

DOI:10.11937/bfyy.201710008

# 低温胁迫对西瓜砧木幼苗生长和生理指标的影响

王 萍, 吕 星光, 李 敏

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:**以 4 种西瓜砧木幼苗为试材, 进行 15 ℃/5 ℃(昼/夜)连续 7 d 低温处理, 测定 4 种西瓜砧木幼苗的生长指标和生理指标。结果表明: 低温胁迫后西瓜砧木材料“黄金搭档”株高、茎粗、地上部鲜质量、根鲜质量的相对生长量均高于其它砧木; 根系活力、可溶性糖含量、脯氨酸(Pro)含量、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性亦不同程度高于其它砧木, 而丙二醛(MDA)含量则显著低于其它砧木, 可见西瓜砧木材料“黄金搭档”值得在西瓜耐低温生产中推广应用。

**关键词:**西瓜; 砧木; 低温; 生长指标; 生理指标

**中图分类号:**S 651.604<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)10-0035-04

低温胁迫一般分为冻害和冷害, 冻害是指在 0 ℃ 以下植物细胞结冰受害的现象, 冷害是 0 ℃ 以上低温对植物产生危害的现象。由于冷害的温度一般为 0~10 ℃, 故冷害对植物危害程度主要取决于低温温度和持续时间。冷害会引起植物生长和生理的一系列变化, 导致植物生长缓慢甚至停止, 植株萎焉枯黄, 局部坏死, 一些以果实生产为主的植物会严重影响其坐果率, 导致产量和品质下降<sup>[1]</sup>。西瓜(*Citrullus lanatus*)是夏季主要果蔬, 是全球消费量最多的蔬菜之一, 其喜温耐热, 最适温度为 25~35 ℃。随着设施反季节蔬菜栽培的出现, 人们越来越重视有关耐冷生理特性的研究, 而北方设施内温

度经常发生低于 10 ℃ 的情况, 因而西瓜极易受到低温的影响从而导致减产甚至绝产<sup>[2]</sup>。嫁接可以提高西瓜的抗逆性, 并减轻低温胁迫对其生长和生理的不良影响, 而选择好的耐低温砧木是有效解决这一问题的关键<sup>[3-4]</sup>。

该试验旨在研究低温胁迫对不同西瓜砧木幼苗在生长和生理方面的影响, 初步探讨耐冷机制, 以期设施西瓜的越冬栽培提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试 4 种西瓜砧木均为杂交白籽南瓜, 名称及来源详见表 1。

表 1

供试西瓜砧木材料及其来源

Table 1

Resources of rootstocks cultivars in the experiment

编号 No.	品种 Cultivars	来源 Origin	编号 No.	品种 Cultivars	来源 Origin
1	“德高力士”	德高蔬菜种苗研究所	2	“青农一号”	青岛农业大学
3	“青农二号”	青岛农业大学	4	“黄金搭档”	德高蔬菜种苗研究所

**第一作者简介:**王萍(1992-), 女, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail:18354267801@163.com.

**责任作者:**李敏(1964-), 女, 山东龙口人, 博士, 教授, 现主要从事蔬菜栽培生理等研究工作。E-mail:minli@qau.edu.cn.

**基金项目:**“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2014BAD05B03); 山东省现代农业产业技术体系资助项目(SDAIT-05-09); 青岛市现代农业产业技术体系资助项目(2316109)。

**收稿日期:**2017-02-28

### 1.2 试验方法

**1.2.1 育苗试验** 于 2015 年 3—5 月在青岛农业大学日光温室内进行。3 月 20 日将浸种催芽种子直播于 20 cm×13 cm 盆中, 每盆内播 2 粒, 每品种 9 盆, 盆内基质为蛭石: 土壤=1: 2。幼苗生长期适当补充 Hoagland 营养液, 其它按常规栽培管理。

**1.2.2 低温处理** 4 月 15 日, 低温处理前, 每品种任选 3 盆测定株高、茎粗、地上部鲜质量、根鲜质量等生长指标, 结果记为 *t*, 其余 6 盆置于 HPG-280B

光照培养箱中进行低温预处理,昼/夜温度为 25℃/15℃,各 12 h 光照,光照强度为 12 000 lx,处理 3 d。4 月 18 日,每品种任选 3 盆进行低温处理,昼/夜温度为 15℃/5℃,各 12 h 光照,光照强度为 12 000 lx,处理 7 d,其余 3 盆为对照,昼/夜温度为 25℃/15℃,各 12 h 光照,光照强度为 12 000 lx,处理 7 d。

### 1.3 项目测定

1.3.1 生长指标 4 月 25 日,测定低温处理后 4 种供试材料的生长指标,结果记为  $T_1$ ,测定对照材料的生长指标,结果记为  $T_0$ 。计算相对生长量(%) =  $[(T_1 - t)/(T_0 - t)] \times 100$ 。

1.3.2 生理指标 4 月 25 日,生长指标测定之后测定生理指标。采用 TTC 法测定根系活力,采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量,采用茚三酮比色法测定脯氨酸(Pro)含量,采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛(MDA)含量,采用氮蓝四唑光化还原法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性,采用愈创木酚法测定过氧化

物酶(POD)活性<sup>[6]</sup>。除根系活力用根测定以外,其余指标均采用叶片测定。

### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Office 软件进行数据统计,采用 DPS 7.05 软件进行方差显著性分析(LSD 法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 低温胁迫对西瓜砧木幼苗生长指标的影响

相对生长量的高低可以反映出不同西瓜砧木幼苗适应低温的能力,相对生长量越大,适应性越强,反之,适应性越弱。由表 2 可以看出,株高、茎粗方面,“黄金搭档”均显著高于“德高力士”“青农一号”“青农二号”;地上部鲜质量方面,“黄金搭档”优于其它品种,但差异不显著;根鲜质量方面,“黄金搭档”优于“德高力士”“青农二号”,并显著高于“青农一号”,由此可见,“黄金搭档”对低温胁迫的适应能力最强。

表 2 低温胁迫对西瓜砧木幼苗生长指标的影响

Table 2 Effect of low temperature stress on watermelon rootstock seedlings growth index

名称 Name	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	地上部鲜质量 Shoot fresh weight	根鲜质量 Root fresh weight
“德高力士”	17.50±5.47b	26.07±0.80b	20.96±4.71a	41.43±3.39ab
“青农一号”	8.07±0.68b	21.89±1.73b	11.49±3.36a	29.88±4.24b
“青农二号”	16.96±1.50b	26.54±4.52b	13.95±3.66a	37.49±2.08ab
“黄金搭档”	40.03±5.37a	61.15±5.28a	22.91±4.11a	43.16±4.99a

### 2.2 低温胁迫对西瓜砧木幼苗生理指标的影响

2.2.1 低温胁迫对西瓜砧木幼苗根系活力及渗透调节作用的影响 由图 1A 可以看出,低温处理前,“黄金搭档”根系活力最高为  $87.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,“青农二号”“德高力士”次之,分别为  $86.50$ 、 $82.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,“青农一号”最低,仅  $72.83 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,表明“黄金搭档”根系的吸收能力较强。低温处理后,“德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”的根系活力分别比低温处理前下降了 42.60%、41.19%、45.47%、37.48%,其值分别为  $47.17$ 、 $42.83$ 、 $47.17$ 、 $54.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ,其中“黄金搭档”低温处理后的根系活力最高且降幅最小,可见“黄金搭档”的根系对低温耐受能力较强。由图 1B 可以看出,4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的可溶性糖含量比低温处理前均有所上升,“德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”分别上升了 143.27%、64.87%、163.33%、142.00%,分别为 1.09%、0.81%、1.05%、1.21%,其中,“黄金搭档”低

温处理后的可溶性糖含量最高,表明其对低温的适应能力较强。由图 1C 可以看出,4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的脯氨酸(Pro)含量比低温处理前均有所上升,说明 4 种西瓜砧木幼苗对低温胁迫均作出了积极的反应。低温处理后,“德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”的 Pro 含量分别比低温处理前上升了 94.74%、93.75%、71.43%、152.63%,其值分别为 0.003 7%、0.003 1%、0.003 6%、0.004 8%,其中,“黄金搭档”低温处理后的可溶性糖含量最高且升幅最大,表明其对低温的适应能力较强。

### 2.2.2 低温胁迫对西瓜砧木幼苗膜脂过氧化的影响

由图 2A 可以看出,低温胁迫后 4 种西瓜砧木幼苗的丙二醛(MDA)含量相比于低温处理前均有所上升,可见低温胁迫对 4 种西瓜砧木幼苗的细胞膜系统均造成了伤害。低温处理后,“德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”的 MDA 含量分别比低温处理前上升了 178.40%、120.21%、178.90%、

139.29%, 其值分别为 18.56、19.47、16.21、14.29  $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ , 其中“黄金搭档”的 MDA 含量最低, 显著低于其它 3 种砧木, 表明其细胞膜系统损伤较轻。由图 2B 可以看出, 低温处理后, 4 种西瓜砧木幼苗的 SOD 活性均有所上升, “德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”的 SOD 活性分别比低温处理前上升了 19.73%、6.38%、32.02%、52.71%, 其值分别为 236.67、222.33、235.00、272.33  $\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$ , 其中, “黄金搭档”的 SOD 活性最高, 显著高于其它 3 种

砧木, 且其 SOD 活性升幅最大, 表明其能对低温胁迫做出更积极的反应。由图 2C 可以看出, 低温处理后, 4 种西瓜砧木幼苗的 POD 活性均有所上升, 与低温处理前相比, “德高力士”“青农一号”“青农二号”“黄金搭档”分别上升了 106.86%、64.42%、94.40%、143.08%, 其值分别为 422.00、366.67、497.67、562.33  $\text{U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , 其中, “黄金搭档”低温处理后的 POD 活性显著高于其它品种且升幅最大, 表明其低温适应能力较强。

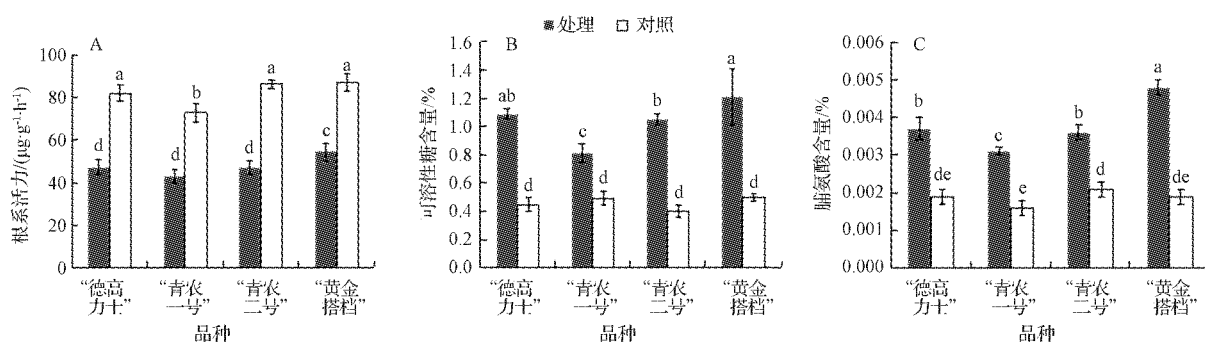


图 1 低温胁迫对西瓜砧木幼苗根系活力及渗透调节作用的影响

Fig. 1 Effect of low temperature stress on root vigor and osmotic adjustment in watermelon rootstock seedlings

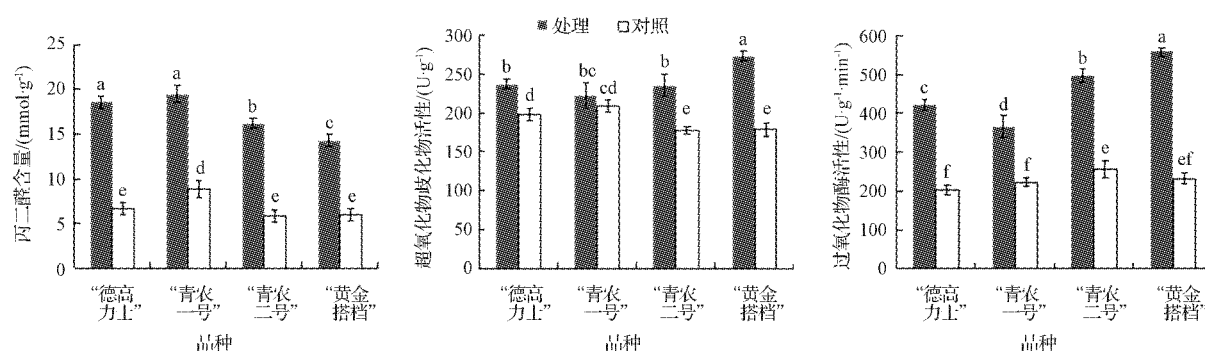


图 2 低温胁迫对西瓜砧木幼苗膜脂过氧化的影响

Fig. 2 Effect of low temperature stress on lipid peroxidation in watermelon rootstock seedlings

### 3 讨论

低温胁迫是影响植物生长的重要逆境因子, 一般表现为植株生长减慢甚至死亡<sup>[6]</sup>。该研究中, 低温处理后, 4 种西瓜砧木幼苗株高、茎粗、地上部鲜质量、根鲜质量的相对生长量均小于 100%, 表明低温胁迫抑制了 4 种西瓜砧木幼苗生长, 李静<sup>[7]</sup>的研究中有相似结论。低温胁迫下, 植物的根系活力呈现先增后减的趋势, 胁迫前期植物根系活力增加, 表明植物根系对低温胁迫做出了积极的反应, 胁迫后期根系活力下降表明长时间低温胁迫抑制了根系的自身调节能力<sup>[8]</sup>。该研究中, 4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的根系活力相比于低温处理前均显著降低, 表

明低温胁迫已限制了 4 种西瓜砧木根系的自身调节能力, 从而导致根系活力显著下降, 王克安等<sup>[9]</sup>的研究也有相似结论。可溶性糖含量受温度影响较大, 温度降低引起可溶性糖积累, 渗透压提高, 耐低温性提高, 从而在植物逆境中起到缓冲作用<sup>[4]</sup>。该研究中, 4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的可溶性糖含量相比于低温处理前均显著增加, 是植物在低温环境下的自我保护反应, 这与王喜庆等<sup>[10]</sup>的研究结果相似。Pro 是细胞质主要的渗透调节物质, 其含量的增加有利于调节水势和维持细胞膜稳定<sup>[11]</sup>, 该试验中, 4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的 Pro 含量相比于低温处理前均显著增加, 这有利于降低植物膜系统受害程

度,邵怡若等<sup>[12]</sup>在不同西瓜品种耐低温研究中也得出了相似的结论。MDA 会导致膜脂过氧化,损伤细胞质膜,从而使细胞结构和功能受到损伤,改变膜的通透性,破坏一系列生理生化反应<sup>[13]</sup>。该研究中,4 种西瓜砧木幼苗低温处理后的 MDA 含量相比于低温处理前均显著增加,表明低温胁迫导致了膜脂过氧化作用加剧,这与李静<sup>[7]</sup>的研究结果类似。低温胁迫下自由基的积累会破坏细胞膜系统,造成膜脂过氧化<sup>[14]</sup>,SOD 和 POD 是清除植物体内活性氧和过氧化氢的保护酶,可减轻膜结构的损坏,使植物具有一定的耐低温能力<sup>[15]</sup>。该研究中,低温处理后 4 种西瓜砧木幼苗的 SOD 和 POD 活性均显著高于低温处理前水平,表明 4 种砧木幼苗通过这 2 种酶活性的提高来保护膜的结构,从而增强自身对低温胁迫的抗性。

综上所述,低温胁迫抑制了西瓜砧木幼苗的生长,对其生理活动也造成不良影响。低温处理后,“黄金搭档”的株高、茎粗、地上部鲜质量、根鲜质量的相对生长量均高于该试验其它品种,根系活力、渗透调节物质含量、SOD 和 POD 活性亦优于该试验其它品种,而 MDA 含量显著低于该试验其它品种,因此“黄金搭档”更适合应用于西瓜的耐低温生产。

#### 参考文献

- [1] 董绪兵,毕焕改,刘业霞,等. 黄瓜幼苗干旱-低温交叉适应与渗透调节的关系[J]. 中国农业科学,2011,44(2):335-340.
- [2] 王薇薇,羊杏平,范淑英,等. 西瓜耐冷性鉴定指标的筛选[J].

华北农学报,2014,29(6):163-171.

- [3] 赵卫星,徐小利,常高正,等. 嫁接对西瓜生长及抗逆性影响的研究进展[J]. 江西农业学报,2011,23(5):63-65.
- [4] 吕星光,周梦迪,李敏. 低温胁迫对甜瓜嫁接苗和自根苗生长及生理特性的影响[J]. 中国蔬菜,2016(5):53-57.
- [5] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2012.
- [6] 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.
- [7] 李静. 低温弱光胁迫对甜瓜幼苗生长及生理指标的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(5):106-109.
- [8] 和红军,薛琳,田丽萍,等. 低温胁迫对甜瓜幼苗根系活力及渗透调节物质的影响[J]. 石河子大学学报,2008,26(5):583-586.
- [9] 王克安,何启伟. 低温对黄瓜幼苗根系活力及生物学产量的影响[J]. 山东农业科学,2000(4):17-19.
- [10] 王喜庆,齐秀兰,刘力勇,等. 低温胁迫对嫁接西瓜幼苗耐冷性和生理生化指标的影响[J]. 北方园艺,2008(7):52-55.
- [11] 刘慧英,朱祝军,吕国华,等. 低温胁迫下西瓜嫁接苗的生理变化与耐冷性关系研究[J]. 中国农业科学,2003,36(11):1325-1329.
- [12] 邵怡若,许建新,薛立,等. 低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响[J]. 生态学报,2013,33(14):4237-4247.
- [13] 王洪涛,艾希珍,郑楠,等. 嫁接对低温弱光下辣椒幼苗膜脂过氧化及抗氧化酶活性的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(5):1289-1294.
- [14] McCORD J M,FRIDOVICH I. Superoxide dismutase:An enzymic function for erythrocyte(hemocuprein)[J]. American Society of Biological Chemists,1969,244(22):6049-6055.
- [15] ALBERT H M. Chilling injury: A review of possible causes[J]. Hort Science,1986,21(6):1329-1333.

## Effects of Low Temperature Stress on Growth and Physiological Indexes of Watermelon Rootstock Seedlings

WANG Ping,LYU Xingguang,LI Min

(College of Horticulture,Qingdao Agricultural University,Qingdao,Shandong 266109)

**Abstract:** Effects of low temperature stress(15 °C/5 °C ,day/night,for 7 d) on growth and physiological indexes of four species of watermelon rootstocks seedlings were studied. The results showed that, plant height, stem diameter,shoot fresh weight, root fresh weight, root activity, soluble sugar content, proline (Pro) content, superoxide dismutase (SOD) activity,peroxidase (POD)activity of ‘Huangjindadang’ seedlings were the highest after low temperature,but malondialdehyde (MDA) content was opposite. It was visible that ‘Huangjindadang’ was worthy of popularization and application in the low temperature production of watermelon.

**Keywords:** watermelon; rootstock; low temperature; growth indexes; physiological indexes