

## Ca<sup>2+</sup>对离体培养的番茄花柄脱落的影响以及脱落过程中离区内钙形态的变化

齐明芳, 许涛, 李天来\*, 吴士才

沈阳农业大学园艺学院, 辽宁省设施园艺重点实验室, 沈阳 110161

摘要: 在自然条件下, Ca<sup>2+</sup>对离体培养的番茄花柄脱落有抑制作用, 而对经乙烯处理的则有显著的促进。无论是在自然还是乙烯条件下, 未经任何处理的番茄花柄脱落过程中总钙与果胶酸钙含量下降, 而水溶性钙含量升高, Ca<sup>2+</sup>在不同程度上提高脱落过程中离区总钙、果胶酸钙和水溶性钙含量, 尤其是在乙烯下的效果更显著, 而经EGTA处理的则相反。

关键词: 番茄; 花柄脱落; 钙; 乙烯

## Effect of Ca<sup>2+</sup> on Abscission of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) Pedicle *in vitro* and Change of Calcium Form in Abscission Zone during Process of Abscission

QI Ming-Fang, XU Tao, LI Tian-Lai\*, WU Shi-Cai

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

**Abstract:** Ca<sup>2+</sup> suppressed abscission of tomato (*Lycopersicon esculentum*) pedicle *in vitro* under natural condition, on the contrary, it accelerated the process under ethylene condition. Under both conditions, total calcium and Ca-pectate contents increased and soluble Ca content decreased in abscission zone without Ca<sup>2+</sup> treatment. Ca<sup>2+</sup> increased total calcium, Ca-pectate and soluble Ca contents in varying degrees, especially under ethylene condition. However, the effect of EGTA was opposite to Ca<sup>2+</sup> under both conditions.

**Key words:** tomato (*Lycopersicon esculentum*); abscission of pedicle; calcium; ethylene

器官脱落作为植物界普遍发生的生理现象, 是细胞结构、生理生化代谢和基因表达等过程共同作用的结果(Taylor 和 Whitelaw 2001)。在番茄冬春季节生产中, 低温和弱光极易引起落花落果, 这是导致产量下降的主要因素之一(曹惠芳 2006; 曹锦丽和曹永莉 2001)。因此, 研究如何调控番茄的落花落果对生产有一定的实际意义。

调控植物生长发育的钙对器官脱落进程也有调控作用(Hepler 2005), 钙对离区细胞有多种生理作用, 但对脱落的作用机制仍不清楚(van Doorn 和 Stead 1997)。Poovaiah 和 Leopold (1973)的实验表明, 添加外源 Ca<sup>2+</sup> 对大豆叶柄脱落有抑制作用, 其原因认为是 Ca<sup>2+</sup> 抑制了乙烯的合成。本文研究自然条件及加入乙烯情况下, 钙对离体培养的番茄花柄脱落的影响, 以及脱落过程中离区内不同形态钙含量的变化, 寻求解决番茄栽培中落花落果的新途径。

## 材料与方法

试验于2005年秋季在我校蔬菜基地进行, 番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)品种为‘辽园多丽’, 日光温室栽培。参照王彦昌等(2003)文中的方法, 于番茄开花当天上午采样, 剪取各株相同或相近位置花序上正常开放的花, 放入盛有蒸馏水的烧杯中, 立即带回实验室。用自来水冲洗后, 再用蒸馏水冲洗3次, 剪去花柄上端花冠, 只留花柄部分, 插入装有1%琼脂培养基的培养皿中。培养基中分别加CaCl<sub>2</sub>或EGTA:(1)对照, 不加CaCl<sub>2</sub>和EGTA;(2)40 mmol·L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>;(3)80 mmol·L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>;(4)10 mmol·L<sup>-1</sup> EGTA。每处理

收稿 2006-12-16 修定 2007-05-08

资助 国家自然科学基金(30571265)、教育部博士点基金(20040157004)和沈阳农业大学青年教师科研基金(2005027)。

\* 通讯作者(E-mail: ltl@syau.edu.cn; Tel: 024-88487166)。

1个培养皿,插入50个花柄,重复3次。将其放入玻璃培养箱中,于25℃的组织培养室培养。

试验分为两部分,一部分是向培养箱内充入空气,另一部分加入20  $\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 的乙烯气体,分别在处理后8、16和24 h时,统计花柄脱落数量。每次处理后用刀片分别取离区上部3 mm、离区和离区下部3 mm,放入玻璃瓶中,用液氮迅速冷冻,放入-76℃的超低温冰箱下贮藏备用。

参照 Ohat 等(1970)文中的方法提取花柄中的各种形态钙。冷藏的试材捣碎后放入7 mL具盖的离心管中,依次加入5 mL的3种提取液:80%的乙醇、蒸馏水和1  $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  NaCl,提取的主要成分分别是硝酸钙和氯化钙(Alc-Ca)、水溶性有机酸钙( $\text{H}_2\text{O}\text{-Ca}$ )、果胶酸钙( $\text{NaCl}\text{-Ca}$ ),前两种合称为水性溶钙。每步提取都在30℃的恒温水浴中震荡提取18 h,10 000 $\times g$ 离心15 min,倾出上清液,再用此种浸提液按上述步骤连续提取2次,每次2 h,最后将提取液定容至25 mL,采用原子吸收分光光度仪测定各种提取液中的钙含量。

## 结果与讨论

### 1 不同浓度 $\text{Ca}^{2+}$ 及其螯合剂对番茄花柄脱落率的影响

图1显示,在自然条件下,经 $\text{Ca}^{2+}$ 处理的番茄花柄脱落明显减少,随着处理时间的延长和 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度的提高,抑制效果更加明显;而经 $\text{Ca}^{2+}$ 螯合剂EGTA处理的脱落率则明显增加。

加乙烯的番茄花柄经 $\text{Ca}^{2+}$ 处理后,脱落反而加快(图2),而EGTA处理的脱落率则明显降低。

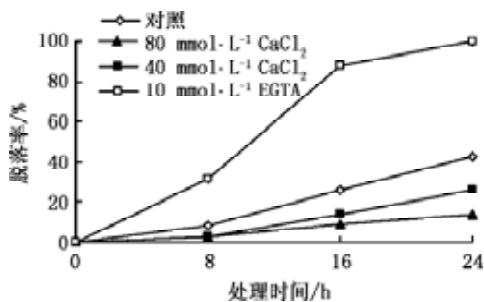


图1 自然条件下不同浓度 $\text{Ca}^{2+}$ 和EGTA对番茄花柄脱落率的影响

Fig.1 Effects of  $\text{Ca}^{2+}$  and EGTA on abscission rate of tomato pedicel explants under natural condition

这些结果表明,在自然条件与有乙烯的条件下钙对脱落的调控作用不同,而EGTA的作用与 $\text{Ca}^{2+}$ 相反。外源 $\text{Ca}^{2+}$ 抑制花柄脱落,其原因可能与 $\text{Ca}^{2+}$ 抑制乙烯的生成及其对乙烯敏感有关(Poovaiah和 Leopold 1973)。另外, $\text{Ca}^{2+}$ 还能硬化细胞壁和延缓衰老过程,降低脱落过程中起作用的纤维素酶活性(黄辰等1991)。而在有乙烯的条件下, $\text{Ca}^{2+}$ 促进脱落(图2),可能是由于钙对脱落的抑制作用只能发生在脱落的初始阶段,而在脱落后期,随着乙烯生成量的增加,乙烯促进花柄吸收 $\text{Ca}^{2+}$ ,导致离区中钙含量升高,部分 $\text{Ca}^{2+}$ 进入细胞内,以致胞内 $\text{Ca}^{2+}$ 浓度增加,这样乙烯生成受到促进,进而表现为花柄脱落增强;或由于 $\text{Ca}^{2+}$ 作为乙烯的信号传导物质,参与乙烯诱导的脱落过程。在番茄花柄脱落过程中,乙烯释放逐渐升高。据此可以认为,采用钙制剂抑制番茄落花和落果时,应在脱落过程开始之前进行。

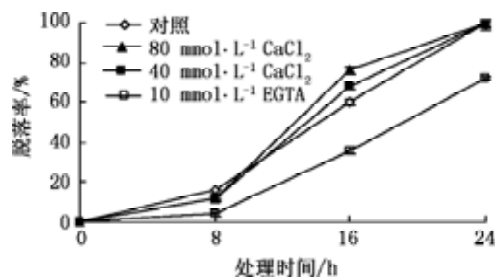


图2 乙烯条件下不同浓度 $\text{Ca}^{2+}$ 和EGTA对番茄花柄脱落率的影响

Fig.2 Effects of  $\text{Ca}^{2+}$  and EGTA on abscission rate of tomato pedicel explants under ethylene condition

### 2 番茄花柄脱落过程中离区内钙形态的变化

图3和图4显示:(1)自然条件下,番茄花柄脱落过程中总钙含量逐渐降低;果胶酸钙含量呈先下降后有一定升高,再逐渐降低的趋势;而水溶性钙含量则略有上升。 $\text{Ca}^{2+}$ 可不同程度地提高总钙与果胶酸钙含量;而对水溶性钙含量的影响不大,后期略有升高。EGTA显著降低离区中总钙与果胶酸钙含量;果胶酸钙含量下降较快,尤其是前期呈直线下降趋势(图3)。

(2)在有乙烯的情况下,未作任何处理的番茄花柄脱落过程中总钙与水溶性钙含量与自然条件下的变化相似,但含量稍高一些,而果胶酸钙含量

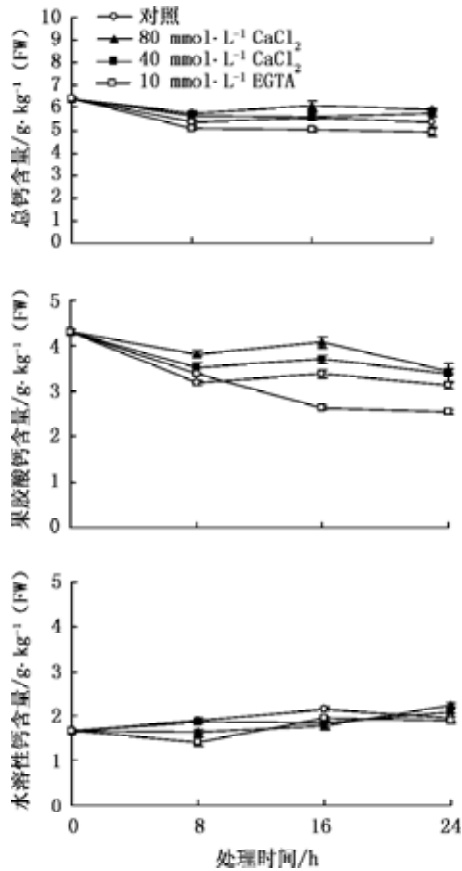


图3 自然条件下Ca<sup>2+</sup>和EGTA对番茄花柄脱落过程中离区总钙、果胶酸钙及水溶性钙含量的影响

Fig.3 Effects of Ca<sup>2+</sup> and EGTA on total calcium, Ca-pectate and soluble Ca contents in abscission zone during tomato abscission processes under natural condition

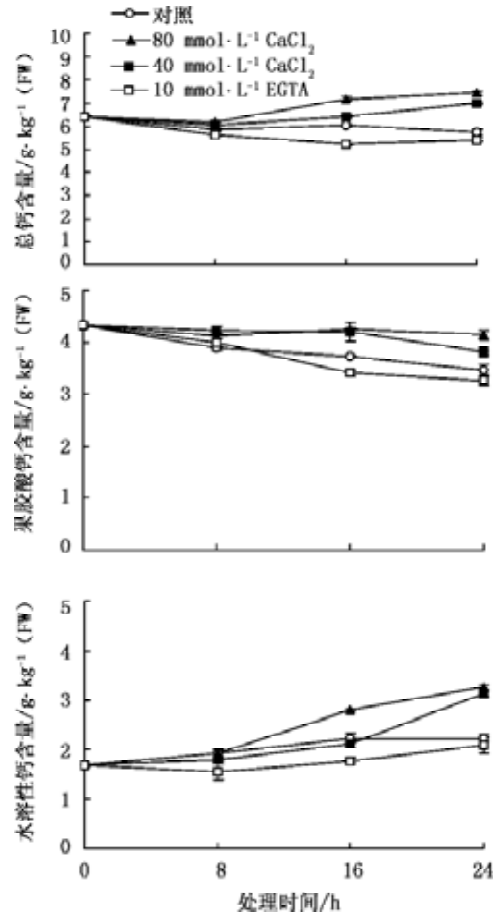


图4 乙烯条件下Ca<sup>2+</sup>和EGTA对番茄花柄脱落过程中离区总钙、果胶酸钙及水溶性钙含量的影响

Fig.4 Effects of Ca<sup>2+</sup> and EGTA on total calcium, Ca-pectate and soluble Ca contents in abscission zone during tomato abscission processes under ethylene condition

则呈逐渐下降趋势。Ca<sup>2+</sup>可不同程度地提高总钙、果胶酸钙和水溶性钙含量, Ca<sup>2+</sup>浓度越大, 效果越明显。EGTA处理的效果与Ca<sup>2+</sup>相反(图4)。

总之, 无论在自然条件下还是在有乙烯条件下, 未经任何处理的番茄花柄脱落过程中总钙和果胶酸钙含量下降, 而水溶性钙含量升高, 这可能是离区分离过程中束缚态钙转变为游离态钙之果。外源Ca<sup>2+</sup>不在同程度上提高脱落过程中离区总钙、果胶酸钙和水溶性钙含量, 而EGTA则相反, 但其在自然条件与乙烯条件下, 对番茄花柄脱落却表现出不同的作用, 其详细机制有待进一步研究。

#### 参考文献

曹惠芳(2006). 保花激素在番茄生产中的应用. 西北园艺: 蔬菜,

(3): 44~45

曹锦丽, 曹永莉(2001). 辽北地区保护地番茄落花现象及防治措施. 北方园艺, (1): 17

黄辰, 林美祥, 谷胜意(1991). 光、Ca<sup>2+</sup>和CaM对菜豆叶外植体脱落的影响. 植物生理学通讯, 27 (5): 347~350

王彦昌, 李天来, 侯建平(2003). 乙烯处理对番茄离体小花柄脱落的影响. 园艺学报, 30 (5): 554~558

Hepler PK (2005). Calcium: a central regulator of plant growth and development. Plant Cell, 17: 2142~2155

Ohat Y, Yamamoto K, Deguchi M (1970). Chemical fractionation of calcium in the fresh leaf blade and influences of deficiency or oversupply of calcium and age of leaf on the content of each calcium fraction. J Sci Soil Manure, 41: 19~26

Poovaiah BW, Leopold AC (1973). Inhibition of abscission by calcium. Plant Physiol, 51: 848~851

Taylor JE, Whitelaw CA (2001). Signals in abscission. New Phytol, 151: 323~339

van Doorn WG, Stead AD (1997). Abscission of flowers and floral parts. J Exp Bot, 48: 821~837