

· 研究论文 ·

植物生长调节剂对甜椒的抗寒性诱导效应研究

徐福乐*, 罗立津, 高灿红

(福建超大现代农业科技研究所,福州 350003)

摘要:以5个品种的甜椒为试材,研究了由冠菌素(COR)、脱落酸(ABA)和矿源黄腐酸(MFA)3种调节剂复配而成的植物生长调节剂MIX II对提高甜椒抗寒性的诱导效应。幼苗移植7 d后,用三元复配剂MIX II进行灌根处理(10 mL/株),在10~15℃下生长60 d后,在低温(5℃,48 h)胁迫下,分析各品种甜椒幼苗生长、细胞质膜透性、渗透调节物质、植株体内过氧化氢及其抗氧化酶活性与各自对照之间的差异。结果表明:MIX II在低温逆境下对不同品种甜椒幼苗生长具有不同的保护效应;在代谢水平上可提高不同甜椒品种的相关抗氧化酶活性,减轻活性氧对细胞质膜的伤害,降低相对电导率;同时可提高低温环境下叶片脯氨酸、K⁺等渗透调节物质的含量,保持细胞的渗透势,维持细胞正常的代谢功能,从而提高不同品种甜椒的抗寒性。

关键词:植物生长调节剂;甜椒;抗寒性;逆境生理

DOI:10.3969/j.issn.1008-7303.2011.01.06

中图分类号:TQ452

文献标志码:A

文章编号:1008-7303(2011)01-0033-07

Inducing effects of plant growth regulators on the chilling resistance of sweet pepper (*Capsicum annuum*)

XU Fu-le*, LUO Li-jin, GAO Can-hong

(Fujian Chaoda Modern Agriculture Technology Research Institute, Fuzhou 350003, China)

Abstract: The inducing effects of plant growth regulator MIX II, which is the mixture of coronatine (COR), abscisic acid (ABA) and mineral fulvic acid (MFA), was analyzed on increasing the chilling resistance of five sweet pepper varieties. After transplanting for 7 d, seedling roots were watered by 10 mL MIX II per plant, then seedlings were grown under 10–15 °C for 60 d, and then were exposed to low temperature (5 °C) for 48 h. The seedling growth, cytoplasmic membrane permeability, osmoregulation substance, the hydrogen peroxide and antioxidant enzyme activity were measured in different sweet pepper varieties, and the differences of these characteristics were analyzed between the treatments and control. The results showed that the protection effects of MIX II on the seedlings growth of different sweet pepper varieties were different. The antioxidant enzymes activities were increased, the injury of oxygen to cytoplasmic membrane and the relative electrolyte leakage were reduced; The content of osmoregulation substance of proline and K⁺ in seedling leaves were increased, and the cell osmotic potential and the cell metabolism were maintained at normal level. As a result, the chilling resistance of different sweet pepper varieties were improved by MIX II under chilling stress.

Key words: plant growth regulator; sweet pepper (*Capsicum annuum*); chilling resistance; stress physiology

收稿日期:2010-09-20;修回日期:2010-11-20.

作者简介: *徐福乐(1977-),男,安徽寿县人,通讯作者(Author for correspondence),硕士,农艺师,主要从事作物营养、生理和栽培方向的研究,电话:0591-28083620, E-mail: xufule163@163.net

近年来,低温异常天气频繁发生,使得冷害成为我国农作物稳产的主要限制因素之一。甜椒是我国各地普遍栽培的大宗蔬菜之一,但由于其是起源于亚热带的典型喜温蔬菜,低温常导致甜椒发生冷害,使产量和品质受到很大影响^[1]。因此,迫切需要研究开发一些能提高甜椒抗寒性的技术或产品。应用植物生长调节剂(PGRs)是提高作物抗寒性的有效途径之一,并且已有在提高甜(辣)椒抗寒性上的研究报道^[2-3],但未见有在甜椒生产上得到应用的成熟技术。已有研究表明,黄腐酸(fulvic acid,FA)可提高油菜的抗寒性^[4];外源脱落酸(abscisic acid,ABA)可诱导辣椒^[5]、茶树^[6]、水稻^[7]等作物的抗寒性;冠菌素(coronatine,COR)能参与逆境调节,提高香蕉幼苗、黄瓜幼苗和小麦的抗寒性^[8]。但本课题组前期的研究表明,单一使用这些调节剂用于提高甜椒抗寒性存在一些不足:如矿源黄腐酸(MFA)在常温下能促进甜椒幼苗的生长,但并不能提高其抗寒性;高浓度的脱落酸可降低超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)的活性;常温下低浓度冠菌素可促进植株生长,而高浓度却抑制其生长^[9-10]。为此,本课题组将这3种调节剂进行了复配,以红英达品种为供试材料,筛选出了能诱导甜椒抗寒性的较优组合复配剂(MIX II),并分析了其协同作用的机理。由于甜椒品种繁多,低温逆境下植株体内的生理生化变化和抵御胁迫的能力在不同品种之间具有较大的差异^[11],为此,本试验选用我国不同区域主栽的不同熟期和性状的甜椒品种,分析该复配剂对不同甜椒体内渗透物质和抗氧化酶系统的影响,并探讨了其对甜椒抗寒性的诱导效应机制。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

矿源黄腐酸(minal fulvic acid,MFA)由中国农业大学环境微生物实验室提供,是褐煤经微生物降解后的产物,纯度>80%;冠菌素(coronatine,COR)由中国农业大学植物生长调节剂教育部工程研究中心提供,为产冠菌素工程菌株的发酵产物,经高效液相色谱法检测,其质量浓度为4.3 mg/L,纯度>90%;脱落酸(ABA),由中国科学院成都生物研究所提供,为脱落酸高产菌株的发酵产物,纯度>90%;复配剂MIX II由本课题组采用以上3种药剂优选复配而成(内含565 mg/L的矿源黄腐酸、0.011 mg/L冠菌素和5.15 mg/L脱落酸)。

供试甜椒品种:“阿拉丁”,为中早熟品种,适

宜延秋、越冬、早春及早秋栽培,由圣尼斯种业有限公司提供;“玛丽莲”,为中早熟品种,适宜延秋、越冬、早春及早秋栽培,由寿光先正达种苗有限公司提供;“黄太妃”,为中熟品种,适宜越夏及秋延栽培,由寿光先正达种苗有限公司提供;“CY16号”,为中熟品种,适合早春、秋延和越冬栽培,由超大种业有限公司提供;“金华星”,为早熟品种,适宜延秋、越冬、早春及早秋栽培,由台湾农友种苗有限公司提供。

试验于福建超大现代农业集团福州黄山高科技试验示范农场的智能控制温室内进行,材料培养同文献^[12]。各品种甜椒幼苗移栽7 d后,分别用蒸馏水(空白对照)和三元复配剂(MIX II)进行灌根处理,每处理15株,每株灌10 mL,先置于10~15℃的较低温度下生长60 d后,再置于5℃下低温胁迫处理48 h。取样,进行各项指标的测定。

1.2 基本形态指标的测定

株高用直尺测量;鲜重用电子天平称量:将待测植株冲洗干净,用滤纸吸干表面水分,按地上部、根部及整株分为3组。每处理随机取10株进行测定。

1.3 生理生化指标测定

取第一片完全展开叶,采用全月奥^[13]的方法进行钾含量分析,用火焰光度计法测定;其他各种生理指标的测定均为取顶芽下第2片完全展开叶。其中根系活力的测定参照白宝璋等^[14]的改良氯化三苯基四氮唑(TTC)法;脯氨酸的测定参照李合生^[15]的方法;可溶性糖的测定参照邹琦^[16]的蒽酮法;相对电导率的测定参照Lutts等^[17]的方法;过氧化氢的测定参照Verma等^[18]的方法;抗氧化酶液的提取参照李忠光等^[19]和Kuk等^[20]的方法,其中可溶性蛋白含量参照邹琦^[16]的考马斯亮蓝G250染色法;超氧化物歧化酶(SOD,EC 1.15.1.1)活性测定参照Mishra等^[21]和Dhinds等^[22]的方法;过氧化氢酶(CAT,EC 1.11.1.16)活性测定参照李合生^[15]的方法;过氧化物酶(POD,EC 1.11.1.17)活性测定参照Tatiana等^[23]的方法。每处理重复3次,试验重复3次。

1.4 统计分析

所有数据均利用Excel 2003软件统计,计算均值和标准误差,并绘制图表。采用SPSS统计软件进行T检验。

2 结果与分析

2.1 MIX II对甜椒幼苗生长的调控作用

从图1A和图1B可知,低温条件下,MIX II极

显著地促进了“玛丽莲”、“CY16号”和“金华星”地上部和地下部幼苗的生长,其中株高分别比对照增加12.3%、11.4%和11.1%,茎鲜重分别比对照增加18.7%、11.6%和29.1%,侧根鲜重分别比对照增加19.4%、15.8%和81.4%;而对“阿拉丁”和“黄太妃”两个品种的生长几乎没有影响。

根系活力是一种能较客观地反映根系生命活动

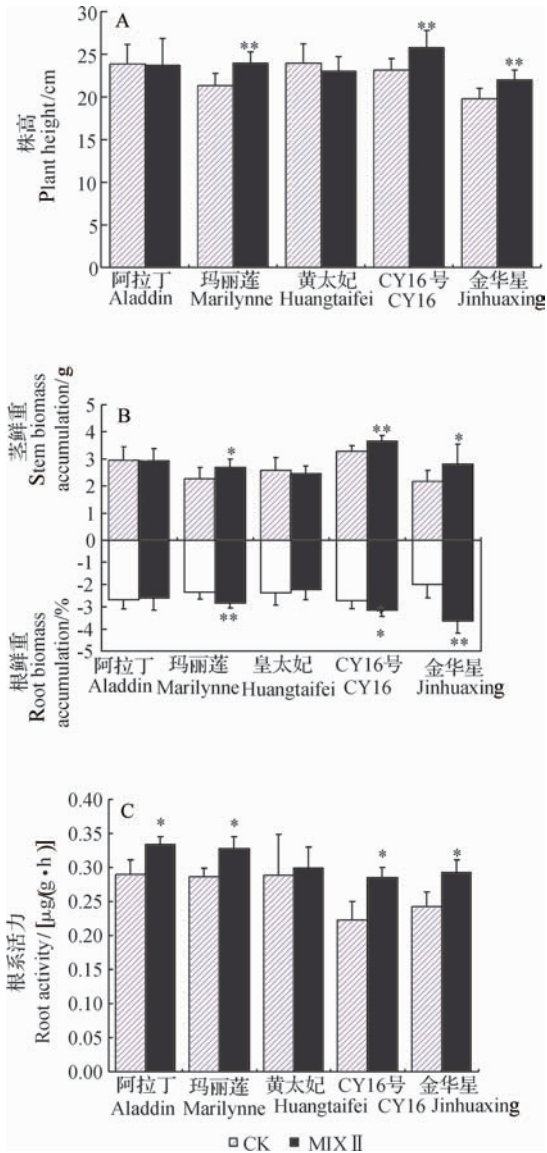


图1 MIX II处理对不同品种甜椒幼苗生长和根系活力的调控效应

Fig. 1 Effects of MIX II on the seedlings growth and root activity of different varieties of sweet pepper

注:柱状图中标注的“**”和“*”分别表示差异极显著($P < 0.01$)和差异显著($P < 0.05$)。

Note: Two or one star-shaped figure (*) used in the bars show the statistically difference ($P < 0.01$) or difference ($P < 0.05$), respectively.

的生理指标^[24]。低温胁迫下,抗寒性强的植物其根系活力一般会提高,因而可以作为衡量植物抗寒性的一个指标^[25]。从图1C可以看出,MIX II处理显著增强了不同品种甜椒的根系活力,其中“阿拉丁”、“玛丽莲”、“CY16号”和“金华星”分别比对照增加了14.9%、14.3%、27.8%和20.3%。这表明在低温胁迫下,MIX II可以维持不同甜椒品种的根系功能,提高甜椒不同品种的抗寒性,从而维系植株对营养物质的吸收及正常生长。

2.2 MIX II对甜椒幼苗相对电导率的影响

相对电导率是反映细胞质膜受伤害程度的重要指标^[26]。从图2可知,所有供试品种经MIX II处理后均显著地降低了幼苗叶片的相对电导率($P < 0.05$),其中“黄太妃”降低18.6%,达极显著水平($P < 0.01$)。说明在低温胁迫下,MIX II可有效降低不同品种甜椒细胞质膜的渗透率,提高细胞膜的选择透性,保持细胞正常的生理功能。

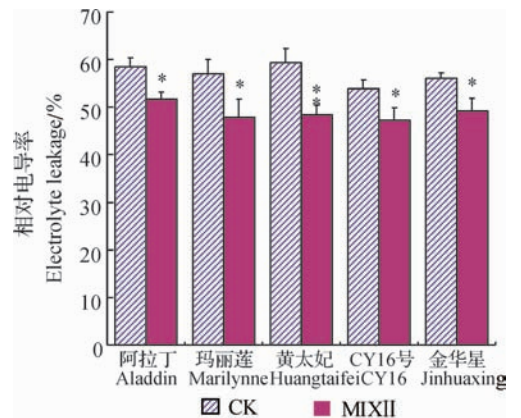


图2 低温胁迫下MIX II处理对甜椒幼苗叶片质膜透性的影响

Fig. 2 Effects of MIX II on the plasma membrane permeability of seedlings leaves of sweet pepper under cold stress

注:柱状图中标注的“**”和“*”分别表示差异极显著($P < 0.01$)和差异显著($P < 0.05$)。

Note: Two or one star-shaped figure (*) used in the bars show the statistically difference ($P < 0.01$) or difference ($P < 0.05$), respectively.

2.3 MIX II对甜椒幼苗渗透调节物质的影响

游离脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白及 K^+ 是植物与抗寒性相关的重要渗透调节物质^[27-30]。由图3A可知,在低温胁迫下,MIX II显著增加了所有供试甜椒的脯氨酸含量,其中“阿拉丁”、“玛丽莲”、“黄太妃”和“CY16号”分别比对照增加18.6%、14.1%、9.5%和11.4%。同时也显著增加了“阿拉

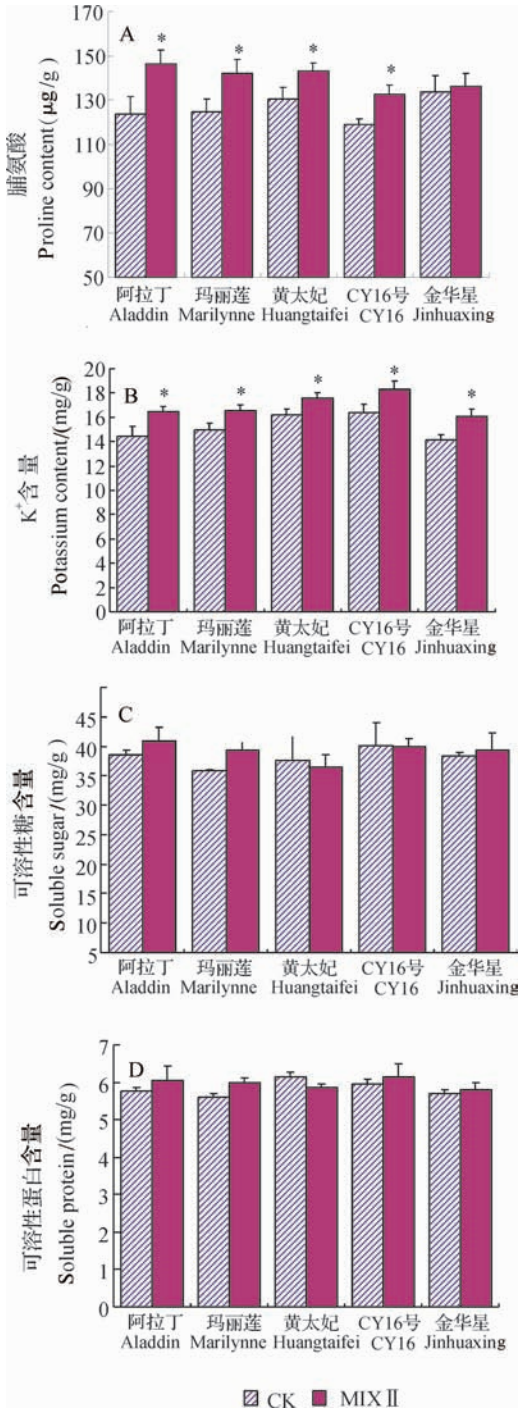


图3 低温胁迫下MIX II处理对甜椒幼苗叶片中渗透调节物质含量的影响

Fig. 3 Effects of MIX II on the content of osmoregulation substance in seedlings leaves of sweet pepper under cold stress

注:柱状图中标注的“**”和“*”分别表示差异极显著($P < 0.01$)和差异显著($P < 0.05$)。

Note: Two or one star-shaped figure (*) used in the bars show the statistically difference ($P < 0.01$) or difference ($P < 0.05$), respectively.

丁”、“玛丽莲”、“黄太妃”、“CY16号”和“金华星”中 K^+ 的积累,分别增加13.9%、10.3%、8.3%、11.7%和13.2%(图3B)。但可溶性糖与可溶性蛋白含量的变化与对照组并无显著差异(图3C、图3D)。

2.4 MIX II对甜椒幼苗过氧化氢(H_2O_2)积累的影响

冷害造成的膜特性改变及各种生理生化伤害均与 H_2O_2 的产生有关^[31-32]。由图4可知,MIX II处理可明显降低供试各品种甜椒幼苗细胞内 H_2O_2 的产生,其中“黄太妃”品种处理组比对照组降低17.8%,达极显著水平($P < 0.01$),其余4个品种分别比对照降低9.4%~14.3%,达显著水平($P < 0.05$)。这说明在低温胁迫下,MIX II处理可有效减少 H_2O_2 对细胞质膜的伤害,保护了细胞质膜正常的生理代谢功能,从而提高了不同甜椒品种的抗寒性。

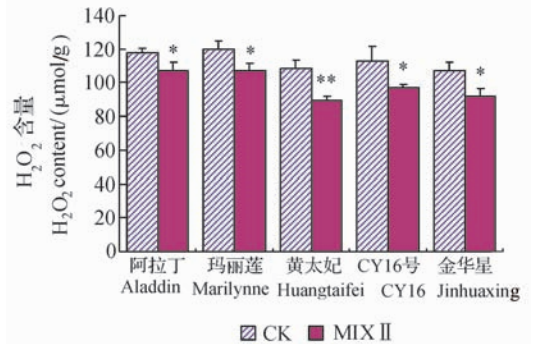


图4 低温胁迫下MIX II处理对甜椒幼苗叶片 H_2O_2 积累的影响

Fig. 4 Effects of MIX II on the H_2O_2 accumulation in seedlings leaves of sweet pepper under cold stress

注:柱状图中标注的“**”和“*”分别表示差异极显著($P < 0.01$)和差异显著($P < 0.05$)。

Note: Two or one star-shaped figure (*) used in the bars show the statistically difference ($P < 0.01$) or difference ($P < 0.05$), respectively.

2.5 MIX II对甜椒幼苗抗氧化酶活性的影响

超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)是植物体内清除氧自由基的重要抗氧化酶类,低温胁迫下植物体内的酶活性与植物的抗寒性成正相关^[28,33]。本研究结果表明,MIX II处理对不同品种甜椒的抗氧化酶具有不同的调控作用。由图5A可知,在低温胁迫下,MIX II可有效提高各品种的SOD的活性,其中“阿拉丁”、

“黄太妃”和“金华星”的 SOD 的活性分别比对照增加 30.0%、35.0% 和 24.1%，达显著水平 ($P < 0.05$)。由图 5B 可知，MIX II 可显著提高“玛丽莲”、“黄太妃”、“CY16”号和“金华星”的 CAT 活性，分别比对照提高 20.3%、6.2%、6.7% 和 13.8%，其中“玛丽莲”品种达极显著水平 ($P < 0.01$)。由图 5C 可知，MIX II 也可有效提高 POD 活性，但对不同品种的影响程度不同，其中“阿拉丁”、“玛丽莲”和“CY16 号”分别比对照提高 15.8%、28.7% 和 25.3%，达到显著水平 ($P < 0.05$)，而对其他两个品

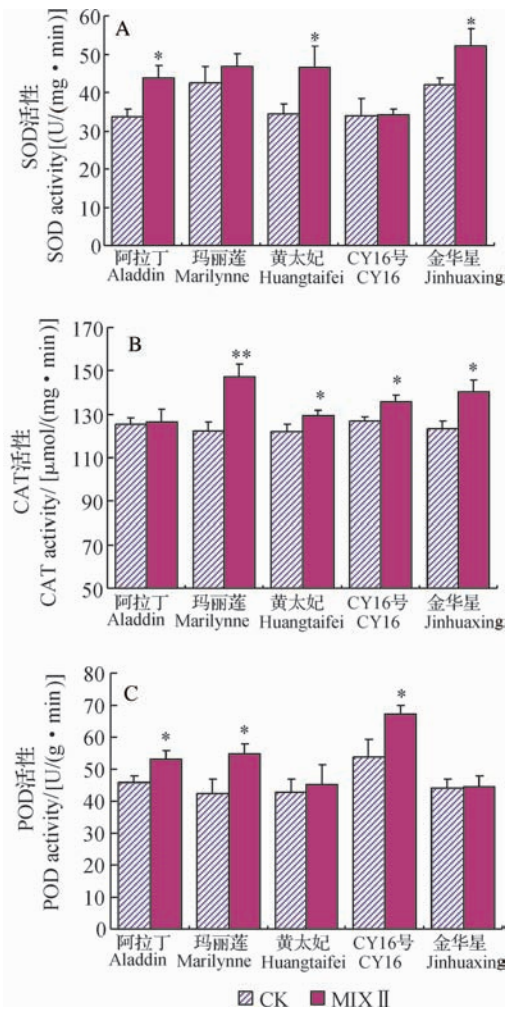


图5 低温胁迫下 MIX II 处理对甜椒幼苗细胞内抗氧化酶 (SOD、CAT 和 POD) 活性的影响

Fig. 5 Effects of MIX II on the cells antioxidant enzymes (SOD, CAT and POD) activities of sweet pepper seedlings under cold stress

注:柱状图中标注的“**”和“*”分别表示差异极显著 ($P < 0.01$) 和差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Two or one star-shaped figure (*) used in the bars show the statistically difference ($P < 0.01$) or difference ($P < 0.05$), respectively.

种的提高并不显著。以上结果说明，MIX II 处理可提高低温胁迫条件下不同甜椒品种的抗氧化酶活性，但对不同品种甜椒的影响不同。

3 结论与讨论

3.1 MIX II 对甜椒幼苗生长的调控作用

本研究采用的植物生长调节剂 MIX II 是由微生物发酵的矿源黄腐酸 (MFA)、脱落酸 (ABA) 和冠菌素 (COR) 3 种生长调节物质复配而成。本课题组前期研究表明:常温下,适宜浓度的 MFA 和 COR 能显著促进甜椒生长;在低温条件下,MFA 可以同时促进甜椒地上部和侧根的生长,而 ABA 只促进侧根的生长^[9-10]。本研究结果表明,在低温胁迫下,MIX II 可提高 5 个供试甜椒品种根系活力,但在株高、地上部鲜重、地下部鲜重方面,MIX II 只对“玛丽莲”、“CY16 号”和“金华星”这 3 个品种有显著的促进作用,表现出 MFA 和 COR 的促进生长效应,而对其他两个品种的生长则没有促进效应。表明在低温胁迫下,MIX II 可以通过提高不同甜椒的根系活力,来维持根系的正常代谢功能和植株生命活动的需要。至于对不同品种生长调控作用的差异,可能是由于低温胁迫下植株生长缓慢,有些品种 60 d 内不足以看到生长的差异,有些品种可能对 MIX II 较为敏感,生长表现较快,而这种促进生长作用应是由 MFA 诱导的。

3.2 MIX II 对甜椒细胞渗透调节的诱导机理

细胞质膜的选择透性丧失,以及细胞渗透调节平衡的破坏是低温造成植物伤害的重要原因。当受到各种逆境胁迫时,植物体细胞内一般会累积不同种类的渗透调节物质来维持细胞膨压,从而维持正常生理代谢过程。本研究结果表明,MIX II 可有效降低不同品种甜椒在低温逆境下的质膜伤害,维持细胞选择透性、 K^+ 和脯氨酸含量。由此可见,MIX II 处理的甜椒幼苗可通过提高甜椒体内渗透调节物质 K^+ 和脯氨酸含量来保持细胞的渗透调节功能,保证甜椒体内物质的吸收与转运,防止细胞脱水,维持正常的代谢功能,从而提高甜椒品种的抗寒性。

3.3 MIX II 对甜椒细胞活性氧代谢的诱导效应

植物在遭到低温胁迫时,其体内活性氧产生与清除的平衡首先被打破,累积的活性氧可加剧膜脂过氧化和膜蛋白的聚合,从而引起细胞质膜的伤害及各种生理生化变化,多数试验结果表明,这些伤害与 H_2O_2 的产生有关^[31-32]。而活性氧的清除主要依靠 SOD、CAT、POD 等抗氧化酶系统以及其他非酶

系统^[28,33]。本研究结果表明,MIX II 可显著降低各品种甜椒体内的 H₂O₂ 含量,同时提高其体内相应的抗氧化酶活性,说明应用 MIX II 可以有效降低活性氧对质膜的伤害,以抵御低温胁迫的伤害,维持甜椒的正常生长。

在试验中也发现,MIX II 对不同甜椒品种体细胞内抗氧化酶活性的诱导作用有所不同。“阿拉丁”主要是 SOD 和 POD 活性提高;“玛丽莲”、“CY16 号”是 CAT 和 POD 活性提高;“黄太妃”、“金华星”是 SOD 和 CAT 活性提高;这说明不同品种抗氧化酶系统对 MIX II 的响应有所不同。在本课题组前期的研究中发现,低温胁迫下,COR 可极显著地提高甜椒 SOD 和 POD 活性,而对 CAT 活性无影响;MFA 可提高 SOD 和 CAT 的活性,而对 POD 活性无影响;ABA 不仅对 CAT 和 POD 的活性无影响,反而会降低 SOD 的活性^[9-10]。而在本研究中发现的 MIX II 对不同品种甜椒抗氧化酶活性的诱导效应不同,可能是由于不同品种对 MIX II 中 3 种不同成分的诱导敏感性和响应不同所致。

综上所述,在低温胁迫下,MIX II 可以提高各品种甜椒的抗寒性,其机理可能是通过 MFA、ABA 和 COR 3 种调节剂的协同作用,提高了甜椒幼苗体内 SOD、CAT、POD 等抗氧化酶类的活性,以便能更加有效地清除体内的活性氧自由基,减少 H₂O₂ 在体内的积累;并通过提高叶片内脯氨酸、K⁺ 等渗透调节物质的含量,维持细胞膨压,减轻细胞电解质的外流,来减轻低温胁迫对植物体造成的伤害,提高根系活力,促进营养物质的吸收、合成和运输,保持低温条件下植物体正常的代谢功能,从而达到提高不同品种甜椒抗寒能力的目的。

从植物生长调节剂复配剂 MIX II 对 5 种甜椒抗寒性调控在形态和代谢水平上的总体表现来看,MIX II 对不同品种甜椒的调控效果是不同的,其中以对“玛丽莲”、“CY16 号”和“金华星”3 个品种在代谢水平和外部形态上均有较好的调控表现。因此,MIX II 在这 3 个品种甜椒的秋冬、早春栽培上具有一定的应用潜力,但由于本研究仅是对 5 个品种甜椒苗期开展的盆栽条件下的抗寒性试验,其在大田栽培的应用效果还需进一步验证。

参考文献:

[1] NEJI T, MONIQUE B, ABDELAZIZ M. Effect of low night temperature on flowering, fruit set, and parthenocarpic ability of hot and sweet pepper varieties, *Capsicum annuum* [J]. *J Korea*

Society Horticult Sci, 2003, 44 (3): 271 - 276.

- [2] YU Ji-hua(郁继华), YAN Xiao-hua(闫晓华), ZHANG Jie-bao(张洁宝), et al. 壳聚糖对低温胁迫下辣椒幼苗活性氧产生和保护酶活性的影响[J]. *Plant Physiology Communications*(植物生理学通讯), 2007, 43 (4): 725 - 726.
- [3] QU Ya-ying(曲亚英), YU Ji-hua(郁继华), TAO Xing-lin(陶兴林), et al. S3307 和 IBA + NAA 浸种对低温胁迫下甜椒幼苗抗冷性的影响[J]. *J Gansu Agric Univ*(甘肃农业大学学报), 2006, 41 (4): 52 - 55.
- [4] CHENG Fu-jiu(程扶玖), YANG Dao-qi(杨道麒), WU Qing-sheng(吴庆生). 黄腐酸对油菜种子萌发, 氮素吸收及抗寒性的生理效应[J]. *J Anhui Agric Univ*(安徽农业大学学报), 1995, 22 (2): 123 - 128.
- [5] TANG Ri-sheng(汤日圣), HUANG Yi-hong(黄益洪), TANG Xian-hong(唐现洪), et al. 微生物源脱落酸(ABA)对辣椒苗耐冷性的影响[J]. *Jiangsu J Agric Sci*(江苏农业学报), 2008, 24 (4): 467 - 470.
- [6] YANG Ya-jun(杨亚军), ZHENG Lei-ying(郑雷英), WANG Xin-chao(王新超). 冷驯化和 ABA 对茶树抗寒力及其体内脯氨酸含量的影响[J]. *Tea Sci*(茶叶科学), 2004, 24 (3): 177 - 182.
- [7] GUO Que(郭确), PAN Rui-zhi(潘瑞炽). ABA 对水稻幼苗抗冷性的影响[J]. *Acta Phytophysiological Sinica*(植物生理学报), 1984, 10 (4): 295 - 299.
- [8] BROOKS D M, BENDER C L, KUNKEL B N. The *Pseudomonas syringae* phytotoxin coronatine promotes virulence by overcoming salicylic acid-dependent defences in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Mol Plant Pathol*, 2005, 6: 629 - 639.
- [9] LUO Li-jin(罗立津), HONG Shu-zhu(洪淑珠), WU Hui-ling(吴慧玲), et al. 三种植物生长调节剂对甜椒幼苗抗寒性的协同诱导效应[J]. *Review Sci & Tech*(科技导报), 2010, 28 (15): 5 - 9.
- [10] LUO Li-jin(罗立津). Inducing effects and its biological mechanisms of plant growth regulator on the chilling resistance of sweet pepper (*Capsicum annuum*) (植物生长调节剂对甜椒抗寒性的诱导效应及机理研究) [D]. Beijing(北京): China Agricultural University(中国农业大学), 2010.
- [11] XIE Jian-ming(聂建明), YU Ji-hua(郁继华), XIE Min-hua(聂敏华), et al. 低温弱光下辣椒 3 种渗透调节物质含量变化及其与品种耐性的关系[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*(西北植物学报), 2009, 29 (1): 105 - 110.
- [12] LUO Li-jin(罗立津), XU Fu-le(徐福乐), HONG Shu-zhu(洪淑珠), et al. 甲哌鎓对甜椒幼苗抗寒性的诱导作用研究[J]. *Chin J Pestic Sci*(农药学报), 2010, 12 (2): 142 - 148.
- [13] TONG Yue-ao(仝月奥), ZHOU Hou-ji(周厚基). Nutrition Diagnosis of Fruit Trees(果树营养诊断法) [M]. Beijing(北京): Chinese Agriculture Press(中国农业出版社), 1992: 58 - 110.
- [14] BAI Bao-zhang(白宝璋), JIN Jing-zhi(金锦子). 玉米根系活力 TTC 测定法的改良[J]. *J Maize Sci*(玉米科学), 1994, 2 (4): 44 - 47.
- [15] LI He-sheng(李合生). Experimental Principle and Technology of Plant Biology and Biochemistry(植物生理生化实验原理与技术) [M]. Beijing(北京): Higher Education Press(高等教育出版社), 1999: 195.
- [16] ZOU Qi(邹琦). Experimental Manual on Plant Physiology(植物生理学实验指导) [M]. Beijing(北京): Chinese Agriculture Press(中国农业出版社), 2000: 110 - 130.

- [17] LUTTS S, KINET J M, BOUHARMONT J. NaCl induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance [J]. *Annals of Botany*, 1996, 78 (3): 389 - 398.
- [18] VERMA S, MISHRA S N. Putrescine alleviation of growth in salt stressed *Brassica juncea* by inducing antioxidative defense system [J]. *J Plant Physiol*, 2005, 162: 669 - 677.
- [19] LI Zhong-guang (李忠光), LI Hong-hong (李红鸿), DU Chao-kun (杜朝昆), et al. 在单一提取系统中同时测定五种植物抗氧化酶 [J]. *J Yunnan Normal Univ* (云南师范大学学报), 2002, 22 (6): 44 - 48.
- [20] KUK Y I, SHIN J S, BURGOS N R, et al. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants [J]. *Crop Sci*, 2003, 43 (6): 2109 - 2117.
- [21] MISHRA H P, FRIDOVICH I. The role of superoxide anion in auto-oxidation of the epinephrine and a sample assay for superoxide dismutase [J]. *J Biol Chem*, 1972, 247 (10): 3170 - 3175.
- [22] DHINDSA R S, DHINDSA P P, THORPE T A. Leaf senescence correlated with increased levels of membrane permeability a lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase [J]. *J Exp Botan*, 1981, 32 (126): 93 - 101.
- [23] TATIANA Z, YAMASHITA K, MATSUMOTO H. Iron deficiency induced changes in ascorbate content and enzyme activities related to ascorbate metabolism in cucumber roots [J]. *Plant Cell Physiol*, 1999, 40: 273 - 280.
- [24] HUANG He-li (黄鹤丽), LIN Dian (林电), ZHANG Jin-qiang (章金强), et al. 水分胁迫对巴西香蕉幼苗水分状况、质膜透性和根系活力的影响 [J]. *Genomics and Applied Biology* (基因组学与应用生物学), 2009, 28 (4): 740 - 744.
- [25] LIU Zhi-yang (刘志洋), GONG Shu (宫书), CHEN Xi (陈曦), et al. 低温处理对六种宿根花卉根系活力的影响 [J]. *Northern Horticulture* (北方园艺), 2009 (7): 201 - 203.
- [26] TAI Z L, ZEIGER E. Plant Physiology (植物生理学) [M]. SONG Chun-peng (宋纯鹏), WANG Xue-lu (王学路), 译. Beijing (北京): Science Press (科学出版社), 2009: 384 - 550.
- [27] ZHONG Tai-lin (钟泰林), LI Gen-you (李根有), SHI Po-lin (石柏林). 低温胁迫对四种野生常绿藤本植物抗寒生理指标的影响 [J]. *Northern Horticulture* (北方园艺), 2009 (9): 161 - 164.
- [28] LI He-sheng (李合生). Modern Plant Physiology (现代植物生理学) [M]. Beijing (北京): Higher Education Press (高等教育出版社), 2006: 418 - 419.
- [29] HAN Xue (韩雪). Study on application of several introduced ground cover plants (地被植物在哈尔滨的引种及应用试验的研究) [D]. Harbin (哈尔滨): Northeast Forestry University (东北林业大学), 2007.
- [30] UEMURA S, GILMOUR S J, THOMAS M F, et al. Effects of COR6.6 and COR15am polypeptides encoded by COR gene of *Arabidopsis thaliana* [J]. *Plant Physiol*, 1996, 111 (1): 301 - 312.
- [31] WU Xu-hong (吴旭红), LUO Xin-yi (罗新义). 镉胁迫对苜蓿膜脂过氧化的影响及保护系统的应答 [J]. *Grassland of China* (中国草地), 2005, 27 (3): 37 - 40.
- [32] CHENG Y L, SONG C P. Hydrogen peroxide homeostasis and signaling in plant cells [J]. *Sci China C Life Sci*, 2006, 49 (1): 1 - 11.
- [33] PENG Chang-cao (彭昌操), SUN Zhong-hai (孙中海). 低温锻炼期间柑橘原生质体 SOD 和 CAT 酶活性的变化 [J]. *J Huazhong Agric Univ* (华中农业大学学报), 2000, 19 (4): 384 - 387.

(责任编辑: 金淑惠)

· 会 讯 ·

关于召开“第九届全国新农药创制学术交流会”的通知

由中化化工科学技术研究总院主办、江苏扬农化工股份有限公司协办、北京广源资信精细化工科技发展中心承办的“第九届全国新农药创制学术交流会”将于 2011 年 4 月 24 - 27 日在扬州新世纪大酒店(扬州市邗江区维扬路 101 号)召开。

1. 会议内容

1) 大会专题报告: 生物化工技术最新进展及其在农药技术创新中的应用(中国工程院沈寅初院士); 我国主要作物重大病虫害发生的历史概况、现状及未来变化趋势(全国农业技术推广服务中心刘万才研究员); 农药化学生物学最新研究进展及其在创制中的应用(南开大学席真教授)。

2) 新农药创制学术交流: 大会交流和分组交流; 评选优秀论文并予以奖励。

2. 收费标准: 注册费为 2200 元/人(学生 1700 元/人)。4 月 15 日前注册的代表注册费优惠 200 元。标准间价格 330 元/天(含双人早餐), 单人间价格 385 元/天(含单人早餐)。会议代表家属餐费为 120 元/天(不含早餐)。注册费用请电汇至 开户银行: 中国民生银行安定门支行; 户名: 北京广源资信精细化工科技发展中心, 帐号: 0108014170008743。

3. 联系人及电话: 张博 010-64263193, 13501345177; 黄文耀 010-64262348, 13911519300, 传真: 010-64263173, E-mail: cnprc@263.net(请发送回执告知相关信息); 宾馆电话 0514-87878888

中化化工科学技术研究总院
2011 年 1 月