

# 不同砧木嫁接甜柿苗期生长生理特性 及亲和性评价

马攀, 龚榜初\*, 江锡兵, 吴开云, 徐阳

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400)

**摘要:**以浙江柿、君迁子、油柿及 537 号和 514 号 2 种不同柿品种为砧木的‘阳丰’甜柿嫁接苗为试材,对不同砧木的嫁接苗高生长、抗氧化酶活性、丙二醛(MDA)含量及叶绿素含量等指标的年动态变化进行观测分析,初步评价不同砧木的甜柿嫁接苗苗期亲和性差异。结果表明:(1)以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的甜柿嫁接苗生长速率高于以油柿和君迁子为砧木的嫁接苗;(2)以油柿为砧木嫁接苗的叶绿素及可溶性蛋白含量最低,嫁接苗出现提前衰老的现象;(3)以油柿为砧木的嫁接苗 MDA 含量均高于其余 4 种嫁接苗,在生长后期表现更明显;而以油柿为砧木的嫁接苗抗氧化酶活性在生长前期低于其余 4 种嫁接苗,在生长后期高于其余 4 种嫁接苗,砧穗间相互适应性较弱;(4)根据各指标的年动态变化,结合生长及生理指标的主成分分析和隶属函数法分析,得出 5 种不同砧木的甜柿嫁接苗苗期亲和性强弱顺序:浙江柿 > 柿 537 号 > 柿 514 号 > 君迁子 > 油柿。浙江柿、柿 537 号、柿 514 号适宜作‘阳丰’甜柿的砧木,而油柿不宜作‘阳丰’甜柿的砧木。

**关键词:**砧木;甜柿;嫁接;生长性状;MDA;抗氧化酶;叶绿素

中图分类号:S718.43

文献标识码:A

## Evaluation on Affinity, Growth Trait and Physiology Indicators of Persimmon Grafted on Different Stocks

MA Pan, GONG Bang-chu, JIANG Xi-bing, WU Kai-yun, XU Yang

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Hangzhou 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** Taking ‘PCNA Youhou’ persimmon grafted on the root-stocks of *Diospyros glaucifolia*, *D. lotus*, *D. oleifera*, *D. kaki* of ‘537’, ‘514’ As test material, the annual dynamic change of growth, activity of membrane lipid antioxidant enzymes, content of malondiadehyde and chlorophyll of different grafted persimmon during seedling period were studied. The results were used to evaluate the graft compatibility of different grafted persimmon. It was indicated that : (1) The growth rate of *D. glaucifolia*, *D. kaki* of ‘537’, ‘514’ grafted seedlings was higher than that of *D. lotus*, *D. oleifera* grafted seedlings. (2) The contents of chlorophyll and soluble protein were the least in *D. oleifera* grafted seedlings and it tended to show early aging . (3) The contents of malondiadehyde was higher than that of the other grafted seedlings, especially when the root-stocks was *D. oleifera* during the later stage of growth. While its activity of antioxidant enzymes was lower than that of the others in the early growth stage and higher during the later stage of growth, and the adaptation between stocks and scion was weak. (4) Analyzing the growth and physiology indicators of the grafted persimmon by principal component and membership function analysis, it turned out that the affinity order was: *D. glaucifolia* > *D. kaki* of ‘537’ > *D. kaki* of ‘514’ > *D. lotus* > *D. oleifera*.

收稿日期: 2014-12-22

项目基金: 浙江省科技厅“果品农业新品种选育”重大科技专项重点项目(2012C12904-10)

作者简介: 马攀(1988-),女,湖南常德人,在读硕士研究生,主要从事经济林栽培与育种研究。

\* 通讯作者: 男,研究员,主要从事经济林栽培与育种研究。E-mail:gongbc@126.com.

Combining the annual dynamic change of indicators, the results showed that the *D. glaucifolia*, *D. kaki* of '537', and '514' were suitable to 'PCNA Youhou', while the *D. oleifera* was not.

**Key words:** root-stock; malomdiadehyde; persimmon; growth trait; antioxidant enzymes; chlorophyll

嫁接作为一种无性繁殖技术,广泛应用于植物的繁殖、良种选育和遗传稳定性的测定等研究,嫁接成功与否受内外因素的共同影响,其中嫁接亲和性是影响嫁接成功与否最关键的因子<sup>[1]</sup>。嫁接亲和性是砧穗遗传物质表达的结果,由于砧穗来自不同基因型个体,砧穗间的亲和性存在差异。在嫁接系统内,砧穗水分、营养物质、遗传物质<sup>[2]</sup>相互交换,有研究发现,嫁接后砧穗发生代谢变化,过氧化物酶活性<sup>[3-4]</sup>、可溶性糖和可溶性蛋白含量<sup>[5-6]</sup>、酚类物质含量<sup>[7-8]</sup>、多酚氧化酶活性<sup>[9-10]</sup>等代谢变化产物的活性及含量差异可在一定程度上反应嫁接亲和性强弱。

研究表明,甜柿对砧木的要求比涩柿严格<sup>[11]</sup>,不同砧木影响甜柿嫁接苗叶片的矿质营养和碳水化合物含量<sup>[12]</sup>及光合速率<sup>[13]</sup>。目前,主要通过甜柿嫁接苗的生长特性、砧穗愈合状况<sup>[14]</sup>、砧穗及结合部位解剖结构的差异<sup>[15]</sup>等方面研究其亲和性,但甜柿嫁接苗苗期生长及生理特性年变化与亲和性关系的研究较少。因此,本试验通过观测不同砧木甜柿嫁接苗苗期生长及生理特性年动态变化,分析评价不同砧木嫁接苗的亲和性差异,为探索甜柿嫁接苗苗期亲和性机理提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

2014年3月在中国林科院亚热带林业研究所甜柿苗圃,以浙江柿(*Diospyros glaucifolia* Metc.)、油柿(*D. oleifera* Cheng)、君迁子(*D. lotus* L.)及537号和514号2种不同柿(*D. Kaki* Thunb.)为砧木(其中君迁子为山东君迁子,其余砧木为本地砧木),以'阳丰'(*D. Kaki* 'Youhou')甜柿品种为接穗进行嫁接,5个处理,每个处理120株。

### 1.2 试验方法

自2014年5月11日至2014年10月3日,每隔20d左右进行取样,共7次。各嫁接组合选取10~15株健康且长势相当的嫁接苗作为取样对象,取中部偏上的健康完整的成熟功能叶,将采回的新鲜叶片用液氮处理后,取混合冻样叶充分研磨后进行生理指标测定,每个指标重复测3次。

株高调查:各嫁接组合随机选取15株左右长势一致且无明显病虫害嫁接苗,株高用精度为1mm的刻度尺测定。

参照王学奎<sup>[16]</sup>的方法测定叶绿素含量;考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量<sup>[17]</sup>;硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量<sup>[16]</sup>;氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[18]</sup>;愈创木酚法测定过氧化物酶(POD)活性<sup>[18]</sup>。

### 1.3 数据处理

隶属函数的基本计算方法为: $R(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ,式中 $X_j$ 为指标测定值, $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ 为所有参试材料某一指标的最小值和最大值。将亲和性隶属函数值累加,取其平均值。

采用SPSS19.0和Excel 2003统计分析软件进行数据分析及图形、表格处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同砧木甜柿嫁接苗苗高生长的年动态变化

不同砧木甜柿嫁接苗苗高生长年动态变化如图1所示。从图中可以看出,不同砧木甜柿嫁接苗苗高生长趋势基本一致。6月28日之前,嫁接苗苗高生长均较缓慢,而6月28日之后,嫁接苗苗高进入快速生长期,尤以浙江柿、柿537号为砧木的嫁接苗生长速率最快,8月18日之后,嫁接苗苗高生长趋缓或基本停止生长。

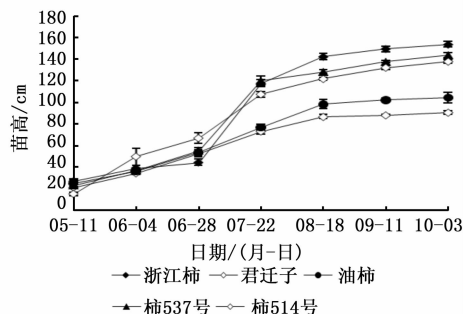


图1 不同砧木甜柿嫁接苗苗高生长的年动态变化

不同砧木甜柿嫁接苗在不同时期苗高存在差异。在5月11日,5种嫁接苗苗高差异不明显,6月4日至6月28日,以柿514号为砧木的嫁接苗高于其余砧木嫁接苗,而7月22日以后,5种砧木嫁接苗

苗高差异较为明显,以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的嫁接苗苗高显著高于以油柿、君迁子为砧木的嫁接苗,其中以浙江柿为砧木的嫁接苗苗高值最大,在 10 月 3 日达到 153.69 cm。

## 2.2 不同砧木甜柿嫁接苗叶绿素含量的年动态变化

如图 2 所示,不同砧木甜柿嫁接苗叶绿素及类胡萝卜素含量的年变化有明显差异。以油柿为砧木的嫁接苗,其叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量、类胡萝卜素含量均呈降低趋势,其余嫁接组合均呈先升后降的变化趋势,其中以君迁子为砧木的嫁接苗,

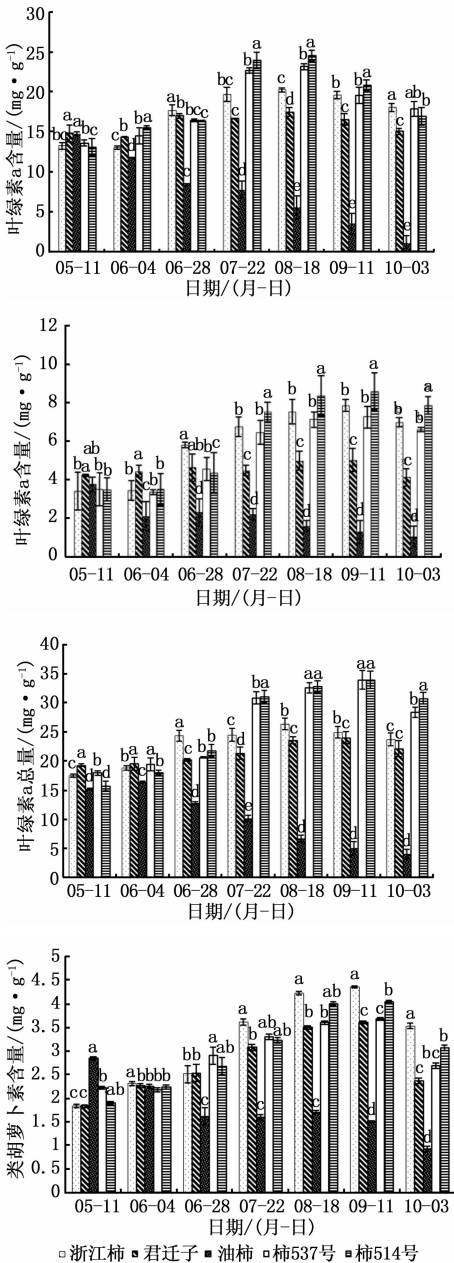


图2 不同砧木甜柿嫁接苗叶绿素含量的年动态变化

其叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量变化幅度不明显,类胡萝卜素有明显的上升和下降趋势,其余 3 种嫁接苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量、类胡萝卜素的上升和下降幅度均较明显。6 月 28 日之前,除以油柿为砧木的嫁接苗叶绿素及类胡萝卜素含量呈下降趋势,其余砧木嫁接苗均缓慢增加,6 月 28 日之后,嫁接苗叶绿素及类胡萝卜素含量迅速增加,以浙江柿、柿 537 号为砧木的嫁接苗增加更快。9 月 11 日,除以油柿为砧木的嫁接苗,其余各嫁接苗的叶绿素及类胡萝卜素含量达到最大值,此时以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的嫁接苗,其叶绿素 a 含量分别高于以油柿和君迁子为砧木的嫁接苗 265.16% ~ 342.96% 和 15.93% ~ 40.63%,叶绿素 b、叶绿素总量及类胡萝卜素含量也均高于以油柿和君迁子为砧木的嫁接苗,9 月 11 日之后所有不同砧木嫁接苗的叶绿素及类胡萝卜素含量均呈下降趋势。

## 2.3 不同砧木甜柿嫁接苗可溶性蛋白含量的年动态变化

从图 3 可以看出,不同砧木甜柿嫁接苗可溶性蛋白含量的年变化均呈先升高后降低的趋势,但峰值出现时间不一致。6 月 28 日之前,各嫁接苗可溶性蛋白含量缓慢增加,6 月 28 日之后,可溶性蛋白含量迅速增加,以浙江柿、柿 537 号为砧木的嫁接苗增加速率更快,7 月 22 日,以君迁子和油柿为砧木的嫁接苗可溶性蛋白含量达到最大值,分别为 16.28 mg·g<sup>-1</sup>、28.39 mg·g<sup>-1</sup>,以君迁子为砧木的嫁接苗可溶性蛋白含量高于以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的嫁接苗 4.11% ~ 23.06%。7 月 22 日至 8 月 18 日,以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的嫁接苗可溶性蛋白含量持续增加,8 月 18 日达到峰值,峰值分别为 37.30mg·g<sup>-1</sup>、32.02mg·g<sup>-1</sup>、29.81mg·g<sup>-1</sup>,高于以油柿、君迁子为砧木的嫁接苗 45% ~ 131.25%。8 月 18 日至 10 月 3 日,不同砧木嫁接苗可溶性蛋白含量均呈降低趋势。

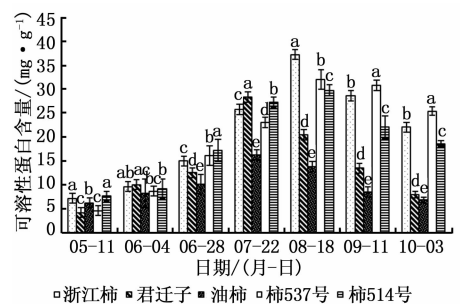


图3 不同砧木甜柿嫁接苗可溶性蛋白含量的年动态变化

### 2.4 不同砧木甜柿嫁接苗抗氧化酶活性的年动态变化

如图4所示,不同砧木甜柿嫁接苗 SOD 活性年变化趋势基本一致。6月4日之前,各嫁接苗 SOD 活性呈增加趋势,6月4日至6月28日,除以油柿为砧木的嫁接苗呈降低趋势外,其余嫁接苗均呈增加趋势,尤以浙江柿为砧木的嫁接苗增加最快。6月28日至7月22日,各嫁接苗 SOD 活性呈降低趋势,7月22日至8月18日,各嫁接苗 SOD 活性变化不大,9月11日至10月3日,以油柿和君迁子为砧木的嫁接苗 SOD 活性基本保持不变,其余3种嫁接苗的 SOD 活性缓慢增加。

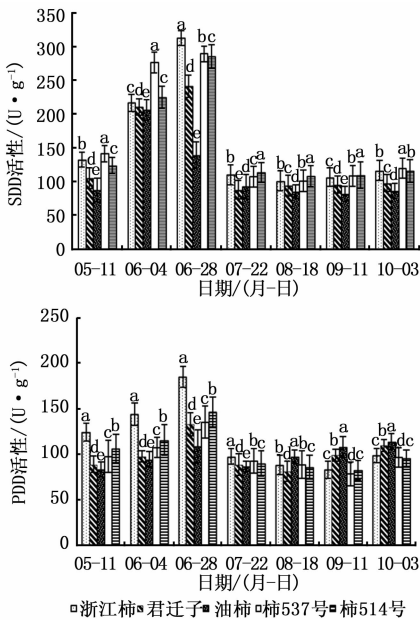


图4 不同砧木甜柿嫁接苗膜脂抗氧化酶活性的年动态变化

不同砧木甜柿嫁接苗的 POD 活性年动态变化趋势基本一致。6月28日之前,各嫁接苗 POD 活性均呈增加趋势,尤以浙江柿为砧木的嫁接苗增加速率最快,6月28日达到峰值,此时 POD 活性为  $185.36 \text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$ , 高于其余嫁接组合  $26.34\% \sim 48.42\%$ 。6月28日至7月22日,各嫁接苗 POD 活性均呈降低趋势,7月22日至8月18日,除以油柿为砧木的嫁接苗呈增加趋势,其余4种嫁接苗 POD 活性变化不大,8月18日至9月11日,以君迁子、油柿为砧木的嫁接苗 POD 活性明显增加,9月11日至10月3日,各嫁接苗 POD 活性均继续增加。

### 2.5 不同砧木甜柿嫁接苗丙二醛含量的年动态变化

由图5可以看出,不同砧木甜柿嫁接苗丙二醛

(MDA)含量的年动态变化基本一致。6月28日之前,各嫁接苗 MDA 含量均呈增加趋势,6月28日达到峰值,此时以油柿和君迁子为砧木的嫁接苗 MDA 含量均较高,分别为  $35.01 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $32.95 \mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ , 高于其余3种嫁接苗  $45.88\% \sim 94.50\%$  和  $37.29\% \sim 83.06\%$ 。6月28日至8月11日,各嫁接苗 MDA 含量均呈降低趋势,其中以浙江柿、柿537号、柿514号为砧木的嫁接苗降低速率较快,8月18日至10月3日,各嫁接苗 MDA 含量均有增加趋势,以油柿为砧木的嫁接苗增加最显著,其次为以君迁子为砧木的嫁接苗。

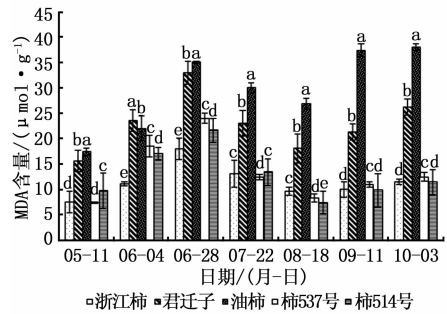


图5 不同砧木甜柿嫁接苗 MDA 含量的年动态变化

### 2.6 不同砧木甜柿嫁接苗生长与生理指标相关性分析

对5种不同砧木甜柿嫁接苗8月生长与生理指标进行相关性分析,各指标间的相关性及相关系数如表1所示。苗高(接穗高)、叶绿素含量、可溶性蛋白含量、SOD 活性两两间显著正相关,其中叶绿素含量及 SOD 活性与可溶性蛋白含量的相关系数均达 0.94;MDA 含量与其它各指标均呈显著负相关,且 MDA 含量与 SOD 活性和 POD 活性呈极显著负相关,相关系数分别为  $-0.87$  和  $-0.97$ 。

表1 不同砧木甜柿嫁接苗生长与生理指标相关性分析

项目	苗高	MDA 含量	叶绿素含量	SOD 活性	可溶性蛋白含量	POD 活性
苗高	1.00					
MDA 含量	-0.51*	1.00				
叶绿素含量	0.52*	-0.92*	1.00			
SOD 活性	0.79	-0.87**	0.88	1.00		
可溶性蛋白含量	0.78*	-0.84	0.94*	0.94*	1.00	
POD 活性	0.41	-0.97**	0.79	0.76	0.69	1.00

注: \*\* 表示 0.01 水平极显著相关, \* 表示 0.05 水平显著相关。

### 2.7 不同砧木甜柿嫁接苗生长与生理指标主成分分析

对5种不同砧木甜柿嫁接苗的6个生长和生理指标相关矩阵的特征根、特征向量及主成分累计

贡献率进行计算,结果见表 2。根据贡献率大于 85% 的原则,保留 2 个主成分,由各特征向量值大小可知 2 个主成分的生物学意义。对第 1 主成分影响较大的指标有苗高、叶绿素含量、SOD 活性、POD 活性和可溶性蛋白含量,因此第 1 主成分主要反映嫁接苗生长特性及膜脂抗氧化酶活性的高低,第 1 主成分值越大,则说明嫁接苗的这些性状值越大。MDA 含量则对第 2 主成分值影响最大。

由表 3 可以看出,5 种不同砧木甜柿嫁接苗的 2 个主成分值存在差异。第 1 主成分值较大的砧木类型有浙江柿、柿 537 号和柿 514 号,说明这 3 种嫁接苗的苗高、叶绿素含量、SOD 活性和 POD 活性值较大。第 2 主成分值较大的砧木类型有君迁子和油柿,说明这 2 种嫁接苗 MDA 含量较其余嫁接苗高。因此以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木时,嫁接苗高生长快,生长量较大,MDA 含量较低。

表 2 不同砧木甜柿嫁接苗生长和生理指标主成分分析

项目	第 1 主成分	第 2 主成分
特征值	4.91	0.77
累计贡献率/%	81.16	94.67
苗高	0.72	0.65
MDA 含量	-0.95	0.30
叶绿素含量	0.94	-0.16
SOD 活性	0.96	0.15
POD 活性	0.95	0.18
可溶性蛋白含量	0.85	-0.41

表 3 不同砧木甜柿嫁接苗的主成分值

砧木类型	第 1 主成分	第 2 主成分
浙江柿	0.83	-0.57
君迁柿	-0.92	1.46
油柿	-1.30	0.57
柿 537 号	0.61	-0.50
柿 514 号	0.74	-0.96

## 2.8 不同砧木甜柿嫁接苗生长与生理指标隶属函数分析

植物嫁接亲和性是一个复合性状,用模糊数学的隶属函数法对不同砧木甜柿嫁接苗的亲性和进行综合评价,用不同砧木甜柿嫁接苗的各指标隶属度平均值作为嫁接苗亲和性综合鉴定标准,隶属度平均值越大,亲和性越强。由表 4 可以看出,浙江柿、君迁子、油柿、柿 537 号、柿 514 号作‘阳丰’甜柿砧木时的隶属度平均值分别为 0.83、0.25、0.23、0.64、0.67,则亲和性强弱顺序为:浙江柿 > 柿 514 号 > 柿 537 号 > 君迁子 > 油柿,这与主成分分析结果一致。

表 4 不同砧木甜柿嫁接苗隶属函数分析

评价指标	浙江柿	君迁子	油柿	柿 537 号	柿 514 号
苗高	1.00	0.00	0.38	0.57	0.47
叶绿素含量	1.00	0.56	0.00	0.96	0.97
POD 活性	0.43	0.00	0.00	0.86	1.00
SOD 活性	1.00	0.07	0.00	0.62	0.88
可溶性蛋白含量	1.00	0.25	0.00	0.76	0.67
MDA 含量	0.11	0.60	1.00	0.05	0.00
隶属度平均值	0.83	0.25	0.23	0.64	0.67
排序	1	4	5	3	2

## 3 讨论

甜柿嫁接后砧穗愈合成一个整体,由于两者在生理生化特性、解剖结构及代谢方式上存在差异,对嫁接苗的生长及生理生化特性有一定影响。本研究中,生长前期甜柿嫁接苗苗高生长均较缓慢,除以柿 514 号为砧木的嫁接苗,其余 4 种嫁接苗苗高相差不大,此时嫁接苗 SOD 活性、POD 活性、MDA 含量明显升高。SOD、POD 作为植物抗氧化保护酶类,是植物的抗氧化防御系统的一部分,能有效地清除体内的活性氧和过氧化氢,从而减少膜系统受到破坏。以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号、君迁子为砧木时,其较高的 POD、SOD 活性能有效清除由机械损伤产生的过量的活性氧<sup>[19-20]</sup>,维持活性氧平衡,且有研究发现,POD 还参与木质素的合成,影响砧穗间维管组织的木质化过程<sup>[21-22]</sup>,以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号、君迁子为砧木时,其较高的 POD 活性有利于砧穗愈合过程中维管组织的木质化,有利于砧穗正常愈合生长。本试验中,嫁接苗前期可溶性蛋白含量均呈增加趋势,这与陈红等<sup>[23]</sup>、孙华丽等<sup>[24]</sup>的研究结果一致,且研究发现,可溶性蛋白含量越高,越能促进嫁接后细胞分裂及愈伤组织的形成<sup>[25]</sup>,以油柿为砧木的嫁接苗可溶性蛋白含量增加速率低于其余 4 种嫁接苗,说明以油柿为砧木时,砧穗细胞分裂及愈伤组织形成能力较弱,砧穗正常愈合生长受阻,这与其膜脂过氧化物酶活性及 MDA 含量变化相吻合。

甜柿嫁接苗进入快速生长期时,其 MDA 含量和 SOD、POD 活性降低,此时,以君迁子为砧木的嫁接苗可溶性蛋白、叶绿素及类胡萝卜素含量缓慢增加,以油柿为砧木的嫁接苗可溶性蛋白含量缓慢增加,但叶绿素及类胡萝卜素含量呈降低趋势,其余 3 种嫁接苗可溶性蛋白、叶绿素及类胡萝卜素含量迅速增加,这与各嫁接组合苗高生长速率相一致。在生长后期,以浙江柿、柿 537 号、柿 514 号为砧木的嫁接苗 POD 活性和 MDA 含量有升高趋势,可能由于

嫁接苗进入衰老阶段,POD在衰老后期表达,参与活性氧的生成及叶绿素降解,引发膜脂过氧化<sup>[26]</sup>,MDA含量增加;而以油柿、君迁子为砧木的嫁接苗MDA含量和POD活性在8月便有明显升高趋势,且其存活率较低,嫁接口膨大现象明显,嫁接苗叶片在8月出现大面积黄化现象,8月后嫁接苗苗高生长几乎停滞,说明以油柿为砧木的嫁接苗可能提前进入衰老阶段;以君迁子为砧木时,8月后嫁接苗苗高也出现生长停滞现象,但嫁接苗叶片未出现黄化现象,嫁接苗有提前衰老的倾向,但表现不明显,结合君迁子实生苗的生长状况,该嫁接苗可能由于气候的不适应性而导致生长及生理表现较弱。

结合生长及生理指标的主成分分析和隶属函数法分析,对不同砧木甜柿嫁接苗苗期亲和性进行综合评价,结果表明:浙江柿、柿537号、柿514号适宜作‘阳丰’甜柿的砧木,而油柿不宜作‘阳丰’甜柿的砧木,君迁子与‘阳丰’甜柿嫁接苗,在高温多雨、湿度较大的南方,由于气候的不适应性而导致生长及生理表现较弱。

## 参考文献:

- [1] 王威,刘燕.植物嫁接亲和性鉴定研究进展[J].湖北农业科学,2012,51(10):1950-1953.
- [2] 王燕,谢辉,陈利萍.植物嫁接诱导的遗传变异机理的研究进展[J].遗传,2011,33(6):585-590.
- [3] 卢善发.番茄/番茄嫁接体发育过程中的过氧化物酶同工酶[J].园艺学报,2000,27(5):340-344.
- [4] 肖艳,黄建昌,高平飞,等.龙眼砧穗过氧化物酶同工酶及嫁接亲和力初探[J].西南农业大学学报,2001,23(1):70-72.
- [5] 石雪晖,王淑英,吴艳纯,等.葡萄叶片中生理生化物质含量与嫁接亲和力关系的研究[J].果树学报,2001,18(1):24-27.
- [6] 杨瑞.葡萄砧穗组合筛选及嫁接早期亲和力鉴定[D].兰州:甘肃农业大学,2007.
- [7] Musacchi S, Pagliuca G, Kindt M, et al. Flavonoids as markers for pear-quince graft incompatibility[J]. J Appl Bot, 2000, 74(5/6): 206-211.
- [8] Errea P, Gutmann M, Feucht W. Physiological implications of flavan

- 3 - ols in apricot-rootstock combinations[J]. Adv Hort Sci, 2000, 14(3):126-134.
- [9] 武季玲.葡萄品种嫁接亲和性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2001.
- [10] 宋红苗.影响美国黑核桃嫁接成活率的生理生化特性分析及初步选优[D].太原:山西农业大学,2006.
- [11] 龚榜初,王劲风.柿不同砧木生物学特性的研究[J].经济林研究,1997,15(1):9-12.
- [12] 刘勇,霍光华,刘善军,等.不同砧木“富有”甜柿幼树生长及叶片生理生化特性研究[J].江西农业大学学报,2000,22(1):54-57.
- [13] 欧毅,王玉霞,王进,等.砧木对甜柿光合效能和生理生化指标的影响[J].西南园艺,2004,32(5):4-6.
- [14] 王元裕,李伯均,周碧英,等.甜柿砧穗组合嫁接亲和性研究[J].园艺学报,1996,23(2):110-114.
- [15] 高志红,章镇,段锋.甜柿砧、穗及其接合部位解剖结构观察[J].江苏林业科技,1996,23(3):21-24.
- [16] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [17] 汪家政,范明.蛋白质技术手册[M].北京:科学出版社,2007.77-108.
- [18] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2003,127-278.
- [19] 张小红,赵依杰,林强,等.不同砧木嫁接对无籽西瓜部分生理指标的影响[J].热带作物学报,2012,33(5):832-836.
- [20] 赵依杰,陈清西,吴宇芬,等.砧木对小型嫁接西瓜生理生化的影响[J].中国农学通报,2008,24(6):319-323.
- [21] 吴宇芬,赵依杰.不同南瓜砧木对嫁接薄皮甜瓜生理的影响[J].中国农学通报,2007,23(11):253-256.
- [22] 杨冬冬,黄丹枫.西瓜嫁接体发育中木质素合成及代谢相关酶活性的变化[J].西北植物学报,2006,26(2):290-294.
- [23] 陈红,王永清,袁媛,等.茄子/番茄嫁接体发育过程中的蛋白质含量、POD、CAT和SOD活性及其同工酶研究[J].四川农业大学学报,2006,24(2):144-147.
- [24] 孙华丽,宋健坤,李鼎立,等.梨不同嫁接组合嫁接愈合过程中生理动态变化研究[J].北方园艺,2013(16):25-29.
- [25] 曲云峰,赵忠,张小鹏.大扁杏嫁接愈合过程中几种生化物质含量的变化[J].西北农林科技大学学报,2008,36(3):74-78.
- [26] 尹永强,胡建斌,邓明军.植物叶片抗氧化系统及其对逆境胁迫的响应研究进展[J].中国农学通报,2007,23(1):105-110.