

# $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ 和 $\text{Mn}^{2+}$ 对冷胁迫下嫁接黄瓜幼苗叶片提取液 SOD 活性的影响

李 涛, 于贤昌\*

(山东农业大学园艺科学与工程学院, 作物生物学国家重点实验室, 山东泰安 271018)

**摘 要:** 以自根和嫁接黄瓜幼苗为试材, 研究叶片 Mn、Cu、Zn 和 Fe 含量及低温胁迫下 SOD 活性的差异, 结果表明: 嫁接黄瓜叶片 Mn、Cu 和 Zn 的含量均显著高于自根黄瓜, 而 Fe 的含量则显著低于自根黄瓜; 低温胁迫第 3 天, 嫁接黄瓜叶片 SOD、Cu/Zn-SOD 和 Mn-SOD 活性均显著高于自根黄瓜, Fe-SOD 则显著低于自根黄瓜。为探索嫁接黄瓜叶片高含量 Mn、Cu、Zn 与 SOD 活性之间的关系, 向低温胁迫第 3 天的自根黄瓜叶片 SOD 提取液中加入  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$ , 使之与嫁接黄瓜叶片 SOD 提取液对应组合的  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  浓度相等, 研究此时的 SOD 及其同工酶活性的变化, 结果发现:  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  加入自根黄瓜叶片提取液后均能显著增强 SOD 活性, 其增强作用的大小依次为  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$ 。3 种离子的加入都不影响 Fe-SOD 的活性。这一结果说明黄瓜叶片 Mn、Cu 和 Zn 的含量是影响 SOD 活性大小的重要因素, 嫁接黄瓜吸收 Mn、Cu 和 Zn 的能力较强是其 SOD 活性显著高于自根黄瓜的重要原因之一。

**关键词:** 黄瓜; 嫁接; 微量元素; 低温胁迫; SOD 活性

中图分类号: S 642.2 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2007) 04-0895-06

## Effect of $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ and $\text{Mn}^{2+}$ on SOD Activity of Cucumber Leaves Extraction after Low Temperature Stress

LI Tao and YU Xian-chang\*

(College of Horticulture Science and Engineering, State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

**Abstract:** The contents of Mn, Zn, Cu, Fe and the activities of superoxide dismutase (SOD) and its isoenzymes in grafted and own-rooted cucumber leaves under low temperature stress were studied. The results indicated that the contents of Mn, Cu, Zn and the activities of SOD, Cu/Zn-SOD and Mn-SOD in grafted cucumber leaves were significantly higher than those in own-rooted cucumber leaves, while the content of Fe and Fe-SOD activity was lower. In order to make clear the relationships between high contents of Mn, Zn, Cu and SOD activity in grafted cucumber,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Cu}^{2+}$  and different combinations were added into own-rooted cucumber leaves extraction, respectively, in the third day during low temperature stress and made their final concentrations were the same as they in grafted cucumber leaves extraction. The results showed that adding  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  and their different combinations were added into own-rooted cucumber leaves extraction could enhance the SOD and its isoenzymes activities except the Fe-SOD. The sequence of increasing level was  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$ . This research has proved that the Mn, Cu and Zn in cucumber leaf could affect the SOD activity and the higher SOD activity in grafted cucumber leaf might be attributed to higher accumulation of Cu, Zn and Mn.

**Key words:** Cucumber; Graft; Microelement; Low temperature stress; SOD activity

收稿日期: 2007 - 04 - 26; 修回日期: 2007 - 07 - 02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30571271); 山东省自然科学基金项目 (Y2005D05)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xcyu@sdau.edu.cn)

嫁接对作物有多方面的改良作用,如增强抗冷性 (Bulder et al, 1990),抵御含钙土壤中的铁黄萎病 (Romera et al, 1991; Shi et al, 1993),增强吸收能力 (Bavaresco et al, 1991; Ruiz et al, 1996, 1997),增加内源激素的合成 (Proebsting et al, 1992)和提高产量 (Autio, 1991; Hussein & Slack, 1994; Ruiz & Romero, 1999)等。于贤昌等 (1997, 1998)发现低温胁迫下嫁接黄瓜苗叶片抗冷性明显增强,且抗冷性的增强与叶片 SOD 活性明显高密切相关。Rivero等 (2003)发现在低温和高温下嫁接与自根番茄苗叶片的 SOD 活性都显著上升,但嫁接苗叶片的 SOD 活性明显高于自根苗。

低温逆境下,植物体内能够产生如  $O_2^{\cdot-}$ 、 $\cdot OH$ 及 $^1O_2$ 等大量的活性氧物质 (Elstner & Oswald, 1994; Prasad et al, 1994; Queiroz et al, 1998),活性氧物质能够破坏蛋白质、叶绿体、细胞膜的流动性及核酸等,扰乱有机体的动态平衡 (Shaaltiel & Gressel, 1986; Scandalios, 1993)。 $O_2^{\cdot-}$ 是最重要的活性氧物质,具有非常大的破坏作用,能够引起细胞死亡和器官衰老 (Cadenas, 1989; Salin, 1989; Bowler et al, 1992; Scebba et al, 1998)。为了消除或减轻活性氧物质伤害,植物形成了多种防御机制 (Jahnke et al, 1991; Walker & McKersie, 1993; Hodges et al, 1997)。SOD 被认为是防卫伤害  $O_2^{\cdot-}$ 的第一步,它可以催化  $O_2^{\cdot-}$ 转化为  $H_2O_2$ 和  $O_2$ ,而  $H_2O_2$ 可以被过氧化氢酶和抗坏血酸还原酶转化为  $H_2O$ ,在叶绿体中这步反应被 APX 所催化,产生了 MDA,MDA 被铁氧还蛋白消除 (Miyake & Asada, 1994)。因此 SOD 活性被认为是衡量植物抗冷性的重要指标。SOD 同工酶有 Cu/Zn-SOD、Mn-SOD 和 Fe-SOD,其辅基分别为 Cu、Zn、Mn 和 Fe (Sandalio et al, 1987)。

Dina 和 Joseph (1972) 利用 EDTA 来研究  $Cu^{2+}$  在 SOD 活性中的作用,其结论是  $Cu^{2+}$  在 Cu/Zn-SOD 活性中是不可缺少的。梅光泉和应惠芳 (2003)指出:当无机离子与多肽等蛋白质结合,就会具有 SOD 活性。黄瓜在嫁接换根后,其吸收 Cu、Zn 和 Mn 的能力增强,同时其 SOD 活性也显著升高,弄清二者之间的关系,对于进一步揭示黄瓜的抗冷机制和防范冷害有重要的意义。作者拟通过采用向自根黄瓜幼苗叶片提取液中添加  $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  和  $Mn^{2+}$  的方法来研究提取液中 SOD 活性的变化情况,了解  $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  和  $Mn^{2+}$  与 SOD 活性之间的关系,以期揭示嫁接黄瓜叶片抗冷性与根系吸收 Cu、Zn 和 Mn 能力之间的关系提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

以‘津绿 3 号’黄瓜为试材,‘黑籽南瓜’为嫁接砧木。2005 年 10 月 17 日在山东农业大学蔬菜实验站 3 号日光温室播种黑籽南瓜,10 月 18 日播种黄瓜接穗,10 月 30 日以插接法进行嫁接。11 月 1 日播种自根黄瓜,待嫁接与自根黄瓜同时达三叶一心时移入光照培养箱中进行低温胁迫。

### 1.2 低温处理

第 1 天进行昼/夜 15/10、光照 11 h 的预冷处理,第 2~6 天为昼/夜 10/5、光照 11 h 的低温胁迫。于低温胁迫第 3 天光照开始 2 h 后,取长势一致的嫁接苗与自根苗各 6 株幼苗的上数第 2 叶,其中 3 株于鼓风干燥箱中 80℃ 烘干 24 h,测定叶片含水量,以备换算叶片提取液微量元素含量。采用火焰原子吸收分光光度计法 (AAS) 测定叶片 Cu、Zn、Mn 和 Fe 含量 (Nowak, 1999);另 3 株测定 SOD 及同工酶活性,所有测定均为 3 次重复。

### 1.3 向低温胁迫第 3 天的自根黄瓜叶片提取液中加入不同离子组合

试验共 7 个处理:单独加入  $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  和  $Mn^{2+}$  的 3 个处理,两两混合加入的 3 个处理及三者同时加入的 1 个处理。3 次重复。加入方法为:先配制高浓度  $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  和  $Mn^{2+}$  母液,然后向自根黄瓜叶片 SOD 提取液中加入相应量元素离子的母液,使提取液中  $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$  和  $Mn^{2+}$  浓度与嫁接黄瓜叶片提取液中相应元素离子浓度相同。由于  $Cu^{2+}$  等自由离子具有催化作用,因此为了消除自由离子的

影响, 加入  $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$  的 EDTA, 该浓度 EDTA 会消除自由离子, 但不会对 SOD 活性产生影响 (Dina & Joseph, 1972)。

高浓度  $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 和  $\text{MnSO}_4$ 母液的配制: 预先测定嫁接和自根黄瓜叶片的含水量, 根据其干样中 Cu、Zn和 Mn浓度换算成鲜样中相应元素离子的浓度, 再根据所取样品的鲜质量计算出提取液中 Cu、Zn和 Mn的浓度。为了避免因加入元素离子母液体积不同而影响测定结果, 预先配制不同浓度的母液, 使不同处理在加入  $10 \mu\text{L}$ 母液后自根黄瓜叶片提取液中  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和  $\text{Mn}^{2+}$ 浓度与嫁接黄瓜叶片提取液中  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和  $\text{Mn}^{2+}$ 浓度相同。 $\text{CuSO}_4$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 和  $\text{MnSO}_4$ 母液均用磷酸缓冲液 ( $0.05 \text{ mol/L}$ , pH 7.8) 配制。

叶片 SOD 提取液的制备及活性测定: 取低温胁迫第 3 天的嫁接和自根黄瓜幼苗上数第 2 叶制备 SOD 提取液, 制备方法和 SOD 及其同工酶活性测定参照 Dagnar等 (2001) 的方法。每个处理待相应离子加入后即进行 SOD 及其同工酶活性测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 嫁接及自根黄瓜叶片 Cu、Zn、Mn和 Fe的含量

由表 1 可见, 嫁接黄瓜叶片 Cu、Zn和 Mn含量均极显著高于自根黄瓜, 尤其 Mn含量为自根黄瓜的 2.76 倍, Fe 的含量则极显著低于自根黄瓜。说明黄瓜嫁接以后, 促进了对 Cu、Zn和 Mn的吸收, 减弱了对 Fe 的吸收。

表 1 嫁接及自根黄瓜叶片中 Cu、Zn、Mn和 Fe 的含量

Table 1 The contents of Cu, Zn, Mn and Fe in grafted and own-rooted cucumbers leaves ( $\mu\text{g/g DM}$ )

试验材料 Experimental material	Cu	Zn	Mn	Fe
自根 Own-rooted	11.97 $\pm$ 0.16bB	50.65 $\pm$ 1.24bB	48.23 $\pm$ 1.19bB	155.22 $\pm$ 3.55aA
嫁接 Grafted	18.08 $\pm$ 0.29aA	55.65 $\pm$ 1.25aA	133.07 $\pm$ 3.66aA	126.15 $\pm$ 2.60bB

注: 大小写字母分别表示差异达极显著水平 ( $=0.01$ ) 和显著水平 ( $=0.05$ )。下同。

Note: Different capital and small letters indicate respective significance at 0.01 and 0.05 level in table. The same below.

### 2.2 低温胁迫第 3 天自根及嫁接黄瓜叶片 SOD 及其同工酶活性的变化情况

由表 2 可以看出: 低温胁迫第 3 天, 嫁接黄瓜叶片的 SOD、Cu/Zn-SOD 和 Mn-SOD 活性均显著高于自根黄瓜, Fe-SOD 活性则显著低于自根黄瓜。

表 2 黄瓜叶片及其提取液中 SOD 及其同工酶的活性

Table 2 The SOD and its isoenzymes activities of cucumber leaves and its extractions ( $\text{U/g FM}$ )

试验材料 Experimental material	加入元素 Adding elements	SOD	Cu/Zn-SOD	Mn-SOD	Fe-SOD
自根 Own-rooted	-	117.71 $\pm$ 0.13eE	17.40 $\pm$ 0.35eD	62.69 $\pm$ 0.22dC	37.62 $\pm$ 0.27abAB
	+ $\text{Cu}^{2+}$	147.74 $\pm$ 0.18cC	41.77 $\pm$ 0.87bB	68.18 $\pm$ 0.58cB	37.79 $\pm$ 0.08aAB
	+ $\text{Zn}^{2+}$	133.53 $\pm$ 0.33dD	33.77 $\pm$ 0.87dC	62.39 $\pm$ 0.22dC	37.37 $\pm$ 0.09bB
	+ $\text{Mn}^{2+}$	156.37 $\pm$ 0.45bB	38.62 $\pm$ 0.98cB	79.83 $\pm$ 0.12bA	37.92 $\pm$ 0.06aA
	+ ( $\text{Cu}^{2+}$ + $\text{Mn}^{2+}$ )	161.62 $\pm$ 0.27cC	50.97 $\pm$ 0.02cC	73.41 $\pm$ 0.42bB	37.24 $\pm$ 0.54abAB
	+ ( $\text{Cu}^{2+}$ + $\text{Zn}^{2+}$ )	143.14 $\pm$ 0.10dD	41.50 $\pm$ 0.21dD	63.49 $\pm$ 0.36dD	38.14 $\pm$ 0.25aA
	+ ( $\text{Mn}^{2+}$ + $\text{Zn}^{2+}$ )	167.16 $\pm$ 0.24bB	58.86 $\pm$ 0.10bB	71.43 $\pm$ 0.40cC	36.87 $\pm$ 0.09bB
	+ ( $\text{Cu}^{2+}$ + $\text{Zn}^{2+}$ + $\text{Mn}^{2+}$ )	145.30 $\pm$ 1.94bB	39.89 $\pm$ 1.57bB	70.13 $\pm$ 2.10bB	35.28 $\pm$ 0.29bA
嫁接 Grafted	-	192.18 $\pm$ 0.44aA	88.82 $\pm$ 0.55aA	80.89 $\pm$ 0.48aA	22.48 $\pm$ 0.38cC

注: 加入单一离子, 加入 2 种离子, 加入 3 种离子的处理分别与自根和嫁接处理相比较。

Note: Comparison of SOD and isoenzymes activities between own-rooted and grafted cucumber leaves with adding 1, 2 and 3 elements in contents of  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ , and  $\text{Mn}^{2+}$ .

### 2.3 自根黄瓜叶片提取液中加入 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和 $\text{Mn}^{2+}$ 后 SOD 活性的变化

由表 2可知:向自根黄瓜叶片提取液中单独加入  $\text{Mn}^{2+}$ , SOD 活性增强了 32.8%;加入  $\text{Cu}^{2+}$ , 增强了 25.5%;加入  $\text{Zn}^{2+}$ , 增强了 13.4%。SOD 同工酶方面,  $\text{Cu/Zn-SOD}$  活性在加入  $\text{Cu}^{2+}$ 后增强幅度最大, 增强了 140.1%;加入  $\text{Mn}^{2+}$ 后次之, 增强了 121.9%;加入  $\text{Zn}^{2+}$ 后最小, 增强了 94.1%。 $\text{Mn-SOD}$  活性在加入  $\text{Mn}^{2+}$ 后增强幅度最大, 增强了 27.3%;加入  $\text{Cu}^{2+}$ 后次之, 增强了 8.76%,  $\text{Zn}^{2+}$  的加入基本没有改变  $\text{Mn-SOD}$  活性。 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 和  $\text{Zn}^{2+}$ 加入后  $\text{Fe-SOD}$  活性变化不大。加入离子后, SOD 及其同工酶活性除了加入  $\text{Mn}^{2+}$ 时  $\text{Mn-SOD}$  活性与嫁接黄瓜叶片  $\text{Mn-SOD}$  活性无显著差异外, 其余均极显著低于嫁接黄瓜。

自根黄瓜叶片提取液中 SOD 活性在加入  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后增加幅度最大, 增强了 42.0%, 加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ 后增强了 37.3%, 加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后增强了 21.6%。SOD 同工酶方面,  $\text{Cu/Zn-SOD}$  活性在加入  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后增加幅度最大, 增强了 238.3%, 加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ 后次之, 增强了 192.9%, 加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后仅增强了 138.5%;  $\text{Mn-SOD}$  活性在加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ 后增加幅度最大, 增加了 17.1%, 加入  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后增强了 13.9%, 加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后无影响;  $\text{Fe-SOD}$  的活性在加入几个组合后没有显著变化。上述 SOD 及其同工酶活性均显著低于嫁接黄瓜。

当向自根黄瓜叶片提取液中同时加入  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和  $\text{Mn}^{2+}$ 后, SOD 和  $\text{Cu/Zn-SOD}$  活性与加入  $\text{Cu}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 后的活性基本一致,  $\text{Mn-SOD}$  活性与加入  $\text{Mn}^{2+} + \text{Zn}^{2+}$ 及  $\text{Cu}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ 后的活性基本一致,  $\text{Fe-SOD}$  活性变化很小。

## 3 讨论

向自根黄瓜叶片提取液中加入  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ 可以不同程度地提高 SOD、 $\text{Cu/Zn-SOD}$ 和  $\text{Mn-SOD}$  活性, 这可能与提取液中有可以与  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ 结合以发挥 SOD 活性的多肽有关 (梅光泉和应惠芳, 2003), 可以证明嫁接黄瓜叶片较自根黄瓜叶片多出的那部分  $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 和  $\text{Mn}$ 对于维持较强的 SOD 活性, 进而增强嫁接黄瓜抗冷性具有重要作用。至于加入不同组合的  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ 后, SOD 活性提高的程度不同, 可能与自根黄瓜叶片提取液中多肽对不同离子具有选择性结合有关。向自根黄瓜叶片提取液加入  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ 中的两种或 3种, SOD 活性增强的幅度要大于单独加入  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ , 进一步说明提取液中多肽对离子具有选择性。同时也发现加入一种离子后可以带动以其它离子为辅基的 SOD 同工酶活性的提高, 具体原因目前尚不清楚。至于自根黄瓜叶片  $\text{Fe-SOD}$  活性高于嫁接黄瓜, 则有可能与其叶片  $\text{Fe}$ 含量显著高于嫁接黄瓜叶片有关。

从本试验结果还可看出, 不管这几种微量元素如何加入, 其自根黄瓜叶片提取液 SOD 活性还是明显低于嫁接黄瓜叶片提取液 SOD 活性, 这可能存在两方面的原因, 一是说明向自根黄瓜叶片 SOD 提取液添加的那部分  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和  $\text{Mn}^{2+}$ 并不能发挥与嫁接黄瓜叶片 SOD 提取液原有部分相等的生理作用;二是说明嫁接黄瓜叶片较强抗冷性的获得也并不完全归结于具有较高含量的  $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 和  $\text{Mn}$ 。尽管可以明确黄瓜叶片提取液 SOD 及其同工酶活性可以通过提高提取液中  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 或  $\text{Mn}^{2+}$ 浓度而得到增强, 但是在黄瓜的无土栽培中, 能否通过提高营养液  $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 和  $\text{Mn}^{2+}$ 浓度促进黄瓜对  $\text{Cu}$ 、 $\text{Zn}$ 和  $\text{Mn}$ 的吸收, 进而增强叶片 SOD 活性, 增强其抗冷性, 还有待于进一步研究。

## References

- Autio W R. 1991. Rootstocks affect ripening and other qualities of 'Delicious' apples. J. Am. Soc. Hort. Sci., 116: 378 - 382.
- Bavaresco M, Fregoni M, Frascini P. 1991. Investigations on iron uptake and reduction by excised roots of different grapevine rootstocks and *V. vinifera* cultivar. Plant Soil, 130: 109 - 113.
- Bowler C, van Montagu M V, Inze D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 43: 83 -

116

- Bulder H A M, van Hasselt P R, Kuiper P J C, Speek E J, den Nijs A P M. 1990. The effect of low root temperature on growth and lipid composition of low temperature tolerant rootstock genotypes for cucumber. *J. Plant Physiol*, 138: 661 - 666.
- Cadenas E. 1989. Biochemistry of oxygen toxicity. *Annu. Rev. Biochem.*, 58: 79 - 110.
- Dagnar Prochazkova, Sairam R K, Srivastava G C, Singh D V. 2001. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Science*, 161: 765 - 771.
- Dina Klug, Joseph Rabani. 1972. A direct demonstration of the catalytic action of superoxide dismutase through the use of pulse radiolysis. *The Journal of Biological Chemistry*, 247 (15): 4839 - 4842.
- Elstner E F, Oswald W. 1994. Mechanism of oxygen activation during plant stress. *Proc. Roy. Soc. Edinburg*, 102B: 131 - 154.
- Hodges D M, Andrews C J, Johnson D A, Hamilton R I. 1997. Antioxidant enzyme and compound responses to chilling stress and their combining abilities in differentially sensitive maize hybrids. *Crop Sci*, 37: 857 - 863.
- Hussein I S, Slack D C. 1994. Fruit diameter and daily fruit growth rate of three apple cultivars on rootstock-scion combinations. *HortSci*, 29: 79 - 81.
- Jahnke L S, Hull M R, Long S P. 1991. Chilling stress and oxygen metabolizing enzyme in *Zea mays* and *Zea diploperennis*. *Plant Cell Envir*, 14: 97 - 104.
- Mei Guang-quan, Ying Hui-fang. 2003. Chemical behavior and biological effect on trace elements among three superoxide dismutases. *Studies of Trace Elements and Health*, 20 (5): 59 - 62. (in Chinese).
- 梅光泉, 应惠芳. 2003. 超氧化物歧化酶中微量元素的化学行为和生物学功效. *微量元素与健康研究*, 20 (5): 59 - 62.
- Miyake C, Asada K. 1994. Ferredoxin-dependent photoreduction of the monodehydroascorbate radical in spinach thylakoids. *Plant Cell Physiol*, 35: 539 - 549.
- Nowak B. 1999. Accumulation of metals in the teeth of inhabitants of two towns in the south of Poland. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 12: 211 - 216.
- Prasad T K, Anderson M D, Martin B A, Steward C R. 1994. Evidence for chilling induce oxidative stress in maize seedlings and regulatory role for hydrogen peroxide. *Plant Cell*, 6: 65 - 74.
- Proebsting W M, Hedden P, Lewis M J, Croker S J, Proebsting L N. 1992. Gibberellin concentration and transport in genetic lines of pea. *Plant Physiol*, 100: 1354 - 1360.
- Queiroz C G S, Alonso A, Mares-Guia M, Magalhaes A C. 1998. Chilling-induce changes in membrane fluidity and antioxidant enzyme activities in *Coffea arabica* L. roots. *Biol. Plant*, 41: 403 - 413.
- Rivero R S, Ruiz J M, Sánchez E, Romero L. 2003. Does grafting provide tomato plants an advantage against  $\text{H}_2\text{O}_2$  production under conditions of thermal shock? *Physiologia Plantarum*, 117: 44 - 50.
- Romera F J, Alcantara E, Dela Guardia M D. 1991. Characterization of the tolerance to iron chlorosis in different peach rootstocks grown in nutrient solution. I. Effect of bicarbonate and phosphate. *Plant Soil*, 130: 115 - 119.
- Ruiz J M, Belakbir A, Romero L. 1996. Foliar level of phosphorus and its bioindicators in *Cucumis melo* grafted plants. A possible effect of rootstocks. *J. Plant Physiol*, 149: 400 - 404.
- Ruiz J M, Belakbir A, Ragala L, Romero L. 1997. Response of plant yield and leaf pigments to saline conditions: the effectiveness of different rootstocks in melon plants (*Cucumis melo* L.). *Soil Sci. Plant Nutr*, 43: 855 - 862.
- Ruiz J M, Romero L. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. *Scien. Hort.*, 81: 113 - 123.
- Salin M L. 1989. Toxic oxygen species and protective system of the chloroplast. *Physiol. Plant*, 72: 681 - 689.
- Sandalio L M, Palma J M, del Rio L A. 1987. Localization of manganese-superoxide dismutase in peroxisomes isolated from *Pisum sativum* L. *Plant Sci*, 51: 1 - 8.
- Scandalios J G. 1993. Oxygen stress and superoxide dismutases. *Plant Physiol*, 101: 7 - 12.
- Scobbba F, Sebastiani L, Vitagliano C. 1998. Changes in activity of antioxidative enzymes in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings under cold acclimation. *Physiol. Plant*, 104: 747 - 752.
- Shaalit Y, Gressel J. 1986. Multienzyme oxygen radical detoxification system correlation with paraquat resistance in *Coniza bonariensis*. *Pest Biochem. Physiol*, 26: 22 - 28.
- Shi Y, Byrne D H, Reed D W, Loeppert R H. 1993. Iron chlorosis development and growth response of peach rootstock to bicarbonate. *J. Plant Nut*, 16: 1039 - 1046.
- Walker M A, McKersie B D. 1993. Role of the ascorbate-glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. *J. Plant Physiol*, 141:

234 - 239.

Yu Xian-chang, Xing Yu-xian, Ma Hong, Wei Min 1997. Study on low temperature tolerance in grafted cucumber seedlings. *Acta Horticulturae Sinica*, 24 (4): 348 - 352. (in Chinese)

于贤昌, 邢禹贤, 马 红, 魏 珉. 1997. 黄瓜嫁接苗抗冷特性研究. *园艺学报*, 24 (4): 348 - 352.

Yu Xian-chang, Xing Yu-xian, Ma Hong, Wei Min 1998. Effect of different rootstocks and scions on chilling tolerance in grafted cucumber seedlings. *Scientia Agricultura Sinica*, 31 (2): 41 - 47. (in Chinese)

于贤昌, 邢禹贤, 马 红, 魏 珉. 1998. 不同砧木与接穗对黄瓜嫁接苗抗冷性的影响. *中国农业科学*, 31 (2): 41 - 47.

## ‘万源花魔芋’

刘佩瑛<sup>1</sup>, 孙远明<sup>2</sup>, 张盛林<sup>1</sup>, 苏承刚<sup>1</sup>, 张兴国<sup>1</sup>, 刘朝贵<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>西南大学园艺园林学院, 重庆 400716; <sup>2</sup>华南农业大学食品学院, 广州 510642)

### A New Cultivar of *Amorphophallus konjac* K. Koch ‘Wanyuan Hua Moyu’

LIU Pei-ying<sup>1</sup>, SUN Yuan-ming<sup>2</sup>, ZHANG Sheng-lin<sup>1</sup>, SU Cheng-gang<sup>1</sup>, ZHANG Xing-guo<sup>1</sup>, and LIU Chao-gui<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture and Landscape, Southwest University, Chongqing 400716, China; <sup>2</sup>College of Food Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

关键词: 魔芋; 品种

中图分类号: S 632.9; S 539 文献标识码: B 文章编号: 0513-353X (2007) 04-0900-01

中国栽培的魔芋尚在“种 (Species)”的层次, 历史上以花魔芋 (*Amorphophallus konjac* K. Koch) 种为主, 1984年以后逐渐增加了白魔芋 (*Amorphophallus albus* Liu et Chen sp. nov.) 种。20世纪 80年代后期在调查搜集全国魔芋种质资源的基础上, 从各地花魔芋农家品种中选出 15 个进行 4 年品比试验和区域试验, 优选出‘万源花魔芋’, 其产量高, 品质好, 抗病性较强, 1993 年通过四川省农作物品种审定委员会审定, 已成为大巴山区的主导品种。

‘万源花魔芋’生长势强, 叶绿色, 三全裂, 裂片羽状分裂或二次羽状分裂, 或二歧分裂后再羽状分裂, 最后的小裂片呈长圆形而锐尖。叶柄具粉底黑斑。3 年生植株高 86.5 cm, 叶柄长 46.7 cm, 叶柄直径 2.7 cm, 开张度 70.9 cm。球茎近圆形, 表皮黄褐色, 有黑褐色小斑点, 球茎内部组织白色。从出苗到成熟倒苗约 135 d, 偏晚熟。平均产量 29 659.5 kg/hm<sup>2</sup>, 比对照‘屏山花魔芋’增产 15.21%。鲜魔芋含干物质 20.5% ~ 21.3%, 干物质中含葡甘聚糖 58.7% ~ 59.2%, 品质好。抗病性优于对照, 软腐病和白绢病的发病率均低于对照品种。

‘万源花魔芋’适宜在四川盆围山区海拔 500 ~ 1 300 m 的区域种植。1. 适时播种: 4 月中旬到 5 月上旬选晴天播种。2. 精选种芋并避免碰伤: 播前严格挑除带病带伤种芋, 各种操作及运种环节均需轻拿轻放, 严禁碰伤种芋。3. 合理施肥: 下种前重施底肥, 包括各种腐熟农家有机肥 75 000 kg/hm<sup>2</sup>, 长效复合肥 750 kg/hm<sup>2</sup>, 播种时种肥隔离。4. 合理密植: 50 ~ 100 g 的种芋密度为 45 000 株/hm<sup>2</sup>, 100 ~ 250 g 的种芋密度为 30 000 株/hm<sup>2</sup>, 250 ~ 500 g 的种芋密度为 15 000 株/hm<sup>2</sup>。5. 田间管理: 高畦排水, 魔芋出土后及时除草、追施提苗肥和培土、厢面盖草, 并将 1 000 万单位农用链霉素兑水 150 kg 灌窝, 或兑水 20 kg 喷施魔芋叶面, 预防软腐病。田间适当种植玉米遮荫。6. 采挖: 10 月底选晴天采挖, 商品芋及时销售。需注意保护种芋避免挖收时碰伤, 精选种芋, 作好通风透气预处理和后期越冬保温贮藏工作。

收稿日期: 2007 - 04 - 23; 修回日期: 2007 - 07 - 05

基金项目: 农 75-01-04-06 魔芋新品种选育专题