

# 低温胁迫对番茄种子萌发的影响\*

杜尧东<sup>1</sup> 段世萍<sup>2</sup> 陈新光<sup>1</sup> 胡 飞<sup>2\*\*</sup>

(<sup>1</sup> 广东省气候中心, 广州 510080; <sup>2</sup> 华南农业大学农学院, 广州 510642)

**摘 要** 在人工气候箱中模拟 3 个低温处理(24 h 最低/最高温度分别设定为 7 ℃/12 ℃、5 ℃/10 ℃和 3 ℃/8 ℃), 分析了播种后不同天数低温胁迫对番茄种子萌发的影响。结果表明: 与对照(18 ℃/25 ℃)相比, 低温胁迫处理的温度越低影响越大, 当日最低温度达到 5.0 ℃、日均温低于 10.0 ℃(相当于低温胁迫处理 7 ℃/12 ℃)时, 对番茄种子萌发的影响较为严重; 播种后越早经受低温影响越大, 播种后 3 d 内经受低温胁迫, 番茄种子发芽势、发芽指数和萌发率均有较大的下降, 播种 6 d 后低温胁迫对其萌发指标的影响较小; 低温胁迫影响种子萌发的原因主要是低温导致了  $\alpha$ -淀粉酶活性下降, 相对离子渗漏率增加, 从而减缓了番茄种子贮藏物质的降解, 影响了番茄种子萌发初期的物质与能量代谢, 并增强了细胞膜的透性, 导致外渗物增多。

**关键词** 番茄种子; 低温胁迫; 萌发;  $\alpha$ -淀粉酶活性; 相对离子渗漏率

**中图分类号** S162.5+4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2010)6-1109-05

**Effects of low temperature stress on germination of tomato seeds.** DU Yao-dong<sup>1</sup>, DUAN Shi-ping<sup>2</sup>, CHEN Xin-guang<sup>1</sup>, HU Fei<sup>2</sup> (<sup>1</sup>Climate Center of Guangdong Province, Guangzhou 510080, China; <sup>2</sup>College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(6): 1109-1113.

**Abstract:** Three levels of low temperature stress (7 ℃/12 ℃, 5 ℃/10 ℃, and 3 ℃/8 ℃ in 24 hours) were installed in a climatic chamber to study their effects on the germination of tomato seeds. Low temperature stress did give impact on the germination. Compared with the control (18 ℃/25 ℃), the stronger the stress, the greater the impact was. When the daily minimum temperature was 5.0 ℃ or the daily average temperature was less than 10.0 ℃ (corresponding to treatment 7 ℃/12 ℃), the impact was more severe; and when the low temperature stress was encountered earlier, the impact was greater. When the low temperature stress was encountered within three days after sowing, the germination potential, germinating index, and germination rate of tomato seeds all had a sharp decrease. However, when the low temperature stress was encountered six days after sowing, the three indices were less affected. Low temperature induced the decrease of tomato seed  $\alpha$ -amylase activity and the increase of relative ion leakage, and thus, decreased the degradation of seed starch and enhanced the permeability of seed cell membrane, which could be the main reasons for the impact of low temperature stress on tomato seed germination.

**Key words:** tomato seed; low temperature stress; germination;  $\alpha$ -amylase activity; relative ion leakage.

种子萌发是番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 齐苗、壮苗的关键, 直接影响番茄后期的生长发育和产量形成(陈应山等, 2006)。许多科技工作者对影

响番茄种子萌发的因素进行了研究(张志刚和尚庆茂, 2005; 陈德碧, 2009; 李西进, 2009; 胡晓辉等, 2009; 裴成成等, 2009; 杨凤军等, 2009), 但这些研究大多集中在水分胁迫、盐胁迫、重金属胁迫、生化试剂对番茄种子萌发的影响上, 有关温度对番茄种子萌发的影响研究多是在恒温、高温条件下进行的

\* 国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2006BAD04B03)、科技部农业科技成果转化基金项目(2009GB24160496)和中国气象局气候变化专项资助项目(CCSF-09-11)。

\*\* 通讯作者 E-mail: hufei@scau.edu.cn

收稿日期: 2009-11-28 接受日期: 2010-03-13

(Canoon *et al.*, 1973; 钱春梅等, 2002; 赵波等, 2007)。广州地处南亚热带, 热量资源丰富, 春播、冬播是番茄主要的种植方式(罗森波等, 2003)。但受季风气候的影响, 冬季北方强冷空气常可翻越南岭直泻广州, 对番茄种子萌发、幼苗生长造成严重危害(杜尧东等, 2005)。因此, 研究模拟自然条件下的低温对番茄种子萌发的影响, 对加强广州地区番茄防寒减灾管理, 提高番茄种植效益, 稳定番茄的上市供应等具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于 2007 年 10 月在华南农业大学测试中心进行, 番茄品种为明星, 是广州地区的主栽品种。播种前将种子在清水中浸 8~12 h, 再用 1% 硫酸铜浸 5 min, 自来水冲洗 10 min。以一方形塑料盒(20 cm×8 cm×4 cm)作发芽床。盒底均匀铺 3 cm 湿润石英砂。将处理过的种子每盒 50 粒均匀摆放在石英砂上(其中, 10 粒用于测酶的活性, 20 粒测离子渗透率)。将播种了番茄种子的塑料盒放入人工气候箱 A 中, 气候箱型号为: CONVIRON, BDR-16, 精度: ±0.5℃, 设对照人工气候箱 A 的条件为: 日均温为 21.5℃, 昼 25℃/夜 18℃, 昼 12 h/夜 12 h。

1.2 低温胁迫设计

分别于播种后第 0 天、3 天、6 天和 9 天取出, 并转入 3 个人工气候箱中进行连续 3 天 3 个变温的低温处理。设 3 个低温的变温处理模式: B<sub>1</sub>, 7℃~12℃(日均温度为 10.0℃); B<sub>2</sub>, 5℃~10℃(日均温度为 7.0℃); B<sub>3</sub>, 3℃~8℃(日均温度为 5.5℃)。温度日变化模拟自然气候特征, 由程序自动控制(表 1), 连续运转 24 h 后, 进入程序的下一个循环。3 d 后取出放回人工气候箱 A 中, 继续试验。对照始终在人工气候箱 A 的条件下进行萌发。

1.3 发芽势、萌发率和发芽指数的测定

以胚根长超过种子长度的一半为发芽, 每天记录种子的发芽数。

番茄种子发芽势  $G_p$ :

$$G_p = \frac{\text{播种 5 d 后发芽的种子总数}}{\text{播种种子总数}} \times 100\%$$

发芽指数  $G_i$ :

$$G_i = \sum \frac{G_t}{t}, \text{式中, } G_t \text{ 为 } t \text{ 日的发芽数。}$$

萌发率  $G_r$ :

$$G_r = \frac{\text{播种 4 d 后发芽种子数}}{\text{播种种子总数}} \times 100\%$$

1.4 低温处理番茄种子萌发期间 α-淀粉酶活力的测定

每份试样称取 0.1 g, 采用 3,5-二硝基水杨酸法测定 α-淀粉酶活性(邹奇, 2000)。按下式计算:

$$\alpha\text{-淀粉酶活力}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = \frac{C \times V_1}{W \times V_s \times t}$$

式中: C 为在标准曲线上查得的麦芽糖含量(mg), V<sub>1</sub> 为淀粉酶原液总体积(ml), V<sub>s</sub> 为反应所用淀粉酶原液体积(ml), t 为酶液反应时间(min)。

1.5 低温处理番茄种子萌发期间种子渗出液离子渗透率的测定

低温处理完成后, 立即取样, 每个重复取种子 20 粒, 先用去离子水冲洗 3 次, 后放入试管中, 加去离子水 10 ml。在摇床上充分振荡 12 h, 后取出 5 min 后用 DDS-11A 型电导仪于室温(20.5℃)下测定浸泡液的电导值(S<sub>1</sub>)。然后置沸水浴中 10 min, 以杀死植物组织, 取出用自来水冷却至室温, 并在室温下平衡 10 min, 摇匀, 测其终电导值(S<sub>2</sub>)。按公式  $L = \frac{S_1}{S_2} \times 100\%$  计算相对离子渗透率的大小。

1.6 数据处理

在 3 个低温箱内各放置 5 个培养盒, 每个低温的生理和萌发指标均是 5 个培养盒番茄种子的算术平均值。

2 结果与分析

2.1 不同低温胁迫对番茄种子萌发的影响

番茄种子发芽势是播种 5 d 后种子萌发数与播

表 1 人工气候箱低温降温模式的设定  
Tab. 1 Temperature falling models running in climatic chamber

温度 (℃)	时间									
	5:00	7:00	9:00	10:30	12:30	14:00	16:00	20:00	24:00	3:00
7~12	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0
5~10	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0
3~8	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0

种种子总萌发数的比值,故播种 6 和 9 d 后低温胁迫没有进行发芽势分析。从表 2 可以看出,与对照相比,3 种低温胁迫下番茄种子的发芽势均有所下降。在播种后天数相同时, $B_3$ (3℃~8℃)低温胁迫的发芽势最低, $B_1$ (7℃~12℃)低温胁迫的发芽势最高, $B_2$ (5℃~10℃)低温胁迫的发芽势居中,如在播种后第 3 天低温胁迫处理, $B_3$ (3℃~8℃)、 $B_2$ (5℃~10℃)和  $B_1$ (7℃~12℃)低温胁迫下的种子发芽势分别只有对照的 28%、32% 和 50%。说明温度越低,番茄种子发芽势下降越多。在同一低温胁迫处理下,播种后第 0 天开始低温胁迫的发芽势远远低于第 3 天开始低温胁迫的发芽势,如  $B_3$ (3℃~8℃)低温胁迫下,播种后第 3 天的发芽势为 14.22,而第 0 天的发芽势只有 1.52,说明播种后越早经受低温,番茄种子发芽势降低越大。

从图 1、图 2 可以看出,与对照相比,3 种低温胁迫下番茄种子的发芽指数和萌发率均有所下降。播种后同一天数下, $B_3$ (3℃~8℃)低温胁迫的发芽指数和萌发率最低, $B_1$ (7℃~12℃)低温胁迫的发芽指数和萌发率最高, $B_2$ (5℃~10℃)低温胁迫的发芽指数和萌发率居中,如在播种后第 3 天, $B_3$ (3℃~8℃)、 $B_2$ (5℃~10℃)和  $B_1$ (7℃~12℃)低温胁迫下的种子发芽势(指数)分别只有对照的 46%、56% 和 88%,萌发率分别只有对照的 73%、85% 和 98%。说明温度越低,发芽指数和萌发率下降越多。在同一低温胁迫下,播种后第 0 天和第 3 天开始低温胁迫,番茄种子发芽指数和萌发率较低,播种后第 6 天和 9 天开始低温胁迫对发芽指数和萌发率的影响依次减小,如  $B_3$ (3℃~8℃)低温胁迫下,播种后第 0 天、第 3 天的发芽指数和萌发率分别为对照的 50% 和 75% 以下,而播种后第 6 天、第 9 天的发芽指数和萌发率分别为对照的 80% 和 80% 以上,同样说明播种后越早经受低温,发芽指数和萌发率降低越大。

表 2 播种后不同天数番茄种子不同低温胁迫下的发芽势  
Tab.2 Germination potential of tomato seeds treated with different low temperature stresses at the different days after sowing

播种后天数 (d)	低温胁迫处理(℃)			对照(CK) 温度(℃)
	$B_1$ (7~12)	$B_2$ (5~10)	$B_3$ (3~8)	
0	7.11	2.54	1.52	50.78
3	25.39	16.25	14.22	
6	-	-	-	
9	-	-	-	

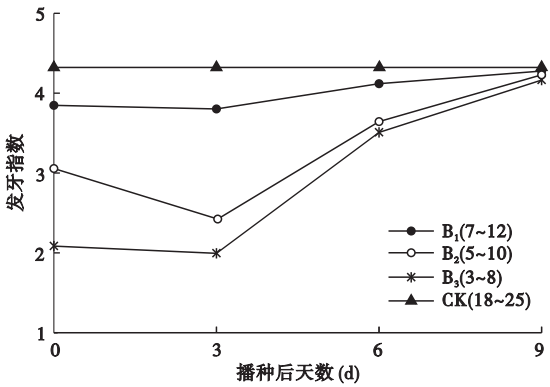


图 1 播种后不同天数番茄种子不同低温胁迫下的发芽指数  
Fig.1 Germination index of tomato seeds treated with different low temperature stresses at the different days after sowing

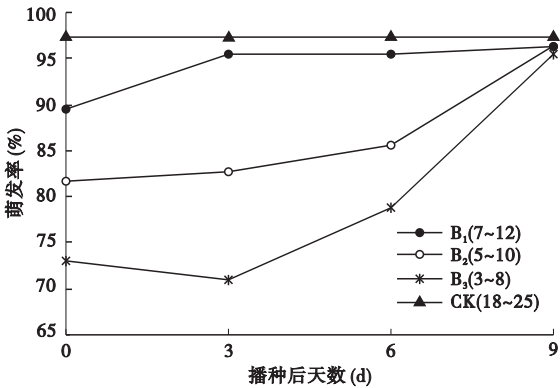


图 2 播种后不同天数番茄种子不同低温胁迫下的萌发率  
Fig.2 Germination rate of tomato seeds treated with different low temperature stresses at the different days after sowing

2.2 不同低温胁迫对番茄种子 α-淀粉酶活性变化的影响

从图3可以看出,对照条件下,番茄种子α-淀

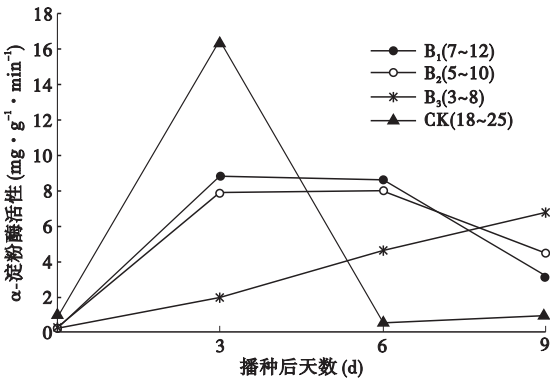


图 3 播种后不同天数番茄种子不同低温条件下 α-淀粉酶活性的变化  
Fig.3 α-amylase activities variation of tomato seeds treated with different low temperature stresses at the different days after sowing

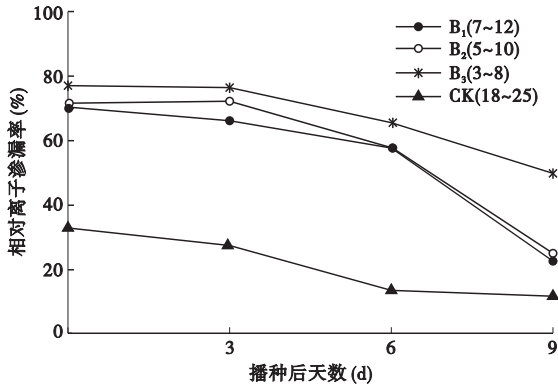


图4 播种后不同天数番茄种子不同低温胁迫下相对离子渗漏率的变化

Fig. 4 Relative ion leakage variation of tomato seeds treated with different low temperature stresses at the different days after sowing

粉酶活性在播种后第3天达到最大值,这是因为 $\alpha$ -淀粉酶是在种子萌发阶段产生的,随着萌发时间的延长而增加,第6天、第9天迅速下降,这可能与底物淀粉急速减少有关。与对照相比,3种低温胁迫下播种后第0天和第3天的番茄种子 $\alpha$ -淀粉酶活性均显著下降,尤其是播种后第3天下降更明显,B<sub>3</sub>(3℃~8℃)、B<sub>2</sub>(5℃~10℃)和B<sub>1</sub>(7℃~12℃)低温胁迫下的种子 $\alpha$ -淀粉酶活性分别只有对照的11.9%、48%和53.4%,说明温度越低,种子 $\alpha$ -淀粉酶活性下降越明显。但播种后第6天和第9天,3种低温胁迫下的 $\alpha$ -淀粉酶活性反而高于对照,这可能与前期较低的温度消耗较少的底物淀粉有关。

### 2.3 不同低温胁迫对番茄种子相对离子渗漏率的影响

从图4可以看出,对照条件下,番茄种子在播种后第0天、第3天相对离子渗漏率较高,第6天、第9天较低。3种低温胁迫下番茄种子相对离子渗漏率与对照相比显著上升,温度愈低,上升愈明显。表明在低温胁迫下外渗物增多,对细胞膜伤害大,温度越低,伤害越严重。播种后第0天、第3天、第6天不同低温处理相对离子渗漏率与对照的差异较大,第9天差异较小,表明低温胁迫初期,番茄种子对低温最敏感,相对离子渗漏率迅速增加。

## 3 讨论

低温胁迫对番茄种子萌发具有重要影响,温度越低影响越大。与7℃~12℃低温胁迫处理相比,3℃~8℃、5℃~10℃低温胁迫处理的番茄种子

发芽势、发芽指数和萌发率下降较大,而3℃~8℃与5℃~10℃低温胁迫处理的番茄种子发芽势、发芽指数和萌发率差异较小。说明当日最低温度达到5.0℃,日均温低于10.0℃(相当于低温胁迫处理7℃~12℃)时,对番茄种子萌发的影响较为严重,这与已有研究结果是一致的(Foolad & Lin, 1998, 1999; 陈玲等, 2000; 胡文海和喻景权, 2001; 黄伟等, 2002; 郑东虎等, 2002; Foolad *et al.*, 2003; 王丽娟等, 2006)。在同一低温胁迫处理下,播种后越早经受低温,番茄种子发芽势、发芽指数和萌发率降低越大。番茄在播后3 d内经受低温胁迫,番茄种子的萌发将受到较大影响。播种6 d后低温胁迫处理对其萌发指标的影响较小。

低温胁迫对番茄种子萌发影响的生理原因是由于低温导致了 $\alpha$ -淀粉酶活性和相对离子渗漏率的变化。本研究表明,3种低温胁迫处理中,温度越低,播种后越早经受低温, $\alpha$ -淀粉酶活性下降、相对离子渗漏率上升越明显。说明播种后较早经受低温胁迫,减缓了番茄种子贮藏物质的降解,影响了番茄种子萌发初期的物质与能量代谢,并增强了细胞膜的透性,导致外渗物增多。

低温胁迫对番茄种子萌发的影响不同品种之间是有差异的,本研究只对广州地区主栽番茄品种明星进行了研究,今后有待进一步开展低温胁迫对其他番茄品种种子萌发的影响研究。

### 参考文献

- 陈德碧. 2009. 铬胁迫对番茄种子萌发和幼苗生长的影响. 重庆文理学院学报(自然科学版), 28(3): 71-73.
- 陈玲, 宋松泉, 钱春梅, 等. 2000. 番茄种子萌发的交叉耐性研究. 中山大学学报(自然科学版), 39(增刊2): 112-118.
- 陈应山, 王凯, 朱朝伟. 2006. 番茄优质栽培. 北京: 中国农业出版社.
- 杜尧东, 刘锦鑫, 何健. 2005. 广州地区蔬菜田土壤温度变化特征及其预报模型研究. 生态学杂志, 24(9): 1021-1024.
- 胡文海, 喻景权. 2001. 低温弱光对番茄叶片光合作用和叶绿素荧光参数的影响. 园艺学报, 28(1): 41-46.
- 胡晓辉, 王素平, 曲斌. 2009. NaCl胁迫下亚精胺对番茄种子萌发及幼苗抗氧化系统的影响. 应用生态学报, 20(2): 446-450.
- 黄伟, 任华中, 张福墀. 2002. 低温弱光对番茄苗期生长和光合作用的影响. 中国蔬菜, (4): 15-17.



- 李西进. 2009. 铅胁迫对番茄种子萌发和幼苗生长的影响. 长江蔬菜, (12): 21-22.
- 罗森波, 涂悦贤, 胡斯团, 等. 2003. 蔬菜与气象. 广州: 广东省地图出版社.
- 裴成成, 汪晓峰, 杨文才. 2009. 水分胁迫对不同番茄品种种子萌发的影响. 种子, **28**(2): 71-73.
- 钱春梅, 伍贤进, 陈 玲, 等. 2002. 高温胁迫对番茄种子萌发的影响. 种子, (5): 20-21.
- 王丽娟, 李天来, 李国强, 等. 2006. 夜间低温对番茄幼苗光合作用的影响. 园艺学报, **33**(4): 757-761.
- 杨凤军, 李天来, 臧忠婧, 等. 2009. 不同基因型番茄种子萌发期的耐盐性. 应用生态学报, **20**(7): 1691-1697.
- 张志刚, 尚庆茂. 2005. 不同试剂浸种对番茄种子萌发和幼苗生长发育的影响. 种子科技, (6): 344-346.
- 赵 波, 庞胜群, 陈 恺, 等. 2007. 加工番茄种子发芽及苗期耐冷性差异研究. 中国瓜菜, (3): 7-9.
- 郑东虎, 黄俊轩, 王丽娟. 2002. 番茄低温生态学的研究进展. 北方园艺, (3): 36-37.
- 邹 奇. 2000. 植物生理学实验指导. 北京: 中国农业出版社.
- Canoon OS, Gatherum DW, Miles WG. 1973. Heritability of low temperature seed germination in tomato. *Horticultural Science*, **8**: 404.
- Foolad MR, Lin GY. 1998. Genetic analysis of low temperature tolerance during germination in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breeding*, **117**: 171-176.
- Foolad MR, Lin GY. 1999. Relationships between cold- and salt-tolerance during seed germination in tomato: Germplasm evaluation. *Plant Breedin*, **118**: 45-48.
- Foolad MR, Subbiah P, Kramer C, *et al.* 2003. Genetic relationships among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. *Euphytica*, **130**: 199-206.
- 
- 作者简介** 杜尧东,男,博士,研究员。主要从事农业生态、应用气象和气候变化研究。E-mail: yddu@grmc.gov.cn
- 责任编辑** 李凤芹
-