

# PG、ACC、乙烯对番茄果实成熟的影响

陆春贵<sup>1</sup> 徐鹤林<sup>1</sup> 周立新<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>江苏省农业科学院蔬菜研究所, 南京 210014; <sup>2</sup>南京农业大学生化教研室, 210014)

**提 要** 番茄果实在成熟过程中硬度下降迅速, PG 活性急剧上升, 表现出显著的负相关; 用 ACC 和乙烯利处理绿熟期果实, 结果乙烯促进了正常番茄和 *alc* 番茄果实成熟进程, 其 PG 活性也升高, 而外源乙烯和 ACC 不影响 *nor* 基因突变体果实的成熟进程。ACC 和 PG 无直接关系。

**关键词** 番茄; 成熟突变体; 硬度; PG; ACC

番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill) 果实成熟是一个复杂的过程, 同时受到多种因素影响。乙烯是一种成熟激素, 是启动和促进成熟基因表达的主要因子, 但它受 ACC (1-氨基环丙烷羧酸) 和 EFE (乙烯合成酶) 所影响。PG 酶 (多聚半乳糖醛酸酶) 是影响果实成熟的关键酶, 对果实软化起着决定作用<sup>[5]</sup>, PG 也能影响乙烯的正常表达, 而乙烯又可启动 PG 基因的表达<sup>[4]</sup>, 促进 PG 的合成。ACC 是乙烯生物合成的前体物质, 已有报道 ACC 与 ACC 合成酶呈相同的变化趋势。ACC 除了影响乙烯的生物合成外, 对 PG 也似乎存在一定的影响<sup>[4]</sup>。本试验观察了番茄果实成熟期间 PG、乙烯和 ACC 含量变化, 探讨它们之间的调控关系及其对果实成熟的影响。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 供试番茄品种为正常成熟 524 大红、成熟突变体 *nor* (non-ripening) 基因 139 F6 和半跃变型 *alc* (Alcobaca) (薯叶型) LA2833<sup>[3]</sup>, 均为常规种, 1991 年春种于塑料大棚内。

**1.2 方法** 果实在绿熟期采收, 选择大小相近、无病、无痕果实浸于 0.3% NaOCl 液中消毒 2 分钟。

**1.2.1 ACC、乙烯利处理** (1) 按每克番茄 40 $\mu$ g ACC 量, 用注射器从番茄的果蒂部将 10mmol/L 的 ACC 溶液注入果实内。(2) 将果实浸入 1000mg/kg 乙烯利溶液中, 两分钟后取出。处理后分别放置室温下, 待测。

**1.2.2 PG 提取和测定** 按不同成熟度采果测定。依果实着色程度, 分为 5 个时期: 绿熟期 (G); 破色期 (B), 果实表面开始转色, 转色面积不超过 10%; 转色期 (T), 果实表面 10%~60% 转为淡黄色或红色; 成熟期 (R), 果实表面 60% 以上转色为黄或全红; 完熟期 (C), 果色加深, 果肉软化。

将番茄样品果实 (每个品种取 12 个果), 在 -30 $^{\circ}$ C 冷冻, 取 5.0g 果皮组织, 参照周培根 (1991) 方法<sup>[1]</sup> 提取、测定。

收稿日期: 1994-03-07; 修回日期: 1994-09-19。

1.2.3 果实硬度测定 1991年春、秋共测定2次,测硬度与测定PG活性采用同一果实,每个样品取12个,沿果实赤道线随机对着心室腔二点进行,取平均值,用日本产Cat No.166型果实硬度计测定。

1.2.4 ACC提取与测定 用测过硬度的果实,取5.0g果肉组织,加5.0mL提取介质(0.4mL磷酸缓冲液,pH8.5含1mL MEDTA),研磨,离心(10000r/min)15分钟,取上清液0.5mL于定容过的瓶中,加0.1mL 25mmol/L HgCl<sub>2</sub>溶液和0.1mL蒸馏水,密封,用注射器注入0.3mL饱和的NaOH和NaOCl混合液(1:2),立即混匀,冰浴中反应5分钟后测乙烯,用内标法测ACC对乙烯的转化率。

1.2.5 乙烯测定 按王坤范介绍<sup>[1]</sup>的乙烯减压法取气,取1mL气体注入气相色谱仪中(G.C-9A日本)测定乙烯含量,载气N<sub>2</sub>,流速40mL/min,空气400mL/min, H<sub>2</sub> 40mL/min,氢火焰离子检测器检测,柱温90℃。

## 2 结果与分析

### 2.1 PG活性与果实硬度变化

三个品种番茄果实硬度和PG活性在不同成熟期均表现明显的差异,正常成熟番茄524大红果实硬度下降最快,其PG活性从零迅速上升,到完熟期达最高(43.2units/mL),此时果实已极度软化,硬度下降率达92.9%,PG活性上升率近100%。*alc*硬度下降较为缓慢,PG活性上升也较平缓,硬度下降率为40.8%;*nor*果实硬度下降最慢,PG活性只在成熟期检测出少量存在。比较这三个不同类型的品种及同一品种在不同成熟期PG活性及硬度的变化,可以得知,硬度下降与PG活性有密切关系,即PG含量越高,果实硬度越小,果实软化程度越高。

### 2.2 外源ACC对番茄果实内部乙烯、ACC含量和PG活性的影响

从图(上)看出,ACC处理后,各品种的ACC含量和乙烯浓度均有大量增加,其中增长幅度以*nor*最高,约为40倍。但增长的绝对量以正常成熟品种524大红最大,其次是*alc*,突变体*nor*增长量最低。从成熟期来看,随着时间推移,其影响逐渐减小,到成熟后期几乎没有影响,*nor*在后期乙烯浓度略高于对照,似乎外源ACC在突变体果实内转化成乙烯速率较慢,这与其内源ACC缺乏有关;正常成熟番茄在跃变前乙烯不能大量产生,其中ACC缺乏是主要原因之一,一旦注入外源ACC,其乙烯合成加快、量增多。*nor*果实内PG活性变化不大,而正常番茄和*alc*果实内PG活性有所上升。在绿熟期尽管ACC和乙烯含量均较高,但仍检测不到PG活性存在,这说明外源ACC供给后,需要一定时间,经成熟基因启动后,其PG活性才随ACC含量和乙烯浓度的增加而增加。

### 2.3 乙烯利处理果实对番茄乙烯浓度、ACC、PG的影响

由图(下)可见,乙烯利处理后正常成熟番茄品种524大红果实内乙烯浓度比对照显著高,绿熟期-转色期尤为突出,是对照的23倍。果实内ACC含量在前期有所增加,但成熟后期变化不大,PG活性较对照也有一定增加,在转色期增加幅度最大,是对照的6倍。而乙烯利对突变体*nor*果实成熟可以说不起作用,处理后果实内部乙烯、ACC几乎没有变化,对PG活性也没有什么影响。这说明*nor*对某种激素失去反应能力,可能是由

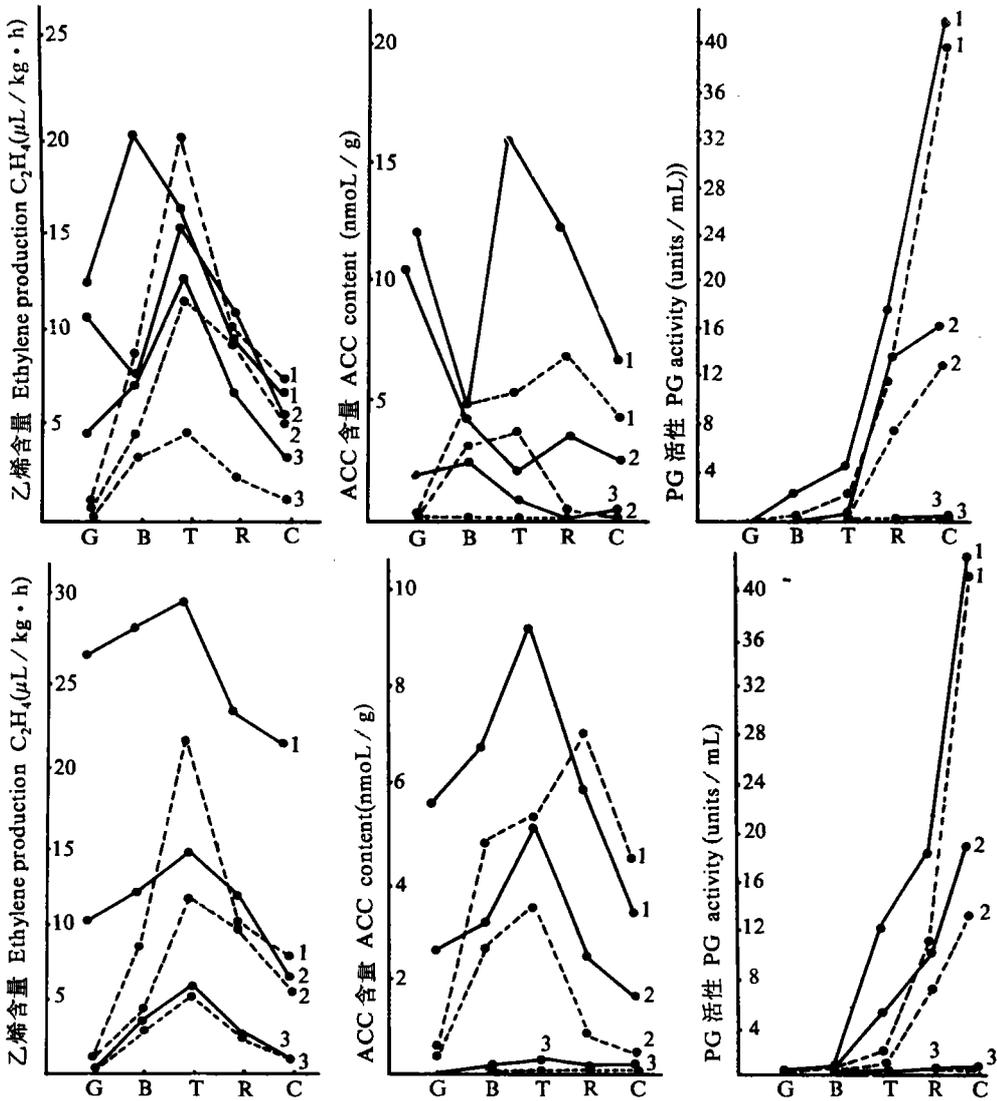


图 ACC (上) 和乙烯利 (下) 处理不同番茄品种果实后果内乙烯浓度、ACC 含量和 PG 活性变化

Fig. Ethylene production, ACC content and PG activity of three varieties (nor, alc, 524) at different stages of ripening by treating mature green fruit with ACC (up) and ethrel (down)

— 处理 .....对照 — Treatment .....CK 1. 524大红 2. alc 3. nor

G=绿熟期 (Green mature), B=破色期 (B=Breaker stage), T=转色期 (Turn color), R=成熟期 (Ripen stage), C=完熟期 (Complete ripen)

于突变体内部控制乙烯的受体未能表达, 或受体异常所致, 而 alc 果实经乙烯利处理后对果内乙烯浓度、ACC 含量、PG 活性均有一定提高, 但均不显著, 所以外源乙烯对该类型突变体果实成熟有一定的促进作用。统计分析表明, ACC 与 PG 之间没有显著相关关系, 说明 ACC 虽是乙烯生物合成的限制因子, 但它对 PG 合成没有直接影响。

### 3 结论与讨论

3.1 乙烯是成熟激素, 是成熟启动因子<sup>(1)</sup>。经乙烯利处理后的正常成熟番茄和 alc 类型

番茄成熟进程加快, 果实内部乙烯、ACC 含量和 PG 活性均有增加, 524 大红尤为明显, 而外源乙烯对成熟突变体 (*nor*) 的成熟影响极小。

**3.2** ACC 是乙烯的合成前体, 它通过转化为乙烯来调节果实的成熟, 是成熟的潜在因子, 对正常成熟番茄和 *alc* 果实成熟有一定的促进作用。但对突变体 *nor* 果实影响较小, 对 PG 的作用也是通过转化为乙烯来实现的, 本身与 PG 无直接关系。

**3.3** PG 在果实成熟中是全程合成酶, 是 PG 基因在成熟这一特定生理阶段的表达产物。不同类型品种或同一品种, 不同的果实成熟期, PG 活性与硬度密切相关。PG 是导致果实软化的关键酶。对于正常成熟番茄, ACC 和乙烯利处理后明显提高乙烯的浓度和 PG 活性, 而对成熟突变体 *alc* 材料影响减小, 对 *nor* 几乎没有影响。从外源乙烯或从 ACC 转化而来的乙烯不能对 PG 产生影响, 植物对激素失去反应能力常与该激素受体的异常有关, 也可能是该品种番茄受体蛋白基因发生突变, 抑制其成熟。绿熟期或绿熟期以前的果实似乎处于对乙烯不敏感的状态。

**3.4** 1990 年 Baldwin 用外源 *exo*-PG 处理跃变前的绿色果实, 诱导产生了大量乙烯, 使果实成熟加快, 促使果实软化<sup>[5]</sup>, Pressey (1989) 用此处理突变体材料, 表明对突变体果实成熟有一定的促进作用。关于 ACC、PG 和 EFE 三种基因对番茄果实成熟的影响有待进一步研究。

## 参 考 文 献

- 1 王坤范, 1982, 几种测定果实组织乙烯浓度的取样方法。植物生理学通讯, 2: 48~49
- 2 刘 愚, 1987, 植物体内乙烯生物学作用及其调节控制。植物学报, 4 (2): 203~220
- 3 周培根, 1991, 桃成熟期间果实软化与果胶及有关酶的关系。南京农业大学学报, 14 (2): 33~37
- 4 夏奕生, 1989, 果实成熟的生理生化研究进展。植物学通报, 6 (1): 5~8
- 5 Baldwin, B., 1990, Exopolysaccharuronase elicits ethylene production in tomato. HortScience, 15 (7): 779~780
- 6 Tigchelaar, E. C., 1987, Tomato ripening mutants. HortScience, 13 (5): 502

## Effect of PG Activity, ACC and Ethylene Production in Fruit Ripening of Tomato

Lu Chungui<sup>1</sup>, Xu Helin<sup>1</sup>, and Zhou Lixin<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Vegetable Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014; <sup>2</sup>Nanjing Agricultural University, 210014)

**Abstract** Changes in ethylene production, ACC content, PG activity and firmness were measured in fruit ripening processes of three tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties (*nor*, *alc*, normal). The results indicated that fruit firmness of normal tomato "524 Da Hong" declines markedly in accompany with increasing of PG activity. Fruits of mature green were treated by *exo*-ACC and ethrel. These results are that ethrel and *exo*-ACC advance fruit ripening of normal tomato (524 Da Hong) and "*alc*" tomato. Ethylene is one of the main factors which regulate PG activity, ACC's effects on fruit ripening probably are taken by converted to ethylene; However, Ethylene and ACC have no effects on regulating PG activity and advancing fruit ripening of the mutant "*nor*". ACC doesn't relate to PG directly.

**Key words** Tomato; Ripening mutant; Firmness; PG; ACC