

# 亚低温对茄子幼苗叶片渗透调节物质含量及活性氧清除物质的影响

宋永骏 杨延杰

(青岛农业大学 园林园艺学院 山东 青岛 266109)

**摘要:** 采用耐冷性不同的3个茄子品系,研究不同亚低温( $(18 \pm 1)^\circ\text{C}$  /  $(12 \pm 1)^\circ\text{C}$ )持续时间及恢复期对茄子苗期叶片渗透调节物质(可溶性糖、可溶性蛋白、脯氨酸)与活性氧清除物质(谷胱甘肽 GSH、超氧化物歧化酶 SOD、过氧化物酶 POD)的影响。结果表明:亚低温处理过程中,茄子苗期叶片的可溶性糖、脯氨酸、谷胱甘肽以及 SOD、POD 活性均呈先升后降的趋势;可溶性蛋白含量在亚低温处理初期大幅下降,后期变化幅度趋于平缓;POD 同工酶在亚低温处理初期  $R_f = 0.1148$  时的酶活性明显增强,处理 6 d 时耐低温茄子品系 0814 出现一条  $R_f = 0.1967$  新酶带。适温恢复后,脯氨酸、谷胱甘肽含量以及 SOD、POD 活性均呈不同幅度的上升趋势,超过或接近亚低温处理前水平,可溶性糖和可溶性蛋白的含量恢复幅度较小。3个茄子品系的迁移率  $R_f = 0.1967$  的 POD 同工酶带活性均有不同程度的增强。

**关键词:** 茄子;亚低温;渗透调节物质;活性氧清除物质

中图分类号: S641.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)04-0228-04

## Effects of Sub-low Temperature Treatment on Content of Osmoregulation Substances and Scavenging Substances of Active Oxygen in Eggplant Seedlings Leaves

SONG Yong-jun, YANG Yan-jie

(Garden and Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** Three different eggplants lines were used to study the changes of the content of Osmoregulation substances including the soluble sugar, soluble protein and proline, and the content of scavenging substances of active oxygen( including the peroxidase (POD), superoxide dismutase (SOD) and glutathione(GSH) in eggplant seedlings leaves, which were treated in the different duration of sub-low temperature of  $(18 \pm 1)^\circ\text{C}$  /  $(12 \pm 1)^\circ\text{C}$  and recovery. The results showed that the content of soluble sugar, proline, glutathione and the activity of SOD and POD were all early rising and then descending, the content of soluble protein was obviously falling down at the beginning of the treatment and then changed gently. The POD isozyme band of  $R_f = 0.1148$  were increased obviously at the beginning of sub-low temperature treatment. A new band of  $R_f = 0.1967$  appeared in the leaves of cold resistance eggplants line 0814. After recovery, the content of proline, glutathione and the activities of SOD and POD were all increased respectively, which was surpassed or closed to the original level except for the soluble sugar and soluble protein content. The POD isozyme band, the activities of  $R_f = 0.1967$  were all increased respectively in the three eggplants lines.

**Key words:** Eggplant; Sub-low temperature; Osmoregulation substances; Scavenging substances of active oxygen

茄子(*Solanum Melongera*. L.)属冷敏感蔬菜,是保护地栽培的主要蔬菜之一,秋冬和冬春季保护地内的低温胁迫是影响其正常生长发育的主要环境因子<sup>[1]</sup>。低温胁迫会导致植物体内产生大量氧自由

基和活性氧,引发或加剧细胞膜脂过氧化,甚至导致细胞生理活性丧失<sup>[2-6]</sup>。可溶性糖、可溶性蛋白以及脯氨酸均可通过调节自身的渗透势来调节细胞的渗透压,维持细胞正常的生理代谢。谷胱甘肽

收稿日期: 2011-02-11

基金项目: 山东省财政支持重大应用技术创新项目

作者简介: 宋永骏(1984-),男,山西青岛人,硕士研究生,主要从事蔬菜栽培生理方面的研究。

通讯作者: 杨延杰(1972-),男,吉林桦甸人,博士,副教授,主要从事设施园艺及蔬菜栽培生理方面的研究。

(GSH)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)可清除细胞内过量的氧自由基和活性氧,维持活性氧的代谢平衡,保护正常的膜结构。前人就低温对茄子生理代谢的影响已做了大量的研究<sup>[7-10]</sup>,但研究大多集中在极端低温,对于亚低温的研究较少,而在实际生产过程中,设施内常见的低温往往处于亚低温,因此研究亚低温对茄子生理代谢的影响,更有其实际意义。本试验以筛选出的耐低温性不同的3个茄子品系为材料,通过研究亚低温环境及恢复环境对茄子幼苗渗透调节物质及活性氧清除物质的影响规律,以期为设施茄子冬春季的生产以及为茄子耐低温新品种选育工作提供技术指导与理论依据。

## 1 材料和方法

本试验于2010年春季在青岛农业大学蔬菜试验基地的日光温室内进行。以筛选出的耐低温性不同的茄子品系0814(耐)、0884(中性)、0885(不耐)为供试材料,穴盘基质育苗,基质配比(体积比)为草炭:蛭石:珍珠岩=2:1:1。日光温室内为适温环境,常规管理。三叶一心期,取生长势一致的茄苗,移至LRH-400-GSI智能型人工气候培养箱(广东省医疗器械厂)中进行亚低温昼( $18 \pm 1$ )℃/夜( $12 \pm 1$ )℃处理,以适温昼( $25 \pm 1$ )℃/夜( $20 \pm 1$ )℃为对照,分别进行0、2、4、6 d及恢复2 d的亚低温处理。取样时避开主叶脉,测定各处理功能叶的各项生理生化指标。可溶性糖含量测定采用蒽酮比色法<sup>[11]</sup>;可溶性蛋白含量测定采用考马斯亮蓝比色法<sup>[12]</sup>;脯氨酸含量测定采用茚三酮比色法<sup>[11]</sup>;谷胱甘肽(GSH)含量测定参照赵少欣的方法<sup>[11]</sup>;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氯化硝基四氮唑蓝(NBT)光化还原法<sup>[12]</sup>;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法<sup>[11]</sup>;POD组分采用垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳法,联苯胺染色<sup>[13]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 亚低温对茄子幼苗叶片渗透调节物质的影响

2.1.1 对可溶性糖含量的影响 随着亚低温处理时间的延长,3个品系的茄子幼苗叶片可溶性糖含量均呈先上升后下降的趋势,处理前可溶性糖含量基本相同。2 d时0884、0885两个品系的可溶性糖含量达到最大峰值,较处理前分别增加了64.8%、39.2%。0814的变化明显,幅度较大,4 d时达到最大峰值,是处理前的2.62倍。当恢复后2 d,各品系的可溶性糖含量继续下降,分别比处理前低39.9%、

29.6%、39.5%。

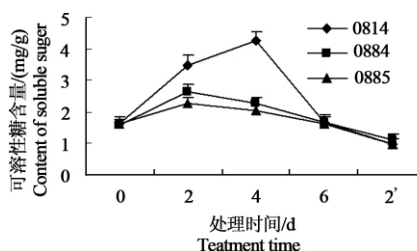


图1 亚低温对可溶性糖含量的影响

Fig. 1 Effect of sub-low temperature on soluble sugar content in eggplant seedling leaves

2.1.2 对可溶性蛋白含量的影响 从图2可以看出,3个品系随着亚低温处理时间的延长,幼苗叶片内可溶性蛋白的含量总体呈下降趋势,处理2 d时各品系可溶性蛋白含量的下降幅度较为明显,较处理前分别下降了31.1%、25.5%、15.3%,往后随亚低温持续时间延长变化较小,恢复后也没有明显的变化,亚低温处理过程中3个品系的可溶性蛋白含量始终低于处理前水平。

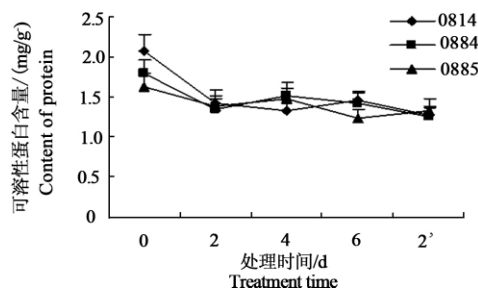


图2 亚低温对可溶性蛋白含量的影响

Fig. 2 Effect of sub-low temperature on protein content in eggplant seedling leaves

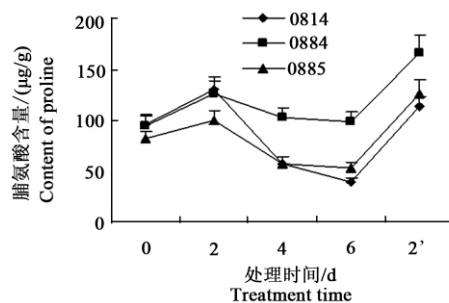


图3 亚低温对脯氨酸含量的影响

Fig. 3 Effect of sub-low temperature on proline content in eggplant seedling leaves

2.1.3 对脯氨酸含量的影响 3个茄子品系经亚低温处理后,脯氨酸含量均表现先升后降的趋势。处理2 d时3个品系的脯氨酸含量都达到了各自的最大值,较处理前分别增加了35.5%、33.7%、21.8%,之后脯氨酸含量呈下降趋势,其中0814、0885两品系在处理过程中脯氨酸含量均低于处理前水平,而0884品系其脯氨酸含量高于处理前水平,处理6 d时3个品系都达到含量的最小值,分别为处理前含

量的41.3% ,103% ,70% ;恢复后2 d 3个品系的脯氨酸含量开始大幅上升 ,分别为处理前的1.18 ,1.75 ,1.54倍。

## 2.2 亚低温对活性氧清除系统的影响

2.2.1 对谷胱甘肽含量的影响 茄子幼苗在亚低温处理过程中 ,叶片中的GSH含量呈上升趋势 ,后逐渐下降的趋势 ,其中0814品系GSH始终保持在较高水平 ;在变化过程中 ,在处理2 d时都达到了最大峰值 ,分别比处理前增加了5.53% ,91.1% ,33% ,随着处理时间的延长 ,3种品系的GSH含量持续下降 ,0814品系较其他2品系变化趋势比较平缓 ,在处理6 d时下降到各自含量的最小值 ,其中0885与处理前相比下降的幅度最大 ,下降了19.2% 。恢复2 d后3个品种GSH含量都有不同程度的增加 ,分别是处理前含量的94.8% ,140% ,93.9% ,其中0884品系高于处理前水平。

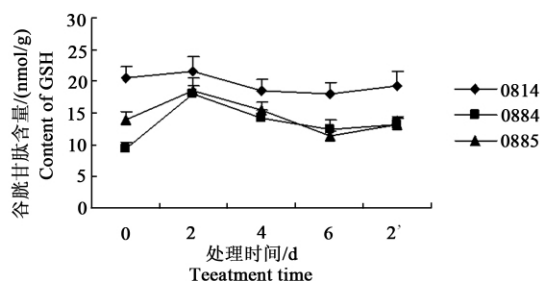


图4 亚低温对茄子叶片中谷胱甘肽含量的影响

Fig.4 Effect of sub-low temperature on glutathione content in eggplant seedling leaves

2.2.2 对SOD活性的影响 随亚低温处理时间延长 ,3个品系SOD都呈现先升后降的趋势 ,但是3个品系间变化的幅度有所差异。处理2 d时 ,各品系SOD活性均达到最大值 ,分别为处理前的2.6 ,2.4 ,1.1倍 ;恢复后2 d ,SOD活性均有所回升 ,其中0814与0884两品系SOD活性均高于处理前水平 ,分别为处理前的1.3 ,1.49倍 ,而0885品系低于处理前水平 ,为其含量的73.8% 。

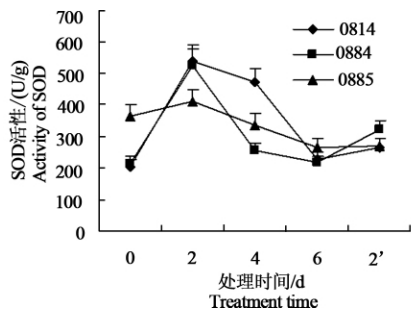


图5 亚低温对茄子叶片中SOD活性的影响

Fig.5 Effect of sub-low temperature on the activity of SOD in eggplant seedling leaves

2.2.3 对POD活性的影响 随着胁迫时间延长 ,0814和0885的POD活性呈现先升高后降低的变化趋势。处理2 d后 ,两品系POD活性分别是处理前

的1.61 ,1.48倍 ;而0884处理2 d时POD活性变化不明显 ,之后随处理时间的延长 ,呈继续下降趋势 ;在处理6 d时 ,三者POD活性均明显降低 ,达到各自处理过程中的最低水平 ,但0814品系POD活性仍高于处理前水平 ,是它的1.12倍 ,0884与0885两品系为其处理前水平的75.6% ,84% ,低于其对照水平 ;恢复后2 d ,POD活性又略有升高 ,分别是处理前的2.23 ,1.12 ,1.21倍。

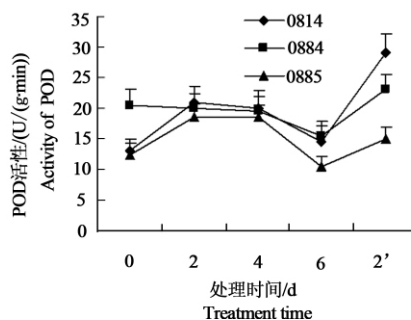
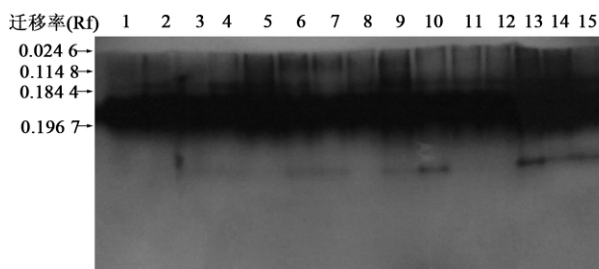


图6 亚低温对茄子叶片中POD活性的影响

Fig.6 Effect of sub-low temperature on the activity of POD in eggplant seedling leaves

2.2.4 对POD同工酶的影响 经亚低温处理2 d后 ,3个品系的POD同工酶的活性与处理前都有不同程度的提高 ,随着处理时间的延长 ,各个品系的同工酶活性趋于稳定 ,彼此之间相差不大 ,在处理6 d时3个品系迁移率为0.024 6的酶带消失 ,与此同时0814品系出现了一条迁移率为0.196 7的新酶带。恢复2 d后 ,3个品系的酶带强度都有不同程度的增加 ,其中0814品系的酶带增强明显 ,0884次之 ,0885品系最弱。



品系顺序分别为0814、0884、0885 ,对应的胁迫时间为0 ,2 ,4 ,6 d 以及恢复2 d。

Strain order were 0814 ,0884 ,0885 ,the corresponding stress time were 0 ,2 ,4 ,6 d ,recovery time was 2 d.

图7 亚低温对茄子叶片POD同工酶的影响

Fig.7 Effect of sub-low temperature on the activity of POD isozyme in eggplant seedling leaves

## 3 讨论

茄子是喜温蔬菜作物 ,我国北方设施提早、延后生产中 ,常会遇到夜间12℃左右的亚低温环境 ,使其生长发育受阻 ,产量和品质降低<sup>[14]</sup>。该温度是对茄子植株还没有造成致命性伤害而又低于其生长发

育适温的下限温度,已成为冬春季设施茄子生产中最主要的限制因素。低温下,植物细胞内会积累一些渗透调节物质(脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白等),以调节细胞内的渗透势,保持水分平衡,保持细胞膜的正常结构,从而提高植物的抗冷性<sup>[15,16]</sup>。植物遭受低温环境胁迫后,活性氧的产生与清除平衡体系会被打破,氧自由基的增加会导致细胞受到伤害,活性氧清除系统能够清除细胞内过量的氧自由基和活性氧,维持活性氧的代谢平衡,保护正常的膜结构<sup>[17,18]</sup>。

本研究表明,可溶性糖含量、脯氨酸与谷胱甘肽含量、SOD、POD 保护酶系统的活性,在亚低温处理过程中均呈先升后降的趋势,适温恢复后,谷胱甘肽含量、脯氨酸含量、SOD 与 POD 活性均呈不同幅度的上升趋势,甚至超过或接近亚低温处理前水平,说明茄子苗期经亚低温处理后,其抗冷能力并没有下降,个别耐低温品系甚至有所增强,其中可溶性糖含量、SOD 与 POD 保护酶系统的活性的变化规律与赵锋亮<sup>[19]</sup>关于茄子长期夜间亚低温研究中前期的结果相同;关于谷胱甘肽含量与脯氨酸含量的变化规律还鲜有报道;亚低温胁迫处理过程中茄子叶片可溶性蛋白质含量有所降低,这与张素琴等<sup>[20]</sup>的研究结果不同,表明亚低温与低温条件对可溶性蛋白的影响机理不相一致,进一步说明低温与低温条件对茄子生理特性的影响是有所不同的;亚低温处理初期  $R_f = 0.1148$  时的 POD 同工酶活性明显增强,随后趋于平稳,处理 6 d 时耐性品系 0814 出现一条新的酶带,适温恢复后 3 个品系  $R_f = 0.1967$  时的 POD 同工酶活性都有不同程度的增加,由此可以推断茄子苗期植株不仅可以通过同工酶的增强表达,而且还可以通过同工酶结构与功能的改变来适应低温环境,从而增强其自身的抗冷性。

设施内 6 d 内的短期亚低温对茄子幼苗不但不会在渗透调节和活性氧清除方面造成负向塑性胁迫,而是一种冷驯化,有利于提高抗冷性,因此生产上可不进行防控,在一定程度上避免能源的不必要消耗。同时,在亚低温可以使某些抗冷品系基因表达发生改变而诱发合成特异性蛋白质,这些特异性蛋白质能够提高植物耐冷性,因此研究亚低温对茄子生理代谢的影响对以后关于茄子耐冷性品种筛选以及抗冷特异性蛋白的获得研究都有着极其重要的意义。

综上所述,茄子幼苗经过 2~4 d 亚低温处理后其渗透调节物质与活性氧清除物质都向着有利于提高其抗性的方向变化,这可能是植物为了适应短期逆境的一种自我保护方式。亚低温处理后,耐低温

茄子品系其 POD 同工酶谱在  $R_f = 0.1967$  时出现一条新的谱带,此酶带可作为今后茄子耐低温材料筛选的特征谱带。

#### 参考文献:

- [1] 沈征言. 中国农业百科全书(蔬菜卷) [M]. 北京: 农业出版社, 1990: 220 - 221.
- [2] 柴文臣, 马蓉丽, 焦彦生, 等. 低温胁迫对不同辣椒品种生长及生理指标的影响 [J]. 华北农学报, 2010, 25 (2): 168 - 171.
- [3] 王林闯, 贺超兴, 张志斌, 等. 番茄品种苗期耐低温性生理指标的研究 [J]. 华北农学报, 2009, 24 (增刊): 137 - 140.
- [4] 毛丽萍, 郭尚, 程伯瑛, 等. 低温弱光对西葫芦幼苗生理指标的影响 [J]. 山西农业科学, 2008, 36 (9): 33 - 36.
- [5] 杨广东, 郭庆萍. 低温对青椒幼苗过氧化物酶和超氧化物歧化酶活性的影响 [J]. 山西农业科学, 1998, 26 (4): 44 - 47.
- [6] 蒋燕, 赵会杰. 低温弱光处理对番茄幼苗生长的影响 [J]. 河南农业科学, 2006 (1): 87 - 91.
- [7] 姚明华, 徐跃进, 李晓丽, 等. 茄子耐冷性生理生化指标的研究 [J]. 园艺学报, 2001, 28 (6): 527 - 531.
- [8] 李建设, 耿广东, 程智慧. 低温胁迫对茄子幼苗抗寒性生理生化指标的影响 [J]. 西北农林科技大学学报, 2003 (1): 91 - 96.
- [9] 张素琴, 程智慧, 耿广东. 低温胁迫对不同耐寒性茄子品种光合特性的影响 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (27): 8435 - 8437.
- [10] 吴雪霞, 查丁石. 遮荫对茄子幼苗生长和光合特性的影响 [J]. 华北农学报, 2010, 25 (3): 102 - 107.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 何忠效, 张树政. 电泳 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 284 - 293.
- [14] 日本农业温村文化协会. 蔬菜生物生理学基础 [M]. 北京: 农业出版社, 1995: 281 - 294.
- [15] Dlauney A J, Verma D P S. Proline biosynthesis and osmoregulation in plants [J]. Plant J, 1993 (4): 215 - 223.
- [16] 和红云, 田丽萍, 薛琳, 等. 植物抗寒性生理生化研究进展 [J]. 天津农业科学, 2007, 13 (2): 10 - 13.
- [17] Flvan, Slooten L, Stassart J M. Effects of overproduction of tobacco Mn SOD in maize chloroplasts on foliar tolerance to cold and oxidative stress [J]. J Exp Bot, 1999, 50: 71 - 78.
- [18] Prasad T K. Role of catalase in inducing chilling tolerance in preemergent maize seedlings [J]. Plant Physiol, 1997, 114: 1369 - 1376.
- [19] 赵锋亮. 长期夜间亚低温和长期日间高温对茄子生长发育的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2008.
- [20] 张素勤, 程智慧, 耿广东. 低温胁迫对茄子幼苗生理特性的影响 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2006 (04): 393 - 396.