

文章编号: 100F 1498(2002) 01 0034 07

低温胁迫对大叶相思和马占相思 某些生理特性的影响

孙清鹏¹, 许煌灿¹, 张方秋¹, 尹光天¹, 张玉福²

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520;

2. 山东省成武县康集乡初级中学, 山东 成武 274200)

摘要: 低温处理后, 大叶相思和马占相思叶片中可溶性糖含量、可溶性蛋白质和游离脯氨酸含量均发生明显变化。低温处理过程中超氧化物歧化酶(SOD)活性先降低后增加, 而膜脂过氧化的主要产物丙二醛(MDA)则随温度的降低而呈现出先增加后减少, 然后再增加的趋势。外源脱落酸(ABA)预处理可显著提高马占相思的抗寒力。试验结果表明, 以 $10^{-4} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 外源 ABA 预处理 24 h 或 $10^{-5} \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 外源 ABA 预处理 36 h 对提高马占相思的抗寒力最有效。

关键词: 相思; 低温胁迫; 可溶性糖; 蛋白质; 脯氨酸; SOD; MDA; ABA

中图分类号: Q945.78

文献标识码: A

低温是热带相思速生、丰产造林树种向北扩大栽培的主要限制因子之一, 许多热带、南亚热带植物遇低温易发生冷害, 低温胁迫下, 导致植物体内系列生理生化的变化。低温胁迫时, 植物体内的可溶性糖含量和游离脯氨酸含量增多, 其主要作用是作为渗透调节剂, 在胁迫条件下维持细胞水势。植物体内的可溶性糖类含量和游离脯氨酸含量与植物抗寒性之间存在相关性^[1]。游离脯氨酸含量作为植物抗寒性的指标已在甘蔗(*Saccharum sinensis* Roxb.)、小麦(*Triticum aestivum* L.) 和大麦(*Hordeum vulgare* L.) 上成功应用^[1]。可溶性蛋白质与植物抗寒的关系已有广泛的研究, 虽然发现可溶性蛋白质和总蛋白质与植物抗寒性之间存在正相关, 但是尚未从各方面得到证实^[1]。Siminovitch 对刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.) 的皮层细胞中总的蛋白质的研究发现, 蛋白质的积累和抗冻性的诱导之间有着明显的平行关系^[2]。

低温下超氧化物歧化酶(SOD)活性下降率与植物品种抗寒性强弱呈负相关性, 另外还发现低温下植物 SOD 活性大小与膜脂过氧化强弱之间呈高度负相关^[3]。超氧化物歧化酶是存在于植物细胞中的最重要的清除活性氧的酶之一, 对保护膜系统具有重要作用^[4]。因此, SOD 活力水平的高低可以反映植物对某种逆境抵抗能力的大小。

植物激素在植物适应逆境中起着积极的调控作用^[5]。植物在温度胁迫下内源 ABA 水平发生变化^[6], ABA 通过保护膜结构, 维护膜功能^[7,8]和启动抗寒基因^[9]而提高植物抗低温的能力。植物激素(特别是 ABA)是抗寒基因表达的启动因素, 对植物抗寒力的调控起着重要作用^[10]。外施 ABA 可提高植物的抗寒能力, 已在水稻(*Oryza sativa* L.)^[7]、苜蓿(*Medicago sativa*

收稿日期: 2000-06-23

基金项目: “九五”国家攻关“相思优良纸浆材用材林选育和培育技术研究”专题(960110105)

作者简介: 孙清鹏(1973), 男, 山东成武人, 硕士。

L.)^[11]、棉花(*Gossypium* L.)^[9]、小麦(*Triticum aestivum* L.)^[7]、黄瓜(*Cucumis sativus* L.)^[12]及烟草(*Nicotiana tabacum* L.)^[13]等植物上得到证实。

引种栽培实践证明大叶相思(*Acacia auriculiformis* A. Cunn.)与馬占相思(*A. mangium* Willd.)易受寒害,低温是其扩大栽培的主要限制因子之一。因此为进一步了解大叶相思和馬占相思的生理生态学特性,掌握其适宜推广范围,有必要对其进行抗寒性生理的研究。本文以大叶相思与馬占相思幼苗为试验材料,测定系列温度梯度条件下叶片的变化规律。以期为进一步引种栽培和抗寒品种选择提供一些理论基础。

1 材料与方法

1.1 母树林概况和试验材料

试验所用种子采自海南省屯昌县黄竹林场的大叶相思和馬占相思母树林,位于 19°6' N, 109°45' E,海拔 50 m,年平均气温 23.1 °C,最热月均温 27.5 °C,最冷月均温 16.7 °C,年降水量约 2 200 mm。种子经沙床播种移植,用 40~45 d 生长良好、大小均一的实生苗作试验材料。

1.2 低温处理

试验苗木经洗净后置于 DUAL PROGRAMME ILLUMINATED INCUBATOR 818 光照培养箱中。以 25 °C 为对照,设 12±1 °C、9±1 °C、6±1 °C、3±1 °C、0±1 °C 5 种温度梯度,以 3 °C·h⁻¹ 降温,当温度降至某一设定温度时,保持 24 h 后取出一组苗木(50 株),进行检测,其余继续降温。3 次重复。

1.3 试验方法

1.3.1 叶片内可溶性糖测定 用蒽酮比色法在 721 分光光度计上 620 nm 测定光密度值。

1.3.2 可溶性蛋白质含量测定 采用 Bradford^[14] 的方法。

1.3.3 游离脯氨酸含量 参照 Bates^[15] 方法。

1.3.4 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定 参照 Giannopolitis 和 Ries^[16] 及王爱国等^[17] 的方法。以缓冲液代替酶液作空白,根据抑制 NBT 光化还原百分率表示酶活性的大小。

1.3.5 丙二醛(MDA)含量 参照 Heath^[18] 的方法。

1.3.6 外源激素处理 以 40~45 d 的馬占相思幼苗作为试验材料,进行喷施外源激素 ABA 试验。设 0、10⁻⁴、10⁻⁵、10⁻⁶ mol·L⁻¹ 4 种不同预处理浓度,12、24、36、48 h 4 种不同预处理时间。然后测定其经 3 °C 和 0 °C 低温处理后的电解质渗漏率(DDS-11A 型电导仪)。

以上各指标均重复测定 3 次。

2 试验结果

2.1 低温对大叶相思与馬占相思幼苗叶片内可溶性糖含量的影响

随着温度的逐步降低,两相思叶片中可溶性糖含量总体呈增加趋势(图 1)。25 °C 时大叶相思和馬占相思叶片可溶性糖含量分别约为 6.56 mg·g⁻¹ 干质量和 4.52 mg·g⁻¹ 干质量。经各温度梯度处理后,0 °C 时它们分别增加到 24.79 mg·g⁻¹ 干质量和 31.38 mg·g⁻¹ 干质量,分别增加约 2.8 和 5.9 倍。经 12 °C 和 9 °C 低温处理后,大叶相思叶片中的可溶性糖含量呈增加趋势,且与对照相比差异极显著($p < 0.01$),但 12 °C 时叶片中的可溶性糖含量与 9 °C 时的相比并无显著差异。9~6 °C 呈减少趋势,且经 6 °C 低温处理后,其叶片中的可溶性糖含量与 9 °C 时

相比降低极显著,但与对照之间差异不显著。6 0 ℃又呈现上升趋势,且经3 ℃处理后其叶片中的可溶性糖含量与经6 ℃低温处理后的相比差异极显著($p < 0.01$)。但3 ℃和0 ℃低温处理后的叶片中的可溶性糖含量之间差异不显著。马占相思经12 ℃低温处理后其叶片中可溶性糖含量与25 ℃时相比也显著增加($p < 0.05$)。在12 9 ℃时叶片中可溶性糖含量呈减少趋势,且12 ℃与9 ℃处理间可溶性含量差异显著($p < 0.05$),但9 ℃与对照之间差异不显著。9

3 ℃则呈上升趋势,且经3 ℃低温处理后,马占相思叶片中的可溶性糖含量与9 ℃时的相比差异极显著($p < 0.01$),但9 ℃与6 ℃之间差异不显著。3 0 ℃时再次呈现显著减少趋势。将处理温度与经低温处理后的大叶相思和马占相思叶片中的可溶性糖含量进行相关分析,其相关系数分别为 $r = -0.78$ ($p < 0.01$)和 $r = -0.72$ ($p < 0.01$)。说明低温与可溶性糖含量之间存在极显著的负相关关系。即温度越低,可溶性糖含量越高。

2.2 低温对大叶相思与马占相思幼苗叶片中可溶性蛋白含量的影响

方差分析结果表明,大叶相思和马占相思经低温处理后叶片中的可溶性蛋白质含量间存在极显著差异($p < 0.01$)。多重比较(LSD)结果表明,马占相思各低温处理间均有极显著差异($p < 0.01$);大叶相思除9 ℃与6 ℃处理外,其余各处理间均存在显著差异($p < 0.05$)。由图2可以看出,低温胁迫时,随处理温度的逐步降低大叶相思和马占相思叶片中可溶性蛋白质含量总体呈现增加趋势。9 6 ℃范围内,大叶相思叶片中的可溶性蛋白质含量基本维持在同一水平。25 ℃时大叶相思和马占相思叶片可溶性蛋白质含量分别为 $10.65 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 干质量和 $8.03 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 干质量,经各低温处理,0 ℃后含量分别增加到 $12.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 干质量和 $20.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 干质量。将处理温度与可溶性蛋白质含量作相关分析,大叶相思和马占相思叶片中可溶性蛋白质含量与处理温度间的相关系数分别为 $r = -0.43$ ($p < 0.1$)和 $r = -0.65$ ($p < 0.01$)。前者相关性不显著,后者相关性极显著。

2.3 低温对大叶相思与马占相思苗木叶片内游离脯氨酸含量的影响

如表1,低温胁迫时,大叶相思叶片内游离脯氨酸含量随温度的降低而显著升高,且各低温处理与对照之间及各低温处理间叶片中游离脯氨酸含量差异均极显著(LSD检验)。而马占相思在经受低温胁迫时,游离脯氨酸含量先升高后降低。即在25 6 ℃之间,游离脯氨酸含量随温度降低而升高;而6 0 ℃之间,游离脯氨酸含量则随温度降低而降低,而3 ℃和0 ℃

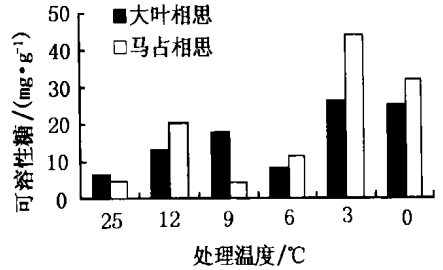


图1 低温胁迫对大叶相思和马占相思叶片内可溶性糖含量的影响

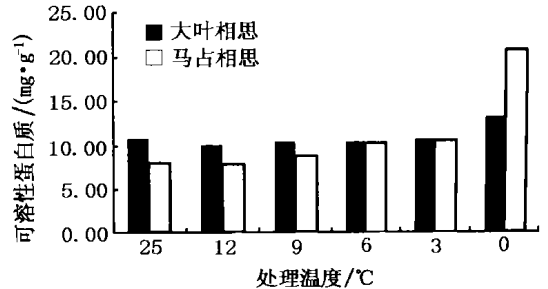


图2 低温对大叶相思与马占相思可溶蛋白质含量的影响

表1 低温处理后两相思叶片中

树 种	游离脯氨酸含量的变化 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$					
	25 ℃	12 ℃	9 ℃	6 ℃	3 ℃	0 ℃
大叶相思	5.24	7.59	9.02	17.85	21.02	31.35
马占相思	1.57	3.11	6.44	17.88	12.28	12.15

之间游离脯氨酸含量差异不显著(LSD 检验)。其余各温度处理间差异极显著($p < 0.01$), 且各温度处理与对照之间差异极显著(LSD 检验)。常温下大叶相思和馬占相思叶片中游离脯氨酸含量较低, 分别为 $5.24 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 干质量和 $1.57 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 干质量。馬占相思叶片中游离脯氨酸含量在 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时达到 $17.88 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 干质量, 为对照的 11.39 倍。经 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温处理后, 大叶相思叶片中游离脯氨酸含量为 $31.35 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 干质量, 而此时馬占相思叶片中游离脯氨酸含量为 $12.15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 干质量(表 1)。相关分析结果表明, 大叶相思和馬占相思叶片中游离脯氨酸含量与处理温度之间的相关性极显著, 相关系数分别为 $r = -0.84(p < 0.01)$ 和 $r = -0.76(p < 0.01)$ 。

2.4 低温胁迫对大叶相思与馬占相思叶片中 SOD 活性的影响

从低温胁迫下大叶相思与馬占相思叶片中的 SOD 总活性变化来看, 当温度降到 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 叶片中 SOD 总活性显著增大, 大叶相思是对照 ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) 的 123.84%, 馬占相思为对照的 109.39%。但经 $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温处理后, 二者的 SOD 活性均表现出降低, 大叶相思比对照降低 1.94%, 馬占相思则降低 5.6%。经 6、3、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理后, 二者的 SOD 活性均又表现上升, 且各处理间 ($6、3、0\text{ }^{\circ}\text{C}$) 叶片中 SOD 总活性差异显著($p < 0.05$)。经 6、3、 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 处理后, 大叶相思和馬占相思分别比对照增加 21.87%、33.45%、39.44% 和 9.00%、11.50%、17.81%(表 2)。由此可见, 低温胁迫条件下, 大叶相思叶片中 SOD 活性增加比率较大。将低温胁迫时大叶相思和馬占相思叶片中 SOD 活性与处理温度进行相关分析, 相关系数分别为 $r = -0.77(p < 0.01)$ 和 $r = -0.63(p < 0.01)$ 。表明二者叶片中 SOD 活性与处理温度间存在极显著的负相关关系。SOD 活性的增大说明在低温胁迫下二者清除自由基的能力增强。方差分析结果表明, 由于二者本身遗传性的差异, 随低温胁迫的加剧, 二者叶片中 SOD 活性存在极显著差异($p < 0.01$), 亦即二者在低温胁迫条件下清除自由基的能力存在极显著差异。

表 2 低温时两相思叶片中 SOD 活性的变化

树 种	25 °C	12 °C	9 °C	6 °C	3 °C	0 °C
大叶相思	65.57	80.07	64.30	80.03	87.50	91.43
馬占相思	76.03	83.17	71.77	82.87	84.77	89.57

2.5 低温胁迫对大叶相思与馬占相思叶片中丙二醛含量的影响

低温胁迫时, 大叶相思与馬占相思叶片中丙二醛(MDA) 含量发生极显著的变化。大叶相思与馬占相思在低温胁迫时叶片中 MDA 的含量见表 3。 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 大叶相思叶片中 MDA 含量约为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的 5.25 倍, 馬占相思的约为 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的 5.75 倍。图 3 表示以 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的 MDA 含量作为基数(100%) 时, 经各低温处理后大叶相思和馬占相思叶片中 MDA 的相对含量。由图 3 可以看出, 经不同温度处理时, MDA 含量增加幅度不同。随温度的降低, 大叶相思和馬占相思叶片中的 MDA 含量呈双峰曲线, 即增加、减少、增加趋势, 但馬占相思 MDA 的增加比率高于大叶相思, 这也许是在同一低温下, 馬占相思比大叶相思受害严重的原因。

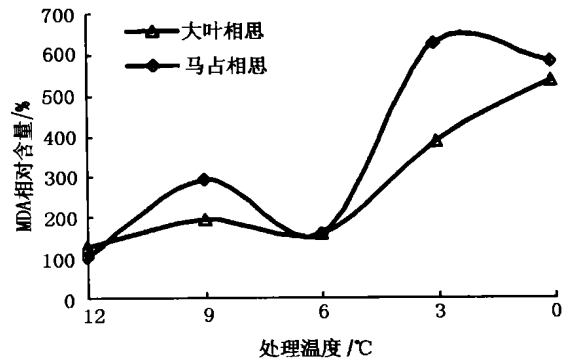


图 3 低温胁迫对大叶相思与馬占相思 MDA 相对含量的影响

表3 低温胁迫时大叶相思与马占相思叶片内丙二醛含量 $\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$

树 种	25 °C		12 °C		9 °C		6 °C		3 °C		0 °C	
	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%
大叶相思	0.68	100	0.87	127.9	1.32	194.1	1.06	155.9	2.58	379.4	3.57	525.0
马占相思	0.49	100	0.50	102.0	1.42	289.8	0.75	153.1	3.03	618.3	2.82	575.5

2.6 ABA 预处理对马占相思叶片细胞膜透性的影响

植物激素在植物适应逆境中起着积极的调控作用^[5]。外源 ABA 处理可引起植物内源 ABA 水平的提高、特异蛋白质的合成和抗寒力的发育,从而减轻低温对植物的伤害^[7]。由前面的分析可知,马占相思的抗寒性显著低于大叶相思,故以马占相思为研究对象,以较能反应其抗寒性的电导率为测定指标,探讨 ABA 提高其抗寒性的预处理方法。

ABA 预处理可明显降低 3 °C 和 0 °C 时马占相思叶片的电解质渗漏率(表 4、5)。方差分析结果表明,各种不同预处理浓度与各种不同预处理时间之间均存在极显著差异($p < 0.01$),且不同预处理浓度和不同预处理时间的交互效应极显著($p < 0.01$)。多重比较(Turkey 检验)结果表明,除 $10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ABA 预处理 48 h 外,其余各种不同预处理浓度与不同预处理时间的随机组合,均可显著降低细胞膜的电解质渗漏率($p < 0.05$)。但不同预处理浓度和不同预处理时间的组合以 $10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ABA 预处理 24 h 和 $10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ABA 预处理 36 h 效果最佳。经两种处理的马占相思在 3 °C 和 0 °C 的电解质渗漏率分别为对照的 27.8% 36.2% 和 18.8% 20.95%。

表4 ABA 预处理对 3 °C 低温胁迫时马占相思叶片细胞膜的电解质渗漏率 %

时间/ h	ABA 浓度			
	CK	$10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$10^{-6}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
12	0.17	0.05	0.06	0.08
24		0.05	0.08	0.05
36		0.09	0.06	0.06
48		0.15	0.09	0.03

表5 ABA 预处理对 0 °C 低温胁迫时马占相思叶片细胞膜的电解质渗漏率 %

时间/ h	ABA 浓度			
	CK	$10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$10^{-5}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	$10^{-6}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
12	32.32	10.25	5.97	6.46
24		5.96	9.03	6.94
36		5.34	6.00	5.57
48		6.73	9.53	8.20

3 结论与讨论

(1) 可溶性糖、可溶性蛋白质和游离脯氨酸是植物细胞内重要的渗透调节物质^[1]。脯氨酸具有溶解度高,在细胞内积累无毒性,其水溶液水势较高等特点。因此脯氨酸作为植物的抗冷保护物质的观点目前已较明确^[19]。植物在受到冷害时游离脯氨酸可能是通过保护酶的空间结构,为生化反应提供足够的自由水及化学和生理活性物质,对细胞起保护作用^[1]。大叶相思和马占相思在低温条件下,叶片中游离脯氨酸、可溶性糖和可溶性蛋白质的积累是其对低温环境的一种保护性反应。

(2) 植物在遭受冷害后,体内活性氧的产生大于清除能力,相对过量的活性氧影响生物膜及其他大分子的结构和功能。SOD 作为活性氧的清除剂之一,在维持活性氧代谢平衡、保护膜结构中起着重要作用。5 种针叶树在 7—11 月期间 SOD 活性均有明显增加,而且越是抗冻的树种在冬天的 SOD 活性越高^[20]。低温胁迫过程中,大叶相思和马占相思叶片中 SOD 总活性呈增加趋势,且在 6—0 °C 处理的过程中,大叶相思叶片中 SOD 总活性明显大于马占相思叶片

中的 SOD 总活性。植物冷害发生过程中涉及许多氧化过程, 有人指出生物材料冰冻保存中所使用冰冻保护剂绝大多数是自由基清除剂^[21]。因此, SOD 可能通过清除植物细胞中过多的自由基而抑制氧化过程, 从而减轻或避免冷害的发生。

(3) 丙二醛(MDA) 是植物细胞膜脂过氧化产物之一, MDA 能强烈地与细胞内各种成份发生反应, 因而引起对酶和膜的严重损伤^[22]。低温胁迫过程中, 大叶相思和马占相思叶片中 MDA 含量总体来说呈现增加趋势, 这与其受伤害的发展情况相一致。随处理温度的不断下降, 大叶相思和马占相思叶片的电解质渗漏率明显增加, 这说明其受到的伤害随温度的降低而加重。MDA 含量随处理温度的降低而增加, 说明膜脂过氧化程度加剧, 这与随着温度的下降, 其细胞膜透性增大, 膜伤害程度增大的结果是一致的。

(4) 外源 ABA 预处理试验表明, 外源 ABA 可显著提高马占相思的抗寒力, 以 $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 外源 ABA 预处理 24 h 或 $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 外源 ABA 预处理 36 h 对提高马占相思的抗寒力最有效。ABA 可能是通过抑制植物的生长而提高植物的抗寒性。外施 ABA 是否影响了马占相思的生长以及 ABA 对其生长抑制的持续时间、抑制程度等尚需进一步的实验。

参考文献:

- [1] 王荣富. 植物抗寒指标的种类及其应用[J]. 植物生理学通讯, 1987, (3): 49-55
- [2] 陈艳. 部分毛白杨无性系选择及提高苗木抗寒性施肥措施的研究[D]. 北京: 北京林业大学, 1998
- [3] 刘鸿先, 曾韶西, 王以柔, 等. 低温对不同耐寒力的黄瓜幼苗子叶各细胞器中超氧化物歧化酶(SOD) 的影响[J]. 植物生理学报, 1985, 11(1): 48-57
- [4] 余叔文, 汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京: 科学出版社, 1998
- [5] 刘祖祺, 林定波. ABA/GAS 调控特异蛋白质与柑桔的抗寒性[J]. 园艺学报, 1993, 20(4): 335-340
- [6] Samy B, Amon R, Richmond A F. The role of abscisic acid in gross adaptation of tobacco plants[J]. Plant Physiol, 1975, 56: 337-339
- [7] 郭确, 潘瑞炽. ABA 对水稻幼苗抗冷性的影响[J]. 植物生理学报, 1984, 10(4): 296-303
- [8] 李平, 甄立平, 王以柔, 等. ABA 对黄瓜幼苗抗零下低温伤害的调节作用[A]. 中国植物生理学会第四次全国会议论文摘要汇编[C], 1986: 286
- [9] Rikin A, Atsmon D, Gitter C. Chilling injury in cotton: Prevention of abscisic acid[J]. Plant Physiol, 1979, 20: 1537-1546
- [10] Chen H H, Li P H, Brenner M L. Involvement of abscisic acid in potato cold acclimation[J]. Plant Physiol, 1983, 71: 362-365
- [11] Waldman M, Rikin A, Dovrat A, et al. Hormonal regulation of morphogenesis and cold resistance II: Effect of cold acclimation and exogenous abscisic acid on geberellic acid and abscisic acid activities in allalfa (*Medicago sativa* L.) seedling[J]. J Exp Bot, 1975, 26: 852-859
- [12] Rikin A, Richmond A E. Amelioration of chilling injuries in cucumber seedling by abscisic acid[J]. Physiol Plant, 1976, 38: 95-97
- [13] Boman H C, Jansson E V A. Nicotiana tabacum callus studies. X. ABA increases resistance to cold damage[J]. Physiol Plant, 1980, 48: 491-493
- [14] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding[J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248-254
- [15] Bates L S, Waldren R P, Teare I D. Rapid determination of free proline for water stress studies[J]. Plant and Soil, 1973, 39: 205-207
- [16] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiol, 1977, 59: 304-314
- [17] 王爱国, 曾韶西, 王以柔, 等. 低温对不同耐寒力的黄瓜(*Cucumis sativus*) 幼苗子叶各细胞器中超氧化物歧化酶(SOD) 活性的影响[J]. 植物生理学报, 1985, 11(1): 48-57
- [18] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplast: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Arch

Biochem Biophys, 1968, 125: 189-198

- [19] 吴功振, 李素文. 对白叶枯病抗性不同的水稻品种同工酶凝胶电泳的观察[J]. 植物学报, 1981, 23(3): 251-253
- [20] 陶大立, 杜英军. 沈阳五种针叶树的抗冻性、色素与超氧化物歧化酶[J]. 植物学报, 1990, 32(9): 702-706
- [21] Bennet J F, Bry W I G, Collins M, et al. The effects of oxygen free radicals on the preserved kidney[J]. Cryobiology, 1981, 24: 264-269
- [22] 陈少裕. 膜脂过氧化对植物细胞的伤害[J]. 植物生理学通讯, 1991, (2): 84-90

Effects of Low Temperature Stress on Some Physiological Changes of *Acacia auriculaeformis* and *A. mangium*

SUN Qing-peng¹, XU Huang-can¹, ZHANG Fang-qi¹, YIN Guang-tian¹, ZHANG Yufu²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Kangji Primary School of Chengwu County, Shandong Province, Chengwu 274200, Shandong, China)

Abstract: Under low temperature stress, the contents of the soluble sugar, the soluble protein and the free proline changed significantly. And there are significant correlation between them and the treatment temperature. The specific activity of SOD decreased at first and then increased in the whole. The content of MDA firstly increased, then decreased, and finally increased again. The cold resistance of seedlings of *A. mangium* was increased by pretreatment with abscisic acid. The result showed that the pretreatment of either $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ABA for 24 hours or $10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ABA for 36 hours was the optimum treatments to improve plant cold resistance.

Key words: *Acacia*; low temperature stress; soluble sugar; protein; proline; SOD; MDA; abscisic acid