种“吉塞拉”砧木的光合速率下降趋势与气孔导度和蒸腾速率变化趋势同步, 而光反应中心的潜在活性( $F_v/F_o$ )、实际光能的捕获( $\Phi PSII$ )和电子传递(ETR)却相

对滞后变化不“敏感”(较对照无显著差异), 说明此期间光合作用的下降主要是气孔因素; 后期随着处理时间的延长和处理浓度的增加, 光合参数和叶绿素荧光参数呈现同步下降趋势, 表明此时  $PSII$  活性受抑制, 非气孔因素和气孔因素协同作用。

盐胁迫影响了植株的光合速率, 同时也影响了植株的叶绿素荧光参数。近年来研究有关盐胁迫对植物  $PSII$  光化学活性影响的结果不尽相同, 有研究表明, 盐胁迫可以抑制  $PSII$  的功能<sup>[13-16]</sup>, 也有研究认为, 盐胁迫对  $PSII$  的活性没有影响<sup>[17]</sup>。在该试验中, 盐胁迫对“吉塞拉”砧木  $PSII$  活性的影响取决于胁迫程度和胁迫时间, 适度盐胁迫前中期(3‰ NaCl 和 6‰ NaCl 处理前中期), 各试材的  $F_v/F_o$ 、 $\Phi PSII$  和 ETR 值变化较对照并不显著, 重盐胁迫后期(6‰ NaCl 和 9‰ NaCl 处理后期)则显著下降。此外, 盐胁迫对各试材荧光参数的影响除不同浓度 NaCl 处理间存在差异外, 也因品种而异, 总体看来, 盐胁迫对盐害指数较低的品种(B5)荧光参数的影响小于盐害指数较高的品种(G6、G5 和 Y1), 因此可将荧光参数  $F_v/F_o$ 、 $\Phi PSII$  和 ETR 作为“吉塞拉”

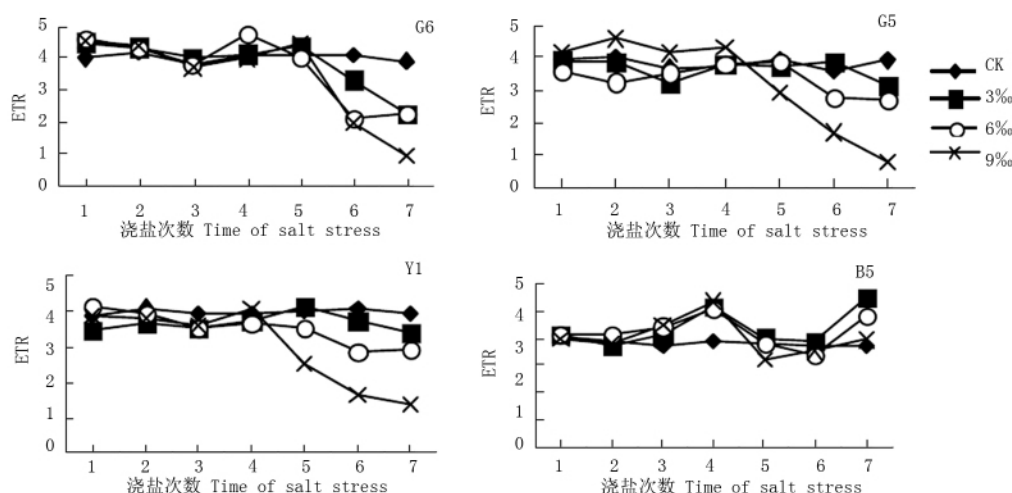


图8 不同程度盐胁迫下“吉塞拉”砧木 ETR 变化

Fig. 8 Response of ETR in leaves of 'Gisela' rootstocks under different salt stress

砧木抗盐检测的参考指标。

综上所述,盐胁迫影响了供试“吉塞拉”砧木的光合作用,表现为净光合速率和 PSII 活性下降。盐胁迫对“吉塞拉”砧木光合的影响既有品种间差异,又有处理间差异。综合来看,B5 对盐胁迫忍耐力优于 G6、G5 和 Y1,可作为盐碱地开发甜樱桃种植的考虑砧木品种。

#### 参考文献

- [1] 祁新华,董观志,陈烈. 基于生态理论旅游可持续发展战略[J]. 生态经济,2005(8):92-98.
- [2] 刘庆忠,张力思,李勃,等. 甜樱桃矮化砧木新品种‘吉塞拉 5 号’[J]. 园艺学报,2005,32(4):760.
- [3] 刘庆忠,张力思,李勃,等. 甜樱桃矮化砧木新品种‘吉塞拉 6 号’[J]. 园艺学报,2006,33(1):213.
- [4] 牛爱国,张开春,阎国华,等. 樱桃砧木酸碱盐适应性评价[J]. 果树学报,2004,21(5):482-484.
- [5] 孟艳玲,陈新,魏海蓉,等. 干旱胁迫对甜樱桃吉塞拉砧木光合的影响[J]. 北方园艺,2010(16):19-21.
- [6] 张志良,翟伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2004.
- [7] 杜中军,翟衡,罗新书,等. 苹果砧木耐盐性鉴定及指标判定[J]. 果树学报,2002,19(1):4-7.
- [8] Karsten G S, Ebert G, Ludders P. Long-term and short-term effects

of salinity on root respiration, photosynthesis and transpiration of citrus rootstocks[J]. Angewandte Botanik, 1993, 67: 1-8.

[9] García M F, Ortiz J M, García A L, et al. Effect of salinity on growth ion content and CO<sub>2</sub> assimilation rate in Lemon varieties on different rootstock[J]. Physiol Plant, 1993, 89(3): 427-432.

[10] 廖祥儒,贺普超,朱新广. 盐渍对葡萄光合色素含量的影响[J]. 园艺学报,1996,23(3):300-303.

[11] 杜中军,翟衡,潘志勇,等. 盐胁迫下苹果砧木光合能力及光合色素的变化[J]. 果树学报,2001,18(4):200-203.

[12] 高光林,姜卫兵,汪良驹,等. 砧木对盐胁迫下丰水梨幼树光合特性的影响[J]. 园艺学报,2003,30(3):258-262.

[13] 韩张雄,李利,徐新文,等. NaCl 胁迫对 3 种荒漠植物幼苗叶绿素荧光参数的影响[J]. 西北植物学报,2008,28(9):1843-1849.

[14] 冯蕾,白志英,路丙社,等. 氯化钠胁迫对枳椇和皂荚生长、叶绿素荧光及活性氧代谢的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(11):2503-2508.

[15] 柯裕州,周金星,卢楠,等. 盐胁迫对桑树幼苗光合生理及叶绿素荧光特性的影响[J]. 林业科学研究,2009,22(2):200-206.

[16] 秦红艳,沈育杰,艾军,等. 盐胁迫对不同葡萄品种叶片中叶绿素荧光参数的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2010(5):35-38.

[17] Lu C M, Qiu N W, Lu Q T, et al. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte Suaeda salsa grown outdoors[J]. Plant Sci., 2002, 16: 1063-1068.

## Characteristics of Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Gisela Rootstocks Under Salt Stress

MENG Yan-ling<sup>1,2</sup>, LIU Qing-zhong<sup>1</sup>, WEI Hai-rong<sup>1</sup>, WANG Jia-wei<sup>1</sup>

(1. Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271018; 2. Weihai Academy of Agricultural Science, Weihai, Shandong 264200)

**Abstract:** The effect of NaCl stress on photosynthesis of one-year 'Gisela' rootstocks seedlings, G6, G5, Y1, and B5, which planted in pots were investigated. The results showed that the content of photosynthetic pigments, photosynthetic parameter, and chlorophyll fluorescence parameter were influenced by salt stress. The parameters of net photosynthesis rate (Pn), stomatal conductance (Gs), transpiration rate (Tr), the value of Fv/Fm, ΦPSII and ETR declined obviously paralleled with NaCl concentration increase and treatment time prolongation in 'Gisela' rootstocks, while B5 reduced more mildly than other species. The differences of NaCl stress on 'Gisela' rootstocks were significantly different among species and controls. PSII of 'Gisela' rootstocks were not destroyed obviously at the beginning and middle of 3‰ and 6‰ NaCl treatment, while were inhibited and destroyed under severe salt stress. Contrasted with other species, B5 seemed to be more tolerant to salinity stress.

**Key words:** salt stress; 'Gisela' rootstock; photosynthesis; chlorophyll fluorescence