

# 马占相思树苗对低温冻害的抗性研究

徐位力<sup>1</sup>, 苏开君<sup>1</sup>, 王光<sup>1</sup>, 王伟平<sup>1</sup>, 江平<sup>2</sup>, 马红岩<sup>1</sup>

(1. 广州市林业科学研究所, 广东广州 510515; 2. 广东省农科院, 广东广州 510640)

**摘要:** 以盆栽马占相思 PNG17868 家系树苗为材料, 研究了低温胁迫下树苗生长发育有关的生理生化指标的变化及其抗冻害的关系。结果表明: 随着低温胁迫程度的加深和时间延长, 植株细胞电导率显著升高, 细胞膜 ATPase 活性呈下降趋势, 而可溶性糖、脯氨酸和可溶性蛋白质含量亦不断升高, 表现出耐寒植物较典型的生理特点, 说明该植物有明显的渗透调节能力和抗寒性。在零下低温(0~6℃)胁迫下, 植物细胞防御系统的保护酶类(CAT、POD、SOD)的活性先是升高, 然后有所下降, 但下降幅度不大。这表明了马占相思 PNG17868 家系对低温有较强的适应能力, 在温度日益降低(0~6℃)条件下体内保护酶仍能维持较高的活性水平, 减轻了由膜脂过氧化引起的膜伤害, 是植物提高抗寒性、免遭低温冻害的重要原因。

**关键词:** 马占相思; 抗寒性; 保护酶类

中图分类号: Q948.112; Q945.78 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2005)05-0489-05

## Study on the resistance of *Acacia mangium* to low temperature stress

XU Wei-li<sup>1</sup>, SU Kai-jun<sup>1</sup>, WANG Guang<sup>1</sup>,

WANG Wei-ping<sup>1</sup>, JIANG Ping<sup>2</sup>, MA Hong-yan<sup>1</sup>

(1. Guangzhou Forestry Research Institute, Guangzhou 510515, China; 2. Guangdong Agricultural Institute, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** The relationship between the anti-chilling ability of the plants and their physiological changes was studied in *Acacia mangium* PNG17868 clone suffered from temperature changes from 12℃ to -6℃. The results showed that the electrical conductivity of the cells increased obviously, and the activity of ATPase reduced. At the same time, the content of soluble sugar, proline and soluble protein increased. Under the temperature of 0~6℃, the activities of the protective enzymes, i. e. catalase(CAT), peroxidase(POD), and superoxidase(SOD), increased firstly and then decreased slightly. However, they still sustained in a relatively high level. This indicated that the plants of *Acacia mangium* PNG17868 clone had a relatively high adaptivity to cold stress.

**Key words:** *Acacia mangium*; anti-chilling ability; protective enzymes

低温冷害是限制植物自然分布和栽培区带的主要因素(李红元等, 1999), 低温影响植物的生长代谢, 引起相关生理指标变化。有许多报道(武惠肖等, 2000; 艾希珍等, 1999)指出耐寒性植物在低温胁迫下, 细胞膜渗透性、电导率、脯氨酸、水溶性糖、蛋

白质含量发生变化。植物经低温胁迫后体内很多酶的活性发生明显变化, 并且酶活性与抗寒性呈一定的相关性(李美茹等, 1997; 彭永康等, 1995; 刘鸿先等, 1981)。抗寒性强的植物在低温下, 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶

(POD)等保护酶系统仍能维持较高的活性水平,防止因冷害产生的毒害物质如活性氧化自由基的积累,减轻由膜脂过氧化所引起的伤害,增加机体的抗寒能力(李晶等,2000;彭永康等,1994)。

马占相思(*Acacia mangium*)是优良的造纸、防护、庭院绿化树种,具有较高的经济价值。选择耐寒性较强的家系成为目前降低栽培风险的主要措施之一,有关马占相思的抗寒机理还未见系统报道。本文通过对马占相思 PNG17868 家系对低温冻害引起的相关生理生化指标变化与抗寒性关系的研究,为引种栽培和抗寒育种提供理论依据和实践指导。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料及低温处理

本实验所用材料是马占相思 PNG17868 家系(简称 P 家系)树苗,由广州市科学研究所提供。试验材料盆栽。低温处理在人工气候室中进行。人工降温程序见表 1。光照时间:8:00~18:00,10 h·d<sup>-1</sup>。光照强度为 250  $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,湿度为 85%~95%,对照组于室外条件培植,室外平均温度为 20±2 °C。

各项检测项目采用随机设计,设 3 个处理组和 3 个对照组,每次处理设 3 个重复实验。在低温处理过程中,每 2 d 取样 1 次进行检测,采样时间均为 8:00,每次分别取低温处理组和对照组各 3 盆植株(每盆 1 株),取每棵植株的第 3 位至第 8 位叶状体(叶柄)进行各种分析。

### 1.2 测定方法

游离脯氨酸采用磺基水杨酸提取,酸性茚三酮显色,分光光度计比色法测定含量(张殿忠等,1990)。水溶性糖含量测定采用 3-二硝基水杨酸比色法(北京大学生物系生化教研室,1987)。电导率采用电导仪(DDS-11AGA 型)测定,以叶片杀死前的电导率占杀死后(全透性)电导率的百分数表示膜的相对透性(西北农业大学植物生理教研室,1987)。可溶性蛋白质含量测定参照 Bradford(1976)的考马斯亮蓝法,用牛血清蛋白作为标准。

酶液提取方法:称取 0.5 g 叶柄,用 5 mL 0.05 mol·L<sup>-1</sup>磷酸缓冲液(pH7.8)冰浴研磨,10 000 r/min 离心 20 min,收集上清液,进行蛋白质含量及各种酶活性测定。过氧化氢酶(CAT)的活性测定采用碘量法(北京农业大学食品系,1984),酶活性以 1

$\mu\text{g H}_2\text{O}_2/\text{protein} \cdot \text{min}$  表示。过氧化物酶(POD)的活性测定采用愈木酚法(高雯等,1991)测定,酶活性以  $\Delta\text{OD}_{470} \text{ mg}/\text{protein} \cdot \text{min}$  表示。超氧化物歧化酶(SOD)的活性测定采用 SOD 抑制氮蓝四唑(NBT)光化还原法(Giannoplitis, 1977),以抑制 NBT 光化还原 50% 为一个酶活性单位,酶活性以 U/mg protein·min 表示。ATP 酶(ATPase)活性测定采用孔雀石绿比色法(Lanzetta, 1979),酶活性以 ATPase 水解 ATP 生成无机磷的速率  $\mu\text{mol Pi}/\text{mg protein} \cdot \text{min}$  表示。

表 1 实验采用的人工降温程序<sup>1)</sup>

Table 1 The temperature reducing schedule in the experiment<sup>1)</sup>

日/月 Date/Month	天数(d) Number of day	温度 Temperature(°C)		
		8:00	14:00	18:00
2/28	0	12	10	8
2/29	1	6	4	4
3/1	2	4	4	4
3/2	3	2	0	0
3/3	4	0	0	0
3/4	5	0	0	0
3/5	6	0	0	0
3/6	7	0	0	0
3/7	8	0	-1	-2
3/8	9	-2	-2	-2
3/9	10	-2	-2	-2
3/10	11	-2	-2	-2
3/11	12	-2	-3	-4
3/12	13	-4	-4	-4
3/13	14	-4	-4	-4
3/14	15	-4	-4	-4
3/15	16	-4	-4	-5
3/16	17	-6	-6	-6
3/17	18	-6	-6	-6

<sup>1)</sup>2月28日8:00的温度(12 °C)为当天温度。

<sup>1)</sup>The temperature(12 °C)at 8:00 on February 28th was measured indoor.

## 2 结果分析

### 2.1 低温胁迫对 P 家系细胞质膜透性的影响

马占相思 P 家系幼苗收到低温胁迫后,无论是随胁迫程度的加深还是随胁迫时间的延长,叶柄细胞质膜的相对透性均表现出递增的趋势。试验结果表明,进一步降低温度使得细胞质膜受到冻害,电解质大量外渗。表 2 电导率的变化经方差分析表明,低温处理后植株的电导率极显著高于对照组( $P < 0.01$ )。说明随着温度逐渐下降,细胞有较显著的损伤。

### 2.2 低温胁迫对 P 家系脯氨酸含量的影响

当温度降至 0 °C, P 家系树苗叶柄脯氨酸含量

与对照组相比,不断增加。脯氨酸含量持续积累表明 P 家系树苗具有较强的渗透能力。表 2 脯氨酸含量的变化经方差分析表明,低温处理后植株的脯氨酸含量显著高于对照组( $P < 0.01$ )。

### 2.3 低温胁迫对 P 家系可溶性糖含量的影响

随着低温胁迫加深和时间的延长,马占相思 P

家系树苗可溶性糖含量稍微下降,然后持续增加。表 2 可溶性糖含量的变化经方差分析,低温处理后植株的可溶性糖含量显著高于对照组( $P < 0.01$ )。可见,可溶性糖也是植物体内一种重要的渗透调节物质。因此,马占相思 P 家系树苗在低温胁迫下可溶性糖含量持续积累,增强了其对低温冻害的抵抗能力。

表 2 低温处理对马占相思 P 家系的相对电导率、脯氨酸、可溶性糖和蛋白质含量影响的方差分析

Table 2 Variance analysis of the change of electrical conductivity, the content of proline, soluble sugar and protein in *Acacia mangium* under low temperature

项目 Items	变异来源 Source of variant	自由度(Df) Degree of freedom	平方和(SS) Sum squares	均方(MS) Mean square	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
相对电导率 Electrical conductivity	天数/温度间 Among days/temperatures	9	3326.5465	369.6163	1.147	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	6353.1866	6353.187	19.723	5.117	10.56
脯氨酸 Proline	天数/温度间 Among days/temperatures	9	24.7029	2.7448	0.1174	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	956.0679	956.0679	40.873	5.117	10.56
可溶性糖 Soluble sugar	天数/温度间 Among days/temperatures	9	18253.372	2028.152	1.0345	3.119	5.351
	处理间 Among treatments	1	39748.42	39748.42	20.275	5.117	10.56
蛋白质 Protein	天数/温度间 Among days/temperatures	9	17.3372	1.9264	3.753	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	2.2031	2.2031	4.292	5.117	10.56

### 2.4 低温胁迫对 P 家系可溶性蛋白质含量的影响

处理刚刚开始时可溶性蛋白质含量有一定波动。表 2 可溶性蛋白质含量经方差分析结果表明,经低温后植株的可溶性蛋白质含量与对照组比较没有显著差异( $P > 0.05$ ),但在低温处理期间,可溶性蛋白质含量大多高于对照组,这也有利于增强 P 家系树苗的抗寒性。

### 2.5 低温胁迫对 P 家系过氧化氢酶(CAT)活性的影响

与对照组相比,低温处理下 P 家系树苗 CAT 活性随着温度的降低而变化。先是逐渐上升,然后开始下降。经方差分析(表 3)表明,低温处理期间植株的 CAT 活性与对照组相比没有显著的差异( $P > 0.05$ ),但保持有较高的 CAT 活性,增强了细胞的保护能力。

表 3 低温处理对马占相思 P 家系的 CAT,POD,SOD,ATPase 活性变化方差分析

Table 3 Variance analysis of the changes of CAT,POD,SOD,ATPase activities in *Acacia mangium* under low temperature

酶 Enzymes	变异来源 Source of variant	自由度(Df) Degree of freedom	平方和(SS) Sum square	均方(MS) Mean square	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
CAT	天数/温度间 Among days/temperatures	9	63.9094	7.101	4.721	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	0.7488	0.7488	0.498	5.117	10.56
POD	天数/温度间 Among days/temperatures	9	1652.1802	183.5756	1.776	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	576.4159	576.4159	5.578	5.117	10.56
SOD	天数/温度间 Among days/temperatures	9	3646.1212	405.1246	3.739	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	559.0474	559.0474	5.16	5.117	10.56
ATPase	天数/温度间 Among days/temperatures	9	0.2218	0.0246	1.509	3.779	5.351
	处理间 Among treatments	1	0.1901	0.1901	11.663	5.117	10.56

### 2.6 低温处理对 P 家系过氧化物(POD)活性的影响

在低温处理下,P 树苗 POD 活性先是升高,然后随着低温胁迫程度加深而缓缓下降,实验结果表

明,-6 °C (18 d)、-4 °C (16 d) POD 活性下降幅度较小,表明树苗对低温冻害已有一定的抗性而使 POD 活性维持在较高水平,清除寒害产生的有毒物质对

细胞的伤害。方差分析(表 3)结果表明,低温处理后植株的 POD 活性显著低于对照组( $P < 0.05$ )。

## 2.7 低温处理对 P 家系超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响

最初温度下降的时候,与对照组相比,处理的 SOD 活性呈上升状态,说明 P 家系体内的保护酶 SOD 和 CAT、POD 一样,对温度有一个适应过程,具有一定的抗寒性。随着温度下降,SOD 活性有所下降但幅度不大,如下降到 $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (18 d),SOD 活性下降了 23.61%。而方差分析(表 3)结果表明,经低温处理的植株 SOD 活性没有显著低于对照组( $P > 0.05$ )。特别是随着温度进一步降低,SOD 活性下降幅度不大,这表明 P 家系树苗对低温冻害有较高的抗性。

## 2.8 低温处理对 P 家系 ATP 酶(ATPase)活性的影响

ATPase 是一种与细胞膜结合的酶,执行着内外离子传递的作用,而低温对树苗伤害首先从损伤膜的结构开始。所以,低温冻害的程度与 ATPase 活性下降呈一定的相关性。方差分析(表 3)结果表明,低温处理后植株的 ATPase 活性显著低于对照组( $P < 0.05$ )。

# 3 讨论

生物膜与植物寒害和抗寒性的密切关系已为许多试验结果所证实(简令成,1983;李美茹,1995;陆旺全等,2000;武惠肖等,2000)且寒害与细胞膜的半透性的破坏有关。电导率大小与组织受害的程度成正相关。在本实验中,随着低温胁迫程度加深和时间的延长,P 家系树苗叶柄细胞膜电解质的相对渗出率与对照组相比逐渐升高,表明低温冻害对树苗具有一定伤害。当温度下降时,P 家系树苗细胞膜 ATPase 活性下降。这也表明低温胁迫对 P 家系树苗的细胞膜有伤害作用。ATPase 变化与低温处理直接相关。ATPase 是一种与细胞膜相结合的功能蛋白,在低温胁迫下,植物细胞膜结构受到破坏而使 ATPase 活性下降(简令成等,1981;彭永康等,1994;Kasamo,1988),使细胞对物质主动吸收与运输功能降低,细胞的渗透调控降低,导致细胞内溶质外渗,结果引起机体内整个生理过程受到破坏。如果 ATPase 活性下降太严重,甚至丧失,那么就会导致机体死亡;如果 ATPase 活性下降,但仍保持一定活性,仍能维持细胞的正常功能,则植物具有一定的

抗寒性。可见,ATPase 活性与植物抗寒性具有密切关系。本实验结果表明,P 家系树苗对低温胁迫具有一定的适应性和抵抗性。

细胞膜是细胞对外界的屏障。当细胞面临环境的低温胁迫时,需要进行渗透调节以维持细胞内外渗透平衡,因此必然会使机体内参与渗透调节的物质如脯氨酸、糖、蛋白质等发生变化,从而避免冻害,提高植物抗寒能力。在本实验中,马占相思 P 家系树苗脯氨酸随着低温胁迫程度加深和时间延长,表现出持续增加趋势,同时可溶性糖含量也随着温度降低逐渐升高,这与某些经冷驯化而获得一定抗寒能力的植株如落叶松(武惠肖等,2000)、黄瓜(艾希珍等,1999)、香蕉(陈杰忠等,1999)的实验结果相符。表明脯氨酸、可溶性糖在细胞质中大量积累,不仅保持了蛋白质的水合度,防止原生质脱水,而且还起到了平衡细胞质与液泡间的渗透势等多种作用,减低质膜受冻害的程度,从而增强了植物对冻害的适应能力。在本实验中,在低温胁迫下,P 家系树苗的可溶性蛋白质含量先是下降,然后随着温度下降呈上升趋势,这可能是在低温胁迫下,某一类特殊的蛋白质合成会增加,以保护植物。

在正常情况下,植物体内存在有效的保护酶系统(SOD、POD、CAT),以清除潜在的有毒物质。遇到低温逆境时,这种清除机制就会受阻,导致体内活性氧积累。造成对膜的伤害和生物大分子破坏,使 DNA 产生损伤,影响蛋白质合成与稳定,进而造成代谢功能失效和细胞死亡。在低温胁迫下,植物体内保护酶活性变化已有较多报道(万琳琛等,2001;李晶等,2000;陈贻竹等,1988;刘鸿先等,1985)。一般认为,抗寒植物在低温胁迫下,CAT、POD、SOD 活性有些表现为先升后降,如豌豆(彭永康等,1994);有些表现为维持恒定和略有增高的趋势,如经冷驯后的黄瓜(戴金平等,1991)、红松(李晶等,2000);而不耐寒的植物其保护酶活性则表现为一直降低趋势,如番茄(陈贻竹等,1988)。在试验中,随着温度逐渐下降,P 家系树苗的 CAT 活性在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 升高,然后随着温度进一步降至 $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,CAT 活性有所下降,而 SOD、POD 活性亦是随着温度下降先是升高,然后缓慢降低,但降幅不大。实验结果表明,马占相思 P 家系树苗受低温胁迫时,体内的 CAT、POD、SOD 保护酶的活性仍能维持较高水平,因而避免了活性氧等各种自由基的大量积累,减轻了膜脂过氧化作用,降低了细胞膜的破坏程度,

这也是 P 家系树苗有较强抗寒能力的原因。

彭素梅、黄秋红、黄文英、陈小花等同志参加了本文的部分研究工作, 特此致谢

## 参考文献:

- 北京大学生物系生化教研室. 1987. 生物生化实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 22—24.
- 北京农业大学食品系. 1984. 食品化学实验指导[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 103.
- 刘鸿先, 曾韶西, 李平. 1981. 植物抗寒性与酶系统多态性的关系[J]. 植物生理学通讯, 17(6): 6—11.
- 西北农业大学植物生理教研室. 1987. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 57—58.
- 陈貽竹, 帕特森. 1988. 低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化酶和过氧化氢水平的影响[J]. 植物生理学报, 14(4): 323—328.
- 武惠肖, 吉艳芝, 何海龙, 等. 2000. 落叶松几个抗寒生理指标研究[J]. 河北林果研究, 15(2): 105—109.
- 高雯, 姜培荣, 张之桂, 等. 1991. 食品酶学原理与方法[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 359—362.
- 彭永康, 郝泗城, 王振英. 1994. 低温处理对豌豆幼苗生长和 POD、COD、ATPase 同工酶的关系[J]. 华北农学报, 9(2): 76—80.
- Ai XZ(艾希珍), Yu XC(于贤昌), Wang SH(王绍辉), et al. 1999. Changes of some substances of grafted and own root cucumber seedlings under low temperature stress(低温胁迫下黄瓜嫁接苗与自根苗某些物质含量变化)[J]. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 35(1): 26—28.
- Bradford MM. 1976. A rapid and sensitive method for the quantation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. *Anal Biochem*, 72: 248—254.
- Chai TY(柴团耀), Zhang YX(张玉秀). 1999. Gene expression analysis of a praline-rich protein from bean under biotic and abiotic stress(菜豆富含脯氨酸、蛋白质基因在生物和非生物胁迫下的表达)[J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 41(1): 111—113.
- Chen JZ(陈杰忠), Xu CX(徐春香), Liang LF(梁立峰). 1999. Effect of low temperature on protein and praline in banana (*Musa* spp.) leaves(低温对香蕉叶片中蛋白质和脯氨酸的影响)[J]. *J South China Agric Univ* (华南农业大学学报), 20(3): 54—58.
- Dai JP(戴金平), Shen ZY(沈征言), Jian LC(简令成). 1991. The effects of cold acclimation on several enzyme activities in cucumber seedling(低温锻炼对黄瓜幼苗几种酶活性的影响)[J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 33(8): 627—632.
- Giannoplitis CN, Ries SK. 1977. Superoxide dismutases: I. Occurrence in higher plants [J]. *Plant Physiol*, 59: 309—314.
- Jian LC(简令成). 1983. Biomenbranes in relation to cold injury and hardiness of plants(生物膜与植物抗寒性的关系)[J]. *Chin Bull Bot* (植物学通报), 1(1): 17—23.
- Jian LC(简令成), Dong HZ(董合铸), Sun LH(孙龙华). 1981. Ultrastructural localization of adenosine triphosphatase activity in cotyledon cells of tomato and its changes during chilling stress(番茄子叶细胞内三磷酸腺苷酶活性的超微结构定位及其在冷害中的变化)[J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 23(4): 257—261.
- Kassno K. 1988. Respinse of tonoplast and plasma membrane ATPase in chilling-sensitive and insensitive rice (*Oryza sativa* L.) culture cell to low temperature[J]. *Plant Cell Physiol*, 29(7): 1 085—1 094.
- Lanzetta PA, Alvarez LJ, Reinach PS, et al. 1979. An improved assay for nanomole amounts of inorganic phosphate [J]. *Anal Biochem*, 100: 95—97.
- Li HY(李红元), Gao CB(高传壁), Zheng XW(郑学为), et al. 1999. Eva; iatopm pf frpst tp; erance of two *Acacia* species introduced from Australian temperate zone(两个相思树种的耐寒性评估)[J]. *Forestry Research* (林业科学研究), 12(1): 87—91.
- Li J(李晶), Yan XF(阎秀峰), Zu YG(祖元刚). 2000. Generation of activated oxygen and change of cell defense enzyme activity in leaves of Korean pine seedling under low temperature(低温下红松幼苗活性氧的产生及保护的变化)[J]. *Acta Bot Sin* (植物学报), 42(2): 148—152.
- Li MR(李美茹), Liu HX(刘鸿先), Wang YR(王以柔). 1995. Antifreezing subatrance in plant cell relation to cold resistance (植物细胞中的抗寒物质及其与植物抗冷性的关系)[J]. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 31(5): 328—334.
- Li MR(李美茹), Liu HX(刘鸿先), Wang YR(王以柔). 1997. A review of the studies on ATPase in plant cellular membranes in relation to physiological process at low temperature (植物细胞膜 ATP 酶及其与植物低温生理过程的关系)[J]. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 5(3): 74—82.
- Liu HX(刘鸿先), Zeng SX(曾韶西), Wang YR(王以柔), et al. 1985. The effect of low temperature on superoxide dismutase in various organeslles of cucumber seedling cotyledon with different cold tolerance(低温对不同耐寒力的黄瓜 (*Cucumis sativus*) 幼苗子叶各细胞中超氧化歧化酶(SOD)的影响)[J]. *Acta Phytophysiol Sin* (植物生理学报), 11(1): 48—57.
- Lu WQ(陆旺金), Li XP(李雪萍), Ji ZL(季作霖). 2000. Freezing-tolerance induction and its relation to protein synthesis and gene expression in plants(植物耐寒性的诱导及其蛋白质的合成、基因表达的关系)[J]. *J South China Agric Univ* (华南农业大学学报), 21(1): 82—86.
- Peng YK(彭永康), Hao SC(郝泗城). 1995. The changes in ATPase isozymes and relationship to low temperature injury in maize sorghaul and brassia seedlings(低温对玉米、高粱和白菜幼苗生长的伤害与 ATPase 同工酶的关系)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 15(4): 294—300.
- Wan LC(万琳琛), Xiao ZA(肖尊安), Wang YD(王英典), et al. 2001. Study on the cold hardiness of the interspecific somatic hybrids between *Actinidia chinensis* planch and *A. kolomikta* (猕猴桃属种间体细胞杂种试管苗的抗寒性)[J]. *J Fruit Sci* (果树学报), 18(3): 148—151.
- Zhang DZ(张殿忠), Wang SH(汪柿洪), Zhao YX(赵云贤), et al. 1990. Determination of the content of free praline in wheat leaves(测定小麦叶片有利脯氨酸含量的方法)[J]. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 26(4): 62—65.

# 马占相思树苗对低温冻害的抗性研究

作者: 徐位力, 苏开君, 王光, 王伟平, 江平, 马红岩, XU Wei-li, SU Kai-jun, WANG Guang, WANG Wei-ping, JIANG Ping, MA Hong-yan

作者单位: 徐位力, 苏开君, 王光, 王伟平, 马红岩, XU Wei-li, SU Kai-jun, WANG Guang, WANG Wei-ping, MA Hong-yan (广州市林业科学研究所, 广东广州, 510515), 江平, JIANG Ping (广东省农科院, 广东广州, 510640)

刊名: 广西植物 **ISTIC PKU**

英文刊名: GUIHAIA

年, 卷(期): 2005, 25 (5)

被引用次数: 11次

## 参考文献(27条)

1. 北京大学生物系生化教研室 生物生化实验指导 1987
2. 北京农业大学食品系 食品化学实验指导 1984
3. 刘鸿先;曾韶西;李平 植物抗寒性与酶系统多态性的关系 1981(06)
4. 西北农业大学植物生理教研室 植物生理学实验指导 1987
5. 陈盼竹;帕特森 低温对植物叶片中超氧化物歧化酶、过氧化酶和过氧化氢水平的影响 1988(04)
6. 武惠肖, 吉艳芝, 何海龙, 刘秀花, 左永忠 落叶松几个抗寒生理指标研究[期刊论文]-河北林果研究 2000(2)
7. 高雯;姜培荣;张之桂 食品酶学原理与方法 1991
8. 彭永康, 郝泗城, 王振英 低温处理对豇豆幼苗生长和POD、COD、ATPase同工酶的影响[期刊论文]-华北农学报 1994(2)
9. 艾希珍, 于贤昌, 王绍辉 低温胁迫下黄瓜嫁接苗与自根苗某些物质含量的变化(简报)[期刊论文]-植物生理学通讯 1999(1)
10. Bradford MM A rapid and sensitive method for the quantation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding 1976
11. 柴团耀, 张玉秀 菜豆富含脯氨酸蛋白质基因在生物和非生物胁迫下的表达[期刊论文]-植物学报 1999(1)
12. 陈杰忠, 徐春香, 梁立峰 低温对香蕉叶片中蛋白质及脯氨酸的影响[期刊论文]-华南农业大学学报 1999(3)
13. 戴金平;沈征言;简令成 低温锻炼对黄瓜幼苗几种酶活性的影响 1991(08)
14. Giannoplitis CN;Ries SK Superoxide dismutases:I. Occurrence in higher plants 1977
15. 简令成 生物膜与植物抗寒性的关系 1983(01)
16. 简令成;董合铸;孙龙华 番茄子叶细胞内三磷酸腺苷酶活性的超微结构定位及其在冷害中的变化 1981(04)
17. Kassno K Respinse of tonoplast and plasma membrane ATPase in chilling-sensitive and insensitive rice(Oryza sativa L.)culture cell to low temperature 1988(07)
18. Lanzetta PA;Alvarez LJ;Reinach PS An improved assay for nanomole amounts of inorganic phosphate 1979
19. 李纪元, 高传璧, 郑学为, 郑方楫, 任华东, 杨逸平 两个温带相思属树种的耐寒性评估[期刊论文]-林业科学研究 1999(1)
20. 李晶, 阎秀峰, 祖元刚 低温胁迫下红松幼苗活性氧的产生及保护酶的变化[期刊论文]-植物学报 2000(2)
21. 李美茹;刘鸿先;王以柔 植物细胞中的抗寒物质及其与植物抗冷性的关系 1995(05)
22. 李美茹 植物细胞膜ATP酶及其与植物低温生理过程的关系(综述)[期刊论文]-热带亚热带植物学报 1997(3)

23. [刘鸿先;曾韶西;王以柔](#) [低温对不同耐寒力的黄瓜\(Cucumis sativus\)幼苗子叶各细胞中超氧化歧化酶\(SOD\)的影响](#) 1985(01)
24. [陆旺金,李雪萍,季作樑](#) [植物耐寒性的诱导及其与蛋白质的合成、基因表达的关系](#)[期刊论文]-[华南农业大学学报](#) 2000(1)
25. [彭永康,郝泗城](#) [低温对玉米、高粱和白菜幼苗生长的伤害与ATPase同工酶变化的关系](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 1995(4)
26. [万琳琛,肖尊安,王英典,张崇浩,陈星](#) [猕猴桃属种间体细胞杂种试管苗的抗寒性](#)[期刊论文]-[果树学报](#) 2001(3)
27. [张殿忠;江柿洪;赵云贤](#) [测定小麦叶片有利脯氨酸含量的方法](#) 1990(04)

#### 本文读者也读过(6条)

1. [罗焕亮,徐位力,李建忠,马庆良,崔堂兵,黄卓烈](#) [马占相思对低温胁迫适应性的研究](#)[期刊论文]-[华南农业大学学报\(自然科学版\)](#)2002, 23(2)
2. [谢巧银](#) [几种相思类树种造林生长及抗逆性分析](#)[期刊论文]-[安徽农学通报](#)2008, 14(5)
3. [詹福建,巫光宏,黄卓烈,罗焕亮,孟立科](#) [马占相思树对低温冻害的抗性研究](#)[期刊论文]-[林业科学](#)2003, 39(1)
4. [刘洪波,林思祖,丁国昌,尤华明,马钟丽,LIU Hong-bo, LIN Si-zu, DING Guo-chang, YOU Hua-ming, MA Zhong-li](#) [不同低温处理对3种相思树种叶片细胞超微结构影响的比较研究](#)[期刊论文]-[江西农业大学学报](#)2005, 27(5)
5. [巫光宏,詹福建,罗焕亮,赵峰,罗智伟,孟立科,黄卓烈](#) [几种保护酶活性变化与马占相思树对低温胁迫的抵抗性的关系研究](#)[期刊论文]-[植物研究](#)2002, 22(1)
6. [樊东函](#) [厚荚相思子代测定及苗期抗寒性的研究](#)[学位论文]2009

#### 引证文献(10条)

1. [武金英,王玲玲,徐娜,万清林](#) [低温胁迫对大叶黄杨幼苗保护酶活性的影响](#)[期刊论文]-[哈尔滨师范大学自然科学学报](#) 2008(01)
2. [王明洁,张贺,徐娜](#) [植物季节性变化与抗寒性关系的研究概况](#)[期刊论文]-[哈尔滨师范大学自然科学学报](#) 2011(05)
3. [陈兵先](#) [两种耐寒优良相思树的组织培养](#)[学位论文]硕士 2011
4. [郑强卿,李铭,李鹏程,姜继元,王晶晶](#) [不同杨树抗寒性生理指标评价](#)[期刊论文]-[林业实用技术](#) 2012(05)
5. [林茂](#) [蜡梅Cpccor413pm1基因的抗逆分析与亚细胞定位](#)[学位论文]硕士 2008
6. [刘梦,樊丛照,粟有志,李冠](#) [污泥有机复合肥对几种植物生理学效应的影响](#)[期刊论文]-[新疆农业科学](#) 2010(08)
7. [陈启恩](#) [福建东南部黑木相思优良家系中期评价](#)[学位论文]硕士 2013
8. [邱乾栋,吕晓贞,臧德奎,张雷,张立才,杜淑辉](#) [植物抗寒生理研究进展](#)[期刊论文]-[山东农业科学](#) 2009(08)
9. [魏来](#) [翅荚木抗寒生理及其鉴定指标的研究](#)[学位论文]硕士 2007
10. [胡薇](#) [黑木相思遗传多样性及寒胁迫诱导差异表达基因的研究](#)[学位论文]博士 2010

引用本文格式: [徐位力,苏开君,王光,王伟平,江平,马红岩, XU Wei-li, SU Kai-jun, WANG Guang, WANG Wei-ping, JIANG Ping, MA Hong-yan](#) [马占相思树苗对低温冻害的抗性研究](#)[期刊论文]-[广西植物](#) 2005(5)