

Ca²⁺对水分胁迫下番木瓜若干生理指标的影响

黄建昌, 肖艳, 周厚高

(仲恺农业技术学院园艺系, 广东广州 510225)

摘要: 研究了水分胁迫下 Ca²⁺ 对提高番木瓜(穗中红)幼苗抗旱性的影响。结果表明, 用 0.5~2.5 mmol/L 的 CaCl₂ 喷施番木瓜幼苗, 能有效提高其叶片可溶性糖含量和 POD 及 SOD 活性, 降低相对电导率, 减缓叶绿素的分解。CaCl₂ 处理对 Chl. a 的保护效果显著, 而对 Chl. b 则无明显影响。其中以 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 对提高番木瓜幼苗的抗旱性效果最好。

关键词: 番木瓜; CaCl₂; 水分胁迫; 相对电导率; POD; 叶绿素

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2004)04-0373-03

Effect of Ca²⁺ on some physiological characteristics of *Papaya* under water stress

HUANG Jian-chang, XIAO Yan, ZHOU Hou-gao

(Zhongkai Agrotechnical College, Guangzhou 510225, China)

Abstract: *Papaya* (*Carica papaya* L.) seedlings were sprayed with CaCl₂ (0.5~2.5 mmol/L) before water stress. The results showed that CaCl₂ pre-treatment before water stress could increase POD and SOD activity and soluble sugar content, alleviative cell membrane leakage and chlorophyll decomposition. CaCl₂ treatment effect on protection to Chl. a was obvious but ineffective to Chl. b. Among the treatments the effect of CaCl₂ treatment with 1.5 mmol/L was the best.

Key words: *Carica papaya* L.; CaCl₂; water stress; relative electrical conductivity; POD; chlorophyll

番木瓜(*Carica papaya* L.)作为一种热带亚热带草本果树,在华南地区广泛栽培,具叶面积大、根系分布浅、对水分要求严格的特点,在丘陵地带栽培时干旱胁迫的影响明显,甚至产生伤害。有关植物的干旱伤害在其它作物中已有较多报道(许长成等, 1993; 蒋明义等, 1994; 黄建昌等, 1996; 康国章等, 2002)。钙是植物生长发育所必需的一种大量营养元素,具有稳定和细胞质膜结构和功能的作用(关军锋等, 2001)。相关研究证明,钙也是植物体内重要的信号传递物质,参与干旱信号的传递,能够有效地提高保护酶系统 POD 及 SOD 活性,对增强植物抗逆性具一定的作用(康国章等, 2002; 关军锋等, 2001; Shinozaki 和 Yamaguchi, 1997)。因此, Ca²⁺

与植物抗旱性研究的研究成为新的热点。但在提高番木瓜的抗逆性应用研究方面尚未见报道。本研究采用 CaCl₂ 喷洒番木瓜幼苗的方法,研究其对番木瓜抗旱性的影响及其机理,为生产应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

选用广东省广泛栽培的番木瓜品种穗中红为试材。取长势均匀的 5 叶苗进行盆栽,每盆 2 株,每处理 30 株,3 次重复。待其生长正常后,用浓度分别为 0.5、1.5、2.5 mmol/L 的 CaCl₂ 喷洒至叶片滴水,另以喷清水为对照(CK),后转入盛有浓度为 10

收稿日期: 2003-10-17 修订日期: 2004-03-12

作者简介: 黄建昌(1963-),男,江西瑞金人,副教授,在职博士生,主要从事园艺植物抗性研究。

~3 mol/L 的 PEG(聚乙二醇 6000)溶液的培养盆中进行水分渗透胁迫处理。试验期间温度为 30 °C 左右。

1.2 测定方法

可溶性糖含量的测定用蒽酮法(张志良,1980),过氧化物酶(POD)活性用愈创木酚法(张志良,1980),SOD 活性用王爱国(1983)的方法,细胞质膜透性用黄建昌等(1996)所述方法测定,叶绿素含量用 Arnon 法。

2 结果与分析

2.1 CaCl₂ 处理对番木瓜叶片细胞质膜透性的影响

细胞质膜透性是反映植物干旱伤害的一种较敏感指标。如表 1 所示,在水分渗透胁迫处理下,番木

瓜幼苗叶片的相对电导率开始缓慢上升,处理的第二天后,则显著地随处理时间的延长而增大,到处理结束时,相对电导率上升了 701.1%。经 CaCl₂ 处理后,相对电导率明显降低,其中以浓度为 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理效果最为显著,提示 CaCl₂ 有降低电解质外渗的效应,从而保护膜系统,减轻干旱引起的伤害。浓度为 0.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理在胁迫初期也有一定保护效果,但第三天效果甚微。

2.2 CaCl₂ 处理对番木瓜叶片可溶性糖含量的影响

从表 1 可见,胁迫处理前 4 d 番木瓜幼苗叶片可溶性糖含量上升,上升幅度达 121.73%。但处理第五天可溶性糖含量有所下降。而经 CaCl₂ 处理后可溶性糖含量增长幅度明显提高,其中以浓度为 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理效果较为明显,2.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理次之,但差异并不显著。

表 1 CaCl₂ 对水份胁迫下番木瓜幼苗叶片细胞质膜透性和可溶性糖含量的影响
Table 1 The effect of CaCl₂ on relative electrical conductivity and soluble sugar content in leaves of *Papaya* seedlings under water stress

CaCl ₂ 浓度 Treatment (mmol/L)	细胞质膜透性 Relative electrical conductivity (%)					叶片可溶性糖含量 Soluble sugar content in leaves (%)						
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d
0.0(CK)	2.47Aa	4.35Aa	7.21Aa	10.76Aa	15.89Aa	20.01Aa	0.23Aa	0.29Aa	0.35Aa	0.48Aa	0.51Ab	0.48Bc
0.5	2.43Aa	2.79Bb	4.37Bb	10.25Aa	15.82Aa	20.11Aa	0.23Aa	0.30Aa	0.36Aa	0.47Aa	0.62Aa	0.70Ab
1.5	2.49Aa	2.75Bb	4.29Bb	6.37Bb	9.56Bb	12.39Bb	0.25Aa	0.32Aa	0.39Aab	0.51Aa	0.67Aa	0.80Aa
2.5	2.44Aa	2.97Bb	4.57Bb	7.82Bb	11.31Bb	14.56Bb	0.25Aa	0.33Aa	0.41Ab	0.50Aa	0.65Aa	0.75Aab

注:同期不同处理间比较,大写字母代表 0.01 差异水平,小写字母代表 0.05 差异水平,以下各表同。

Note: Compare among the treatments at the same time. A, B and a, b represents significance at 0.01 and 0.05 levels, respectively. The same as follows.

表 2 CaCl₂ 处理对水份胁迫下番木瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响
Table 2 The effect of CaCl₂ treatment on chlorophyll content in leaves of *Papaya* seedlings under water stress (mg/gF. W.)

CaCl ₂ 浓度 Treatment (mmol/L)	0 d		1 d		2 d		3 d		4 d		5 d	
	Chl. a	Chl. b	Chl. a	Chl. b	Chl. a	Chl. b	Chl. a	Chl. b	Chl. a	Chl. b	Chl. a	Chl. b
0.0(CK)	4.75	1.72	4.70	1.68	4.44b	1.64	3.92b	1.49	3.48b	1.42	3.03b	1.19
0.5	4.77	1.73	4.73	1.67	4.56ab	1.63	4.28a	1.52	3.91b	1.41	3.10b	1.21
1.5	4.74	1.72	4.73	1.67	4.69a	1.62	4.54a	1.50	4.27a	1.42	4.11a	1.18
2.5	4.73	1.71	4.71	1.65	4.61a	1.64	4.48a	1.51	4.19a	1.40	4.02a	1.20

2.3 CaCl₂ 处理对番木瓜叶片叶绿素含量的影响

随着水分胁迫的进行,番木瓜叶片的 Chl. a 和 Chl. b 含量均逐渐降低,初期下降较少,后期下降幅度增大(表 2)。这表明水分胁迫会导致叶绿素的降解,加速叶片的衰老。胁迫至第五天后,叶绿素总含量由对照的 6.47 mg/gF. W. 下降到 4.22 mg/gF. W.,降低了 34.7%,其中 Chl. a 的下降幅度(36.2%)要大于 Chl. b 的下降幅度(30.8%)。用

CaCl₂ 处理番木瓜叶色较浓绿,叶绿素含量维持在较高水平,其中以 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理效果最为显著,进一步分析叶绿素成分变化结果表明, CaCl₂ 对 Chl. a 的保护效果显著,而对 Chl. b 则无明显作用,提示 CaCl₂ 具有减缓 Chl. a 的降解作用。

2.4 CaCl₂ 处理对番木瓜叶片 POD 及 SOD 活性的影响

POD 和 SOD 是植物体内防护氧自由基伤害的重要酶系统。实验结果(表 3)表明,水分渗透胁迫

处理初期引起 POD 活性和 SOD 活性明显提高, 以后又逐渐下降, 其中 SOD 活性在处理第四天后下

降, 而 POD 活性在第五天后才下降, 反映出两种酶在水分胁迫时的表现有所不同。CaCl₂ 处理可以在

表 3 CaCl₂ 处理对水份胁迫下番木瓜幼苗叶片 POD 和 SOD (U. mg⁻¹ protein) 活性的影响

Table 3 The effect of CaCl₂ treatment on the leaf POD activity and SOD activity (U. mg⁻¹ protein) in leaves of *Papaya* seedlings under water stress

CaCl ₂ 浓度 Treatment (mmol/L)	POD 活性 POD activity (ΔA ₄₇₀ · U · min ⁻¹ · g ⁻¹)						SOD 活性 SOD activity (U · mg ⁻¹ protein)					
	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	0 d	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d
0.0 (CK)	2.56Bb	2.79Bb	3.23Ab	3.75Ab	4.01Ab	3.89Ab	1.174Ab	1.269Bb	1.407Ab	1.413Ab	1.325Bb	1.236Bb
0.5	2.61Ab	2.93Aa	3.40Ab	3.82Aab	4.05Aab	4.00Ab	1.238Aa	1.305ABb	1.426Ab	1.417Ab	1.383Bb	1.328Bb
1.5	2.77Aa	3.02Aa	3.75Aa	4.11Aa	4.21Aa	4.32Aa	1.259Aa	1.475Aa	1.532Aa	1.545Aa	1.614Aa	1.635Aa
2.5	2.75Aa	2.93Aa	3.56Ab	4.07Aa	4.11Aab	4.19Aab	1.246Aa	1.355ABb	1.468Aab	1.512Aa	1.531Aa	1.607Aa

一定程度上激活 POD 活性和 SOD 活性, 其中 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理激活能力最强。0.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理效果不太明显。

3 讨 论

水分胁迫引起植物的伤害, 已有较多报道, 普遍认为水分胁迫不仅引起植物体内水分含量下降, 还会使细胞内自由基产生和清除的平衡关系受到破坏, 旱境引起的自由基积累攻击膜系统, 导致膜脂过氧化, 使细胞相对电导率增大和叶绿素含量的降低而加速衰老过程(许长成等, 1993; 蒋明义等, 1994)。水分胁迫逆境所产生的氧自由基可诱导体内 POD 和 SOD 活性提高以清除氧自由基, 使植物体免受伤害, 这是植物自我保护能力的体现。Ca²⁺ 作为植物细胞内传递逆境信号的信息, 在干旱和低温等逆境伤害研究中已得到证实(康国章等, 2002; 关军锋等, 2001; Shinozaki 和 Yamaguchi, 1997; 张志良, 1980)。逆境胁迫可引起细胞内 Ca²⁺ 浓度的上升, 从而激活有关基因的表达(关军锋等, 2001; Shinozaki 和 Yamaguchi, 1997; 张志良, 1980; 王爱国, 1983; Monroy 等, 1993)。施用外源 Ca²⁺ 可增强抗低温胁迫能力(关军锋等, 2001)。可溶性糖是植物体内主要的渗透调节物质, 在细胞渗透调节作用中起重要作用(王中英, 2000)。发生水份胁迫时, 细胞内产生的渗透调节物质越多, 对植物的渗透调节越有利, 从而提高植物的抗旱能力(王中英, 2000)。本试验结果表明, 施用一定浓度的外源 Ca²⁺ 增强了番木瓜抵抗水分胁迫能力, 其中以浓度为 1.5 mmol/L 的 CaCl₂ 处理效果最为显著。通过有关指标分析, Ca²⁺ 可能是在逆境中通过激活 POD 和 SOD 等保护酶系统的活性, 以清除水分胁迫逆境所产生的

氧自由基来达到植物免受伤害的目的。同时 Ca²⁺ 能有效提高番木瓜体内的可溶性糖含量, 从而有效提高了其渗透调节能力, 增强其对水分胁迫的适应性。对于 Ca²⁺ 对 Chl. a 的保护效果显著, 而对 Chl. b 则无作用这一结果, 在其它研究(康国章等, 2002)中也证实, 但本试验认为有关的机理还需进一步研究。考虑到 CaCl₂ 是一种价格较为便宜的无公害的化学药剂, 使用浓度又低, 因此在农作物抗旱生产中具有较好的应用前景。

参考文献:

- 王中英. 2000. 果树抗旱生理[M]. 北京: 农业出版社, 36—42.
- 张志良. 1980. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 143—144, 151—157.
- Guang JF(关军锋), Li GM(李广敏). 2001. The relationships between Ca²⁺ and drought-resistance in plants(Ca²⁺ 与植物抗旱性的关系)[J]. *Chinese Bulletin of Botany*(植物学通报), 18(4): 473—478.
- Huang JC(黄建昌), Xiao Y(肖艳). 1996. Study on PP₃₃₃ increasing the drought resistance instawberry(PP₃₃₃ 提高草莓抗旱性研究)[J]. *J of Zhongkai Agrotechnical College* (仲恺农业技术学院学报), 1: 67—72.
- Jiang MY(蒋明义), Yang WY(杨文英), Xu J(徐江), et al. 1994. Osmotic stress-induced oxidative injury of rice seedlings(渗透胁迫诱导水稻幼苗的氧化伤害)[J]. *Acta Agronomica Sinica*(作物学报), 20(6): 373—375.
- Kang GZ(康国章), Tao J(陶均), Sun GC(孙谷畴), et al. 2002. Physiological effect of H₂O₂ and Ca²⁺ on cold-stressed banana seedling(H₂O₂ 和 Ca²⁺ 对受低温胁迫香蕉幼苗抗冷性的影响)[J]. *Acta Horticulturae Sinica*(园艺学报), 29(2): 119—122.
- Monroy AF, Salan F, Dhindsa RS. 1993. Cold-induced changes in freezing tolerance, protein phosphorylation, and gene expression evidence for a role of calcium[J]. *Plant Physiol*, 102: 1 227—1 234.

(下转第 382 页 Continue on page 382)

