

花生种子萌发前期生理与提高种质的途径*

傅家瑞

(中山大学生物学系, 广州 510275)

摘 要 花生种子吸胀后迅速修复膜系统的完整性, 调动各种代谢过程, 导致蛋白质、RNA 及 DNA 的生物合成, 包括 DNA 的修复. 这些生理生化过程反映了种子品质水平. 发生劣变的种子, 膜修复延迟, 代谢活性减弱, 蛋白质和核酸生物合成能力下降. 应用 Ca^{2+} 和多胺预处理或 PEG 渗调可改善种子萌发前期的生理状态, 提高播种品质.

关键词 花生种子, 种子品质, 萌发, 劣变, 修复

分类号 Q945.34

种子在贮藏中发生劣变(活力下降), 并往往在萌发前期表现出来. 如在萌发前采取措施, 可减轻劣变程度, 改善种子萌发状态, 提高播种质量, 促进苗期生长. 本文研究了花生种子萌发前期的生理和劣变发生状况以及提高播种质量的可能途径.

1 种子的吸胀与呼吸

种子吸水曲线呈现三阶段模式, 继第一阶段快速吸水, 出现第二阶段吸水滞后期. 低活力的花生胚轴第一阶段吸水较快, 随滞后期出现的第三阶段迅速吸水期, 则高活力胚轴吸水大大超过前者^[1].

离体花生胚轴在吸水后 2~16 h, 出现一明显的呼吸滞后期^[2]. 滞后期出现是由于线粒体数量少^[3]. 花生胚生长时呼吸效率提高, 更多地是与新的线粒体合成有关^[2].

具活力的胚在吸胀后, 线粒体完整性和功能逐渐增加^[3]. 劣变种子呼吸下降, 线粒体膜的完整性损伤^[4], 在电镜下观察可见花生线粒体较早出现损伤, 膜与嵴的解体愈来愈严重, 甚至在液泡内解体^[5]. 无活力胚吸胀时, 线粒体发生肿胀, 内膜变形^[6]. 随吸胀时间延长, 线粒体愈来愈解体, 缺乏呼吸活性. 此时, 琥珀酸、苹果酸和谷氨酸脱氢酶以及细胞色素氧化酶均低于有活力种子^[7].

花生干种子 ATP 含量很低, 吸水后迅速增加, 吸水 2h 后 ATP 含量相当于干种子的 10 倍, 并随萌发进程继续上升^[8]. 在吸胀 3h 后, 高活力花生胚轴 ATP 含量远远超过低

收稿日期: 1993-05-25

* 国家自然科学基金和高等学校博士点科研基金资助项目

活力胚轴^[9]。经天然或人工老化的花生种子,伴随活力下降,ATP含量也下降。经PEG渗透调2h后,ATP含量提高至干种子的4倍^[8,10]。

在干态花生胚轴和初始吸水胚轴的线粒体中均缺乏细胞色素C,苹果酸脱氢酶水平低,使苹果酸转变为草酰乙酸的过程受到阻碍,影响氧化磷酸化进行,ATP产量少^[2]。花生子叶吸水后,细胞色素b、c、细胞色素氧化酶、琥珀酸脱氢酶、琥珀酸氧化酶及线粒体蛋白均增加^[2]。

高活力种子吸胀初始较慢于低活力种子,有利于膜的修复^[1,7]。吸胀8h后,高活力胚轴的吸胀率超过低活力胚轴,可是呼吸强度在5h后便超过低活力胚轴^[1]。至于ATP含量则早在吸胀3h后便超过低活力胚轴^[9]。可见高活力种子的氧化磷酸化活性显著高于低活力种子。

2 膜系统完整性与膜脂过氧化

在吸胀初始膜系统处于不完整状态。由于膜的不完整性,溶质外渗,但经过一定时间后溶质的外渗率明显下降,表明细胞已恢复半透性膜的特性^[2]。高活力花生种子在吸胀后膜的完整性迅速恢复,外渗物量减少,而低活力种子由于膜的伤害较大,恢复延缓,外渗物量较多且持续时间较长,测定电导率或紫外吸收值均可显示出这一现象^[11]。

膜系统渗漏增加的直接原因是极性脂肪被氧化而造成,氧化攻击质膜中的多聚不饱和脂肪酸,通过产生自由基的连锁反应,导致透性增加^[12]。花生种子生活力丧失的同时,磷脂部分的脂肪酸明显下降。黄丽萍和傅家瑞(1991)分析了高活力与低活力花生胚轴的膜脂脂肪酸组成,发现萌发24h高活力胚轴不饱和脂肪酸含量明显高于低活力胚轴,其中低活力胚轴的亚油酸含量显著下降,随活力的下降,脂肪酸不饱和指数(IUFA)出现有规律的降低趋势。可是干种子不同活力胚轴的膜脂脂肪酸不饱和度变化不明显^[1]。可见种子劣变往往表现在吸胀后。

脂质过氧化产生的自由基和有毒的次生产物要靠种子中的防御系统清除,如SOD(超氧化物歧化酶)与过氧化氢酶等。花生胚轴SOD含量高于子叶,在人工老化时,子叶中SOD下降较快于胚轴,SOD活性下降与种子活力丧失密切相关^[13]。低活力种子不但SOD活性下降,过氧化氢酶活性也相应地下降,而过氧化物含量却增加^[14]。应用抗氧化剂如维生素C,还原型谷胱甘肽均有提高花生种子活力的效应^[15]。随着SOD活性下降,脂质氢过氧化物及丙二醛含量上升^[13]。

3 酶活性变化与种子活力的关系

种子吸胀后酶活性明显提高。当花生种子活力下降时,SOD酶活性下降,而酸性磷酸酶和DNA酶活性却上升^[14]。一些抗氧化物也随种子活力下降而减少^[15]。

与线粒体、质膜和液泡膜结合的ATP酶活性在花生干胚轴中均很低,吸胀后活性提高。高活力胚轴吸胀初期ATP酶活性迅速增高,持续上升期也较长;而低活力胚轴的酶活性上升缓慢^[16]。花生种子的ATP酶具本身特色,与其他植物的ATP酶最明显的差别

是它的最适 pH 值为 9，且不随萌发天数而改变^[16]。

应用显微化学方法在萌发 24h 的花生胚根细胞内测出 ATP 酶主要分布于蛋白体内，在高活花生种子胚根细胞中活性很高，可是在劣变胚根细胞内酶活性明显降低，甚至趋于消失^[17]。

位于乙醛酸体膜上的异柠檬酸裂解酶 (ICL) 是花生萌发过程中脂肪降解动员的关键酶^[2]。Marcus 和 Velasco (1960) 证明花生干种子无 ICL 活性，随着萌发而酶活性提高。Cooper 和 Beevers (1969) 指出乙醛酸循环的酶系统存在于花生子叶中，但在下胚轴中则无。当脂肪发生降解时，乙醛酸体常与脂质体紧靠在一起^[2]。在脂质代谢中，花生的乙醛酸体不像蓖麻胚乳或玉米盾片最终解体，而是继续存在^[3]。当离体花生子叶培育于暗处，在吸水后 8 天内 ICL 活性一直在增加^[2]。

4 乙烯的释放与种子萌发

乙烯能促进多种植物种子萌发。对休眠性的花生品种，乙烯能活化那些引起胚根早期生长过程。用 100 μ l/L 乙烯可使成熟的 Virginia 类型花生破眠^[18]。休眠性的天津豆制品在采收后 1 个月发芽率只有 4%，如应用 500 mg/L 乙烯利浸种，发芽率可提高至 84%^[2]。花生干种子释放乙烯量极微 (0.01—0.05 μ l/L)。非休眠的 Spanish 类型品种在萌发中能产生乙烯^[19]。高活力花生种子吸胀 8h 后开始释放乙烯，20~24h 出现特征峰随后下降^[11,20]。低活力花生种子吸胀后 44~48h 才释放少量乙烯，且不出现特征峰^[20]。人工老化的劣变花生种子，不但乙烯释放量减少，而释放模式也发生改变^[21]。在胚轴中的乙烯前体 ACC (1-氨基环丙烷-1-羧酸) 随着花生种子的萌发含量明显上升，但子叶中的 ACC 含量增加不多^[22]。吸胀 4h 后 ACC 含量迅速上升，12h 达到高峰，当种子活力下降时，ACC 合成量减少，合成速率缓慢^[11]。Yang 和 Hoffman (1984) 指出，乙烯生成酶 (EFE) 位于质膜及液泡膜上，它与 ACC 合成酶在乙烯生物合成中占有重要地位。

在花生胚轴和子叶中还含有大量的 MACC (1-丙二酰氨基环丙烷-1-羧酸)，随种子萌发而增加^[22]。乙烯释放、ACC 含量、ACC 合成酶活性以及 MACC 含量均与种子活力有关，并且为 PEG 渗透所提高^[10]。

其他的植物激素也与种子萌发有关。据文献报道，高活力花生种子的类 GA 含量高，失去活力的种子，类 GA 消失，而出现 Rf 值和 ABA 相似的发芽抑制物。

5 贮藏蛋白质的降解与动员

花生种子贮藏蛋白含量高，不但是营养价值的指标，而且也是播种品质的基础。在光下萌发 14 天种子，子叶中 99% 以上的花生球蛋白被动用，但在暗中萌发降解速度较慢^[23]。各类型的贮藏蛋白以不同时间顺序和速度进行降解。在花生萌发初期，花生球蛋白 (41KD, 38.5KD) 和伴花生球蛋白 (60.5KD) 中分子量较大的亚基以及 2S 球蛋白先被降解，然后分子量较小的 23.5KD 花生球蛋白和 30KD 伴花生球蛋白亚基被动用^[23]。高活力花生种子在萌发时贮藏蛋白的利用率高于低活力种子，其中以花生球蛋白作为主

要的贮藏蛋白(占盐溶蛋白质 65%~75%)与种子活力之间的相关性较明显^[23]。

在萌发时,花生子叶中的贮藏蛋白为蛋白酶所降解。氨肽酶在干种子中活性很高,随着种子萌发活性下降;而羧肽酶在萌发后期才出现活性高峰^[24]。因此这两类酶在贮藏蛋白降解初期不起主要作用,而肽键内切酶活性变化与花生贮藏蛋白的降解相关^[24,25]。在成熟的花生种子萌发 0~2 天,肽键内切酶活性很低^[24],而贮藏蛋白未见降解^[23]。萌发 2~4 天酶活性迅速上升,而贮藏蛋白的降解也急剧发生^[23,24]。当花生种子未成熟时(40DAP),去除种皮可以萌发,此时只须萌发一天便出现肽键内切酶,第 2 天迅速降解贮藏蛋白^[23],可见不同发育时期的种子,其酶活性大小与贮藏蛋白的降解有所不同。

6 蛋白质和核酸的生物合成

干种子细胞中只存在单核糖体,而缺乏多聚核糖体,因而不能合成蛋白质。一旦吸胀,一系列代谢迅速发生,其中包括蛋白质和 RNA 合成。首先是细胞内单核糖体与 mRNA 连结^[3],同时生成大量 ATP^[18]。蛋白质合成的开始是贮存 mRNA 所起动的。mRNA、rRNA 的合成也在吸胀早期发生^[3]。应用同位素示踪可测出高活力花生种子的蛋白质、RNA 及 DNA 合成能力高于低活力种子^[26]。

随着种子活力下降,萌发后重新合成的 Poly A⁺ RNA 减少,而贮存 mRNA 相对含量较多,在萌发 12h 后,低活力麦胚中的贮存 mRNA 仍存留 40%,而此时高活力麦胚的贮存 mRNA 几乎全部更换,因此 Bray 指出:在萌发早期的 mRNA 重新合成是有效地完成萌发过程的重要事件^[27]。这一事件是种子品质的分子基础的反映。

花生种子吸胀 24h 后,胚轴中 DNA 总量开始升高,³H-胸苷对胚轴 DNA 的掺入速率迅速上升,表明胚轴已进入 DNA 复制过程。在胚根穿破种皮前的吸胀 6~24h 期间,出现一个³H-胸苷掺入高峰,反映出萌发前期的 DNA 合成特点。咖啡因对萌发前期的 DNA 合成具有较强的抑制作用,而主要抑制 DNA 复制的羟基脲此时所起的作用较弱。吸胀 30h 后,羟基脲的抑制作用则较咖啡因为强。可见萌发前期的 DNA 合成与随后出现的 DNA 复制是通过不同机理进行^[28]。羟基脲可抑制核苷酸还原酶活性,进而抑制 DNA 合成^[29]。咖啡因对植物细胞 DNA 修复有抑制作用^[30]。丘泉发等指出花生种胚经 r-辐射后³H-胸苷掺入率显著提高,而咖啡因能抑制这种掺入。可见花生种子萌发前期咖啡因所抑制的³H-胸苷掺入应是 DNA 的修复^[31]。萌发前期的³H-胸苷掺入均受到咖啡因和羟基脲的抑制,意味着胚轴 DNA 合成的复杂性。Zlatanova 等指出玉米种胚 DNA 复制前, DNA 合成主要反映细胞质(可能是线粒体)DNA 合成^[32]。花生胚轴萌发前期的³H-胸苷掺入很可能同时反映 DNA 修复与 DNA 复制过程^[28]。由于种子活力下降,胚或胚轴 DNA 合成的开始时间也推迟,其中包括 DNA 复制过程的推迟^[33]。用同位素示踪证明花生种子在萌发前期存在非按期 DNA 合成^[26]。³H-胸苷掺入 DNA 的速率与种子活力呈正相关,掺入的持续上升和胚轴 DNA 总量的增加及胚根的生长几乎是同时进行的^[34]。

7 Ca²⁺和多胺提高种子播种品质的作用

Ca²⁺与多胺是膜的保护剂,通过与膜蛋白和膜脂极性头部静电结合,维持双脂层基

本结构和膜透性的稳定。^[35] 经 CaCl_2 、腐胺或精胺预处理可降低花生种子吸胀液的电导率和紫外吸收值, 溶质渗漏明显减少。同时膜脂脂肪酸不饱和度 (IUFA) 有所提高^[1]。此外, Ca^{2+} 与多胺处理还可减少 K^+ 和可溶性蛋白的外渗, 提高过氧化氢酶、过氧化物酶活性, 以及提高发芽率和生长势^[36]。Legge 等认为 CaCl_2 对乙烯合成的保持是由于它保护了 EFE 免受膜上所发生的过氧化作用损伤^[37]。 CaCl_2 和腐胺能使萌发中花生种子的乙烯释放量明显增多^[36]。这与 CaCl_2 和腐胺有稳定膜结构的作用有关, 对位于膜上的 EFE 活性有所提高。随着种子劣变程度加深, 花生胚根尖细胞内各元素成分含量也发生明显变化, 其中 Ca 含量最为明显。用能谱分析劣变种子 Ca 含量明显下降, 胚根尖细胞中的 Ca 甚至完全消失; 在扫描电镜下观察, 胚根表皮细胞呈疏松突起, 甚至成块脱落, 出现畸形根部, 这很可能与缺 Ca 有关^[38]。Poovaiah 等指出, Ca 在植物组织中起着第二信使的作用^[39]。Roux 也阐述了种子萌发中起重要作用的一些酶和过程受到 Ca^{2+} 所调节^[40]。经 Ca^{2+} 处理萌发的花生种子, 其肽键内切酶活性提高, 贮藏蛋白的降解动员受到促进^[24]。Adams 等 (1991) 从栽培上说明 Ca 的重要性, 土壤中 Ca 与石膏的施用对花生种子质量有很大影响。

早在 1980 年, Anderson 就发现花生种子含 CaM (钙调蛋白)^[41]。干花生种子含较高 CaM, 当胚根突破种皮时, CaM 含量下降, 俟萌发 48h 又复上升, 并且出现高峰; 劣变种子 CaM 含量明显低于高活力种子; 高峰延迟出现是种子活力下降的表现^[42]。

劣变花生种子经多胺处理, 蛋白质、RNA 及 DNA 合成能力提高^[26]。Abdul Baki (1980) 和 Ching (1982) 均指出^[43], 大分子合成能力的改善是提高种子活力的关键。

8 PEG 渗调与低温预处理提高活力效应

引发可看作是种子推向萌发边缘的一种手段, 即让种子预先完成吸胀的第一、二阶段的生理过程, 使大分子和细胞结构处于已修复状态, 为萌发作好准备, 使萌发迅速和齐一^[27]。经 PEG 渗调的花生种子, 胚轴和子叶对总 ^{32}P 吸收量以及 ^{32}P 渗入 RNA 的水平均有所提高^[44]。同时还能提高一些酶活性, 如酸性磷酸酶、ATP 酶活性^[10,45]、ICL 活性^[46]、过氧化氢酶和 SOD^[14] 以及 ACC 合成酶^[10] 等。在渗调期间, 还促进 ATP 大量合成^[8]。

种子在萌发前期的劣变表现最基本的是膜的损伤和 DNA 模板的断裂与染色体畸变^[47]。PEG 渗调首先促进膜的修复, 使膜上的酶系统活化, 膜脂恢复, 使膜能正常执行与萌发有关的一系列生理生化反应。在酶的作用下, DNA 模板的损伤得以修复。

经渗调后的花生种子膜透性减少, 电导率下降^[10]。低温 (3~4℃) 吸胀对种子膜系统有损伤效应, 经 PEG 渗调的花生种子透性降低, 膜的损伤明显减轻^[10,45]。活力下降的种子其“薄弱”的膜在吸胀初期为迅速进入的水分所伤害。如在高水势的 PEG 溶液中缓慢吸水, 膜易于恢复正常状态^[7]。

低活种子出现 rRNA 的损伤, 而引发处理可克服蛋白质与 DNA 合成活性的缺憾以及使损伤的 rRNA 更换^[27]。

带壳的干花生种子在播前进行 3~5℃ 预处理 8~16 天可以提高种子活力, 获得增产

效果^[48]。低温预处理的花生种子胚轴内 ATP 含量, RNA、DNA 和蛋白质合成水平均有所提高; 分子量大的 25S、18S rRNA 数量较对照多, 而分子量小的 4S、5S rRNA 则低于对照胚轴^[9]。

参 考 文 献

1. 黄丽萍, 傅家瑞. 花生种子萌发早期事件与活力的关系. 中山大学学报(自然科学版), 1991, 30(2): 98~105
2. 傅家瑞. 种子生理. 北京: 科学出版社, 1985. 279
3. Bewley J D, Black M. Physiology and Biochemistry of seeds, Vol. 1, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1978. 132~148
4. Hallam N D, Roberts B E, Osborne D J, Embryogenesis and germination in rye (*Secale cereale* L.) I. Fine structure and biochemistry of the non-viable embryo. *Planta*, 1973, 110: 279~290
5. 傅家瑞, 李卓杰, 蔡东燕. 花生种子劣变中超微结构的研究. 植物生理学报, 1983, 9(1): 93~101
6. Berjak P, Villiers T A. Ageing in plant embryos I. *New Phytol*, 1971, 70: 751
7. Halmer P, Bewley J D. A physiological perspective on seed vigour testing. *Seed Sci & Technol*, 1984, 12: 561~575.
8. 陈润政, 蔡东燕, 傅家瑞. 不同活力花生种子的 ATP 含量及 PEG 处理的影响. 中山大学学报(自然科学版), 1987, 26(1): 117~120
9. 郑小红, 傅家瑞. 低温预处理提高花生种子活力的生理生化研究. 中山大学学报(自然科学版), 1987, 26(1): 21~29
10. Fu J R et al. Osmoconditioning of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds with PEG to improve vigour and some biochemical activities. *Seed Sci & Technol*, 1988, 16: 197~212
11. Fu Jiarui, Khan A A (eds.). *Advances in the Science and Technology of Seeds*. Beijing: Science Press, 1992. 79~90
12. Steward R R C, Bewley J D. Lipid peroxidation associated with accelerated ageing of soybean axes. *Plant Physiol*, 1980, 65: 245~248
13. 宋松泉, 傅家瑞, 夏伟. 花生种子人工老化与膜脂过氧化的研究. 中国油料, 1992, (3): 31~34
14. 陈光仪, 傅家瑞. 花生种子劣变过程中一些酶活性的变化. 植物学报, 1987, 29(2): 164~170
15. 陈光仪, 傅家瑞. 花生种子的劣变与过氧化作用. 中山大学学报(自然科学版), 1986, 25(3): 69~75
16. 黄丽萍, 傅家瑞. 花生种子活力, ATPase 及 H⁺ 分泌初报. 中山大学学报(自然科学版), 1991, 30(4): 100~106
17. 徐是雄, 陈润政, 李文仪, 傅家瑞. 劣变花生种子三磷酸腺苷酶和酸性磷酸酶的细胞化学研究. 中山大学学报(自然科学版), 1984, 23(3): 124~127
18. Khan A A (ed). *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*, Amsterdam. New York: Oxford: Elsevier/North-Holland Biomedical Press, 1977. 157~178

19. Ketring D L, Morgan P W. Ethylene as a component of the emanations from germinating peanut seeds and its effect on dormant Virginia-type seeds. *Plant Physiol*, 1969, 44: 326~330
20. 黄学林, 傅家瑞. 花生种子活力与乙烯释放. *中山大学学报(自然科学版)*, 1983, 22 (4): 17~26
21. 李卓杰, 傅家瑞. 人工老化对花生种子活力与乙烯释放的影响. *中国油料*, 1985 (1): 33~35
22. 傅家瑞. 花生种子和荚果中的自由态和结合态 ACC. *植物生理学报*, 1984, 10 (2): 181~184
23. 黄上志, 傅家瑞. 花生种子贮藏蛋白质与活力的关系及其在萌发时的降解模式. *植物学报*, 1992, 34 (7): 543~550
24. 傅家瑞, 黄上志, 李黄金. Seed vigour in relation to the synthesis and degradation of storage protein in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. Fourth International Workshop on Seeds. Angers, France, 1993, 3, 811~816
25. 黄上志, 宾金华, 林鹿, 傅家瑞. Degradation of storage proteins and formation of endopeptidases in precociously germinating peanut embryos. Fourth International Workshop on Seeds. Angers, France, 1993, 2, 345~350
26. 杨英杰, 傅家瑞, 刘振声. 萌发花生胚轴中蛋白质, RNA 和 DNA 合成及 PEG 渗透和多胺对其影响. *中国油料*, 1990 (2): 29~34
27. Bray C M et al. Molecular makers of seed quality. Fourth International Workshop on Seeds. Angers, France, 1993, 3, 887~896
28. 周晓强, 傅家瑞. 花生种子萌发早期胚轴细胞中 DNA 合成的特点. *植物生理学报*, 1993, 19 (1): 77~81
29. Young C M, Hodas S. Hydroxyurea, inhibitory effect on DNA metabolism. *Science*, 1964, 146: 1172~1174
30. Gonzaley-Fernandez A, Hernandez P, Lopez-Saez. Effect of caffeine and adenosine on G2 repair; mitotic delay and chromosome damage. *Mut Res*, 1985, 149: 275~281
31. 丘泉发等. γ -辐射引起花生和水稻种胚非按期 DNA 合成效应的研究. *遗传学报*, 1984, 11: 361~367
32. Zlatanova J S et al. DNA repair precedes replicative synthesis during early germination in maize. *Plant Mol Biol*, 1987, 10: 139~144
33. Sen S, Osborne D J. Germination of rye embryos following hydration treatment; enhancement of protein and RNA synthesis and early induction of DNA replication. *J Exp Bot*, 1974, 25: 1010~1019
34. 周晓强, 傅家瑞. 花生种子萌发早期胚轴 DNA 合成与种子活力的关系. *植物生理学报*, 1992, 18 (4): 393~398
35. Roberts D R et al. The effects of inhibitors of polyamines and ethylene biosynthesis on senescence, ethylene production and polyamine levels in cut carnation flowers. *Plant Cell Physiol*, 1984, 25: 315~322
36. 袁小丽, 傅家瑞, 李卓杰. CaCl_2 和多胺对花生种子乙烯释放和提高种子活力的影响. *中山大学学报(自然科学版)*, 1990, 29 (4): 91~98
37. Legge R L et al. The effect of calcium on the fluidity and phase properties of microsomal membranes isolated from post-climacteric golden delicious apple. *Plant Cell Physiol*, 1982, 23: 161~169
38. 李卓杰, 傅家瑞. 不同活力花生种子的扫描电镜观察和能谱分析, *中山大学学报论丛* (21), 1990,

- 9 (2); 29~36
39. Pooviaiah B W et al. Calcium messenger system; Role of protein phosphorylation and inositol bisphospholipids. *Physiol Plant*, 1987, 69: 569~573
40. Knox S J. Calcium-regulated metabolism in seed germination. *Recent Advances in the Development and Germination on Seeds*, (R. B. Taylorson, ed). Plenum Press, 1989, 127~138
41. Anderson J M et al. Characterization of the plant nicotiamide adenine dinucleotide kinase activator protein and its identification as calmodulin. *Biochemistry*, 1980, 19: 3113
42. 李卓杰, 袁小丽, 傅家瑞. 萌发种子中 CaM 含量变化与种子活力. *中山大学学报论丛* (21), 1990, 9 (20): 37~41
43. Khan A A (ed). *The Physiology & Biochemistry of Seed Development Dormancy and Germination*, Amsterdam, New York: Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982, 487~506
44. 傅家瑞, 刘振声, 蔡东燕, 李卓杰. 渗透调节法处理花生种子对提高活力和核酸代谢的影响. *中山大学学报 (自然科学版)*, 1984, 23 (1): 33~39
45. 吕小红, 傅家瑞. 聚乙二醇渗透调节处理提高花生种子活力和抗寒性. *中山大学学报 (自然科学版)*, 1990, 29 (1): 63~70
46. 张北壮, 傅家瑞. 不同活力花生种子萌发中 ICL 活性的变化及渗透调节法对酶活性的影响. *中山大学学报 (自然科学版)*, 1985, 24 (3): 98~103
47. Osborne D J. *The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination* (A. A. Khan, ed). Amsterdam, New York, Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. 435~463
48. 傅家瑞等. 花生种子活力和田间生产性能的研究. *中山大学学报 (自然科学版)*, 1985, 24 (1): 46~51

The Physiological Studies of the Early Stage of Germination in Peanut Seed and the Ways Improving the Quality of Seed

Fu Jiarui *

Abstract After the imbibition of peanut seed, the repair of membrane integrity initiated rapidly. The rate of Respiration and ATP content increased. The activities of enzymes were activated. On the basis of the metabolic events, the degradation and mobilization of storage proteins, and the biosynthetic capacities of protein, RNA and DNA were effective. Seed quality was represented by these physiological and biochemical processes. As seeds deteriorated, the repair of membrane delayed and the metabolism declined, esp. the replacement of conserved mRNA, the occurrence of damaged ribosomal RNA and the repair of DNA. Pretreatment of Ca^{2+} , polyamines or osmoconditioning with PEG will improve the physiological situation of the early stage of germinating seeds. The viability, vigour and the quality of seeds can be improved.

Keywords peanut seed, seed quality, germination, deterioration, repair

* Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275