

DOI:10.11937/bfyy.201511007

# 外源没食子酸丙酯对番茄幼苗响应低温胁迫的生理特性影响

王玉昆<sup>1</sup>, 王丽萍<sup>2</sup>, 杜彩云<sup>3</sup>, 赵敏<sup>2</sup>, 王浮霞<sup>4</sup>

(1. 河北工程大学 科信学院, 河北 邯郸 056038; 2. 河北工程大学 农学院, 河北 邯郸 056021;

3. 河北工程大学 理学院, 河北 邯郸 056038; 4. 河北省邢台县林业局, 河北 邢台 054000)

**摘 要:**以‘金鹏 10 号’番茄幼苗为试材,研究了外源没食子酸丙酯(PG)对低温逆境下番茄幼苗生理特性的影响。结果表明:外源 PG 诱导能明显提高番茄幼苗的抗冷性;与低温对照相比,经 PG 诱导的番茄幼苗叶片的相对电导率和丙二醛(MDA)含量显著降低,过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性、叶绿素、脯氨酸和可溶性糖含量显著提高。其中,PG 浓度为 2.0 mmol/L 的处理表现最佳。

**关键词:**没食子酸丙酯;番茄;低温胁迫;生理特性

**中图分类号:**S 641.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)11-0028-04

番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)是我国设施园艺栽培面积较多的蔬菜,属喜温植物,对温度反应敏感。在冬春保护地生产过程中,番茄经常遭受极端低温天气,严重影响番茄的生长发育,使其不能正常开花结果,造成番茄品质和产量降低。

没食子酸丙酯(PG)是天然产物没食子酸(3,4,5-三羟基苯甲酸)的重要衍生物,PG 属植物多酚化合物,具有显著的消除自由基能力,可从多种植物中提取得到,是一类公认的安全性比较高的食品抗氧化剂<sup>[1-2]</sup>。目前,PG 在果蔬保鲜方面亦有报道<sup>[3]</sup>,但关于 PG 在果蔬抗逆性的研究尚鲜见报道。该研究以冷敏感型番茄幼苗为试材,采用叶面喷施 PG 的方法,研究低温逆境下外源 PG 与番茄幼苗抗冷性之间的关系,为 PG 在设施蔬菜生产中的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试番茄品种为‘金棚 10 号’(‘Jinpeng No. 10’)。

### 1.2 试验方法

试验于 2013 年 1—9 月在河北工程大学现代化温室内进行,番茄常规育苗,浸种催芽后,播于装有基质的

营养钵(8 cm×8 cm)内,每钵 1 苗。温室自然光照下培养,清水浇灌,待子叶展平后更换 1/2 倍 Hoagland 营养液浇灌(pH 值为 6.5±0.1,EC 值为 2.2~2.5 mS/cm)。当幼苗长至五叶一心时,将带苗的营养钵转入人工气候箱内(RXZ-500D 智能型,宁波江南仪器厂)培养,光照强度设定 300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,光周期 12 h/12h,温度 28℃/18℃,相对湿度 70%~75%,继续浇灌 1/2 倍 Hoagland 营养液。箱内适应 2~3 d 后将一部分幼苗叶面喷施 PG,浓度分别为 0.0、1.0、1.5、2.0、2.5 mmol/L,将另一部分幼苗转入另一个气候箱内常温管理。每天用小型喷雾器进行叶面喷施 PG,以药液附于叶面全部湿润但不下滴为度。连续喷施 5 d 进行诱导处理后,随后进行低温胁迫,先在昼/夜温度为 15℃/10℃的条件下预处理 2 d,再置于昼/夜温度为 10℃/5℃下进行低温处理。常温处理和低温处理的对照均喷施等量去离子水。

试验共设 6 个处理:1)常温对照(CK1):温度设置 28℃/18℃,叶面喷施去离子水;2)低温处理(CK2):温度设置 10℃/5℃,叶面喷施去离子水;3)低温+1.0 mmol/L PG 处理(T+1.0);4)低温+1.5 mmol/L PG 处理(T+1.5);5)低温+2.0 mmol/L PG 处理(T+2.0);6)低温+2.5 mmol/L PG 处理(T+2.5)。

处理 0、3、6、9 d 时,取幼苗生长点下第 3 片展开真叶测定各项指标,所有测定均重复 3 次。

### 1.3 项目测定

相对电导率及丙二醛(MDA)含量测定参照李合生的方法<sup>[4]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 Giannopolitis 等<sup>[5]</sup>的方法,过氧化物酶(POD)活性测定参照

**第一作者简介:**王玉昆(1963-),男,河北邯郸人,副教授,现主要从事植物生理生化等的教学与科研工作。E-mail:wykun063@126.com

**责任作者:**杜彩云(1963-),女,河北邯郸人,教授,现主要从事农业化学的教学与科研工作。

**基金项目:**河北科技厅科技支撑资助项目(11230911D-13-04)。

**收稿日期:**2015-01-19

Kochba 等<sup>[6]</sup>的方法。叶绿素含量测定采用丙酮提取比色法,脯氨酸含量测定采用水合茚三酮比色法,可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法。

#### 1.4 数据分析

试验数据采用 SAS 8.0 软件进行方差分析,数据结果为平均数±标准误。采用 Excel 软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片膜脂损伤的影响

如图 1 所示,随着低温胁迫时间的延长,各处理幼苗叶片电解质渗透率均呈现逐渐加大趋势,但仍显著低

于对照 CK2,其中 2.0 mmol/L PG 处理的番茄幼苗降低程度最低,且与 CK1 无显著差异。在胁迫第 9 天,2.0 mmol/L PG 处理的电解质渗透率比 CK2 降低了 70.18%。表明外源 PG 能有效抑制低温胁迫下叶片的电解质渗漏,以 2.0 mmol/L PG 处理效果较明显。

叶片 MDA 含量的变化趋势与相对电导率一致(图 1)。外源 PG 缓解低温胁迫下膜脂氧化的程度,均达到了显著水平,其中 2.0 mmol/L PG 处理的番茄幼苗降低程度最低,且与 CK1 无显著差异。在低温胁迫第 9 天,2.0 mmol/L PG 处理的 MDA 含量比 CK2 降低 70.13%,且效果较好。

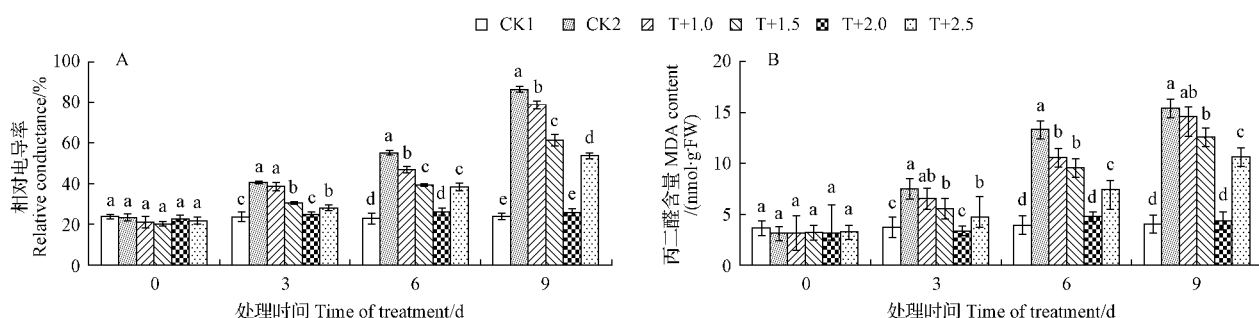


图 1 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片相对电导率(A)和 MDA 含量(B)的影响

Fig. 1 Effect of exogenous PG on relative conductance(A),MDA content(B)in leaves of tomato seedlings under low temperature stress

### 2.2 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片叶绿素含量的影响

从图 2 可以看出,随着低温胁迫时间的延长,PG 各处理幼苗叶片叶绿素含量均呈降低趋势,但仍高于 CK2,2.0 mmol/L PG 处理的叶绿素含量最高,并接近 CK1 水平。在胁迫第 9 天,2.0 mmol/L PG 处理的叶绿素含量比 CK2 提高了 49.14%,而且与 CK1 无显著差异。可见,适宜浓度 PG 处理能够延缓叶绿素降解。

### 2.3 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗保护酶活性的影响

由图 3 可以看出,在低温胁迫下,PG 喷施叶片中 SOD 活性随时间变化总体趋势先上升后下降,2.0 mmol/L PG 处理叶片的 SOD 活性始终显著高于 CK2,在低温胁迫第 6 天,2.0 mmol/L PG 处理的 SOD 活性最高,比 CK2

提高了 70.45%,并且高于 CK1。说明在低温胁迫下,喷施一定浓度的 PG 提高了 SOD 活性,有效维持了低温胁迫下番茄幼苗清除活性氧的能力。

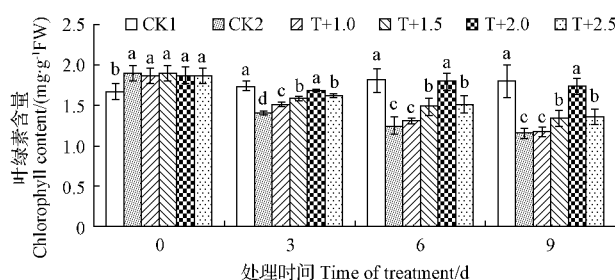


图 2 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of PG on chlorophyll content in leaves of tomato seedlings under low temperature stress

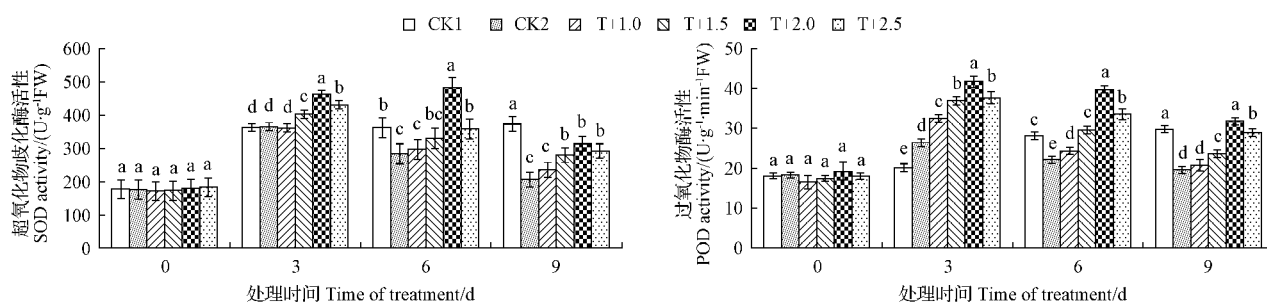


图 3 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片抗氧化酶 SOD 和 POD 活性的影响

Fig. 3 Effect of exogenous PG on the antioxidant enzyme SOD and POD activities in leaves of tomato seedlings under low temperature stress

如图3所示,低温胁迫下,番茄幼苗叶片中 POD 活性呈先上升后下降趋势,且均高于 CK2,低温胁迫第9天,2.0 mmol/L PG 处理的番茄幼苗 POD 活性比 CK2 提高 67.16%,并接近 CK1 水平。说明在低温胁迫下,外源 PG 处理显著提高了 POD 活性,从而增强番茄幼苗清除  $H_2O_2$  的能力,其中 2.0 mmol/L PG 处理效果较显著。

#### 2.4 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗渗透调节物质的影响

由图4可见,低温胁迫下,幼苗体内的脯氨酸含量

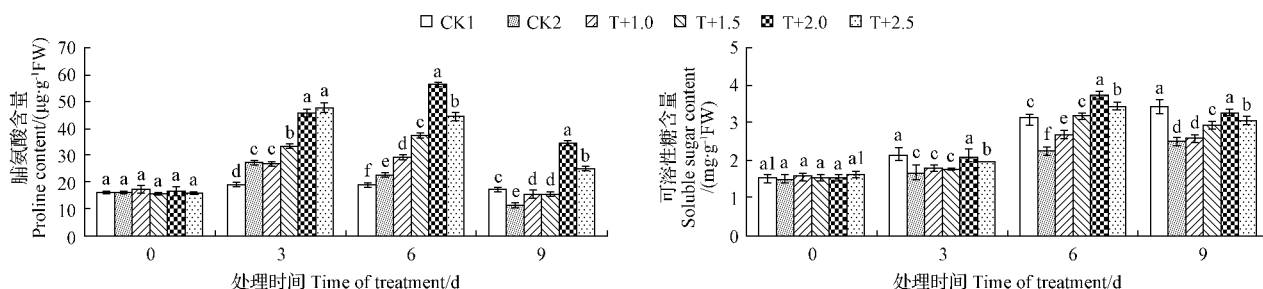


图4 外源 PG 对低温胁迫下番茄幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

Fig. 4 Effect of exogenous PG on osmoregulatory substances contents in leaves of tomato seedlings under low temperature stress

### 3 讨论

各种逆境会损伤的植物细胞膜系统,研究表明低温胁迫下膜脂氧化的加剧会引起质膜透性增大<sup>[7]</sup>。MDA 是膜脂氧化的终产物,其含量可以用来衡量膜脂氧化的程度和植物对逆境反应的强弱<sup>[8]</sup>。低温胁迫使植物叶片叶绿素含量下降,其含量下降越快,就越早呈现冷害症状<sup>[9]</sup>。逆境胁迫能够激发植物启动自身的防御系统,如 SOD 和 POD 组成的植物保护酶系统,清除植物体内活性氧,提高植物对胁迫的耐性<sup>[10]</sup>。游离脯氨酸、可溶性糖是低温胁迫条件下细胞内部的保护物质,可以调节细胞渗透势,维持水分平衡,其含量多少与多数植物的抗逆性呈正相关。该试验结果表明,低温胁迫对番茄幼苗质膜均造成一定程度的伤害,致使膜透性和 MDA 含量呈逐渐增加的趋势,但使用外源 PG 处理番茄幼苗,使番茄幼苗的相对电导率和 MDA 含量显著降低,减轻了 MDA 对膜系统的伤害,延缓叶绿素降解。外源 PG 处理促进了番茄幼苗叶片的 SOD 和 POD 活性的提高,且显著提高番茄植株体内脯氨酸、可溶性糖含量。说明适宜浓度 PG 处理可缓解低温胁迫对番茄幼苗生长的伤害,促进番茄幼苗抗冷性的提高,其中以浓度为 2.0 mmol/L PG 处理效果最佳。

综上所述,PG 对番茄幼苗处理可以缓解番茄幼苗低温胁迫的危害,该结果可能与其本身为多酚化合物具

急剧增多,脯氨酸含量显著高于 CK2,其中以 2.0 mmol/L PG 处理的脯氨酸含量最高,在胁迫第6天,脯氨酸含量是 CK2 的 2.49 倍。在低温胁迫期间,幼苗叶片可溶性糖含量均呈上升趋势,PG 各处理增幅始终显著高于 CK2,在处理第6天,以 2.0 mmol/L PG 处理可溶性糖含量最高,比 CK2 增加 67.70%。

以上结果表明,外源 PG 能提高番茄植株体内脯氨酸和可溶性糖含量,渗透调节能力增强,其含量的增加能减轻低温胁迫对植株的伤害。

有显著的抗自由基能力有关,当 PG 进入植物体后,参与清除体内自由基的过程,从而防止膜脂过氧化。PG 其它生理活性有待进一步研究,其抗冷机理尚须进一步探讨。

#### 参考文献

- [1] 李因,姜子涛,李荣. 食品中没食子酸丙酯的定量分析研究进展[J]. 食品研究与开发,2007,28(9):172-174.
- [2] Jayatilakan K, Sharma G K, Radhakrishna K, et al. Antioxidant potential of synthetic and natural antioxidants and its effect on warmed-over-flavour in different species of meat[J]. Food Chem, 2007, 105: 908-916.
- [3] 李汉良. 没食子酸丙酯对新高梨软化和褐变的影响[J]. 农产品加工, 2011(9): 51-53.
- [4] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2000: 260-261.
- [5] Giannopolitis C N, Ries S K. Purification and quantitative relationship with water-soluble protein in seedling[J]. Plant Physiology, 1977, 59(2): 315-318.
- [6] Kochba J, Lavee S, Spiegel-roy P. Differences in peroxidase activity and isoenzymes in embryogenic and non-embryogenic 'Shamouti' orange ovular callus lines[J]. Plant and Cell Physiology, 1977, 18(2): 463-467.
- [7] 王以柔. 在黑暗和光照条件下低温对水稻幼苗光合器官膜脂过氧化作用的影响[J]. 植物生理学报, 1986, 12(3): 244-251.
- [8] 朱世东. 茄果类幼苗低温伤害与膜脂过氧化作用[J]. 安徽农业学报, 1991, 18(2): 141-146.
- [9] 尹璐璐, 于贤昌, 王英华, 等. 5-氨基乙酰丙酸对黄瓜幼苗抗冷性的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 166-169.
- [10] 段九菊. 外源亚精胺提高黄瓜幼苗耐盐性的生理调节功能研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.

DOI:10.11937/bfyy.201511008

## 不同防寒材料对蓝莓的防寒效果

郑建立<sup>1,2</sup>, 董克锋<sup>1</sup>, 姜惠铁<sup>1</sup>, 廖甜甜<sup>1</sup>, 孙 蕾<sup>3</sup>

(1. 佳沃集团青岛沃林蓝莓果业有限公司青岛市蓝莓工程技术研究中心, 山东 青岛 266400; 2. 沃林农业(青岛)有限公司, 山东 青岛 266400; 3. 山东省林业科学研究院, 山东 济南 250014)

**摘 要:**为了寻找防止胶东半岛露天蓝莓越冬抽条的最佳覆盖材料,以7种防寒材料为试材,对青岛胶南露天基地2~3年生“蓝丰”进行了覆盖试验,通过抽条率和抽条指数来反映不同覆盖材料的防寒效果。结果表明:“黑膜”与“膜十三帧遮阳网”的抽条率和抽条指数最低,防寒效果最佳,但从成本以及资源利用角度看,最适合胶南露天蓝莓越冬的最优覆盖材料为“膜十三帧遮阳网”。

**关键词:**蓝莓;防寒;防寒材料;抽条率;抽条指数

**中图分类号:**S 663.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)11-0031-03

蓝莓(*Vaccinium* Spp)属杜鹃花科越橘属灌木小浆果果树,学名越橘。蓝莓具有防止脑神经衰老、增强心脏功能、预防视力疲劳及防癌抗癌的独特功效,是联合国粮农组织推荐的五大健康水果之一<sup>[1-2]</sup>。我国对蓝莓引种栽培研究始于20世纪末<sup>[3]</sup>。山东胶东半岛气候凉爽,温度适宜,且大多为酸性土壤,非常适合蓝莓种植。胶东半岛最早从2000年开始引进并商品化栽培蓝莓,目

前是我国最大的规模化蓝莓种植区。蓝莓类型以北高丛为主,主要品种有“蓝丰”、“公爵”、“北陆”、“达柔”、“埃里奥特”等<sup>[4-5]</sup>。然而,蓝莓树体为灌木,枝干细,木质部薄,表皮蜡质层和角质层均不发达,保水能力弱,在冬季低温和大风的作用下容易产生抽条危害<sup>[6]</sup>,成为北方蓝莓产业发展的主要瓶颈。在种植过程中,发现胶东半岛露天种植蓝莓也存在抽条危害,尤其是在蓝丰等抗寒性不高的品种上更为突出,抽条危害可以通过防寒材料覆盖防寒等措施来降低。埋土防寒虽然防治效果好,在矮丛、半高丛蓝莓防寒上应用最为普遍,但高丛蓝莓树势健壮,土埋时主丛枝不易放倒,效果不理想<sup>[6-8]</sup>,因此,寻

**第一作者简介:**郑建立(1983-),男,硕士,助理园艺师,现主要从事蓝莓栽培技术等研究工作。E-mail: jianli1207@126.com.

**基金项目:**国家林业公益性行业科研专项资助项目(201204402)。

**收稿日期:**2015-01-26

## Effect of Exogenous PG Responses on Low Temperature Stress in Physiological of Tomato Seedlings

WANG Yu-kun<sup>1</sup>, WANG Li-ping<sup>2</sup>, DU Cai-yun<sup>3</sup>, ZHAO Min<sup>2</sup>, WANG Fu-xia<sup>4</sup>

(1. Kexin College, Hebei Engineering University, Handan, Hebei 056038; 2. College of Agronomy, Hebei Engineering University, Handan, Hebei 056021; 3. College of Science, Hebei Engineering University, Handan, Hebei 056038; 4. Xingtaixian Forestry Bureau, Xingtai, Hebei 054000)

**Abstract:** The effect of exogenous PG on anti-oxidant enzyme and osmotic adjustment of ‘Jinpeng No. 10’ tomato seedlings were investigated under low temperature stress. The results showed that PG could enhance resistance of chilling injury to tomato seedlings under low temperature treatment. Exposed to low temperature, exogenous PG treatment significantly promoted the activities of SOD and POD, chlorophyll content, soluble proline content and soluble sugar content were also enhanced to varying degrees. While relative electric conductivity and MDA content were significantly reduced by PG. The concentration of PG at 2.0 mmol/L showed the most effective result.

**Keywords:** propyl gallate; tomato; low temperature stress; physiological trait