

水分胁迫对番茄幼苗转化酶表达及糖代谢的影响

程智慧¹ 孟焕文¹ Julie D. Scholes² Stephen A. Rolfe²

(¹ 西北农林科技大学园艺学院, 杨凌 712100; ² 英国谢菲尔德大学动植物系, 谢菲尔德 S10 2TN)

摘要: 以栽培番茄品种 'Ailsa Craig' 的 6 叶期幼苗为试材, 在水培条件下研究了 5%、7.5% 和 10% 聚乙二醇 (PEG) 水分胁迫对叶片转化酶种类和活性表达及葡萄糖、果糖、蔗糖和淀粉代谢的影响。结果表明, 随着水分胁迫强度的加大, 可溶性酸性转化酶和胞壁转化酶活性增强, 己糖和蔗糖水平提高, 持续的强水分胁迫 (10% PEG) 使转化酶和可溶性糖水平显著增加, 而淀粉含量降低。

关键词: 番茄; 幼苗; 水分胁迫; 转化酶; 糖代谢

中图分类号: S 641.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2002) 03-0278-02

1 目的、材料与方法

为探讨水分胁迫对番茄转化酶活性及糖代谢的影响, 作者 1999 年在英国谢菲尔德大学进行了本研究。以商品番茄 (*Lycopersicon esculentum* L.) 品种 'Ailsa Craig' 的 6 叶 1 心期水培苗为试材, 在人工气候室条件下, 以 Hoglands 营养液中加入不同浓度的 PEG 6000 实施水分胁迫。聚乙二醇 (PEG) 浓度设 0%、5%、7.5% 和 10%, 每处理 8 株苗加营养液 12 L, 试验期间每天补充无离子水及营养液至标记液面刻度。培养室温度白天 25℃, 夜间 18℃。光照强度 $130 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 每天光照 12 h。在水分胁迫的不同时期, 于中午 11~12 时用打孔器取功能叶样用于转化酶测定, 14 时取功能叶样用于糖分测定。叶样采集后立即放入液氮中, 测糖的叶样采后转入 -80℃ 冰柜保存。每次取样重复 3 株, 不同时期换株取样。转化酶及糖的提取和测定参照 Scholes 等^[1]的方法。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对转化酶表达的影响

番茄幼苗叶片中可溶性转化酶以酸性酶水平较高, 平均为 $11.19 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$; 碱性酶水平很低, 平均为 $1.31 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$; 胞壁转化酶表达水平也较低, 平均为 $3.93 \text{ nmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。在水分胁迫下, 碱性酶活性变化不大, 而胞壁转化酶和酸性可溶性转化酶的表达水平与水分胁迫强度有密切的关系。由表 1 可见, 5% PEG 胁迫下, 胞壁转化酶及酸性可溶性转化酶活性的表达水平均与对照差异不大, 水平相当。当水分胁迫强度提高到 7.5% PEG 时, 两种转化酶的表达水平均有提高, 并在胁迫后 7 d 内保持基本稳定的较高水平。当水分胁迫强度增加到 10% PEG 时, 胁迫后 3 d 内两种转化酶均维持较稳定的较高水平; 3 d 后表达水平急剧升高; 5 d 后增势减缓。

2.2 水分胁迫对碳水化合物代谢的影响

由表 1 可以看出, 处理当日对照叶片中葡萄糖和果糖的含量水平均很低, 分别为 $8.1 \text{ nmol} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $7.7 \text{ nmol} \cdot \text{cm}^{-2}$; 随着幼苗的生长, 两种己糖水平呈缓慢增加的趋势, 到第 7 天时其水平分别提高到 16.1 和 $13.9 \text{ nmol} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。在不同程度水分胁迫下, 叶片中葡萄糖和果糖均有不同程度的提高。与对照相比, 5% PEG 处理的两种己糖分别增加 2.8~4.6 倍和 2.7~3.3 倍; 7.5% PEG 处理的两种糖增加 7.5~11.2 倍和 5.7~8.7 倍; 10% PEG 处理分别增加 2.9~25.9 倍和 2.1~20.6 倍, 即随着水分胁迫强度的增加, 两种己糖水平的增幅加大。

收稿日期: 2001-10-25; 修回日期: 2002-02-08

表 1 水分胁迫对番茄转化酶活性表达和碳水化合物代谢的影响

Table 1 Impact of water stress on invertase expression and carbohydrate metabolism in tomato leaves

| PEG 浓度 Concentration of PEG (%) | 胁迫天数 Days stressed | 转化酶活性 Activity of invertase (Suc. nmol min ⁻¹ cm ⁻²) | | 碳 水 化 合 物 含 量 Carbohydrate content (nmol cm ⁻²) | | | |
|---------------------------------------|--------------------------|--|----------------|--|-------------|-------------|--------------|
| | | 可溶性 Soluble | 胞壁态 Apoplastic | 葡萄糖 Glucose | 果糖 Fructose | 蔗糖 Sucrose | 淀粉 Starch |
| 0 | 1 | 12.53 ±3.70 | 4.260 ±0.418 | 8.1 ±5.0 | 7.7 ±2.8 | 11.3 ±2.2 | 142.8 ±78.8 |
| | 3 | 8.82 ±2.60 | 3.709 ±0.421 | 8.5 ±4.1 | 6.7 ±2.4 | 7.2 ±1.1 | 149.8 ±49.9 |
| | 5 | 10.28 ±1.95 | 3.593 ±0.146 | 14.1 ±2.5 | 11.1 ±1.6 | 21.0 ±0.6 | 280.8 ±34.6 |
| | 7 | 11.21 ±0.82 | 4.151 ±0.222 | 16.1 ±4.1 | 13.9 ±0.9 | 26.7 ±6.0 | 322.3 ±115.1 |
| 5.0 | 1 | 11.53 ±2.59 | 4.847 ±0.621 | 37.3 ±15.5 | 25.7 ±10.1 | 20.6 ±3.1 | 180.1 ±34.4 |
| | 3 | 9.61 ±2.91 | 3.325 ±0.443 | 23.9 ±6.6 | 18.0 ±2.9 | 17.6 ±3.0 | 201.6 ±75.1 |
| | 5 | 10.12 ±2.67 | 3.767 ±0.983 | 53.3 ±9.8 | 33.6 ±4.9 | 42.4 ±5.9 | 310.8 ±67.2 |
| | 7 | 11.91 ±0.65 | 4.195 ±1.290 | 62.0 ±21.6 | 40.5 ±11.5 | 50.1 ±6.6 | 399.8 ±147.5 |
| 7.5 | 1 | 12.80 ±2.99 | 4.434 ±0.505 | 60.4 ±31.8 | 43.8 ±23.4 | 30.8 ±5.5 | 226.8 ±59.4 |
| | 3 | 12.73 ±2.78 | 4.006 ±0.394 | 72.7 ±19.6 | 49.1 ±12.6 | 47.3 ±4.6 | 291.1 ±122.6 |
| | 5 | 13.11 ±3.01 | 4.644 ±0.506 | 158.4 ±34.9 | 95.9 ±17.0 | 52.3 ±19.1 | 517.9 ±60.1 |
| | 7 | 13.42 ±1.38 | 3.376 ±0.442 | 148.6 ±17.8 | 88.4 ±12.1 | 56.9 ±15.0 | 368.9 ±81.1 |
| 10.0 | 1 | 12.53 ±0.31 | 4.571 ±0.378 | 23.6 ±7.0 | 16.2 ±3.8 | 25.9 ±2.6 | 213.9 ±62.9 |
| | 3 | 12.74 ±2.33 | 4.289 ±0.094 | 137.5 ±23.1 | 80.1 ±12.8 | 56.5 ±6.9 | 237.3 ±54.8 |
| | 5 | 26.00 ±4.43 | 6.209 ±0.968 | 365.4 ±93.4 | 228.3 ±43.3 | 139.1 ±5.4 | 669.2 ±340.3 |
| | 7 | 26.71 ±9.02 | 6.448 ±0.235 | 287.5 ±88.0 | 227.8 ±63.3 | 175.4 ±44.4 | 245.1 ±87.8 |

5 % PEG 处理后 3 ~ 7 d, 两种己糖都呈缓慢增加的趋势; 7.5 % PEG 处理 1 ~ 5 d 间, 两种己糖均呈较快的增长趋势, 但 5 d 以后己糖水平出现缓慢下降的趋势; 10 % PEG 处理, 1 ~ 5 d 内两种己糖急剧增加, 5 d 以后也出现下降趋势。番茄幼苗叶片中蔗糖水平较葡萄糖和果糖水平略高; 随着幼苗生长, 蔗糖增加的趋势也较明显。在水分胁迫下, 蔗糖水平明显提高, 胁迫强度越大, 蔗糖水平越高, 但与相同胁迫条件下的己糖水平相比, 蔗糖的水平较低, 且与对照相比的增幅也较己糖小。如, 5 % 和 10 % PEG 处理的蔗糖分别较其对照增加 1.8 ~ 2.4 倍、2.1 ~ 6.6 倍和 2.3 ~ 7.9 倍。说明在胁迫条件下, 部分蔗糖加速转化, 产生了更多的葡萄糖和果糖。

在正常供水情况下, 叶片中淀粉含量随幼苗生长而增加, 其增幅大于蔗糖, 蔗糖又大于己糖, 说明番茄幼苗叶片中碳水化合物主要以淀粉和蔗糖的形式积累。在水分胁迫下, 淀粉含量均有不同程度的增加, 7.5 % PEG 胁迫的淀粉含量高于 5 % PEG 胁迫, 但胁迫强度过大 (10 % PEG) 时, 淀粉增幅反而减少, 说明强水分胁迫下, 部分淀粉可能水解, 从而使己糖水平提高, 增加叶片的渗透势。

参考文献:

- 1 Scholes J D, Bundock N, Wilde R, et al. The impact of reduced vacuolar invertase activity on the photosynthetic and carbohydrate metabolism of tomato. *Planta*, 1996, 200: 265 ~ 272

Impact of Water Stress on Invertase Expression and Carbohydrate Metabolism in Leaves of Tomato Seedling

Cheng Zhihui¹, Meng Huanwen¹, Julie D. Scholes², and Stephen A. Rolfe²

(¹ College of Horticulture, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; ² Department of Animal and Plant Sciences, The University of Sheffield, Sheffield S10 2 TN, UK)

Abstract: Changes in invertase expression and carbohydrate metabolism of tomato (cv. Ailsa Craig) seedling were studied under hydroponic culture with different level of water stress by 5 %, 7.5 % and 10 % PEG treatment, respectively. The results showed that both soluble acid and apoplastic invertases, and glucose, fructose and sucrose were increased with the increase of water stress. Longer and strong water stress (10 % PEG) increased invertase activity and soluble sugar content remarkably but decreased starch level.

Key words: Tomato; Seedling; Water stress; Invertase; Carbohydrate metabolism