

# 两种柑橘体细胞杂种砧木利用价值和砧穗互作生化机制的探讨

周开兵<sup>1\*</sup> 郭文武<sup>2</sup> 夏仁学<sup>1\*\*</sup> 胡利明<sup>1</sup> 黄仁华<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 华中农业大学柑橘研究所, 武汉 430070; <sup>2</sup> 华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室, 武汉 430070)

**摘 要:** 以体细胞杂种红橘+枳、红橘+粗柠檬和 Troyer 枳橙、Swingle 枳柚、枳(对照)作砧木的‘国庆4号’温州蜜柑2年生嫁接苗为试材, 通过盆栽试验研究了砧木对苗木生长和抗氧化酶类活性的影响。结果表明: 4种处理生长势均比对照旺盛; 以红橘+枳作砧木处理花量极显著地高于对照, 其余3种砧木则低于对照; 还讨论了两种体细胞杂种砧木的利用价值。砧木不影响接穗叶片可溶性蛋白含量和过氧化氢酶(CAT)活性的年变化特征, 明显影响叶片超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性年动态变化特征, 在各时期不同砧木对接穗叶片生化指标有明显影响(4月SOD活性除外); 在各对应时期, 接穗叶片POD活性高低与新梢生长量和树冠体积大小负相关; 在12月, 不同砧木根系生化指标差异明显, 且根系与接穗叶片在SOD和POD活性上正相关。

**关键词:** 柑橘; 砧木; 生长; 超氧化物歧化酶(SOD); 过氧化物酶(POD)

**中图分类号:** S 666 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2004) 04-0427-06

## Studies on the Utilization Potential of Two Somatic Hybrid Rootstocks and the Biochemical Mechanism of Rootstock-scion Interaction

Zhou Kaibing<sup>1\*</sup>, Guo Wenwu<sup>2</sup>, Xia Renxue<sup>1\*\*</sup>, Hu Liming<sup>1</sup>, and Huang Renhua<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Citrus Research Institute, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; <sup>2</sup> National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** It was conducted with ‘Guoqing 4’ Satsuma mandarin two-year-old young tree whose rootstocks were Trifoliate (CK), Troyer Citrange, Swingle Citrumelo, and Red tangerine + Trifoliate, Red tangerine + Rough lemon somatic hybrids. Studies on the effects of rootstocks on the growth and the activities of antioxidant enzymes through potted experiment. The results are the following. The four kinds of treatments grew more vigorously than CK. The number of blossoms of Red tangerine + Trifoliate was higher than CK, and the other three were to the contrary. Rootstocks did not influence the annual changes in the content of soluble protein and the activity of CAT. They obviously influence the annual changes in the activities of SOD and POD. In different periods, rootstocks notably influenced the biochemical indexes (except for SOD in leaf in April). During the corresponding periods, the POD activities were negatively correlated with the shoot growth and the canopy volume. In December, there existed significant difference in the biochemical indexes among various rootstocks. The POD and the SOD activities in roots were respectively positively correlated with that in leaves. The utilization potential of these two somatic hybrids were discussed.

**Key words:** Citrus; Rootstock; Growth; SOD; POD

中国柑橘业面对进入 WTO 带来的机遇和挑战, 必须提高单产、改善果实品质和降低生产成本, 开发和应用优良砧木是有效措施之一。因此, 开展柑橘砧木的研究具有重要意义。

中国长期以来柑橘以枳为主导砧木, 枳的后期不亲和、抗旱性差、不耐瘠薄、易感裂皮病和根腐

收稿日期: 2003-11-26; 修回日期: 2004-05-21

基金项目: 科技部移民科技专项资助 (S200216)

\* 现在海南大学生命科学与农学院工作。 \*\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xiarenxue@mail.hzau.edu.cn)

病等弱点成为生产中突出问题, 制约着柑橘增产和品质改善。因此培育、选择和应用优良的新型砧木势在必行, 体细胞融合和有性杂交是有效途径。美国已应用枳橙、枳柚等杂种<sup>[1,2]</sup>, 并且开始试验和推广体细胞杂种砧木<sup>[3]</sup>。中国柑橘砧木改良的关键就是进行柑橘砧木的选育和利用研究。同时, 为发挥砧木的潜质, 必须开展砧穗互作机制的探索, 为各砧木的研究与应用提供理论指导。

作者将两种体细胞杂种新型资源、两种有性杂种和枳嫁接‘国庆4号’温州蜜柑 (*Citrus unshiu* Marc. cv. Guoqing 4) 后, 进行盆栽比较试验, 初步评价体细胞杂种的应用价值, 并通过盆栽试验从3种抗氧化酶活性方面较为深入地探讨柑橘砧穗互作机制, 为生产应用奠定基础。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

5种砧木分别为体细胞杂种红橘+枳<sup>[4]</sup> [*Citrus reticulata* Blanco cv. Red tangerine + *Poncirus trifoliata* (L) Raf]、红橘+粗柠檬 (*C. reticulata* Blanco cv. Red tangerine + *C. jambhiri* Lush cv. Rough lemon) 和 Troyer 枳橙 [*C. sinensis* Osbeck × *P. trifoliata* (L) Raf]、Swingle 枳柚 [*C. grandis* Osbeck × *P. trifoliata* (L) Raf]、枳 [*P. trifoliata* (L) Raf]。嫁接时, 前两种体细胞杂种为自根苗、后3种为实生苗。两种体细胞杂种由华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室提供, 于1999年春季将试管自根苗移栽于温室营养钵中。两种有性杂种种于于2000年春引自美国佛罗里达州, 枳种子采集于华中农业大学果树系选种园, 这3种砧木同时播种于营养钵。培育砧木的营养钵和营养土都一致。于2000年11月在温室中对各砧木嫁接‘国庆4号’温州蜜柑。在2001年3月中旬选生长一致、无任何不良表现的苗木上盆定植, 每盆定植1株。试验用盆容积7L, 陶制。盆土中, 腐熟粪肥土、菜园土、砂土各占1/3, 有机质含量为4.56%, pH 6.17。生长期在网室培养, 6~8月覆盖遮阳网; 经抗寒锻炼后于每年1月上旬移入温室越冬; 全年避雨, 其它管理采用常规盆栽措施。

### 1.2 试验方法

以枳砧为对照, 以两种体细胞杂种和两种有性杂种砧为处理, 单株小区, 4次重复。调查树高、冠径、穗粗、砧粗、新梢生长量和花量, 测定叶片和根系可溶性蛋白含量、超氧化物歧化酶 (SOD) 活性、过氧化物酶 (POD) 活性和过氧化氢酶 (CAT) 活性, 分析叶片生化指标的年变化、叶片 POD 活性与树体生长的相关性、叶片和根系生化指标的相关性以及不同砧木的树体间差异显著性。

在2002年4、6、8、10、12月的每月15日和2003年2月15日分别取叶样, 7月前取上一年春梢中部叶片, 7月及其后取当年生春梢中部叶片。根样于2002年12月15日挖取, 选粗度2mm以下细根。所有样品经自来水冲洗、蒸馏水清洗、液氮速冻后, 在-40℃超低温冰箱中保存备用。

在各适宜物候期测定生长指标, 穗粗和砧粗分别为嫁接口上5cm和下5cm处粗度。2003年4月盛花期调查花量。可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 法、POD 活性采用愈创木酚法、SOD 活性采用氮蓝四唑法、CAT 活性采用高锰酸钾滴定法<sup>[5]</sup>测定。

采用 SAS 软件 ANOVA 过程作各砧木不同时期和各时期不同砧木间差异显著性测验, 采用 DUNCAN 法作各时期不同砧木间差异显著性比较分析, 采用 LSD 法作各砧木不同时期差异显著性比较分析。采用 SAS 软件 REG 过程作一元线性回归分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砧木对树体生长和花量的影响

试验结果表明不同砧木对树体各项生长指标和花量都有显著的影响 (表1)。总体上红橘+枳、红橘+粗柠檬、Troyer 枳橙和 Swingle 枳柚砧上的生长势都明显强于对照; 除树高、冠幅、树冠体积和秋梢生长量外, 红橘+枳砧的各项生长指标则与对照差异不显著。因此, 对照生长最弱, 红橘+枳砧次之, 红橘+粗柠檬、Swingle 枳柚和 Troyer 枳橙砧生长较强。

表 1 砧木对树体生长和花量的影响

Table 1 Effects of rootstocks on the growth and blossom of citrus tree

代号 Code	砧木 Rootstock	树高 Tree height (cm)	冠幅 Crown diameter (cm)	树冠体积 Canopy volume (m <sup>3</sup> )	穗粗 Scion diameter (cm)	砧粗 Rootstock diameter (cm)	新梢生长量 Shoot growth (cm)			花量 (朵) Blos- sum
							春梢 Spring	夏梢 Summer	秋梢 Autumn	
A	枳 Trifoliate(对照 Control)	50.63c	49.04c	0.032b	0.87b	1.21b	8.39bc	12.28b	4.65B	73.50B
B	Troyer 枳橙 Troyer Citrange	64.10a	55.03b	0.051a	1.07a	1.36ab	10.66a	14.95a	8.15A	35.00D
C	Swingle 枳柚 Swingle Citrumelo	63.33a	57.23a	0.054a	0.86b	1.31ab	8.72abc	14.48a	10.43A	62.00C
D	红橘 + 枳 Red tangerine + Trifoliate	59.68ab	54.44b	0.046a	0.85b	1.36ab	7.07c	12.32b	7.80A	88.25A
E	红橘 + 粗柠檬 Red tangerine + Rough lemon	57.40b	58.80a	0.052a	1.09a	1.72a	9.32ab	13.56ab	9.74A	63.75C

注: 表中树冠体积按圆锥形树冠计算。数字后跟不同字母表示差异显著, 小写字母表示  $P < 0.05$ , 大写字母表示  $P < 0.01$ 。以下同。

Note: The canopy volume are calculated by cone-shaped canopy. Values followed by different letters show significant difference. The small letters are at  $P < 0.05$  level, and the capital letters are at  $P < 0.01$  level. The same below.

由表 1 也可以看出, 红橘 + 枳砧的花量极显著地高于对照和其它砧木, 而对照的花量排第二, 极显著地高于其余 3 种砧木, 以 Troyer 枳橙砧的花量最小。红橘 + 枳砧和对照的花量比其它砧木大。

## 2.2 接穗叶片生化指标

2.2.1 可溶性蛋白含量 不同砧木的‘国庆 4 号’叶片可溶性蛋白含量的年变化动态曲线相似 (图 1), 表明不同砧木基本不改变叶片可溶性蛋白含量年动态变化特征。在各不同时期里, 砧木对叶片可溶性蛋白含量的高低有显著或极显著的影响, 并且不同时期里, 不同砧木间叶片可溶性蛋白含量的相对高低次序不同。

2.2.2 超氧化物歧化酶 (SOD) 活性 不同砧木对接穗叶片 SOD 活性年动态变化特征有明显的影 响 (图 2)。4 种处理的叶片 SOD 活性年动态变化特征都与对照不同, 其中红橘 + 粗柠檬砧的变化特征较为特殊, 而其余 3 种处理间变化特征相似。除 4 月外, 其余各时期里, 砧木对叶片 SOD 活性有显著或极显著影响, 并且不同时期里, 不同砧木间叶片 SOD 活性的相对高低次序不同; 但在生长期里, 对照叶片 SOD 活性表现为较高趋势, 明显高于各处理或与活性较高的处理无显著性差异。在 12 月, 两种体细胞杂种处理叶片 SOD 活性极显著地高于对照或与对照无显著差异。

2.2.3 过氧化物酶 (POD) 活性 不同砧木对接穗叶片 POD 活性年动态变化特征有明显的影 响 (图 3)。红橘 + 粗柠檬和 Swingle 枳柚砧的叶片 POD 活性年动态变化特征与对照基本相似; 而红

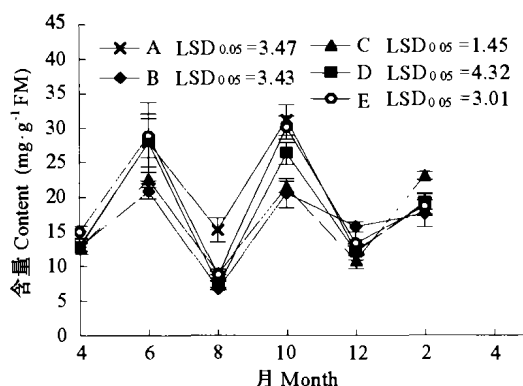


图 1 砧木对叶片可溶性蛋白含量年变化的影响

A: 枳; B: Troyer 枳橙; C: Swingle 枳柚;

D: 红橘 + 枳; E: 红橘 + 粗柠檬。

LSD 值为相同砧木不同时期间的最小显著差异。下同。

Fig. 1 Influence of rootstocks on the annual changes in the content of soluble protein in leaves

A: Trifoliate; B: Troyer Citrange; C: Swingle Citrumelo;

D: Red tangerine + Trifoliate; E: Red tangerine + Rough lemon.

The values of LSD refer to the least difference of a rootstock among different periods. The same below.

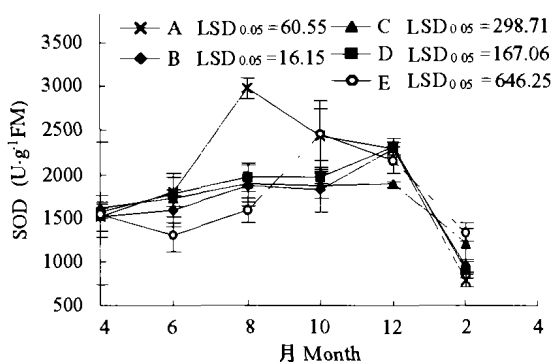


图 2 砧木对叶片 SOD 活性年变化的影响

Fig. 2 Influence of rootstocks on the annual changes in the SOD activities in leaves

橘 + 枳和 Troyer 枳橙砧的变化特征与对照不同, 并且此二者之间也有明显差异。但不同砧木间在休眠期(12月到次年2月)的动态变化特征相似。在各不同时期里, 砧木对叶片 POD 活性高低有显著或极显著的影响, 且不同砧木间的相对高低次序不同。在12月, 两种体细胞杂种处理叶片 POD 活性极显著地高于对照或与对照无显著差异。

在4月、6月和8月, 不同砧木处理的叶片 POD 活性的高低分别与不同砧木处理的春梢、夏梢和秋梢生长量大小极显著负相关(图4, \*\*表示  $P < 0.01$ , 下同); 8月, 不同砧木处理的叶片 POD 活性高低与其树冠体积极显著负相关(图5)。表明在生长期, 叶片 POD 活性与树体生长势极显著负相关, 说明砧木通过影响接穗叶片 POD 活性而影响树体生长, 进而影响幼树成花(花量大小)。

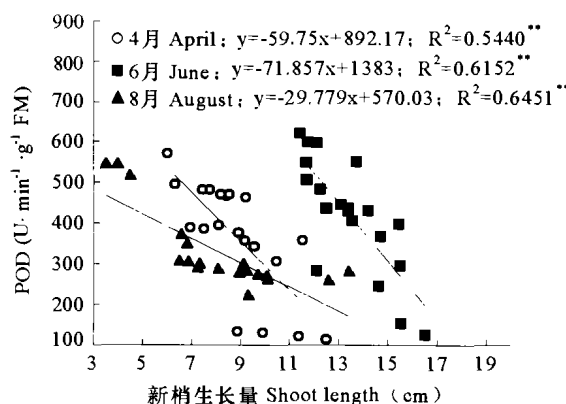


图4 春夏秋梢生长量与叶片 POD 活性线性回归关系

Fig. 4 The linear regression between POD activities in leaves in April, June and August and shoot length in Spring, Summer and Autumn

2.2.4 过氧化氢酶 (CAT) 活性 不同砧木处理的叶片 CAT 活性的年动态变化相似(图6), 表明不同砧木基本上不改变接穗叶片 CAT 活性年动态变化特征。在各时期里, 砧木对接穗叶片 CAT 活性的高低有显著或极显著的影响, 并且不同的时期里, 不同砧木处理间叶片 CAT 活性的相对高低次序不同。在12月, 红橘 + 枳砧的叶片 CAT 活性极显著地高于对照, 而红橘 + 粗柠檬砧则反之。

### 2.3 根系12月生化指标

不同砧木根系的生化指标表现出明显的差异(表2)。红橘 + 粗柠檬的可溶性蛋白含量显著高于对照, 其余3种处理与对照差异不显著, 并且红橘 + 粗柠檬与 Troyer 枳橙之间差异也不显著。在 SOD 活性上, Swingle 枳柚显著地低于红橘 + 枳, 而所有处理与对照差异均不显著。就 POD 活性而言, 红橘 + 枳和 Troyer 枳橙极显著地高于对照, 而另两

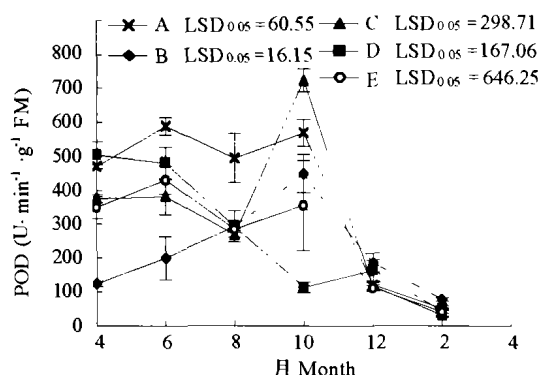


图3 砧木对叶片 POD 活性年变化的影响

Fig. 3 Influence of rootstocks on the annual changes in the POD activities in leaves

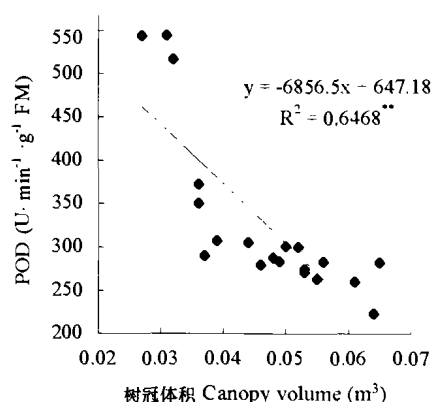


图5 8月叶片 POD 活性与树冠体积的回归关系

Fig. 5 The regression between POD activity in leaves in August and canopy volume

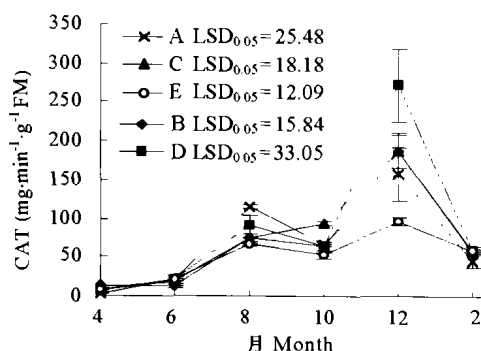


图6 砧木对叶片 CAT 活性年变化的影响

Fig. 6 Influence of rootstocks on the annual changes in the CAT activities in leaves

种处理与对照差异不显著。从 CAT 活性看,红橘+枳和 Swingle 枳柚极显著地高于对照,另两种处理与对照差异不显著。

将 12 月接穗叶片生化指标与对应砧木根系生化指标作回归分析,表明在可溶性蛋白含量和 CAT 活性上无线性相关性,而砧木根系与接穗叶片在 SOD 和 POD 活性上分别极显著地正相关(图 7、8)。由于 SOD 和 POD 与抗逆性有关,这反映出砧木的抗性强弱与接穗抗性强弱具有正相关关系,表明抗性较强的砧木可相应提高接穗抗性。

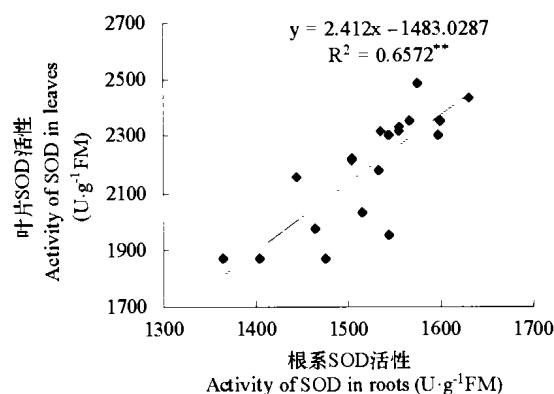


图 7 根系与叶片在 SOD 活性上的回归关系

Fig. 7 The regression of SOD activity between roots and leaves in December

表 2 不同砧木根系 12 月生化指标  
Table 2 Biochemical indexes in root of different rootstock in December

砧木代号 Rootstock symbol	可溶性蛋白 Total of soluble protein (mg · g <sup>-1</sup> FM)	SOD (U · g <sup>-1</sup> FM)	POD (U · min <sup>-1</sup> · g <sup>-1</sup> FM)	CAT (mg · min <sup>-1</sup> · g <sup>-1</sup> FM)
A	45.27b	1530.31ab	337.50B	40.02BC
B	46.49ab	1532.83ab	560.10A	34.71C
C	42.21b	1447.22b	249.99B	49.37A
D	51.61a	1590.46a	473.61A	44.11AB
E	45.27b	1517.68ab	309.72B	34.78C

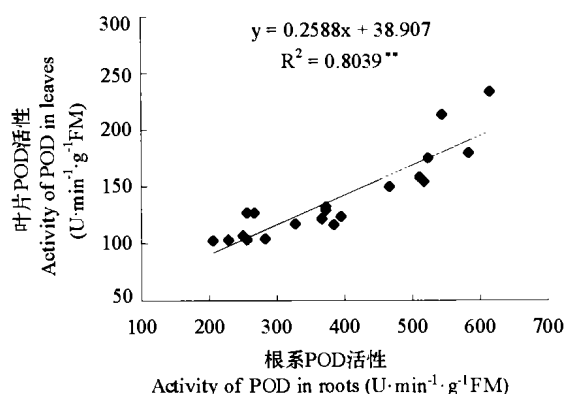


图 8 根系与叶片在 POD 活性上的回归关系

Fig. 8 The regression of POD activity between roots and leaves in December

### 3 讨论

#### 3.1 体细胞杂种新资源用作砧木的初步评价

3.1.1 生长 由于已经证实 Troyer 枳橙和 Swingle 枳柚在田间是优良的砧木资源<sup>[1,2]</sup>。Troyer 枳橙在作温州蜜柑、甜橙和葡萄柚砧木时,树体生长比枳砧旺,单株产量比枳砧高、果实品质比枳砧表现好,更抗裂皮病和脚腐病等,在温州蜜柑、甜橙和葡萄柚栽培上,是取代枳的理想资源;Swingle 枳柚用作温州蜜柑砧木的报道较少,但其为脐橙和葡萄柚的优良砧木<sup>[1,2]</sup>。本盆栽试验也证实它们使‘国庆 4 号’树体在生长上表现强于枳砧。说明在幼树期评价砧木的好坏,生长表现应是重要标准之一,毕竟幼树期生长旺,有利于树冠早成形和建立丰产的树体骨架。因此,这两种杂种砧木在温州蜜柑上的栽培表现可能比枳砧更好。

3.1.2 成花 本试验结果说明红橘+枳砧在所有供试砧木中使树体最易成花;两种体细胞杂种砧使树体早期花量都比 Troyer 枳橙砧大,而 Troyer 枳橙是温州蜜柑的优良砧木<sup>[1,2]</sup>,因此这初步说明两种体细胞杂种砧木可能是温州蜜柑的优良砧木。

3.1.3 与抗性有关的酶活性 SOD、POD 和 CAT 是植物交叉适应的关键酶<sup>[6]</sup>,这些酶的活性高低与树体抗性强弱有关<sup>[7,8]</sup>。12 月根系和接穗叶片的 3 种酶活性高低则与树体抗寒性强弱有关。本试验结果表明,在 12 月,两种体细胞杂种砧木根系和接穗叶片在这 3 种酶活性上,除红橘+粗柠檬砧树体叶片的 CAT 活性较低外,其余都极显著地高于枳砧或与枳砧无显著差异,表明两种体细胞杂种砧木使树体在抗寒性上可能比枳砧强,也说明两种体细胞杂种可能是较好的新型砧木资源。

由于两种体细胞杂种的“亲本”都具有一定优点且可以直接用作砧木,它们有良好表现的原因可能是同时继承了“双亲”的某些优良性状而表现出杂种优势,这需要进一步对其进行遗传学研究。

上述试验结果仅是盆栽表现,尚不能对砧木的优劣作出准确评价;最终评价砧木的优劣需在田间作多点多年的试验研究,因此,两种体细胞杂种用作柑橘砧木的应用价值还须作进一步的田间试验鉴定。

### 3.2 砧木对接穗有关酶活性的影响

前人研究过叶片 POD 活性与砧木矮化特性和树体生长的关系<sup>[9~15]</sup>,但绝大多数在田间条件下,且局限于在叶片和秋季取样,并未深入到 POD 活性的季节性变化,他们的研究结果大致有对立的两种,一则 POD 活性高低与树体生长强弱正相关<sup>[9,10]</sup>,另一种则反之<sup>[11~15]</sup>,因而尚无定论。由于植物体 POD 分为两类,即结构型和诱导型,且以诱导型为主,而结构型主要调节植物体生长与发育<sup>[6]</sup>;由于田间试验易遭遇逆境,因而可能会有大量的诱导型 POD 形成,误差来源广,可能这是前人试验出现两种对立结果的原因。本试验为盆栽试验,精细管理,未遭遇逆境,可能无诱导型 POD 形成,并且跟踪新梢抽生的高峰,及时采样分析叶片 POD 活性高低与新梢生长量大小的相关性,提供了叶片 POD 活性高低与树体生长势强弱负相关的直接证据;8 月(秋季)叶片 POD 活性高低与树冠体积大小负相关,这与前人的后一种结果一致。说明不同砧木通过影响叶片 POD 活性而影响树体生长。推测 POD 活性高低与树体生长势强弱负相关的生理原因可能是 POD 降解生长素,使生长素浓度降低而抑制生长<sup>[16]</sup>,同时 POD 促进细胞壁木质素形成和积累,从而限制细胞壁膨胀而抑制细胞生长<sup>[17]</sup>。

在休眠期,根系和叶片在 SOD 和 POD 酶活性上正相关,其反映了砧木影响接穗抗性的方式,说明改善品种的某些抗性可以通过改善砧木的抗性来达到目的,也说明相互间可以通过测定 POD 和 SOD 活性来预测树体或砧木的抗性相对强弱。根系和叶片在可溶性蛋白含量和 CAT 活性上无线性相关性,结合砧木对此两种指标的年变化特征无明显影响,说明在 4 种指标中,接穗的这两种指标相对不易受砧木影响,这也说明砧木对接穗抗性、生长和发育的影响可能主要是通过影响接穗 SOD 和 POD 活性而实现的。

### 参考文献:

- 1 Rom R C, Carlson R F. Rootstocks for fruit crops. Newyork: A Wiley-interscience Publication, 1987. 374 ~ 378
- 2 Castle W S, Tucker D P H, Krezdorn A H, et al. Rootstocks for Florida citrus. Institute of Food and Agricultural Science/ University of Florida, 1989, (2): 17 ~ 19
- 3 郭文武, 邓秀新. 原生质体融合与果树遗传改良. 果树科学, 1996, 13 (1): 49 ~ 55
- 4 Guo W W, Cheng Y J, Deng X X. Regeneration and molecular characterization of intergeneric somatic hybrids between *Citrus reticulata* and *Poncirus trifoliata*. Plant Cell Reports, 2002, 20: 829 ~ 834
- 5 李合生. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 中国高等教育出版社, 2000. 119 ~ 120, 164 ~ 169, 184 ~ 185
- 6 田国忠, 李怀方, 裘维蕃. 植物过氧化物酶研究进展. 武汉植物学研究, 2001, 19 (4): 332 ~ 344
- 7 Bolwell G P, Wojtaszek D. Mechanisms for the generation of reactive oxygen species in plant defence-abroad perspective. Physiol. Mol. Plant Pathol., 1997, 51: 347 ~ 366
- 8 Lewis N, Yamamoto E. Lignin: occurrence, biogenesis and biodegradation. Ann. Rev Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 1990, 41: 455 ~ 196
- 9 吕斌, 陈学年, 李质怡, 等. 不同砧木先锋橙叶片 POD 活性与树体生长势的关系. 西南农业学报, 1999, 12 (2): 63 ~ 67
- 10 李文斌, 张映南, 刘庚峰, 等. 柑橘矮化砧及半矮化砧过氧化物酶同工酶及活性的比较. 园艺学报, 1989, 16 (4): 261 ~ 265
- 11 胡国谦, 张谷雄, 周中建, 等. 利用叶片过氧化物酶同工酶鉴定柑橘砧木资源矮化性能. 热带作物科技, 1992, (1): 15 ~ 17
- 12 赵大中, 陈民, 罗先实. 柑橘矮化砧木的生理生化预选指标的研究. 西北植物学报, 1997, 17 (1): 28 ~ 33
- 13 胡国谦, 张谷雄, 周中建, 等. 柑橘砧木矮化性与叶片过氧化物酶同工酶特性的关系. 南京农业大学学报, 1993, 16 (1): 123 ~ 126
- 14 聂华堂, 钟广炎, 陈竹生. 叶片过氧化物酶活性作为柑橘短枝型品系预选指标初探. 果树科学, 1991, 8 (1): 46 ~ 48
- 15 赵大中, 陈民, 罗先实. 不同种类柑橘幼苗生长势与叶片过氧化物酶活性、GA<sub>3</sub> 和 ABA 含量的关系. 果树科学, 1998, 15 (3): 267 ~ 269
- 16 Lee T T. Role of phenolic inhibitors in peroxidase mediated degradation of indole-3-acetic acid. Plant Physiol., 1997, 59: 372 ~ 375
- 17 Eshdat Y, Holland D, Faltin Z, et al. Plant glutathione peroxidases, Physiol. Plant, 1997, 100: 234 ~ 240