

# 香蕉冷害过程叶片抗坏血酸含量 及过氧化氢酶活性的变化

王泽槐 梁立峰

(华南农业大学园艺系, 广州, 510642)

**摘要** 在人工气候室中通过人工降温使香蕉及大蕉受低温胁迫。在气温降至 1℃ 时香蕉植株出现冷害而大蕉植株仍生长正常。香蕉在冷害过程中, 叶片中抗坏血酸含量明显下降。大蕉在低温胁迫过程中, 叶片中的抗坏血酸含量一直高于香蕉且降幅很微。香蕉及大蕉的过氧化氢酶活性在温度从 10℃ 降至 4℃ 时有增强的趋势, 继续降温时则下降。但大蕉叶片中过氧化氢酶的活性在整个低温胁迫过程均高于香蕉。自然越冬过程田间大蕉叶片中抗坏血酸含量及过氧化氢酶活性均明显高于香蕉。本文对香蕉、大蕉的耐冷能力与抗坏血酸含量及过氧化氢酶活性的关系进行了讨论。

**关键词** 香蕉; 温度; 抗坏血酸; 过氧化氢酶

**中图分类号** S 668.101

我国的香蕉主要种植在亚热带地区。这些地区的香蕉在冬春常因寒潮的侵袭而产生冷害。轻则叶、果受伤而减产, 重则整株死亡而失收。香蕉是华南地区非常重要的水果。因而, 研究香蕉冷害问题在理论上及实践上都具有重要意义。

国内外关于香蕉植株的冷害机理的报告尚少。Shmueli(1960), 黄晓钰等(1982), 刘星辉等(1990) 分别从香蕉叶片组织结构、膜透性、光合、呼吸、蒸腾等生理作用及某些代谢物质的变化等角度研究过香蕉冷害问题。现代的研究表明, 植物在逆境条件下出现的伤害可能涉及到活性氧的毒害作用, 植物体需要酶促的和非酶促的两类防御系统来保护其机体不受伤害(王建华等, 1989; 曹锡清, 1986; Monk et al, 1989)。梁立峰等(1994)用抗冷能力强的大蕉作对照, 研究香蕉与大蕉抗冷能力的差异与属于酶促防御系统的过氧化物酶的关系。发现大蕉过氧化物酶的活性在低温胁迫过程明显高于香蕉, 而且过氧化物酶的同工酶谱的反映也不同。初步认为大蕉具有较强的抗冷能力与其有较强的过氧化物酶活性有关。本文报告香蕉及大蕉叶片抗坏血酸含量及过氧化氢酶活性在低温胁迫过程中的变化动态。从中了解香蕉与大蕉抗冷能力的差异与属于酶促防御系统的过氧化氢酶的活性及属于非酶促防御系统的抗坏血酸的含量的关系。为研究提高香蕉抗冷能力的农业措施及培育抗冷香蕉品种提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料及低温处理

本文研究人工降温过程及 1992 ~ 1993 年冬季自然越冬过程产生的低温胁迫对香蕉

1993-10-02 收稿

\*国家自然科学基金资助项目

(*Musa* AAA Group CV. Dazhong Gaoba) 及大蕉 (*Musa* ABB Group CV. Aiba Dajiao) 叶片中的抗坏血酸含量和过氧化氢酶活性的影响。

供人工降温过程生理指标测定的植株是盆栽香蕉及大蕉的试管苗。实验时苗高约 1 m, 长势一致, 心叶呈圆筒状, 心叶下第一片叶的叶龄基本一致。香蕉及大蕉各 3 株在人工气候室 (Conviron PGA 36. 加拿大产) 中按表 1 所示的程序进行降温。配合这次降温过程的光照条件为 7:00~9:00, 4 000 lx; 9:00~16:00, 8 000 lx; 16:00~18:00, 4 000 lx; 18 时至次日 7 时为黑暗。相对湿度维持在 75%~85%。

表 1 本实验采用的人工降温程序

℃

时 序	处 理 日 序									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:00	-	16	14	12	10	8	6	4	2	1
7:00	18	14	12	10	8	6	4	4	2	1
13:00	20	18	16	14	12	10	8	8	4	-
18:00	18	16	14	12	10	8	6	4	2	-

供自然越冬过程上述生理指标测定的植株从华南农业大学园艺系香蕉试验园的田间香蕉及大蕉里选择。从 1992 年 11 月到 1993 年 1 月在明显的已对香蕉产生伤害的 3 次寒潮过后各选 3 株株高约 1.7m, 长势一致, 心叶呈圆筒状, 心叶下第一片叶叶龄基本一致的植株为采样植株。

## 1.2 抗坏血酸含量的测定

抗坏血酸的测定按 Jones 和 Hughesw(1983) 的方法进行。自然越冬过程抗坏血酸含量的测定在冬季每次较明显的寒潮过后对田间试验植株采样进行分析。人工降温过程抗坏血酸含量的测定在温度达到 8.4,1℃ 时分别对人工气候室中盆栽植株采样进行分析。采样部位为除心叶外的第 1 片叶的中部。采样时间均为早上 7:00。

## 1.3 过氧化氢酶活性的测定

过氧化氢酶活性的测定参考 Luck(1963) 的方法进行。自然越冬过程过氧化氢酶活性的测定也在冬季每次较明显的寒潮过后进行。人工降温过程过氧化氢酶活性的测定在温度达到 10.4,1℃ 时进行。采样部位及时间与抗坏血酸的测定同。

# 2 实验结果

## 2.1 人工降温过程的伤害效果

在本次人工降温过程中, 当温度到达 4℃ 时, 盆栽香蕉叶片幼嫩部分出现个别灰褐斑。当温度降到 1℃ 时, 香蕉叶片出现水烫状褐斑, 植株呈现萎蔫状态。显示所采用的降温条件可以使香蕉叶片产生冷害。但这种人工降温过程并未使大蕉叶片出现冷害症状, 植株生长正常。这表明大蕉具有较强的抗冷能力。

## 2.2 人工降温过程抗坏血酸含量的变化

图 1 示香蕉和大蕉在人工降温过程, 叶片中抗坏血酸含量的变化。如前所述, 香蕉在实验中因降温而出现冷害。在这个过程中, 叶片中抗坏血酸含量有明显的下降。但没有出现冷害的大蕉, 其叶片中抗坏血酸的含量仅有很微的下降。而且, 大蕉叶片中抗坏血酸含量在整个低温胁迫过程均明显高于香蕉。即使在 1℃ 时, 仍比香蕉叶片中抗坏血酸含量最高时

高。

### 2.3 人工降温过程中过氧化氢酶活性的变化

人工降温过程中香蕉和大蕉叶片中过氧化氢酶活性的变化如图 2 所示。图中表明,在低温胁迫过程中,大蕉叶片中的过氧化氢酶活性一直明显高于香蕉。当温度从 10℃ 降至 4℃ 时,香蕉及大蕉叶片中的过氧化氢酶活性均呈增强趋势。当温度从 4℃ 继续降至 1℃ 时,两种蕉的叶片过氧化氢酶活性均明显减弱。但大蕉叶片过氧化氢酶活性减弱后仍比香蕉叶片过氧化氢酶活性最强时强。

### 2.4 自然越冬过程抗坏血酸含量的变化

表 2 示 1992 年冬到 1993 年春的冬季 3 次主要寒潮的降温情况,虽然第一次寒潮的温度没降得很低,但因为是首次急降温,已给香蕉叶片,特别是嫩叶带来伤害。3 次寒潮中,以最后一次强度最大,持续

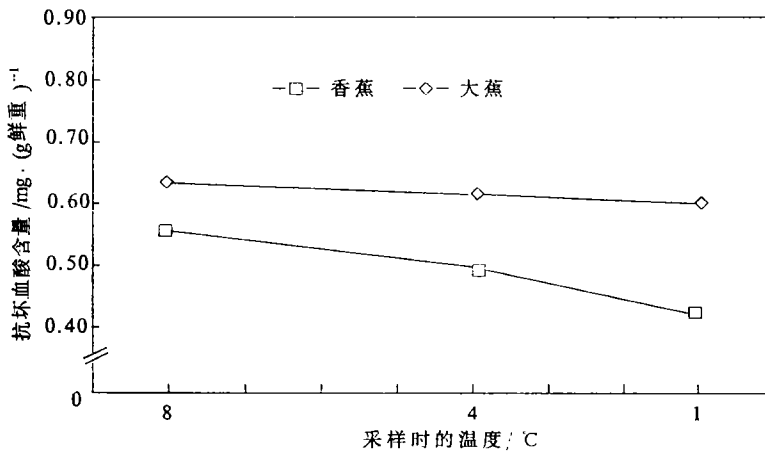


图 1 低温胁迫过程香蕉、大蕉叶片中抗坏血酸含量的变化

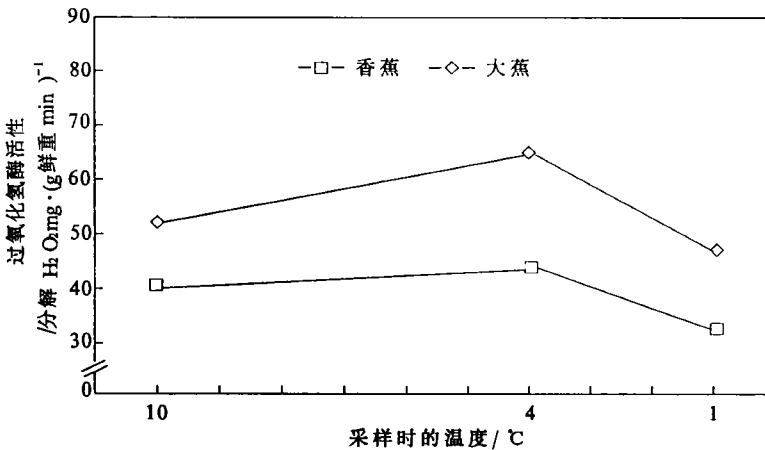


图 2 低温胁迫过程香蕉、大蕉叶片中过氧化氢酶活性的变化

表 2 1992 年冬~ 1993 年春 3 次主要寒潮的降温情况<sup>(1)</sup>

日期 (1992 年 11 月)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均温度/℃	21.8	22.3	22.6	23.0	22.8	19.8	16.2	14.4	15.0	16.4
最低温度/℃	16.7	18.0	18.4	18.9	19.0	18.2	14.1	9.7	9.8	10.4
日期 (1992 年 12 月)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
平均温度/℃	21.8	21.6	20.7	20.4	19.7	19.9	18.9	16.0	11.8	11.4
最低温度/℃	17.2	18.3	16.7	16.1	17.0	17.2	18.8	11.0	9.9	6.4
日期 (1993 年 1 月)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
平均温度/℃	5.3	4.2	5.7	5.0	5.7	6.2	5.4	5.5	8.0	9.8
最低温度/℃	3.4	2.7	2.7	3.7	4.6	4.9	4.9	4.8	4.0	3.5

(1)资料来源:华南农业大学气象教研室

时间最长。图 3 示 3 次寒潮过后香蕉及大蕉叶片中的抗坏血酸含量状况。图中表明,越冬期大蕉叶片的抗坏血酸含量一直保持着较高的含量。即使经历了 1993 年 1 月的长时间强冷天气,大蕉叶片仍保持很高的抗坏血酸含量。香蕉叶片中抗坏血酸含量一般较大蕉的低。在 1992 年 11 月及 12 月分别为大蕉含量的 65% 和 68%。经历了 1993 年 1 月的长时间强冷于天气以后仅为大蕉含量的 49%。

## 2.5 自然越冬过程过氧化氢酶活性的变化

图 4 示 1992 年冬到 1993 年春 3 次主要寒潮过后香蕉及大蕉叶片中的过氧化氢酶活性状况。3 次测定的结果表明,越冬期香蕉叶片中的过氧化氢酶活性大大弱于大蕉。在第 2 次及第 3 次寒潮过后香蕉的过氧化氢酶活性很弱,分别为大蕉活性的 23% 及 24%。大蕉叶片中的过氧化氢酶活性在前 2 次寒潮过后均很强。受第 3 次寒潮的长时间强冷天气的影响,第 3 次测得的过氧化氢酶活性有所降低,但这时仍高于香蕉在 11 月寒潮过后的过氧化氢酶活性。

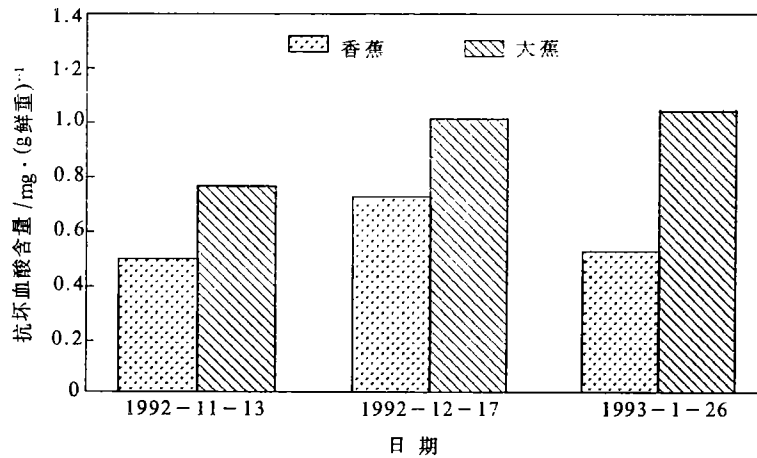


图 3 越冬期香蕉、大蕉叶片抗坏血酸的含量

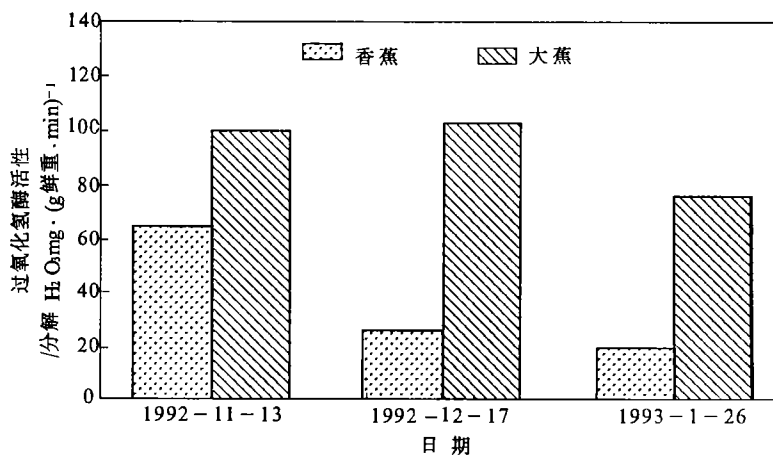


图 4 越冬期香蕉、大蕉叶片过氧化氢酶的活性

## 3 讨论

植物细胞在逆境条件下会出现活性氧代谢的紊乱。活性氧如超氧化物自由基 ( $O_2^-$ )、过氧化氢 ( $H_2O_2$ )、氢氧自由基 ( $HO\cdot$ )、单线态氧 ( $^1O_2$ ) 等的产量增加。活性氧能够引起膜系统的脂质过氧化而使膜受损伤。需氧有机体可以通过酶促的或非酶促的抗氧化防御系统来清除体内过多的活性氧,以保证有机体不受伤害(王建华等, 1989; 曹钰清, 1986; Monk et al, 1989)。

曾韶西等(1987)发现随着低温时间的增长或低温程度的增强,水稻幼苗的抗坏血酸含量逐渐下降。本文的实验显示,易遭受冷害的香蕉也有类似的现象。在人工降温过程中,香蕉叶片中抗坏血酸含量随着温度的降低而明显下降;在自然越冬期,叶片中的抗坏血酸含量也较低。但是,具有较强抗冷能力的大蕉无论在人工降温过程中还是自然越冬过程中,叶片中均具有并且一直保持着较高的抗坏血酸含量。抗坏血酸是一种低分子量的抗氧化剂,普

遍存在于植物体内。有研究证明,抗坏血酸能清除多种活性氧(曾韶西等,1987)。据此可以初步认为,大蕉抗冷能力强与它在逆境中体内具有较高的抗坏血酸含量,能有效地清除活性氧有关。而香蕉易遭冷害与它的抗坏血酸含量低而且会随着温度下降而减少,清除活性氧的能力降低有关。

陈贻竹等(1988)曾观察到低温使冷敏感植物水稻、黄瓜和玉米中的过氧化氢酶活性下降,而抗冷性强的豌豆的活性反而稍有上升的趋势。在冷敏感植物叶片中的过氧化氢酶活性为低温所抑制的同时,还观察到过氧化氢水平在低温下稳定或有所增加。过氧化氢可以直接地或通过其他途径对细胞结构产生伤害作用(陈贻竹等,1988)。因此,植物细胞在低温胁迫过程中能保持较高的过氧化氢酶活性是很重要的。本文的人工降温实验表明,在低温胁迫初期,香蕉和大蕉叶片中过氧化氢酶的活性呈增加趋势,显示其中存在抗冷锻炼的可能。也就是说,试图通过提高过氧化氢酶的活性来清除叶片中积累的有毒物质,以便适应已经到来的逆境。梁立峰等(1994)在研究香蕉冷害过程中过氧化物酶的变化时也观察到相似的现象。但随着温度的进一步下降,它们的过氧化氢酶活性不但不再增加反而降低下来。这可能与进一步的低温对过氧化氢酶有破坏作用或对其活性有抑制作用有关。这也与梁立峰等(1994)在过氧化物酶上的研究相似。本文实验结果还显示,在整个低温胁迫过程中大蕉叶片中的过氧化氢酶活性均比香蕉高。在自然越冬期也是这样,每次寒潮后大蕉叶片中的过氧化氢酶活性均明显高于香蕉。据此可以认为,大蕉抗冷能力强与它在逆境中体内具有较强的过氧化氢酶活性,能有效地清除过氧化氢有关。

鉴于蕉类的抗冷能力与抗坏血酸含量及过氧化氢酶活性有关。这两项生理指标可在香蕉抗冷育种中用于筛选抗冷株系。由于抗坏血酸比较容易测定,而抗冷能力强者一般保持较高的抗坏血酸含量,建议作筛选抗冷株系工作时以一定低温条件(如10℃)的抗坏血酸含量为主要鉴定指标。

#### 参 考 文 献

- 王建华,刘鸿先,徐同.1989.超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用.植物生理学通讯,(1):1~7
- 刘星辉,王宏华,蔡建明,等.1990.香蕉叶片组织细胞结构和生理特征与耐寒性的关系.福建农学院学报,19(2):181~185
- 陈贻竹,帕特森 B.1988.低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化氢水平的影响.植物生理学报,14(4):323~328
- 黄晓钰,季作棟,李沛文.1982.香蕉冷害征状及生理指标和有效防寒措施研究.华南农学院学报,3(4):1~12
- 梁立峰,王泽槐,周碧燕,等.1994.低温及多效唑对香蕉叶片过氧化物酶及其同工酶的影响.华南农业大学学报,15(3):65~70
- 曾韶西,王以柔,刘鸿先.1987.低温胁迫对水稻幼苗抗坏血酸含量的影响.植物生理学报,13(4):365~370
- 曹锡清.1986.脂质过氧化对细胞与机体的作用.生物化学与生物物理进展,(2):17~23
- Jones E, Hughes R E. 1983. Foliar ascorbic acid in some angiosperms. *Phytochemistry*, 22: 2493~2499
- Luck N. 1963. Catalase. In: Bergmeyer N U, eds. *Methods of enzymatic analysis*. Weinheim:

Verlag Chemie, 885 ~ 894

Monk L S, Faferstedt K V, Crawford M M. 1989. Oxygen toxicity and superoxide dismutase as an antioxidant in physiological stress. *Physiologia Plantarum*, 76: 456 ~ 459

Shmueli E. 1960. Chilling and frost damage in banana leaves. *Bull Res Coun Israel Sect D*, 80: 225 ~ 238

## CHANGES OF ASCORBIC ACID AND CATALASE ACTIVITY OF BANANA LEAVES DURING THE OCCURRENCE OF CHILLING INJURY

Wang Zehuai Liang Lifeng

(Dept. of Horticulture, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

### Abstract

Potted banana (*Musa* AAA group CV. Dazhong Gaoba and *Musa* ABB group CV. Aiba Dajiao) plants suffered from low temperature stress caused by the artificial lowering of temperature in the phytotron. Chilling injury occurred in AAA banana plants when air temperature went down to 1 °C, while ABB banana grew normally under this temperature. The ascorbic acid content of AAA banana leaves decreased obviously during the occurrence of chilling injury. The ascorbic content of ABB banana leaves remained higher than that of AAA banana and decreased slightly in the process of low temperature stress. Catalase activity in the leaves of both bananas increased when the temperature lowered from 10 °C to 4 °C, and then decreased when the temperature lowered further. But catalase activity in ABB banana leaves were consistently higher than that of AAA banana leaves in the whole process of low temperature stress. The contents of ascorbic acid and the activity of catalase of field-grown ABB banana were consistently higher than those of field-grown AAA banana during the winter. The correlation between chilling injury resistance and the contents of ascorbic acid and the activity of catalase in AAA and ABB banana were discussed.

**Key words** banana; temperature; ascorbic acid; catalase