

微胚乳玉米籽粒发育期间非胚部位(胚乳)中的腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶活性变化

甘凤琼, 吴子恺*

广西大学农学院, 南宁 530005

摘要: 检测微胚乳玉米非胚部位(胚乳)中腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶(ADPG-PPase)的活性结果表明: 微胚乳玉米的非胚部位(胚乳)中 ADPG-PPase 活性在授粉后 21~28 d 达到峰值, 而对照的玉米品种‘高油 115’的 ADPG-PPase 活性在授粉后 14~21 d 达到峰值, 滞后约 7 d。‘高油 115’非胚部位(胚乳)中 ADPG-PPase 活性最大值极显著高于微胚乳玉米, 其单粒 ADPG-PPase 活性最大值为微胚乳玉米的 2.2~3.6 倍, 其每克干重 ADPG-PPase 活性最大值为微胚乳玉米的 2.4~3.8 倍。

关键词: 微胚乳玉米; 腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶; 酶活性; 非胚部位(胚乳)

Changes of ADP-Glucose Pyrophosphorylase Activity in the Non-Embryo (Endosperm) of Micro-Endosperm Maize (*Zea mays* L.) during Grain Development

GAN Feng-Qiong, WU Zi-Kai*

College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530005, China

Abstract: The ADP-glucose pyrophosphorylase (ADPG-PPase) activity in non-embryo (endosperm) of micro-endosperm maize (*Zea mays*) was measured. The results showed that: the ADPG-PPase activity in non-embryo (endosperm) of micro-endosperm maize reached to the maximum during 21–28 d after pollination. It was late for 7 d than control *Z. mays* cv. ‘Gaoyou 115’, which ADPG-PPase activity reached to the maximum during 14–21 d after pollination. The maximum ADPG-PPase activity in non-embryo (endosperm) of cv. ‘Gaoyou 115’ was significantly higher than that in micro-endosperm maize, such as, the ADPG-PPase activity of cv. ‘Gaoyou 115’ in single kernel was 2.2–3.6 times higher than micro-endosperm maize, and the ADPG-PPase activity per gram dry weight of cv. ‘Gaoyou 115’ was 2.4–3.8 times higher than micro-endosperm maize.

Key words: *Zea mays* ‘micro-endosperm maize’; ADPG-PPase; enzyme activity; non-embryo (endosperm)

高等植物种子的淀粉合成主要以叶中合成经韧皮部输送来的蔗糖为碳源, 在一系列酶的作用下最后形成淀粉。其中, 腺苷二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶(ADP-glucose pyrophosphorylase, ADPG-PPase, EC2.7.7.27)催化腺苷二磷酸-葡萄糖(adenosine diphosphate glucose, ADPG)的形成, 为淀粉合成提供糖基供体。它是植物代谢活动向淀粉合成方向发展涉及到的第一种酶, 也是决定淀粉合成及其产量的第一个关键酶(高振宇和黄大年 1998)。微胚乳玉米是一类超高油油料玉米种质(吴子恺 2004), 其籽粒的胚乳极小, 几乎只剩糊粉层, 成熟种子以胚为主要成分, 籽粒含油率一般可达到 20% 以上, 因此也称为“微胚乳超高油玉米”, 是很有潜力的新型油料玉米种质(吴子恺和郝小琴 2006)。微胚乳玉米与普通高油玉米相比, 其最主要的特点是油脂

含量极高而淀粉含量极少。玉米的淀粉主要存在于胚乳部位(非胚部位), 微胚乳玉米非胚部位(胚乳)中淀粉积累缓慢是导致其收获时整粒籽粒的淀粉百分含量偏低的主要原因, 但有关淀粉代谢的酶在微胚乳玉米籽粒发育过程中的酶活性变化规律尚未见报道, 本文以具有正常胚乳组织的普通高油玉米‘高油 115’为对照, 对微胚乳玉米籽粒发育过程中其非胚部位(胚乳)中 ADPG-PPase 活性的变化进行了研究, 并揭示此类玉米淀粉积累的机制, 以期能为其品种改良提供参考。

收稿 2009-05-31 修订 2009-08-24

资助 国家自然科学基金(30671307)和广西科学研究与技术开发计划(桂科攻 0632001-1-1)。

* 通讯作者(E-mail: wuzikai@gxu.edu.cn; Tel: 0771-3235612)。

材料与amp;方法

微胚乳玉米(*Zea mays* L.) ‘ME558’、‘ME5912’、‘ME4548’和‘ME4954’为我们课题组组配的F₁组合。‘高油115’(*Zea mays* L. cv. ‘Gaoyou 115’)购自中国农大种子公司。所有玉米材料均在本校农场种植,第一季(春种)于2006年3~7月种植‘ME558’、‘ME5912’和‘高油115’;第二季(秋种)于2006年8~12月种植‘ME4548’、‘ME4954’和‘高油115’。田间试验采用完全随机设计,按姊妹交方法进行人工授粉。春种、秋种玉米籽粒分别自授粉后21、14 d开始取样,以后每隔7 d采样一次,直至玉米成熟。取样后,去掉玉米籽粒的胚,测定非胚部位(胚乳)中的ADPG-PPase活性。

ADPG-PPase粗酶液的提取按Nakamura和Yuki(1992)文中的方法。ADPG-PPase活性的测定主要参考Nakamura等(1989)文中的方法,稍作改动,酶促反应液的最佳浓度为100 mmol·L⁻¹ HEPES-

NaOH (pH 8.0)、1.2 mmol·L⁻¹ ADPG、2 mmol·L⁻¹ 焦磷酸钠、11 mmol·L⁻¹ MgCl₂、6 mmol·L⁻¹ DTT。每次酶促反应30 min。所有测定均重复3次。用葡萄糖-1-磷酸做标准曲线,并以1 min内催化生成1 μmol葡萄糖-1-磷酸为1个酶活性单位(U),计算单粒玉米非胚部位(胚乳)中的ADPG-PPase活性,根据其鲜重和籽粒含水率换算出每克非胚(胚乳)干重的ADPG-PPase活性。

结果与amp;讨论

1 微胚乳玉米非胚部位(胚乳)中ADPG-PPase活性的变化

由图1和图2可知:(1)微胚乳玉米非胚部位(胚乳)中单粒ADPG-PPase活性呈单峰变化趋势,在授粉后28 d左右达到峰值。春种的两个微胚乳玉米材料的酶活峰值差异极显著。春秋两季种植的玉米变化趋势基本一致。作为对照玉米的‘高油115’

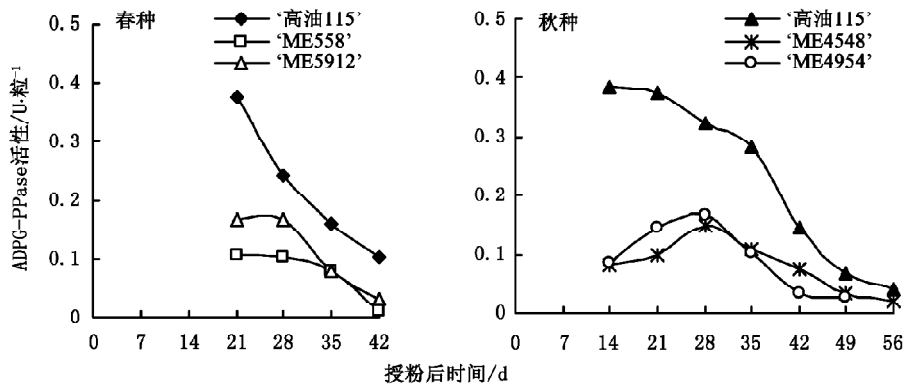


图1 单粒玉米非胚部位(胚乳)中ADPG-PPase活性的变化

Fig.1 Changes in ADPG-PPase activity in non-embryo (endosperm) per grain

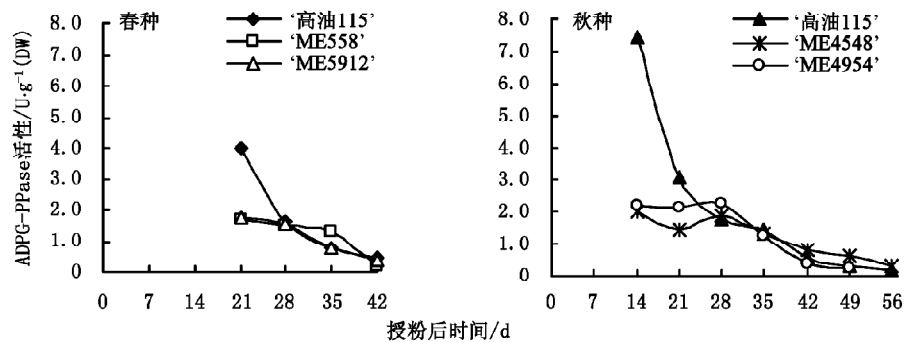


图2 玉米以每克非胚部位(胚乳)干重计算的ADPG-PPase活性的变化

Fig.2 Changes in ADPG-PPase activity in non-embryo (endosperm) per gram dry weight

酶活峰期稍早, 在授粉后 14~21 d 达最大值, 在整个取样期间, 其 ADPG-PPase 活性均高于微胚乳玉米, 尤其是其酶活峰值极显著高于微胚乳玉米, 是后者的 2 倍以上。(2)在取样期间, 微胚乳玉米以每克非胚(胚乳)干重计算的 ADPG-PPase 活性较低, 峰形不明显。春秋两季种植的‘高油 115’以每克非胚(胚乳)干重计算的 ADPG-PPase 活性分别在授粉后 21 和 14 d 具有最大值, 且其 ADPG-PPase 活性最大值明显高于微胚乳玉米。

2 微胚乳玉米和‘高油 115’非胚部位(胚乳)中的 ADPG-PPase 活性最大值比较

由表 1 可知, ‘高油 115’籽粒非胚部位(胚乳)中单粒 ADPG-PPase 活性最大值极显著高于微胚乳玉米。前者的单粒 ADPG-PPase 活性最大值为微胚乳玉米的 2.2~3.6 倍。其以每克非胚(胚乳)干重计算的 ADPG-PPase 活性最大值则为微胚乳玉米的 2.4~3.8 倍。

总之, 与‘高油 115’相比, 微胚乳玉米非胚部

表 1 春种和秋种的微胚乳玉米和‘高油 115’非胚部位(胚乳)中 ADPG-PPase 活性最大值的比较

Table 1 The contrast of the maximum ADPG-PPase activities in non-embryos (endosperms) between micro-endosperm maize and cv. ‘Gaoyou 115’ at spring sowing and autumn sowing

品种	春种		秋种	
	单粒的酶活性 /U·粒 ⁻¹	单位干重的酶活性 /U·g ⁻¹ (DW)	单粒的酶活性 /U·粒 ⁻¹	单位干重的酶活性 /U·g ⁻¹ (DW)
‘高油 115’	0.3764±0.0026 ^{Aa}	4.0301±0.0160 ^{Aa}	0.3844±0.0120 ^{Aa}	7.4274±0.1329 ^{Aa}
‘ME5912’	0.1690±0.0038 ^{Bb}	1.7316±0.0288 ^{Bb}		
‘ME558’	0.1045±0.0038 ^{Cc}	1.6653±0.0356 ^{Bb}		
‘ME4954’			0.1671±0.0081 ^{Bb}	2.2614±0.0635 ^{Bb}
‘ME4548’			0.1495±0.0145 ^{Bb}	1.9783±0.0189 ^{Bb}

表中大、小写字母分别表示 SSR 法检验在 0.01 和 0.05 水平的差异显著性结果。

位(胚乳)中 ADPG-PPase 活性较低, 峰形不明显。而 ADPG-PPase 是玉米淀粉合成途径中的第一个关键酶, 只有较高的 ADPG-PPase 活性才能确保淀粉合成的顺利进行。就此认为, 微胚乳玉米胚乳中 ADPG-PPase 活性低可能是限制其淀粉合成的主要原因, 以致其收获时积累的淀粉含量极少。

参考文献

高振宇, 黄大年(1998). 植物中合成蔗糖和淀粉的关键酶. I. 腺苷

- 二磷酸-葡萄糖焦磷酸化酶. 生命的化学, 18 (3): 26~29
 吴子恺(2004). 新型超高油玉米种质的选育. 作物学报, 30 (8): 751~756
 吴子恺, 郝小琴(2006). 专用型油玉米种质创新研究. 种子, 25 (8): 22~26
 Nakamura Y, Yuki K (1992). Changes in enzyme activities associated with carbohydrate metabolism during development of rice endosperm. *Plant Sci*, 82: 15~20
 Nakamura Y, Yuki K, Park SY, Dhya T (1989). Carbohydrate metabolism in the developing endosperm of rice grains. *Plant Cell Physiol*, 30: 833~839