

外源喷施 CaCl_2 对低温逆境下番茄抗冷性及开花结果的影响

唐宽强¹, 刘守伟¹, 吴凤芝¹, 赵 权²

(1. 东北农业大学 园艺学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农业广播电视学校, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要:以 6 叶 1 心期“金棚一号”番茄幼苗为试材, 研究了外源喷施 1 400 mg/L CaCl_2 对低温逆境下番茄幼苗相对电导率、丙二醛含量、开花期、花粉活力、坐果率、单果重及单穗果产量的影响。结果表明: 低温逆境下, 外源喷施 CaCl_2 在调控番茄开花结果中发挥着重要作用。与低温对照相比, 在低温处理的第 6、9 天, 低温前或低温后喷钙均降低了番茄幼苗的相对电导率及丙二醛含量, 低温前喷钙处理显著提高了番茄第 1 穗花花粉活力 ($P < 0.05$), 低温前或低温后喷钙处理, 使番茄第 1 穗花开花期提前 2 d, 显著提高了第 1 穗果坐果率及产量 ($P < 0.05$)。

关键词:钙; 番茄; 低温逆境; 抗冷性; 产量

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)11-0010-05

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 是一种世界性蔬菜, 同时也是我国设施园艺栽培面积较多的蔬菜之一, 在蔬菜产业中占有十分重要的地位。番茄起源于热带、亚热带, 为喜温性蔬菜, 其生长发育的适宜温度为 15~30℃, 低于 15℃, 植株生长缓慢、开花期推迟、坐果率下降^[1], 影响番茄质量和产量。春季大棚栽培中, 番茄定植 1~2 周后棚内温度较低, 处于 7~9 片真叶现蕾期的番茄幼苗, 易遇低温逆境, 对番茄的正常开花结果造成严重影响。

Ca^{2+} 作为细胞内的第 2 信使, 在植物对低温逆境信号的转导中起着重要作用^[2]。有研究表明, 叶面喷 Ca^{2+} ^[3]、 Ca^{2+} 浸种^[4]、 Ca^{2+} 灌根^[5]、土壤增施钙肥^[6] 及营养液栽培增大 Ca^{2+} 浓度^[7] 等方法均可缓解低温逆境对作物的伤害。而 Ca^{2+} 螯合剂、 Ca^{2+} 通道阻断剂及依赖于 Ca^{2+} 的蛋白激酶抑制剂等均可抑制植物抗冷性的提高^[8-10]; 且 Ca^{2+} 在植物授粉受精过程也起着重要作用。研究表明, 花粉管的定向生长与柱头内的 Ca^{2+} 浓度呈正相关, 棉花的花粉管中产生的赤霉素引起助细胞解体, 并产生大量的 Ca^{2+} , 造成花柱与珠孔之间的 Ca^{2+} 梯度, 花粉管依 Ca^{2+} 浓度高的方向生长, 经珠孔进入胚囊^[9], 花粉管细胞质内 Ca^{2+} 浓度梯度为多种植物花粉生长的

基础, Ca^{2+} 浓度的消失会导致花粉管的生长停止^[10]。增施钙可能通过提高受精率, 而提高作物坐果率及产量。然而, 关于 Ca^{2+} 与低温逆境下番茄开花结果之间的关系研究还鲜有报道。该研究以冷敏感型番茄幼苗为试材, 采用叶面喷施 CaCl_2 的方法, 研究低温前、后喷钙对番茄幼苗相对电导率、丙二醛含量、花粉活力、开花期、坐果率、单果重及单穗果产量的影响, 探讨低温逆境下外源钙与番茄开花结果之间的关系, 以期缓解低温逆境对设施番茄栽培伤害提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试“金棚一号”番茄由西安皇冠蔬菜研究所研制, 购自哈尔滨市子诚种子销售公司。

1.2 试验方法

番茄常规育苗, 浸种催芽后, 于 2012 年 2 月 15 日播种于育苗盘内, 2 叶 1 心时分苗至 8 cm×8 cm 育苗钵, 6 叶 1 心时选取生长一致的壮苗移入人工气候箱, 常规管理, 温度为 25/15℃(昼/夜), 湿度为 85%, 光照周期为 12 h/12h, 光照强度 3 000 lx, 培养 2 d 后进行试验。试验共设 2 个处理, 处理 I: 常温培养的第 9 天进行持续 9 d 的低温处理, 低温处理温度为 12/7℃(昼/夜), 低温处理前 3、6 d 喷洒浓度为 1 400 mg/L 的 CaCl_2 溶液, 以叶片均匀附着 1 层小液珠为准。处理 II: 常温培养的第 9 天进行连续 9 d 低温处理(处理温度同 I), 于低温处理后的第 2 天喷 1 次浓度为 1 400 mg/L 的 CaCl_2 溶液(喷施方法同处理 I); 以常温(温度为 25/15℃(昼/夜))和低温(温度为 12/7℃(昼/夜))为对照, 在处理 I 喷施 CaCl_2 的同

第一作者简介:唐宽强(1987-), 男, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜生理生态。E-mail: tangkuanqiang@126.com。

责任作者:刘守伟(1974-), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为蔬菜生理生态。E-mail: liushouwei1974@126.com。

基金项目:黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z07230)。

收稿日期:2013-03-04

时,常温对照和低温对照喷施等量蒸馏水。每处理 20 株,重复 3 次,共 240 株。各处理编号见表 1。

于低温处理的第 0、3、6、9 天取番茄幼苗第 5 片叶,同时对常温对照取样。每处理 3 次重复,每重复取 3 株,用于相对电导率、丙二醛含量的测定。将低温处理 9 d 后的番茄苗及常温处理的番茄幼苗于 2012 年 5 月 19 日定植到塑料大棚内,每处理 3 次重复,每个重复 8 株,共 96 株,用于测定植株前 3 穗花的花粉活力,并调查其开花期、坐果率、单果重及单穗果产量。

表 1 试验处理编号

Table 1 Number of the treatment

编号 No.	温度 Temperature	喷施时间 Spraying time
I	12/7℃(昼/夜)	低温前第 3、6 天
II	12/7℃(昼/夜)	低温后第 2 天
CKI	25/15℃(昼/夜)	与处理I同步
CKII	12/7℃(昼/夜)	与处理I同步

1.3 项目测定

1.3.1 相对电导率及丙二醛含量测定 相对电导率及丙二醛含量测定参照李合生^[11]的方法。相对电导率(%)=(煮沸前电导率-去离子水电导率)/(煮沸后电导率-去离子水电导率)×100%。丙二醛含量(μmol/L)=6.45(A₅₃₂-A₆₀₀)-0.56A₄₅₀。

1.3.2 花粉活力测定 采用花粉管萌发法测定花粉活力,参照陈竹君等^[12]方法,略有改动。花粉培养基成分为:10%蔗糖、130 mg/L 硼酸、0.5%琼脂。每株番茄幼苗每穗花取前 2 朵测定花粉活力,每朵花做 2 个载玻片,取 100 μL 培养基于凹槽载玻片上,取少许花粉,均匀涂抹在载玻片培养基表面,28℃培养 3 h,每载玻片取 3 个视野,每视野统计 300 个,取平均值。

1.3.3 开花期、坐果率、单果重及单穗果产量测定 开花期为从播种到每处理每重复每穗花有 50%植株开花的开花时长^[13]。坐果率(%)=坐果数/花序花数^[14];单穗果产量=Σ单果重。

2 结果与分析

2.1 外源钙对低温逆境下番茄叶片相对电导率的影响

由图 1 可知,在低温处理后的第 0、3 天,各处理间以及处理与对照间的相对电导率均无显著差异;第 6 天时,处理I、II的相对电导率均低于 CKII(P<0.05),处理I与 CKII差异显著(P<0.05),且处理I、II的相对电导率与 CKI无显著差异(P>0.05);第 9 天时,处理I、II的相对电导率均显著低于 CKII(P<0.05),与 CKI相比无显著差异(P>0.05)。由此可知,低温逆境使番茄叶片相对电导率增加,而低温前、后喷钙处理均可以在一定程度上降低番茄叶片的相对电导率。

2.2 外源钙对低温逆境下番茄叶片丙二醛含量的影响

由图 2 可以看出,在低温处理后的第 0、3 天,各处

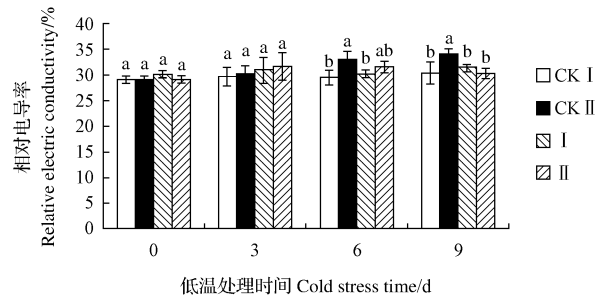


图 1 外源钙对低温逆境下番茄叶片相对电导率的影响

Fig. 1 Effect of exogenous calcium on the relative electric conductivity of young tomato leaves under cold stress

理间以及处理与对照间的丙二醛含量均无显著差异;第 6 天时,处理I、II的丙二醛含量均显著低于 CKII(P<0.05),但与 CKI无显著差异(P>0.05);第 9 天时,处理I、II的丙二醛含量均低于 CKII,处理II与 CKII差异显著(P<0.05),处理I、II的丙二醛含量与 CKI无显著差异(P>0.05)。由此可知,低温逆境使番茄叶片丙二醛含量增加,而低温前、后喷钙处理均可以在一定程度上降低番茄叶片丙二醛的含量。

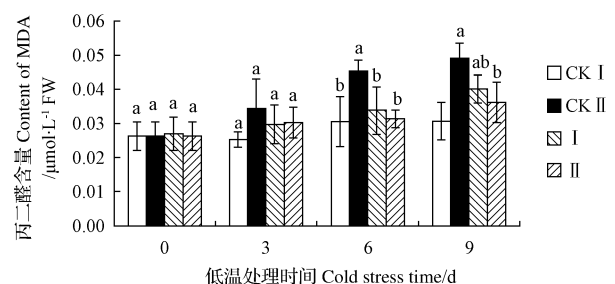


图 2 外源钙对低温逆境下番茄叶片丙二醛含量的影响

Fig. 2 Effect of exogenous calcium on the MDA content of young tomato leaves under cold stress

2.3 外源钙对低温逆境下番茄开花结果的影响

2.3.1 外源钙对低温逆境下番茄开花期的影响 由表 2 可知,处理I与 CKII相比,第 1 穗花的开花期提前 2 d,第 2 穗花提前 0.67 d,与 CKI相比,第 1 穗花开花期延后 5.33 d,第 2 穗花延后 0.67 d。处理II与 CKII相比,第 1 穗花开花期提前 2 d,第 3 穗花开花期提前 1.33 d,与 CKI相比,第 1 穗花开花期延后 5.33 d,第 2 穗花开花期延后 1.33 d,而第 3 穗花开花期提前 1.33 d。由此可知,

表 2 外源钙对低温逆境下番茄开花期的影响

Table 2 Effect of exogenous calcium on flowering stage of tomato under cold stress

处理 Treatments	第 1 穗花 The first cluster	第 2 穗花 The second cluster	第 3 穗花 The third cluster
I	109.33	116.67	126.00
II	109.33	117.33	124.67
CKI	104.00	116.00	126.00
CKII	111.33	117.33	126.00

2个处理对第1穗花的开花期影响较大,而对第2、3穗花开花期影响较小。2个处理均可在一定程度上使低温逆境下番茄第1穗花开花期提前。

2.3.2 外源钙对低温逆境下番茄花粉活力的影响 由图3可知,处理I和处理II的第1穗花花粉活力高于CKII,其中处理I与CKII差异显著($P<0.05$),处理I和处理II的第1穗花花粉活力与CKI无显著差异($P>0.05$)。处理I和处理II的第2、3穗花花粉活力高于CKII,但各处理间差异不显著($P>0.05$)。试验表明,低温前喷钙处理在一定程度上减缓了低温逆境引起的第1穗花花粉活力的降低,而低温逆境对第2、3穗花花粉活力影响不显著($P>0.05$)。

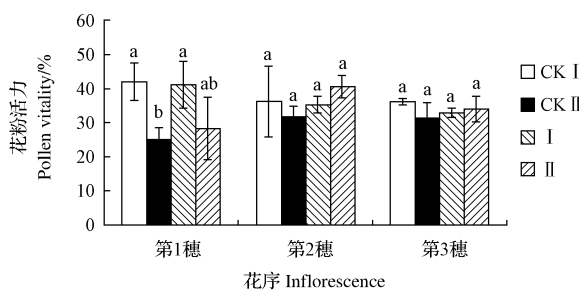


图3 外源钙对低温逆境下番茄花粉活力的影响

Fig. 3 Effect of exogenous calcium on pollen vitality of tomato under cold stress

2.3.3 外源钙对低温逆境下番茄坐果率的影响 由图4可以看出,处理I和处理II的第1穗果坐果率均显著高于CKII($P<0.05$),而与CKI相比无显著差异($P>0.05$)。各处理与对照间的第2穗果坐果率均差异不显著($P>0.05$)。处理I和处理II的第3穗果坐果率均显著低于CKI($P<0.05$),且与CKII无显著差异($P>0.05$)。由此可知,低温前、后喷钙可提高低温逆境下番茄第1穗果坐果率,而对第2、3穗果的作用不显著。

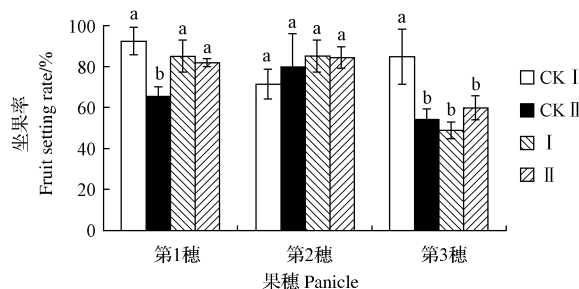


图4 外源钙对低温逆境下番茄坐果率的影响

Fig. 4 Effect of exogenous calcium on fruit setting rate of tomato under cold stress

2.3.4 外源钙对低温逆境下番茄单果重及单穗果产量的影响 由图5可知,处理和对照间前3穗果单果重均差异不显著($P>0.05$),但处理I和处理II的第1穗果、第2穗果的单果重均高于CKII。由图6可知,处理I第1穗

果单穗果产量显著高于CKII($P<0.05$),与CKI差异不显著($P>0.05$),处理II的第1穗果单穗果产量显著高于与CKI和CKII($P<0.05$)。处理I和处理II的第2穗果单穗果产量高于CKI和CKII,但差异不显著($P>0.05$)。各处理间以及处理与对照间的第3穗果单穗果产量无显著差异($P>0.05$)。由此可知,低温前和低温后喷钙均可显著提高第1穗果单穗果产量,而对第2、3穗果无显著影响($P>0.05$)。

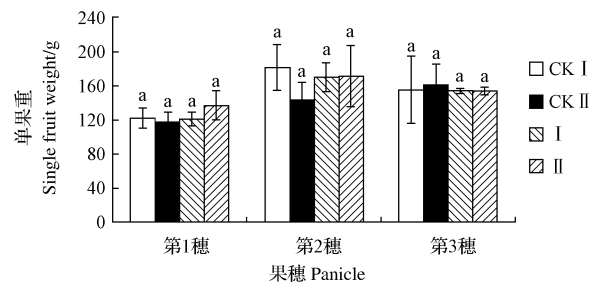


图5 外源钙对低温逆境下番茄单果重的影响

Fig. 5 Effect of exogenous calcium on single fruit weight of tomato under cold stress

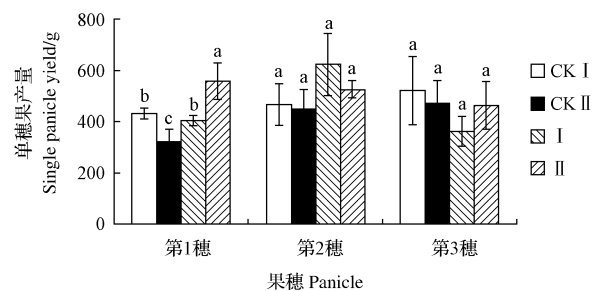


图6 外源钙对低温逆境下番茄单穗果产量的影响

Fig. 6 Effect of exogenous calcium on yield of single panicle tomato under cold stress

3 讨论

相对电导率和丙二醛含量的变化可反映出低温逆境对植物的伤害^[15]。该试验结果表明,低温逆境对番茄叶片造成伤害,提高了番茄叶片相对电导率及丙二醛含量。而低温前或低温后喷钙处理均可减缓因低温逆境引起的番茄叶片相对电导率及丙二醛含量的升高,缓解低温逆境对番茄叶片的伤害,这与前人研究结果一致^[5,7,16]。

外源 Ca^{2+} 提高植株抗冷性可能与低温锻炼提高植株抗冷性的机制相似。低温锻炼过程中植物细胞质基质内钙离子浓度出现重复性增加减少,产生钙震荡现象^[16]。钙震荡编码的钙信号可由 CaMs 、 CBLs - CIPKs 、 CDPKs 等钙结合蛋白解码,进而激活或抑制抗冷相关基因及蛋白表达。钙为植物体必需的大量元素之一,在植物体内难以移动,外源喷施 CaCl_2 , Ca^{2+} 主要通过叶面气孔、叶表面角质层亲水小孔及叶片细胞质外连丝等途径

进入植物细胞^[17]。而外源喷施 CaCl_2 可缓解低温逆境对植物的伤害,可能是因为外源喷施 CaCl_2 能促使番茄叶片细胞产生类似低温锻炼产生的相同频率的钙振荡现象,从而提高植物抗冷性。

该试验对 6 叶 1 心的番茄幼苗进行低温处理,可使前 3 穗花的开花期延迟,其中对第 1 花序开花期影响较大,这与王富等^[18] 研究结果一致。番茄在 2 叶 1 心后,营养生长和生殖生长同时进行,营养生长为生殖生长基础,6 叶 1 心时,番茄已分化前 3 个花序,营养物质消耗量大,而低温逆境抑制番茄植株营养物质积累,使番茄生殖生长受到抑制,即源-库中源减弱,导致开花期延迟。该试验表明,低温前及低温后喷钙处理均可使低温逆境下番茄幼苗开花期提前,原因可能是喷钙处理后提高了低温逆境下植物光合速率^[19-20],增加低温逆境下植物营养物质积累,一定程度上缓解了植物生殖生长过程中营养物质供应不足的状况,进而缓解低温逆境对番茄开花期的影响。

番茄雄蕊发育中,花粉活力的下降,可能是导致番茄坐果率降低的主要原因^[21-22]。植物雄性器官发育对低温最为敏感,雌性生殖器官对温度胁迫并不敏感,花粉发育过程,特别是四分体小孢子产生以前是最敏感的时期^[23]。当环境温度低于 12°C 时,番茄不能授粉受精^[24]。低温能够诱导花粉不育,可能是由于低温破坏了绒毡层中的糖代谢过程,并最终导致花粉粒中没有碳水化合物积累^[25]。也可能是由于冷响应相关基因在花粉粒中没有积累所致^[26],特别是花粉粒特异性表达的转录因子 *MIKC* 基因的转录水平被低温强烈抑制^[27]。该研究表明,低温前喷钙处理能在一定程度上提高番茄第 1 穗花花粉活力,可能是喷钙后促进花粉绒毡层的糖类物质积累,提高了花粉活力,从而提高番茄坐果率及产量。也可能是由于外源 Ca^{2+} 启动钙信号系统,促进某些基因及蛋白的表达,从而提高番茄坐果率及产量。

Ca^{2+} 在花粉管内呈梯度分布,这是花粉管极性生长的重要因素,花粉管顶端 Ca^{2+} 浓度最高,而花粉管萌芽孔端浓度较低^[27-28]。Hepler 等^[29] 研究表明,花柱中 Ca^{2+} 浓度在 $10\sim 10^4\ \mu\text{M}$ 浓度之间时,花粉管细胞壁中主要组成成分果胶酸与 Ca^{2+} 结合,使其韧性较强,不易破裂。该试验表明,低温前喷钙及低温后喷钙提高了番茄第 1 穗果坐果率,可能原因是喷施 CaCl_2 保证了花柱内 Ca^{2+} 的含量,从而提高番茄坐果率及产量。

综上所述,外源 Ca^{2+} 可增强番茄抗低温能力,且对番茄开花结果有重要影响。外源 Ca^{2+} 可缓解因低温逆境引起番茄产量降低,可能主要通过提高植物坐果率实现的。低温逆境下喷钙处理可能是通过影响雄蕊的发育,提高花粉活力,进而提高番茄坐果率及产量;也可能通过通过影响雌蕊中花柱内 Ca^{2+} 浓度而稳定花粉管的

极性生长,缓解因低温逆境引起的番茄授粉受精率下降,从而稳定坐果率及产量。具体原因还需进一步研究。

参考文献

- [1] 周国治,杨悦俭,王荣青,等. 苗期亚低温对番茄生殖生长的影响[J]. 上海农业学报,2008,24(2):54-57.
- [2] Gilroy S, Trewavas A. Signal processing and transduction in plant cells: the end of the beginning[J]. Nature, 2001(2):307-314.
- [3] 李晓明,陈劲枫,逯明辉,等. 低温下钙对黄瓜幼苗抗氧化酶活性及 POD 同工酶谱的影响[J]. 西北植物学报,2006,26(2):241-246.
- [4] 郭晓冬,邹志荣,张化生. 硝酸钙浸种对低温下辣椒幼苗渗透调节物质的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(5):160-164.
- [5] 高晓倩,李天来. 钙对夜间低温逆境下番茄幼苗保护酶活性及超氧阴离子产生速率的影响[J]. 园艺学报,2010,37(增刊):2151.
- [6] 刘峰,张军,张文吉,等. 土壤施钙诱导水稻幼苗抵抗低温和抗病的生理机制研究[J]. 应用生态学报,2004,15(5):763-766.
- [7] 闫童,王秀峰,杨凤娟,等. 钙对根区低温胁迫下黄瓜幼苗抗冷相关生理指标的影响[J]. 西北农业学报,2006,15(5):172-176,181.
- [8] Monroy A F, Dhindsa R S. Low temperature signal transduction: induction of cold acclimation-specific genes of alfalfa by calcium at 25°C [J]. The Plant Cell, 1995,7(3):321-331.
- [9] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社,2000:398.
- [10] Cheung A, Wu H. Structural and signaling networks for the polar cell growth machinery in pollen tubes[J]. Annual Review of Plant Biology, 2008, 59:547-572.
- [11] 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.
- [12] 陈竹君,吴定华. 番茄远缘杂种 F1 及其双亲花粉萌发的研究[J]. 中国蔬菜,1988,27(1):12-17.
- [13] 蔡长春,陈宝元,傅廷栋,等. 甘蓝型油菜开花期和光周期敏感性的遗传分析[J]. 作物学报,2007,33(2):345-348.
- [14] 王荣青,阮美颖,杨悦俭,等. 亚低温对番茄坐果的影响及耐低温材料的筛选[J]. 浙江农业学报,2007,19(3):206-210.
- [15] 田丹青,葛亚英,潘刚敏. 低温胁迫对 3 个红掌品种叶片形态和生理特性的影响[J]. 园艺学报,2011,38(6):1173-1179.
- [16] Plieth C. Temperature sensing by plants: calcium-permeable channels as primary sensors—a model[J]. The Journal of Membrane Biology, 1999, 172: 121-127.
- [17] 李燕婷,李秀英,肖艳,等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [18] 王富,许向阳,李景富,等. 番茄苗期不同阶段低温处理对开花结果的影响[J]. 北方园艺,1998(2):19-20.
- [19] 刘玉凤,高晓倩,齐明芳. 钙素对夜间低温胁迫下番茄光合产物生产与积累的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(4):828-834.
- [20] 由继红,陆静梅,杨文杰. 钙对低温胁迫下小麦幼苗光合作用及相关生理指标的影响[J]. 作物学报,2002,28(5):693-696.
- [21] Charles W B, Harris E. Tomato fruit-set at high and low temperatures [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1972,52(6):497-506.
- [22] 王孝宜,李树德,东惠茹,等. 低温胁迫对番茄苗期和花期若干性状的影响[J]. 园艺学报,1996,23(4):349-354.
- [23] Satake T. Determination of the most sensitive stage to sterile-type cool injury in rice plant[J]. Research Bulletin of Hokkaido National Agricultural, 1976,116:1-44.
- [24] Ozores Hampton M, Mc Avoy G. What causes blossom drop in

tomatoes? [J]. The Tomato Magazine, 2010(8):4-5.

[25] 邹长松,余迪求. 植物有性生殖对温度胁迫反应的研究进展[J]. 云南植物研究, 2010, 32(6):508-518.

[26] Lee J Y, Lee D H. Use of serial analysis of gene expression technology to reveal changes in gene expression in *Arabidopsis* pollen under going cold stress[J]. Plant Physiology, 2003, 132:517-529.

[27] Malhó R, Trewavas A J. Localized apical increases of cytosolic free calcium control pollen tube orientation[J]. Plant Cell, 1996, 8:1935-1949.

[28] Miller D D, Callaham D A, Gross D J, et al. Free Ca^{2+} gradient in growing pollen tubes of lillium[J]. Cell Sci, 1992, 101:7-12.

[29] Hepler P K, Winship L J. Calcium at the cell wall-cytoplasm interface [J]. Plant Biol, 2010, 52:147-160.

Effect of Exogenous CaCl_2 on the Cold Resistance and Blossom and Yield of Tomato Under Cold Stress

TANG Kuan-qiang¹, LIU Shou-wei¹, WU Feng-zhi¹, ZHAO Quan²

(1. College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030; 2. Heilongjiang School of Agricultural Broadcasting and TV, Harbin, Heilongjiang 150090)

Abstract: With 'Jinpeng No. 1' tomato with six true leaves as materials, the effect of exogenous CaCl_2 which concentration was 1 400 mg/L on the relative electric conductivity, content of MDA, flowering stage, pollen vitality, fruit setting rate, single fruit weight and single panicle yield of tomato under cold stress were studied. The results showed that the exogenous calcium played an important role in blossom and yield of tomato under cold stress. Compared with the low temperature control, the relative electric conductivity and MDA content of the two groups which treated with spraying CaCl_2 were significantly reduced ($P < 0.05$). The flowering stage in the first inflorescence of the two groups treated with spraying CaCl_2 was 2 days earlier than the low temperature control. And the pollen vitality in the first inflorescence of the group treated with spraying CaCl_2 before the low temperature treatment was significantly higher than the low temperature control ($P < 0.05$). Compared with the low temperature control, the fruit setting rate and the tomato yield in the first inflorescence of the two groups which treated with spraying CaCl_2 significantly increased ($P < 0.05$).

Key words: calcium; tomato; cold stress; cold resistance; yield

正确运用蔬菜叶面肥

追施叶面肥是蔬菜栽培中一种最常用且经济速效的施肥方法,即将肥料配成一定浓度的水溶液,直接喷施在作物叶片上,以弥补根系吸肥能力弱所造成的养分供应不足。大量应用表明,追施叶面肥对提高蔬菜产量、品质,延长供应期都有十分重要的作用。根据不同的作物科学选用和配置叶面肥是提高施用效果的关键。

叶菜类蔬菜以食用茎叶为主,如大白菜、薹菜、甘蓝、菠菜、芹菜和韭菜等蔬菜,叶面肥一般以尿素、硫酸铵等水溶性速效肥料为主,尿素浓度为2%,硫酸铵浓度为0.3%,每667 m²喷施60~80 kg,全生育期喷洒2、3次为宜。也可每667 m²喷洒0.3%~0.5%的米醋溶液50~60 kg。

瓜类、茄果类蔬菜,如茄子、辣椒、西红柿、西葫芦、黄瓜、豆角、豇豆和菜豆等,叶面肥要以氮磷钾复合肥或多元复合肥为主,如0.3%的磷酸二氢钾、1%的尿素+2%的过磷酸钙(浸出液)+0.5%的硫酸钾溶液、0.08%稀土微肥溶液、叶面宝、光合微肥、钼酸铵等。一般在全生育期喷2、3次,每667 m²喷40~50 kg。在瓜果类蔬菜上喷洒复配的多元素肥料效果比较显著,如喷洒糖氮液(0.2%尿素、0.3%磷酸二氢钾、1%蔗糖组成的)。喷洒复配的肥料,不仅能增加产量,而且能显著增加植株的抗病能力,减轻蔬菜霜霉病等病害的危害。

鳞茎类、根菜类蔬菜如圆葱、大蒜、萝卜、胡萝卜、马铃薯和芋头等蔬菜,叶面肥一般用磷肥、钾肥为主,如0.3%的磷酸二氢钾溶液、过磷酸钙和草木灰浸出液等。根类蔬菜可喷施0.2%硼砂溶液,能有效防止生理病害的发生。马铃薯喷施0.1%的硫酸锌加0.2%的钼酸铵混合液,对块茎膨大和品质的改善均有显著作用。

(来源:中国种植技术网)