

线粒体磷脂酰甘油与作物幼苗冷敏感性*

杨 玲

(浙江师范大学 生命与环境科学学院, 浙江 金华 321004)

[摘 要] 用差示扫描量热法分析了 6 种作物幼苗线粒体极性脂和磷脂酰甘油(PG)的热致相变。结果发现, 抗冷性作物小麦发生相变的温度比其他冷敏感作物的低得多; 小麦和花生线粒体 PG 混合后, 显著改变了各自的相变温度。线粒体 PG 脂肪酸组成分析表明, 脂肪酸饱和度决定其相变温度。线粒体 PG 的脂肪酸饱和度与作物幼苗的冷敏感性相关。

[关键词] 线粒体; 磷脂酰甘油; 相变; 脂肪酸

[中图分类号] Q 946 82 [文献标识码] A

[文章编号] 1000-2782(2001)05-124-03

大豆、玉米等作物从播种至成苗阶段对低温非常敏感, 低温不但会抑制种子萌发和植株的营养生长及生殖生长, 严重时会引起产量大幅下降^[1]。近年来的研究表明^[2], 在降温过程中植物最先受到伤害的部位——膜系统发生膜脂相变, 导致原生质流动停止、膜结合酶活力降低和膜透性增大 3 种反应, 从而引起细胞生理活性的紊乱。叶绿体膜组分中, 在叶片光合抗冷方面起着关键性作用的磷脂酰甘油(简称 PG), 因含有较高比例的双饱和脂肪酸分子而对温度最为敏感, 在降温过程中最先发生相变, 从而影响膜的流动性。根据 PG 在叶片中的合成途径, 找到了决定其分子种的酶及其基因, 并已在转基因植物中得到证实^[3]。线粒体也是对低温比较敏感的细胞器, Lyons 等^[2]认为植物对冷的敏感性与低温影响线粒体膜有联系。尽管在干胚、花粉等非绿色组织中发现 PG 饱和脂肪酸的量比其他磷脂高, 从而推测线粒体系统的 PG 同样在其膜脂相变中起着作用^[4], 但尚缺乏详细、系统的直接证据。本研究用差示扫描量热法比较了不同抗冷性作物线粒体总极性脂及其 PG 的相变温度的差异, 并探讨了线粒体膜脂 PG 脂肪酸饱和度对于这种差异的作用。

1 材料与方法

供试作物有小麦(*Triticum aestivum* L.) 浙麦 1 号, 玉米(*Zea mays* L.) 苏玉 1 号, 黄豆(*Glycine max* L.) 合丰 25, 花生(*Arachis hypogaea* L.) 花 39, 赤豆(*P. angularis* Wight) 大红袍, 水稻(O.

sativa var. *japonica*) 丙 89-90。

作物种子在 25℃ 下吸胀 24 h, 恒温箱中暗萌发 4~6 d。黄化幼苗线粒体的分离参照文献[5]。线粒体总极性脂的提取及 PG 的分离、纯化参照文献[6]。

热致相变温度用 Perkin-Elmer DSC-2 型差示扫描量热计测试, 灵敏度为 0.84 mJ/s, 扫描速度为 10 K/min, 样品约 10 mg^[6]。

PG 脂肪酸组成分析用岛津 GC-9A 型气相色谱仪^[6]。

2 结果与讨论

2.1 黄化幼苗线粒体膜脂和线粒体 PG 的相变

DSC 是热致相变的惟一直接测试技术。6 种作物黄化幼苗线粒体膜脂的 DSC 图谱见图 1A。温度为 0~40℃ 时, 抗冷性强的冬小麦线粒体膜脂无相变现象发生, 其他不抗冷作物线粒体膜脂从液晶态向凝胶态转变的起始温度花生> 赤豆> 大豆> 玉米> 水稻。相对应的线粒体 PG 的相变情况(图 1B)与此相似, 来自不抗冷作物线粒体的 PG 在 25~32℃ 时发生了相变, 而抗冷性小麦的线粒体 PG 在 0℃ 以下才进入相分离状态。相变温度的高低直接影响膜脂流动性, 膜系统的较大流动性则是抗冷植物在低温下维持正常功能所必需的^[3,4,6]。据此可以认为, 作物幼苗抗冷性由强到弱的顺序是小麦、水稻

* [收稿日期] 2000-10-29

[基金项目] 浙江省自然科学基金资助项目(398025)

[作者简介] 杨 玲(1965-), 女, 湖南宁乡人, 副教授, 硕士。主要从事植物逆境生理生化研究。

玉米、大豆、赤豆、花生。

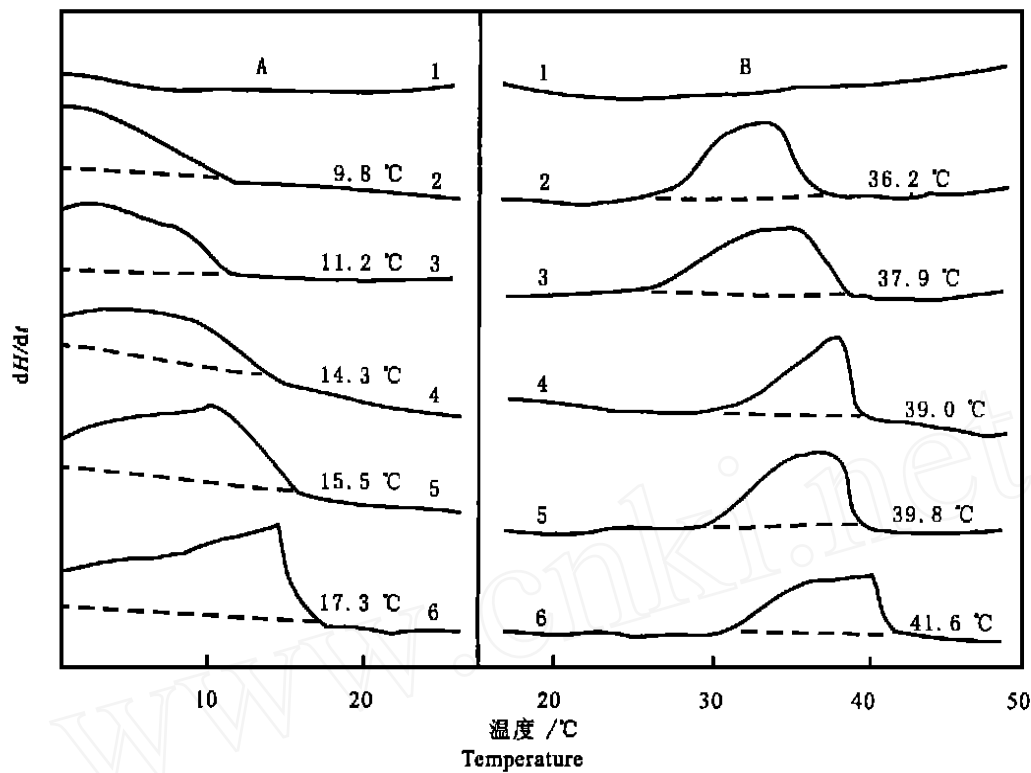


图 1 黄化幼苗线粒体极性脂和线粒体 PG 的DSC 图谱

A. 线粒体极性脂;B. 线粒体 PG

1 小麦;2 水稻;3 玉米;4 大豆;5 赤豆;6 花生

Fig 1 The cooling curves of polar lipids and PG from m itochondria of chilling-resistant and chilling-sensitive crops

A. Polar lipids;B. PG

1 Wheat;2 Rice;3 Corn;4 Soybean;5 Red bean;6 Peanut

2 2 线粒体 PG 的脂肪酸组成

与叶绿体 PG 的脂肪酸组成不同, 线粒体 PG 的脂肪酸主要由棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸组成, 而未检测到反式- Δ^3 -棕榈酸 (表 1)。Roughan^[7]分析了近 80 种植物类囊体 PG 分子种, 发现冷敏感植物的 PG 脂肪酸饱和度比较高, 而抗

冷植物中的较低, 说明类囊体 PG 的脂肪酸饱和度与植物叶片的冷敏感性相关。本试验中, 线粒体膜脂相变起始温度高的幼苗线粒体 PG 脂肪酸饱和度大于相变温度低的黄化幼苗, 说明线粒体 PG 的脂肪酸饱和度与作物黄化幼苗的冷敏感性相关。

表 1 作物幼芽线粒体膜脂 PG 的脂肪酸组成

种类 Species	脂肪酸组成/% Fatty acid composition					棕榈酸+ 硬脂酸 脂肪酸饱和度 Saturated fatty acid
	棕榈酸 Palm itate	硬脂酸 Stearate	油酸 O leate	亚油酸 L inoleate	亚麻酸 L inolenic acid	
小麦 Wheat	17. 1	4. 0	15. 6	34. 9	28. 4	21. 1
大豆 Soybean	33. 9	9. 8	5. 1	13. 0	38. 2	43. 7
玉米 Corn	30. 5	10. 8	9. 7	14. 2	34. 8	41. 3
水稻 Rice	29. 6	8. 2	17. 4	34. 7	10. 1	37. 8
花生 Peanut	39. 2	9. 2	12. 1	30. 6	8. 9	48. 4
赤豆 Red bean	37. 1	8. 5	6. 4	20. 7	27. 3	45. 6

2.3 线粒体PG的脂肪酸饱和度与其相变温度的关系

结合图 1 及表 1 可见, 线粒体 PG 脂肪酸饱和度越大, 线粒体 PG 相变起始温度越高, 线粒体总脂的相变温度亦越高。5 种冷敏感性作物线粒体 PG 脂肪酸饱和度与其相变起始温度密切相关 ($Y = 17.2966 + 0.4982X$, $r = 0.9972$)。为了进一步证实线粒体 PG 脂肪酸组成对其相变温度的作用, 笔者选择了 6 种作物中 PG 饱和度最大的花生和饱和

度最小的小麦, 观察二者 PG 以不同比例混合后其相变温度的变化。结果小麦线粒体 PG 因加入 300 mg/g 的花生 PG, 相变温度提高到 32; 而花生线粒体 PG 因加入 200 mg/g 小麦 PG, 相变温度降低了 35 (表 2)。从而肯定了线粒体 PG 的脂肪酸饱和度对其相变温度所起的重要作用。至于线粒体 PG 分子种的合成途径是否与叶绿体的一样还有待于深入研究。

表 2 不同比例的小麦、花生线粒体 PG 混合物的相变温度

Table 2 Phase transition temperature of the mixtures of mitochondria PG from wheat and peanut

小麦线粒体 PG Wheat mitochondria PG		花生线粒体 PG Peanut mitochondria PG	
10 mg 小麦 PG 10 mg wheat PG	加入 3 mg 花生 PG Added 3 mg peanut PG	10 mg 花生 PG 10 mg peanut PG	加入 2 mg 小麦 PG Added 2 mg wheat PG
< 0	32	41.6	38.1

综上所述, 线粒体 PG 脂肪酸饱和度越大, 线粒体 PG 相变温度越高, 线粒体总极性脂相变温度也越高。6 种作物幼苗线粒体 PG 的脂肪酸饱和度有异, 线粒体 PG 相变起始温度及其线粒体脂流动性

以致整个细胞生理活性发生紊乱的临界温度也不同, 因而抗冷性不同。这与 Murata^[3]关于 PG 饱和度影响膜脂流动性的植物冷害机理学说是相符的。至此, 证实了线粒体 PG 与植物抗冷性有关。

[参考文献]

- [1] 郑光华, 顾增辉, 徐本美. 大豆种子萌发过程中冷害问题的研究[J]. 中国农业科学, 1981, 14(2): 65- 72
- [2] Lyons J M. Chilling injury of plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1973, 24: 445- 466
- [3] Murata N, Ishizaki N, Ishizawa O. Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants[J]. Nature, 1992, 356(23): 710- 712
- [4] 杨玲, 苏维埃. 磷脂酰甘油的热致相变与水稻抗冷性[J]. 科学通报, 1994, 39(16): 1522- 1525
- [5] 上海植物生理学会主编. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 5- 8
- [6] 杨玲, 钱建东, 方芳, 等. 佛手柑叶磷脂酰甘油相变和脂肪酸组成的差异[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(3): 196- 197
- [7] Roughan P C. Phosphatidylglycerol and chilling sensitivity in plants[J]. Plant Physiol, 1985, 77: 740- 744

Phosphatidylglycerols from mitochondria and chilling sensitivity in crop seedlings

YANG Ling

(College of Life and Environmental Science, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004, China)

Abstract: The thermal response of seedling mitochondria polar lipids and phosphatidylglycerols (PG) from 6 species of crops was investigated by differential scanning calorimetry. The phase transition from wheat, a chilling-resistant crop, occurred at a much lower temperature than that from the other chilling-sensitive crops. The transition temperature of wheat and peanut PG was significantly altered by mixed with each other. Analysis of the fatty acid composition of PG in mitochondria showed that the level of saturated fatty acid (the sum of palmitate and stearate) determined the phase transition temperature. These results suggest that the level of saturated fatty acid of PG in mitochondria be correlated with the chilling sensitivity of crop seedlings.

Key words: mitochondria; phosphatidylglycerols; phase transition; fatty acid