

钙及其抑制剂对亚高温逆境条件下番茄秧苗的调控

徐坤鹏, 齐明芳, 李天来, 许 涛, 张 娇, 蒋青青

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室 辽宁 沈阳 110161)

摘 要: 通过喷施 CaCl_2 及 EGTA (钙螯合剂) 和 LaCl_3 (钙通道阻塞剂), 探讨钙对亚高温逆境下番茄幼苗的调控作用。结果表明: CaCl_2 处理促进了植株在亚高温逆境下的生长, 抑制剂 LaCl_3 处理, 则加剧了高温对植株的伤害程度; CaCl_2 处理提高了叶片中各种形态钙的含量, 而 EGTA 与 LaCl_3 处理并没有影响叶片中总钙的含量, 但降低了水溶性钙含量, 不同程度地增加了果胶酸钙与硅酸钙含量; 叶片中水溶性钙与壮苗指数呈显著正相关, 而硅酸钙含量与壮苗指数负相关; 钙主要通过水溶性钙对亚高温下番茄秧苗起调控作用。

关键词: 番茄; 钙; 亚高温

中图分类号: S 641.204⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)06-0008-05

在日光温室番茄生产中, 亚高温成为影响番茄正常生长发育的一个重要环境因子^[1-3]。钙作为一种大量营养元素, 密切关系到植物的生长发育, 一方面作为生物膜的稳定剂, 在维护细胞壁、细胞膜的结构、功能, 减少或延缓膜的损伤上具有重要作用, 同时 Ca^{2+} 作为偶联胞外信号与胞内生理反应的第二信使, 参与植物对外界的反应与适应, 调节植物细胞对逆境胁迫信号转导过程^[4]。陈贵林等^[5]研究表明, Ca^{2+} 处理显著降低了 40℃ 高温胁迫下茄子幼苗丙二醛(MDA)含量和超氧阴离子(O_2^-)产生速率, 提高超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性, 降低谷胱甘肽(GSH)的破坏, 延缓了脯氨酸(Pro)的积累, 提出 Ca^{2+} 信号系统可通过提高抗氧化酶活性, 调节抗氧化剂含量, 降低膜质过氧化水平来调节幼苗的高温逆境的适应性。试验在此基础上, 研究不同钙及其抑制剂处理对高温下番茄幼苗生长发育以及幼苗不同部分钙形态的影响, 探讨钙对高温下番茄幼苗生长发育的调控作用。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill.)品种为

“辽园多丽”。

1.2 试验方法

2008 年夏季在沈阳农业大学蔬菜基地内进行试验。2008 年 7 月 1 日播种, 在日光温室中用塑料钵(10 cm×10 cm)育苗, 待植株第 1 花序现蕾时, 移入人工气候室进行处理。人工气候室温度设置为: 上午 6:00~9:00 为 25℃, 9:00~15:00 为 35℃, 15:00~18:00 为 25℃, 18:00 至第 2 天上午 6:00 为 15℃, 相对湿度为 65%。幼苗移入人工气候室经过 24 h 适应后, 进行处理。

1.3 试验设计

试验设 4 个处理 CK: 喷施蒸馏水; CaCl_2 : 喷施 30 mmol/L 的 CaCl_2 ; EGTA: 喷施 10 mmol/L EGTA; LaCl_3 : 喷施 0.5% 的 LaCl_3 ; 每处理 20 株, 设 3 次重复。分别在处理的第 0、3、6、9 天取样。

1.4 测量指标

随机选取整齐一致的植株, 记录植株叶片数, 并用游标卡尺测定植株的茎粗, 用卷尺测定株高; 用万分之一天平分别测定植株茎、叶、叶柄的鲜重, 然后烘干至恒重后测定其干重, 计算干鲜重比。壮苗指数公式: 壮苗指数 = 茎粗/株高 × 全株干重取叶片组织, 参照 Ohat 与 Deguchi^[6]的方法提取各种钙的化学形态。所用的 4 种提取液依次是蒸馏水、1 mol/L NaCl、2% 醋酸和 0.6% 盐酸, 提取的主要组分是水溶性钙、果胶酸钙、磷酸钙和碳酸钙、草酸钙, 剩下的残渣中主要成分是硅酸钙。每种提取液提取 24 h, 残渣转入洁净的坩埚中, 干灰化, 盐酸溶解后, 采用原子吸收分光光度计测定钙含量。所有数据采用 Excel 与 Dps 进行处理与分析。

第一作者简介: 徐坤鹏(1979), 女, 辽宁丹东人, 硕士, 现从事设施园艺与蔬菜生理研究工作。

通讯作者: 齐明芳(1976), 男, 河北平山县人, 硕士, 副教授, 现从事设施蔬菜栽培生理学研究。E-mail: qimingfang@126.com。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项基金资助项目(nyhyzx07-007); 辽宁省重大资助项目(2006215001); 辽宁省教育厅创新团队资助项目(2008T174)。

收稿日期: 2009-12-20

2 结果与分析

2.1 钙及其抑制剂对高温下番茄幼苗生长发育的影响

由图 1 可知, 在处理期间内, CaCl_2 处理植株株高、茎粗及叶片数都与对照无差异, 但后期壮苗指数显著高于对照处理, 植株生长较为健壮。EGTA 处理植株的株高与叶片数在处理后期高于对照, 茎粗与对照无差异,

壮苗指数总体上低于对照, 植株有徒长的趋势; LaCl_3 处理植株的株高、茎粗、叶片数及壮苗指数要显著低于对照处理, 植株生长严重受抑。结果表明, 经 CaCl_2 处理提高了番茄秧苗对亚高温的抗性, 植株长势基本正常, 而 LaCl_3 和 EGTA 处理加剧了亚高温对番茄秧苗的伤害作用, 尤其是 LaCl_3 处理。

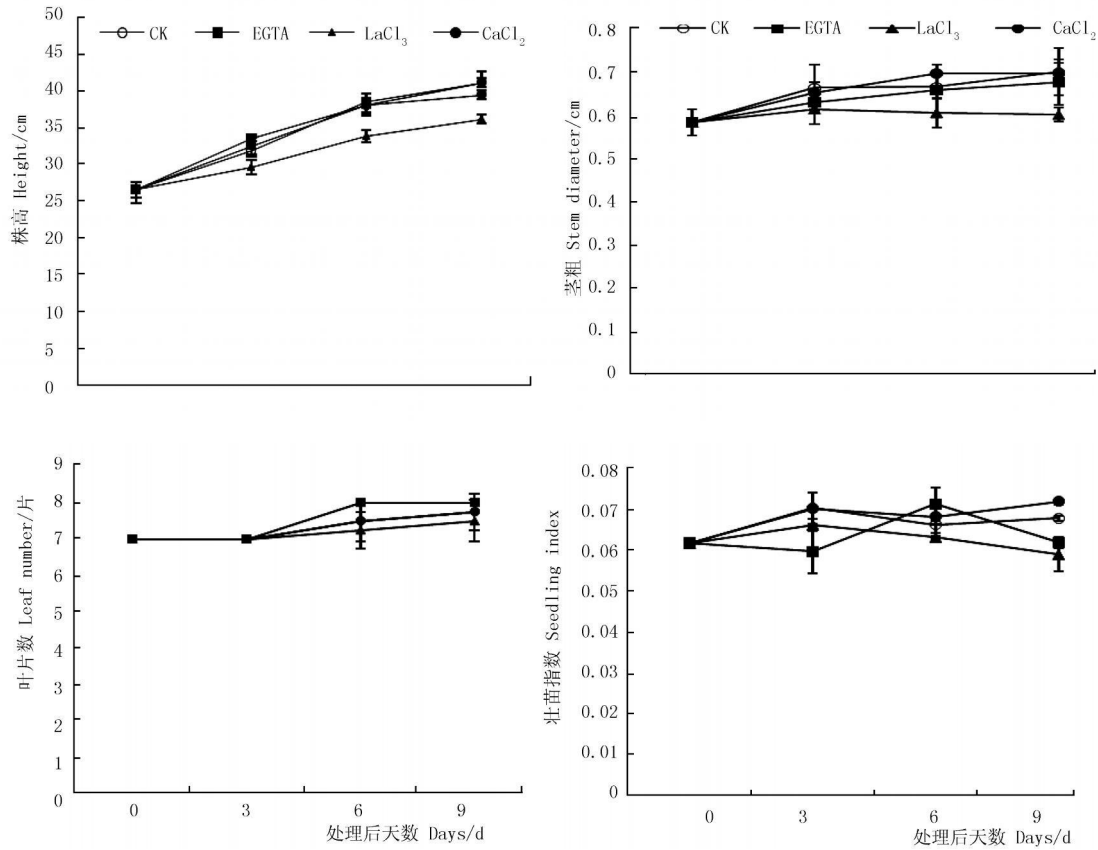


图 1 钙及其抑制剂对高温下番茄生长的影响

Fig. 1 Effect of calcium and inhibitors on tomato plant growth under sub-high temperature

2.2 钙及抑制剂对高温下番茄幼苗叶片钙含量影响

2.2.1 水溶性钙含量 由图 2 可知, 处理 6 d 内, 各处理的水溶性钙含量都显著高于对照, 尤其是 CaCl_2 处理。但处理 6 d 后, CaCl_2 处理叶片中水溶性钙含量迅速升高, 而 LaCl_3 和 EGTA 处理则迅速降低, 并显著低于 CK。

2.2.2 果胶酸钙含量 由图 3 可知, CK 处理叶片中果胶酸钙含量呈逐渐降低趋势。 CaCl_2 处理 3 d 内, 叶片中的果胶酸钙含量迅速升高, 6 d 后又有一个快速升高的过程, 在整个处理时期内, 都极显著高于 CK 及 LaCl_3 和 EGTA 处理。 LaCl_3 处理后 3 d 内呈升高趋势, 但以后又迅速降低, 与 EGTA 处理差异不大, 二者在处理 9 d 后, 都显著高于 CK 处理。

2.2.3 磷酸钙和碳酸钙含量 由图 4 可知, CaCl_2 处理

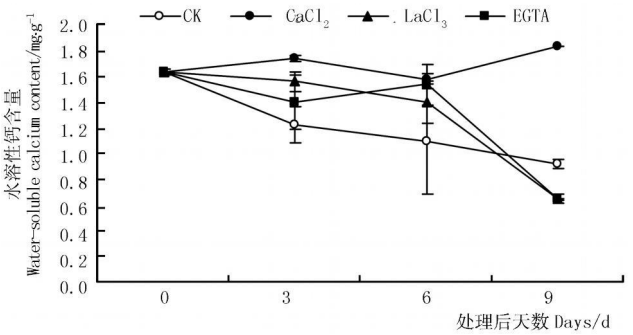


图 2 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中水溶性钙含量的影响

Fig. 2 Effect of calcium and inhibitors on water-soluble calcium content in tomato leaf under sub-high temperature

叶片中磷酸钙和碳酸钙含量呈逐渐升高趋势, 极显著高

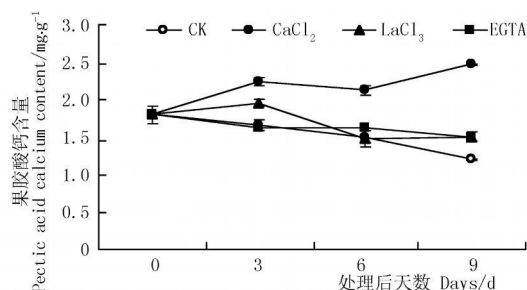


图3 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中果胶酸钙含量的影响

Fig. 3 Effect of calcium and inhibitors on pectic acid calcium content in tomato leaf under sub-high temperature

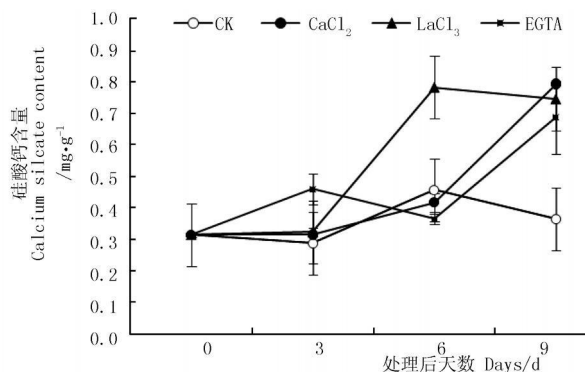


图6 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中硅酸钙含量的影响

Fig. 6 Effect of calcium and inhibitors on calcium silicate content in tomato leaf under sub-high temperature

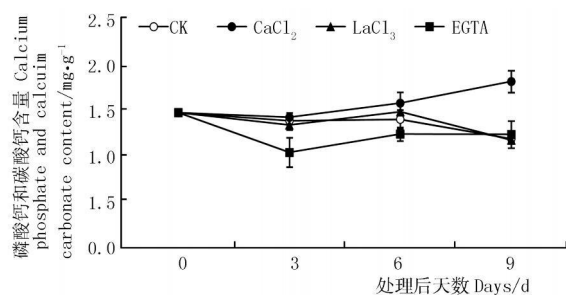


图4 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中磷酸钙和碳酸钙含量的影响

Fig. 4 Effect of calcium and inhibitors on calcium phosphate and calcium carbonate content in tomato leaf under sub-high temperature

于CK; EGTA 处理叶片中磷酸钙和碳酸钙含量在处理6 d 内显著低于对照, 但处理9 d 后与对照相当; LaCl₃ 处理叶片中磷酸钙和碳酸钙含量与CK 变化基本一致。

2.2.4 草酸钙含量 由图5可知, CaCl₂ 和EGTA 处理叶片中草酸钙含量变化基本一致, 总体水平高于CK, 而LaCl₃ 处理总体上低于CK。

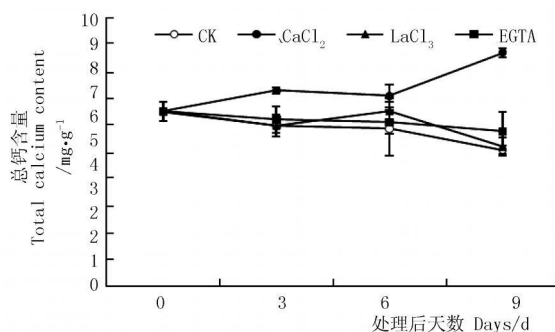


图7 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中钙总含量的影响

Fig. 7 Effect of calcium and inhibitors on total calcium content in tomato leaf under sub-high temperature

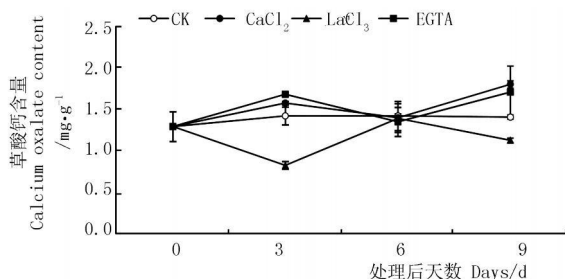


图5 钙及其抑制剂对高温下番茄叶中草酸钙含量的影响

Fig. 5 Effect of calcium and inhibitors on calcium oxalate content in tomato leaf under sub-high temperature

2.2.5 硅酸钙含量 由图6可知, CK 处理叶片中硅酸钙的含量在处理期间内变化不大, LaCl₃ 处理后3 d 后硅酸钙含量就迅速升高, 并维持在一个较高的水平。

综合分析图2~7可知 CaCl₂ 处理从总体上提高了叶片中水溶性有机酸钙、果胶酸钙、磷酸钙和碳酸钙、草酸钙与硅酸钙含量; 而LaCl₃ 和EGTA 处理并没有显著改变叶片中总钙的含量, 但却使可溶的钙转化为难溶或不溶的钙形态, 降低了钙的有效性。

2.3 不同形态钙含量与壮苗指数的相关系数

对叶中不同形态钙含量与秧苗的壮苗指数进行逐步回归分析, 由表1可知, 水溶性钙含量与壮苗指数呈显著正相关, 而硅酸钙含量与壮苗指数呈负相关, 二者与壮苗指数的相关方程为 $Y = 0.0633966937 + 0.01047915453X_1 - 0.01350647321X_5$ ($R = 0.9888$)。总钙含量及其它形态钙含量与壮苗指数的相关性不显著。

表 1 叶中不同形态钙含量与壮苗指数的相关系数

Table 1 Relativity between seedling index and different calcium fractions content

相关系数 Correlation coefficient	水溶性钙含量 Water-soluble calcium content (X1)	果胶酸钙含量 Pectate-bound calcium content (X2)	磷酸钙和碳酸钙含量 Phosphate calcium and carbonate calcium content (X3)	草酸钙含量 Oxalate-bound calcium content (X4)	硅酸钙含量 Calcium silicate content (X5)	钙总含量 Total calcium content (X6)	壮苗指数 Seedling index (Y)
水溶性钙含量 Water-soluble calcium content (X1)	1.0000	0.8825	0.9651	0.6067	0.2922	0.9322	0.8898 *
果胶酸钙含量 Pectate-bound calcium content (X2)	0.8825	1.0000	0.9683	0.6148	0.7030	0.9798	0.5946
磷酸钙和碳酸钙含量 Phosphate calcium and carbonate calcium content(X3)	0.9651	0.9683	1.0000	0.6932	0.5050	0.9942	0.7760
草酸钙含量 Oxalate-bound calcium content (X4)	0.6067	0.6148	0.6932	1.0000	0.2303	0.7301	0.6342
硅酸钙含量 Calcium silicate content(X5)	0.2922	0.7030	0.5050	0.2303	1.0000	0.5696	-0.1525
总钙含量 Total calcium content(X6)	0.9322	0.9798	0.9942	0.7301	0.5696	1.0000	0.7231
壮苗指数 Seedling index(Y)	0.8898	0.5946	0.7760	0.6342	-0.1525	0.7231	1.0000

3 结论与讨论

钙在植物体内以水溶性钙、果胶酸钙、磷酸钙与碳酸钙、草酸钙及残余的硅酸钙等形态存在,其中水溶性钙主要存在于液泡中,而细胞质中可溶性钙的含量基本保持稳定,可作为第二信使 对植物的生长发育起到重要调控作用;果胶酸钙是细胞壁的主要钙形态,在维持细胞壁的功能方面具有重要的作用;草酸钙和大部分磷酸钙则沉淀在液泡内,可作为植物的“钙库”^[4,7]。

CaCl₂ 处理增加了叶片中各种形态钙的含量,从整体上提高了植株内钙的水平,而 EGTA 处理和 LaCl₃ 处理,对秧苗叶片内的总钙含量无显著影响,对叶柄、茎中的总钙也无显著影响(数据未给出)。钙的抑制剂处理改变了叶片中钙的存在形态,在处理前期虽然增加了叶片中水溶性钙的含量,处理 6 d 后迅速降低;果胶酸钙含量也略有增加;而硅酸钙含量在处理 6 d 后迅速升高,LaCl₃ 处理较 EGTA 效果更强一些。对不同钙组分与秧苗壮苗指数相关分析表明,仅水溶性钙与硅酸钙含量与壮苗指数显著相关。结果表明,在短时期的亚高温逆

境下,钙主要是通过水溶性钙的形式对番茄秧苗起调控作用,而以果胶酸钙形式对秧苗的调控作用不显著。

参考文献

[1] 张洁 李天来,徐晶. 昼间亚高温对日光温室番茄光合作用及物质积累的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(2): 228-233.

[2] 张洁 李天来,徐晶. 昼间亚高温处理时期对日光温室番茄光合作用与产量的影响[J]. 农业工程学报 2008 24(3): 193-197.

[3] 郭金妹,李天来 姜晶,等. 昼间亚高温下番茄叶中糖含量与蔗糖代谢相关酶的活性日变化[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(2): 231- 324.

[4] 周人纲,李冰,刘宏涛,等. 钙—钙调素热激信号转导途径研究进展[J]. 自然科学进展, 2009, 19(5): 482-490.

[5] 陈贵林,贾开志. Ca 和钙调素拮抗剂对高温胁迫下茄子幼苗抗氧化系统的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(1): 197-202.

[6] Ohat Y, Yamamoto K, Deguchi M. Chemical fractionation of calcium in the fresh leaf blade and influences of deficiency or over supply of calcium and age of leaf on the content of each calcium fraction[J]. J. J. Sô. Soil Manure, 1970 41: 19-26.

[7] 马建军,张立彬 刘玉艳,等. 野生欧李生长期组织器官中不同形态钙含量的变化及其相关性[J]. 园艺学报, 2008, 35(5): 631-63.

连翘根际微生物区系和土壤酶活性变化的研究

魏志华, 程茂高, 介晓磊, 乔卿梅, 王新民

(郑州牧业工程高等专科学校 河南 郑州 450011)

摘要: 研究了 2 a 生和 10 a 生连翘根际土壤微生物和酶活性的变化规律。结果表明: 随着连翘生长期的延长, 其根际土壤中微生物总量呈增长趋势, 其中细菌和真菌数量增长明显, 放线菌呈下降趋势, 所有土壤微生物中细菌数量均占优势; 硝化细菌、氨化细菌、好气性纤维素分解菌、厌氧性纤维素分解菌、厌氧性固氮菌等重要有益微生物生理类群随连翘生长年限的延长而增强, 而反硝化细菌和好气性固氮菌数量变化不明显; 同时连翘生长能够显著增加根际土壤中过氧化氢酶、蔗糖酶、磷酸酶的活性, 显著降低蛋白酶活性, 而对多酚氧化酶和脲酶活性影响不明显。

关键词: 连翘; 根际; 微生物区系; 酶活性

中图分类号: S 154.37; S 567.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)06-0012-03

土壤中的酶和微生物活性高低既可以代表土壤中物质代谢的旺盛程度, 也是土壤生态系统发育成熟与否和系统资源能否高效持续利用的重要标志^[1]。由于药用植物次生代谢产物(如黄酮、生物碱、萜类、蒽醌、酚酸类等)丰富, 在生长过程中很容易释放到土壤中, 从而改变根际土壤理化性质, 导致根际这一特殊微生态环境中

的土壤微生物和酶活性较非根际有更大变化^[2-3]。近年来, 人们日益重视研究不同药材根际土壤微生物和酶活性的变化规律, 为了解中药材道地性成因^[4]、解决连作障碍^[5-7]、提高药材产量与品质寻找依据, 但对连翘根际土壤微生物和酶活性的研究尚未涉及。连翘 *Forsythia suspense* (Thunb.) 为木樨科植物连翘的干燥果实, 有丰富的黄酮类和三萜类化合物以及维生素 P 和少量挥发油, 具有清热止吐、清肝利胆、除湿退黄、通调三焦、畅达血脉、保肝护心等作用, 是我国传统常用中药材。试验对种植 2 a 和 10 a 的连翘根际土壤三大类群微生物及主要生理群落、酶活性作对比研究, 旨在了解连翘生长过程中土壤微生态系统的变化规律, 对改善多年栽培连翘土壤环境恶化、提高连翘的产量和质量有重要意义。

第一作者简介: 魏志华(1971-), 女, 河南清丰人, 硕士, 讲师, 现从事药用植物资源开发与利用研究工作。E-mail: cliff925@163.com。

通讯作者: 王新民(1973-), 男, 博士, 副教授, 现主要从事森林生态学方面研究工作。

基金项目: 河南杰出青年科学基金资助项目(074100510018); 国家第四十一批博士后科学基金资助项目(20070410616)。

收稿日期: 2009-12-20

Regulation of Calcium on Tomato Seeding under Subhigh Temperature

XU Kun-peng, QI Ming-fang, LI Tian-lai, XU Tao, ZHANG Jiao, JIANG Qing-qing

(College of Horticulture Shenyang Agricultural University, Liaoning Key Laboratory of Protected Horticulture, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Regulation of calcium on tomato seeding under sub-high temperature was researched by treating with CaCl_2 , Ca^{2+} chelator EGTA, and Ca^{2+} channel inhibitor LaCl_3 on tomato seeding with 7 leaves. The results showed that CaCl_2 promoted plant growth under high temperature stress, but LaCl_3 and EGTA, especially the first, aggravated the effect of sub-high temperature. CaCl_2 increased the content of various fraction of calcium. EGTA and LaCl_3 treatments had no effect on total calcium content, but it decreased water-soluble calcium content and increased the content of pectate-bound and calcium silicate fractions. It was showed that the seedling index was significantly positive with the content of water-soluble calcium and negative with the content of calcium silicate. These results were further proved that water-soluble calcium played an important role in regulating tomato seeding under sub-high temperature stress.

Key words: tomato; calcium; sub-high temperature