

茉莉酸甲酯对水稻幼苗抗冷性的影响

段小华^{1,2}, 邓泽元^{1,*}, 宾金华³

¹南昌大学生命科学学院食品科学与技术国家重点实验室, 南昌 330047; ²江西师范大学生命科学院江西省亚热带植物资源重点实验室, 南昌 330022; ³华南师范大学生命科学学院, 广州 510631

摘要: 测定茉莉酸甲酯(MJ)对冷胁迫条件下水稻幼苗生长和与抗冷性相关生理生化指标影响的结果表明: 较高浓度的MJ (10^{-3} mol·L⁻¹)明显抑制冷胁迫下的水稻幼苗生长, 增加细胞膜的渗透性; 浓度低一些的MJ (10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} mol·L⁻¹)对冷胁迫下水稻幼苗的生长和细胞膜有不同程度的保护作用, 其中以 10^{-5} mol·L⁻¹ MJ的效果为佳。 10^{-5} mol·L⁻¹ MJ处理的叶中叶绿素降解程度小, 可溶性糖、可溶性总蛋白和脯氨酸的含量以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)的活性均增加, 丙二醛(MDA)含量降低, 因而水稻幼苗的抗冷性提高。

关键词: 茉莉酸甲酯; 水稻; 抗冷性

Effects of Methyl Jasmonate on Cold Resistance of Rice (*Oryza sativa* L.) Seedlings

DUAN Xiao-Hua^{1,2}, DENG Ze-Yuan^{1,*}, BIN Jin-Hua³

¹State Key Laboratory of Food Science and Technology, College of Life Sciences, Nanchang University, Nanchang 330047, China;

²Jiangxi Subtropical Plant Key Laboratory, College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China; ³College of Life Sciences, South China Normal University, Guangzhou 510631, China

Abstract: The growth and several physiological and biochemical indexes related to cold resistance of rice (*Oryza sativa*) seedlings were determined. The result showed that methyl jasmonate (MJ) at the concentration of 10^{-3} mol·L⁻¹ inhibited significantly the growth of rice seedlings and enhanced membrane osmosis. However, MJ at the concentration of 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} or 10^{-7} mol·L⁻¹ protected the growth of rice seedlings and cell membrane, especially that at the concentration of 10^{-5} mol·L⁻¹. Of the leaves of rice seedlings treated with MJ at the concentration of 10^{-5} mol·L⁻¹, the degradation degree of chlorophyll was lower than that without treatment with MJ, the contents of soluble sugar, soluble protein and proline, and the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) increased, and malondialdehyde (MDA) content decreased, thus the cold resistance of rice seedlings was enhanced.

Key words: methyl jasmonate; rice; cold resistance

水稻是低温敏感植物, 低温是影响水稻种植和产量的因素之一。因此, 提高水稻抗冷能力一直是人们关注的问题。茉莉酸(jasmonic acid, JA)及茉莉酸甲酯(methyl jasmonate, MJ)在调节植物胁迫反应和发育过程中有多种生理作用(Fung等2004)。其在植物抗性的作用大多集中在抗病性、抗虫性和抗旱性的研究(何红卫等2004; 刘庆安等2008; 董桃杏等2007)。有报道认为, MJ对采后黄瓜、香蕉以及小麦幼苗的抗低温能力有一定的诱导作用(韩晋和田世平2006; 齐付国等2006; 王海波等2008)。而其对水稻抗冷性的研究还未见报道, 为此本文探讨MJ对水稻幼苗抗冷性的影响。

材料与方法

水稻(*Oryza sativa* L.)品种‘先农11’, 购自南昌市种子公司, 保存于干燥器中备用。MJ由华南师范大学生命科学学院宾金华先生实验室提供。

选择饱满一致的水稻种子, 浸于10% H₂O₂中消毒30 min, 用蒸馏水冲洗数次, 放入恒温培养箱(25℃)中催芽5 d。选择发芽一致的种子播于直径为15 cm的塑料口杯(内装入洗净、烘干的沙子)

收稿 2009-06-13 修定 2009-08-24

资助 江西师范大学青年教师成长基金。

* 通讯作者(E-mail: dengzy@ncu.edu.cn; Tel: 0791-8304402)。

营养液)中,放入光照培养箱(25 °C/16 h 光照,光照强度为 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 20 °C/8 h 黑暗,湿度为 75%)中培养。总共播 24 杯,每杯播 10 粒。水稻幼苗长至二叶一心后,将 24 杯幼苗随机分成 6 组,每组 4 杯,分别用浓度为 0、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ MJ 溶液处理 1 d,放入冰箱[(6±1) °C,黑暗]中进行冷胁迫处理 2 d,然后放回光照培养箱(5 °C/16 h 光照,光照强度为 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$; 20 °C/8 h 黑暗,湿度为 75%)中恢复生长 3 d 后,观察每组水稻幼苗生长状况,计算存活率,测定细胞膜的相对透性,选出 MJ 的最佳处理浓度。以最佳浓度的 MJ 作处理,以蒸馏水为对照,分别按上述方法处理水稻幼苗,并从 MJ 溶液处理幼苗 1 d 后每天于同一时间分别取样,测定与幼苗抗冷性相关的生理指标。

细胞质膜透性测定用电导率法(Achere 等 2004),超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性测定用氮蓝四唑法(卢静君等 2004),过氧化氢酶(catalase, CAT)活性测定用紫外分光光度法(曾韶西等 1991)。过氧化物酶(peroxidase, POD)活性的测定用愈创木酚法,可溶性蛋白含量测定用考马斯亮蓝 G-250 法,丙二醛(malondialdehyde, MDA)含量测定用硫代巴比妥酸法,游离脯氨酸含量测定用茚三酮比色法,可溶性总糖含量测定用蒽酮比色法,以上均参考张志良和瞿伟菁(2003)书中的方法。叶绿素含量采用 80% 丙酮提取法(刘峰等 2001)。每处理测定重复 3 次,取平均值。

用 F 检验判断处理与对照叶片之间各项指标的差异显著性。 $F > F_{0.05}$ 时,处理与对照之间的差异为显著性差异,以 * 表示; $F > F_{0.01}$ 时,处理与对照之间的差异为极显著差异,以 ** 表示。

结果与讨论

1 不同浓度 MJ 对低温胁迫下水稻幼苗生长和膜相对透性的影响

低温条件下植物细胞受到破坏的最初部位是细胞膜(李美茹等 2000)。从表 1 可知,较高浓度 MJ (10^{-3} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 处理的水稻幼苗的膜电解质渗透率与不作 MJ 处理的相比没有明显差异,但植株矮小,叶色变浅,叶尖枯干,存活率低(表 1); 浓度低一些(10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) 的 MJ 处理的水稻,其幼

苗的膜渗透率比不作 MJ 处理的低,且生长也较好,其中以 10^{-5} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ MJ 溶液处理的水稻幼苗膜渗透率最低,与不作 MJ 处理的差异达极显著水平,成活率的差异达显著水平。表明相对较高浓度的 MJ 加剧水稻幼苗细胞膜受冷胁迫的破坏程度,而浓度低一些的 MJ 可减轻水稻幼苗细胞膜受冷胁迫的破坏程度,其中尤以 10^{-5} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ MJ 的效果为佳。因此以下实验的 MJ 浓度均采用 10^{-5} $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

表 1 MJ 对水稻幼苗低温胁迫后成活率和膜电解质渗透率的影响
Table 1 Effects of MJ on survival percentage and electrolyte leakage of rice seedlings under cold stress

浓度 / $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$	幼苗成活率 / %	电解质渗透率 / %
0	78	30
10^{-3}	32*	33
10^{-4}	78	22
10^{-5}	95*	14**
10^{-6}	83	17*
10^{-7}	86	19*

* 显著差异 ($P \leq 0.05$); ** 极显著差异 ($P \leq 0.01$)。

2 MJ 对冷胁迫下水稻幼苗叶中叶绿素、可溶性糖和可溶性总蛋白含量的影响

从图 1 可见: (1) 低温胁迫前, MJ 处理与否的水稻幼苗叶中叶绿素含量没有明显差异,低温胁迫后,不作 MJ 处理的叶绿素含量迅速下降,在恢复生长后稍有回升,但仍处于较低水平,而 MJ 处理的叶绿素含量在整个低温胁迫和恢复过程中仍维持较高水平,差异达显著水平(图 1-a)。(2) 低温胁迫前, MJ 处理的水稻幼苗中可溶性糖含量升高。低温胁迫后, MJ 处理与否的可溶性糖含量均明显上升,但处理的上升得稍微快一些。2 d 后,二者均达到最大值。在恢复生长过程中,二者的可溶性糖含量稍有下降,但不作 MJ 处理的下降快些(图 1-b)。可溶性蛋白含量的变化趋势与可溶性糖含量相似。冷胁迫 2 d 和恢复过程中处理的可溶性蛋白含量显著高于不作 MJ 处理的(图 1-c)。表明 MJ 可通过水稻幼苗中可溶性糖和可溶性蛋白含量的提高而增强其抗冷性。

3 MJ 对冷胁迫下水稻幼苗叶中游离脯氨酸和 MDA 含量的影响

从图 2 可见: (1) 低温胁迫前, MJ 处理的水稻

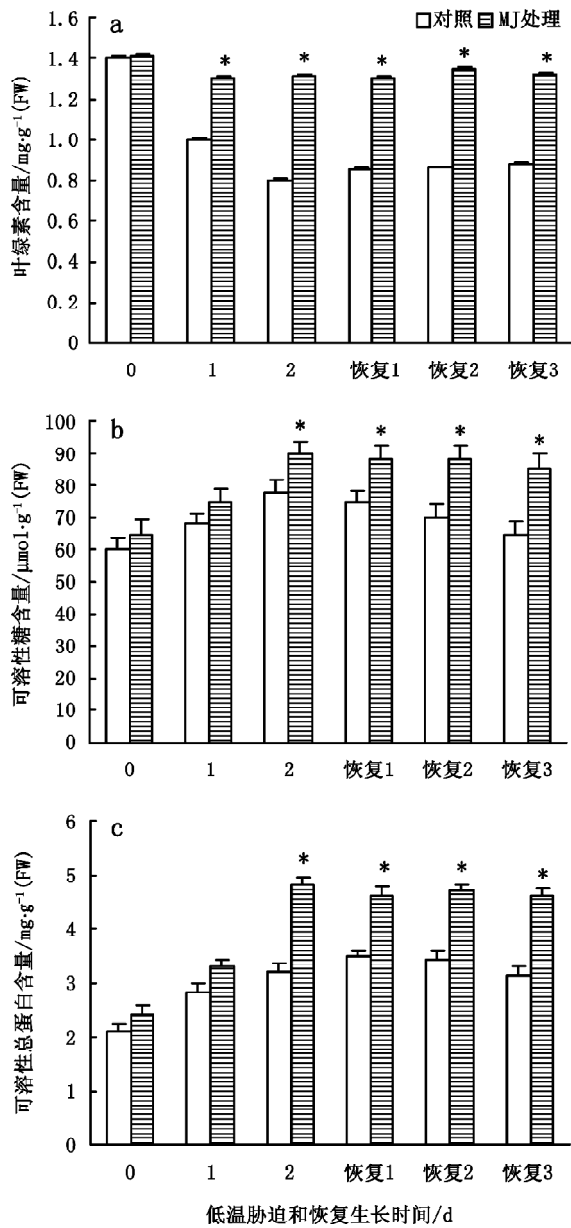


图1 低温胁迫下和恢复生长过程中MJ对水稻幼苗叶绿素、可溶性糖和可溶性总蛋白含量的影响
 Fig.1 Effects of MJ on the contents of chlorophyll, soluble sugar and soluble protein of rice seedlings under cold stress and in the course of growth recovery

幼苗比不作MJ处理的脯氨酸含量明显低。低温胁迫后, 二者的脯氨酸含量均明显上升, 但不作MJ处理的上升得稍微慢一些。在恢复生长过程中, 尽管两者呈摇摆不定的升降趋势, 但从总体上看, MJ处理的水稻幼苗中脯氨酸含量始终明显较高。(2)低温胁迫前, MJ处理与否的水稻幼苗的MDA含量基

本上相同。低温胁迫后, 二者均上升, 但MJ处理的要比不作MJ处理的上升稍微慢一些。在恢复生长过程中, 两者的MDA含量均下降, 但仍高于低温胁迫前的MDA水平, 且不作MJ处理的始终高些。

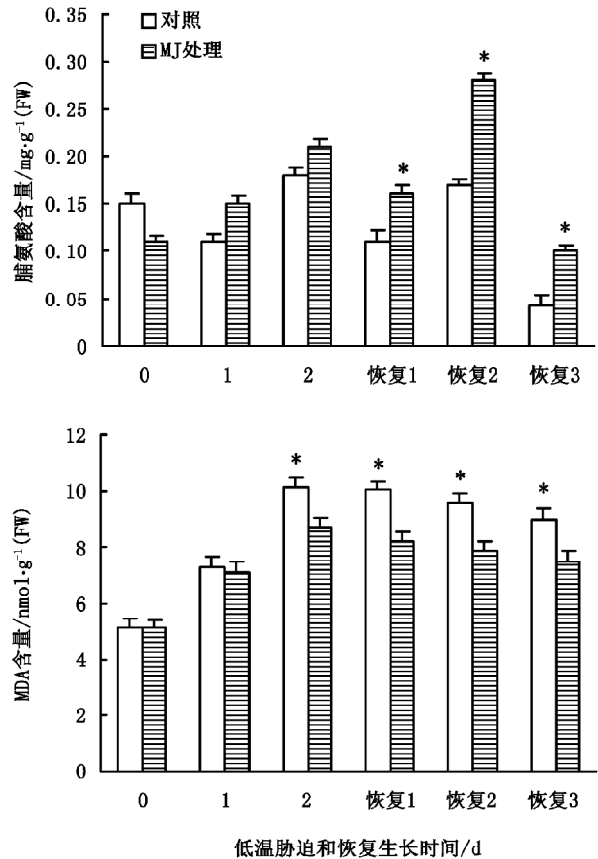


图2 低温胁迫下和恢复生长过程中MJ对水稻幼苗脯氨酸和MDA含量的影响
 Fig.2 Effects of MJ on the contents of proline and MDA of rice seedlings under cold stress and in the course of growth recovery

4 MJ对冷胁迫下水稻幼苗中SOD、POD和CAT活性的影响

从图3可见: (1)冷胁迫前, MJ处理与否的水稻幼苗中SOD活性基本上相同。低温胁迫后, 二者的SOD活性均明显上升, 但MJ处理的比不作MJ处理的上升得稍微慢一些。在恢复生长过程中, 二者的SOD活性均下降, 但高于低温胁迫前的SOD活性水平, MJ处理的明显高些。表明MJ对冷胁迫下水稻幼苗中SOD活性有促进作用。(2) POD活性变化趋势与SOD基本上相似。(3)低温胁迫前,

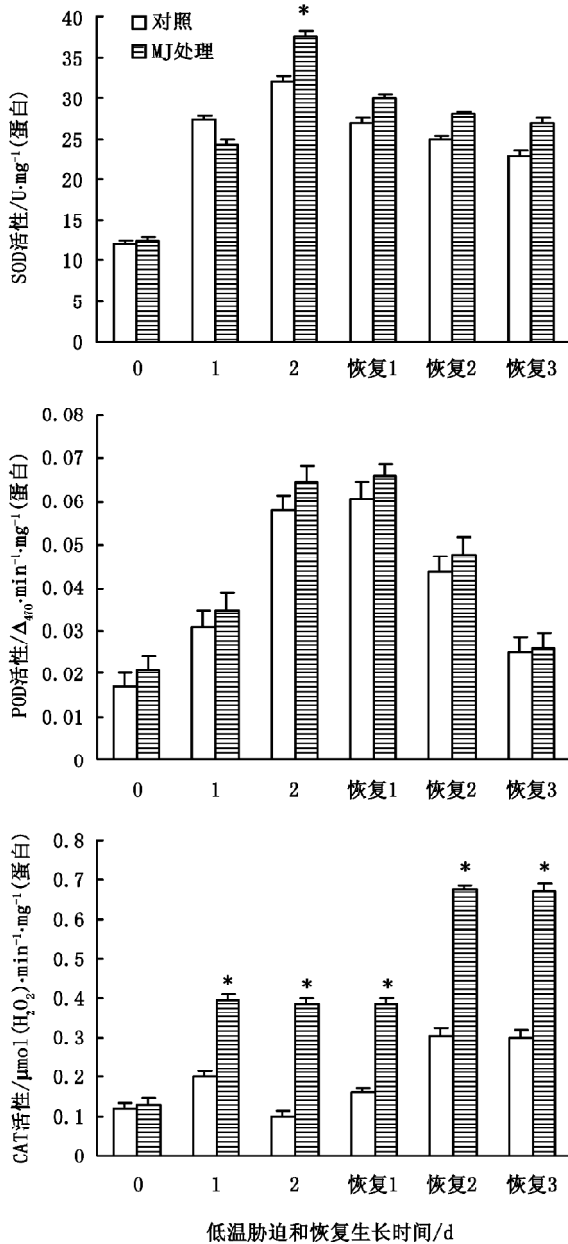


图3 低温胁迫下和恢复生长过程中MJ对水稻幼苗SOD、POD和CAT活性的影响

Fig.3 Effects of MJ on the activities of SOD, POD and CAT of rice seedlings under cold stress and in the course of growth recovery

MJ处理与否的水稻幼苗中CAT活性基本相同,在低温胁迫及恢复生长过程中,MJ处理的水稻幼苗的CAT活性显著高于不作MJ处理的。这些结果与齐付国等(2006)的结果一致。

总之, MJ可通过提高SOD、POD和CAT活性,以及可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨酸的含量,降低膜脂过氧化产物MDA的积累和细胞膜的电解质渗透性,削弱叶绿素的降解,最终提高水稻幼苗的抗冷能力。

参考文献

- 董桃杏, 蔡昆争, 张景欣, 荣辉, 谢国政, 曾任森(2007). 茉莉酸甲酯(MeJA)对水稻幼苗的抗旱生理效应. 生态环境, 16 (4): 1261~1265
- 韩晋, 田世平(2006). 外源茉莉酸甲酯对黄瓜采后冷害及生理生化影响. 园艺学报, 33 (2): 289~293
- 何红卫, 令洁, 肖文娟, 宾金华(2004). 茉莉酸甲酯对烟草幼苗抗病毒的影响. 热带亚热带植物学报, 12 (3): 241~246
- 李美茹, 刘鸿先, 王以柔(2000). 植物抗冷性的分子生物学进展. 热带亚热带植物学报, 8 (1): 70~80
- 刘峰, 张军, 张文吉(2001). 氧化钙对水稻幼苗的生理作用研究. 植物学通报, 18 (4): 490~495
- 刘庆安, 甘立军, 夏凯(2008). 茉莉酸甲酯和水杨酸对黄瓜根结线虫的防治. 南京农业大学学报, 31 (1): 141~145
- 卢静君, 多立安, 刘祥君(2004). 盐胁迫下两草种SOD和POD及脯氨酸动态研究. 植物研究, 24 (1): 115~119
- 齐付国, 李建民, 段留生, 李召虎(2006). 冠菌素和茉莉酸甲酯诱导小麦幼苗低温抗性的研究. 西北植物学报, 26 (9): 1776~1780
- 王海波, 黄椿颖, 庞学群, 徐兰英, 张昭其(2008). 茉莉酸甲酯诱导的采后香蕉果实耐冷性与活性氧信号的关系. 中国农业科学, 41 (4): 1165~1171
- 曾韶西, 王以柔, 刘鸿先(1991). 低温光照下与黄瓜子叶叶绿素降低有关的酶促反应. 植物生理学报, 17: 177~182
- 张志良, 瞿伟菁主编(2003). 植物生理学实验指导. 第3版. 北京: 高等教育出版社
- Achere V, Faivre Rampant P, Paques LE, Prat D (2004). Chloroplast and mitochondrial molecular tests identify European×Japanese larch hybrids. Theor Appl Genet, 108 (8): 1643~1649
- Fung RWM, Wang CY, Smith DL, Gross KC, Tian M (2004). MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Sci, 166: 711~719