

玉米种子萌发能力和耐脱水能力的形成

伍贤进^{1*} 宋松泉¹ 张素平² 傅家瑞¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 广州市农业科学研究所, 广东 广州 510308)

摘要: 以玉米品种“粤单 9117”为材料, 研究了种子发育过程中萌发能力和耐脱水能力的获得。玉米种子的生理成熟期约为 42 DAP(授粉后天数)。胚萌发能力的获得是在 14-21 DAP, 耐脱水能力的获得出现在 25-28 DAP。胚的耐脱水能力在 28 DAP 后仍不断得到加强。耐脱水能力的获得与细胞膜的发育及受保护的度密切相关。脱水有利于不同发育时期的胚和种子的萌发。

关键词: 玉米; 种子发育; 萌发力; 耐脱水力

中图分类号: S513.032 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3395(2002)02-0177-06

Formation of Desiccation Tolerance and Germinability during Development of *Zea mays* L. Seeds

WU Xian-jin^{1*} SONG Song-quan¹ ZHANG Su-ping² FU Jia-rui¹

(1. School of Life Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China;

2. Guangzhou Agricultural Academic Institute, Guangzhou 510308, China)

Abstract: The seeds and embryos of *Zea mays* L. cv. Yuedan 9117 were used to determine the acquisition of desiccation tolerance and germinability during maize seed development. Physiological maturity of seeds was at 42 days after pollination (DAP). The embryos obtained germinability during 14-21 DAP, and the desiccation tolerance of embryos was obtained during 25-28 DAP, desiccation tolerance still being strengthened after 28 DAP. The changes in electrolyte leakage rate of seeds and embryos during development of maize seeds might suggest that there was a close relationship among desiccation tolerance, membrane development, and protection of membrane injury. Desiccation is beneficial to germination of seeds and embryos during the development of maize.

Key words: *Zea mays*; Seed development; Germinability; Desiccation tolerance

种子的萌发能力和耐脱水能力是在种子发育过程中形成的。关于它们形成的先后关系有两种观点。一些研究表明耐脱水能力是在种子发育的中期或生理成熟期获得的, 与贮藏物质积累的时期或种子获得萌发能力的时期相一致^[1-4]; 但另一些研究认为种子耐脱水能力的获得迟于种子萌发能力的获得, 位于种子开始成熟脱水之前^[5-7]。种子获得耐

收稿日期: 2001-05-24 接受日期: 2001-09-12

基金项目: 广东省自然科学基金项目(980360, 001224)和国际植物遗传资源研究所(IPGRI, 00/076)资助

* 现工作单位: 怀化学院

脱水能力的方式亦有两种观点,一种认为耐脱水能力的获得是一个突发事件,是在几天之内完成的^[8,9];另一种则认为是在整个发育阶段逐渐累积起来的,属于渐变^[10]。造成这种差异的原因可能是由于所用材料的不同,或干燥方式的不同。本文研究了玉米种子发育过程中萌发能力和耐脱水能力变化的时间模式,以探讨二者在种子发育过程中的关系。

1 材料和方法

供试玉米品种为“粤单 9117” (*Zea mays* L. cv. Yuedan 9117), 购自广东省农业科学院, 2000 年秋季栽培于广州市农业科学研究所, 开花时套袋挂牌, 在授粉后的不同时间采样。采样后立即剥离种子和胚用于实验。

胚和种子的脱水干燥 将胚置于室温 (28–31℃) 超净工作台面吹风干燥至含水量约为 0.09–0.14 g H₂O g⁻¹DW, 若要干燥至更低含水量则再置于有活化硅胶的干燥器中干燥; 种子于室内台面自然干燥至含水量约为 0.12–0.14 g H₂O g⁻¹DW。

活力的测定 将不同程度脱水的 20 个胚经 0.1% HgCl₂ 消毒 1 min 并用无菌水充分漂洗后, 置于放有一层滤纸和 2 ml 无菌水的培养皿 (Φ=6 cm) 中, 25℃ 暗中培养 5 d 后测定其萌发率、幼苗的鲜重、干重, 计算活力指数, 活力指数 = 萌发率 × 幼苗鲜重 (mg)。用 50 粒种子按相同方法消毒漂洗后, 置于放有 1 层滤纸和 15 ml 无菌水的培养皿 (Φ=12 cm) 中, 测定种子的萌发率和活力指数。所有测定均重复 3 次。

电解质渗漏速率测定 将 10 个胚或种子浸于 20 ml 蒸馏水中, 用 DDS-11A 型电导率仪测定浸泡前后 1 h 的电导率的变化, 然后测定胚干重。电解质渗漏速率以每克干重每小时电导率的变化表示 (μs cm⁻¹ g⁻¹ DW h⁻¹)。

含水量的测定 胚和种子经 105℃ 烘 30 min 后, 80℃ 烘至恒重。以干重为基础计算含水量。

2 结果和分析

2.1 种子鲜重、干重和含水量的变化

玉米种子的鲜重和干重在 14–42 DAP (授粉后天数, 下同) 几乎线性增加, 到 42 DAP 时达到最大值, 单个种子的鲜重、干重分别为 0.54 g 和 0.29 g。其中干重的增加高于鲜重, 在 14–42 DAP 鲜重增加了 4 倍, 而干重增加了 10 倍多 (图 1A)。胚的鲜重、干重增长趋势与种子类似, 均在 42 DAP 时达到最大值; 胚的增长比种子更快, 14–42 DAP 胚鲜重增长了 18 倍, 干重增长了 30.3 倍 (图 1B)。42 DAP 后种子和胚的鲜重开始下降, 而干重基本不变, 表明 42 DAP 是生理成熟期。这与种子外观特征相一致, 42 DAP 时种子已变硬并呈黄色, 与果穗的结合部位出现黑色层, 且易剥离。

种子发育过程中含水量不断下降, 其中以 14–21 DAP 和 42–45 DAP 下降较快, 21–42 DAP 则下降较慢; 胚的含水量只在 14–21 DAP 时下降较快 (图 2A)。由于种子的干物质量随发育而不断增加, 从单个种子或胚的含水量来看, 从 14–42 DAP 是不断增加的, 表明此时外界水分不断输入种子。只在 42–45 DAP 其含水量才下降, 此时种子的水分向外输出, 种子开始脱水 (图 2B)。

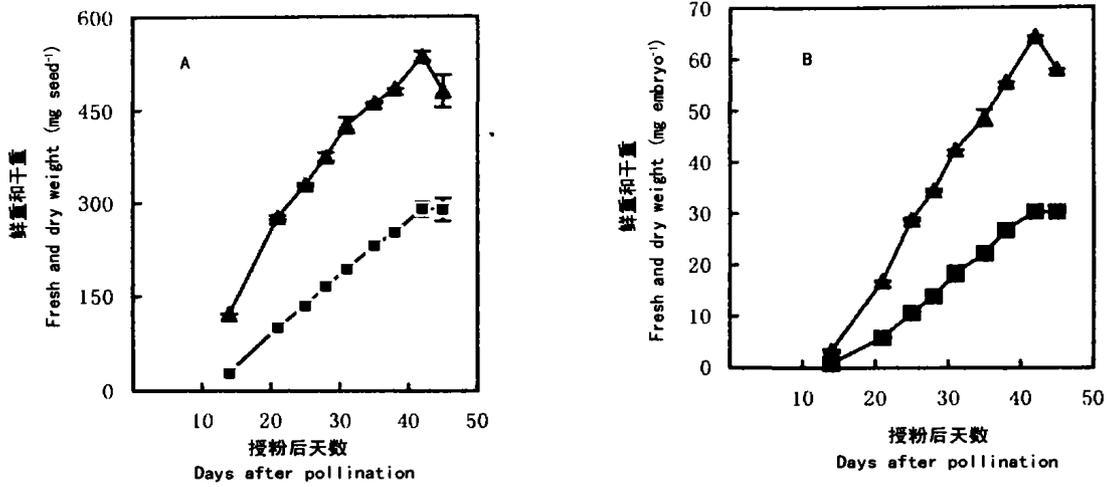


图 1 玉米种子(A)和胚(B)发育过程中鲜重(▲)和干重(■)的变化

Fig.1 Changes in fresh (▲) and dry weights (■) during development of maize seeds (A) and embryos (B)

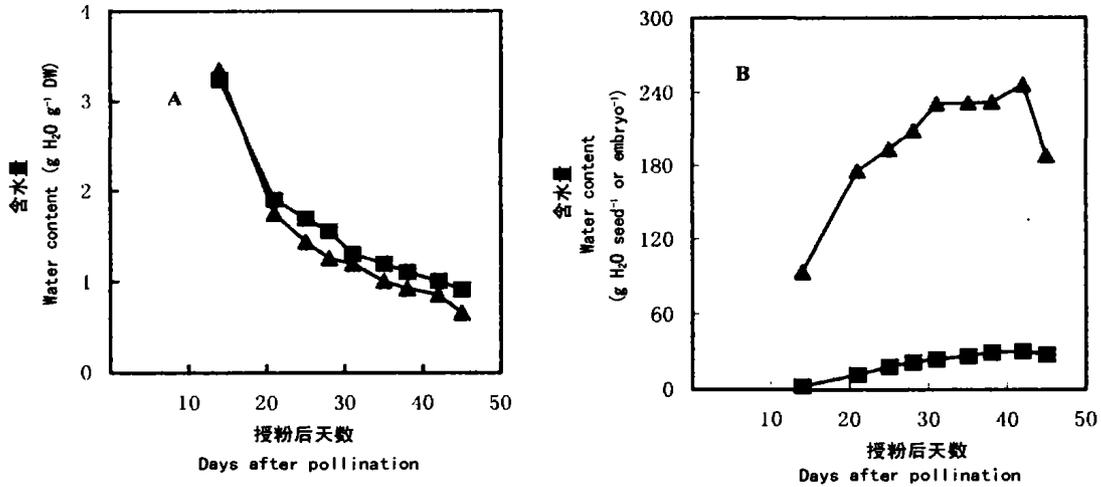


图 2 玉米种子发育过程中种子(▲)和胚(■)含水量的变化

Fig. 2 Changes in water content of seeds (▲) and embryos (■) during development of maize seeds

A: 以干重为基础 Based on dry weight; B: 以每粒种子或胚为基础 Based on a kernel or an embryo

2.2 萌发力和耐脱水能力的形成

新鲜胚在 21 DAP 时萌发率达到 100%，但此时一经干燥活力就完全丧失(脱水至 0.15 g H₂O g⁻¹DW)，直到 28 DAP 才获得耐脱水能力(脱水至 0.10 g H₂O g⁻¹DW，萌发率为 86.1%) (图 3A)。这一结果说明玉米胚先获得萌发能力,后获得耐脱水能力。耐脱水能力的获得是在 25- 28 DAP 这一短时间内完成的。已获萌发能力的新鲜胚完全萌发所需的时间随着发育的进程而逐步延长(表 1)，说明了胚在获得萌发能力后萌发抑制物也在不断合成，这对于防止胎萌是必需的。

表 1 不同发育时期的玉米胚完全萌发所需的时间

Table 1 Days for 100% germination of maize embryos at different developmental phases

授粉后天数 Days after pollination	21	25	28	31	35	38	42	45
完全萌发所需天数 Days for 100% germination	4	3	7	7	8	10	11	11

授粉后不同时期的新鲜种子在实验期间均不能萌发, 25 DAP 的种子经脱水后就有少量萌发, 到 45 DAP 后萌发率接近 100% (图 3A)。新鲜胚的活力指数, 在 21-35 DAP 内不断增加, 35 DAP 后逐步降低 (图 3B)。

新鲜胚萌发的活力指数在 21-35 DAP 内不断增加, 是因为胚的内含物不断增加, 萌发的幼苗鲜重不断增加且萌发率在测定的时间内 (5 d) 均能达到较高, 至于 35 DAP 后其活力指数反而逐步降低, 是因为其萌发率在测定时间内愈来愈低。由于经脱水的胚均能在测定的时间内 100% 萌发, 故其活力指数在整个发育过程中均不断增加 (图 3B)。

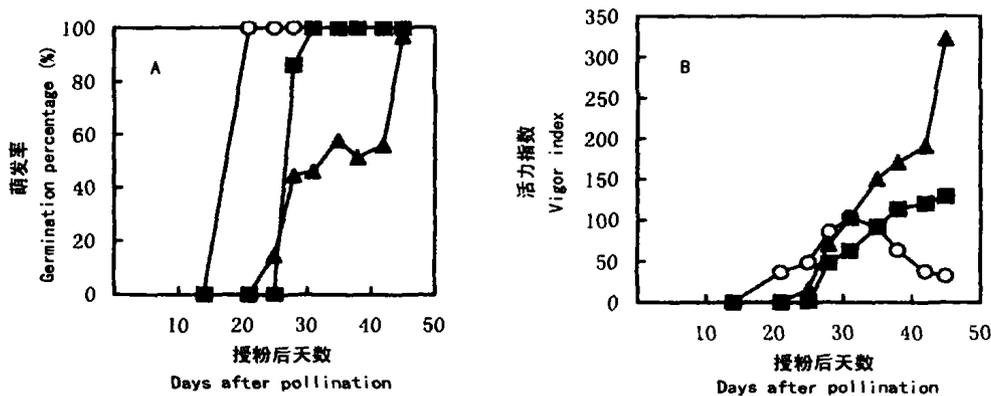


图 3 不同发育时期的玉米种子和胚的萌发率(A)和活力指数(B)的变化

Fig. 3 Changes in germination percentage(A) and vigor index(B) during development of maize embryos and seeds

○ 新鲜胚 Fresh embryos ; ■ 脱水的胚 Desiccated embryos ; ▲ 脱水的种子 Desiccated seeds

2.3 胚耐脱水能力的变化

玉米胚的耐脱水能力随着发育进程而逐渐增加。25、28、31、35、38 DAP 的胚的半致死含水量分别为 0.44、0.07、0.06、0.04、0.03 $\text{g H}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$; 而活力指数下降至对照 (未脱水处理) 的 50% 时含水量分别为 0.75、0.08、0.07、0.04 和 0.03 $\text{g H}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$ 。不同发育时期的胚对脱水的反应也不同, 未获得脱水耐力的胚 (25DAP), 轻微脱水能使其活力指数略微增加, 随着进一步脱水而迅速下降。获得脱水耐力的胚 (28 DAP, 35 DAP), 脱水初期其活力往往有所下降, 然后增加, 直到脱水至很低含水量时其活力才明显下降 (图 4)。

2.4 电解质渗漏速率的变化

在种子和胚的发育过程中, 其电解质渗漏速率有类似的变化趋势, 脱水对其影响趋

势也类似,只是胚比完整种子的电解质渗漏速率高得多。新鲜和脱水的 14-35 DAP 的种子 and 胚的电解质渗漏速率逐渐下降,其中 14-21 DAP 的下降显著,35 DAP 后的变化较小(图 5)。经成熟脱水后(45 DAP),新鲜和脱水的种子和胚的电解质渗漏率已基本相同。比较发育过程中电解质渗漏速率和耐脱水力的变化可见,获得耐脱水能力时,电解质渗漏速率较小,而且脱水使其增加的值也较小。

3 讨论

实验表明,在 14-42 DAP 玉米种子和胚的干重和鲜重不断增加。42 DAP 是生理成熟

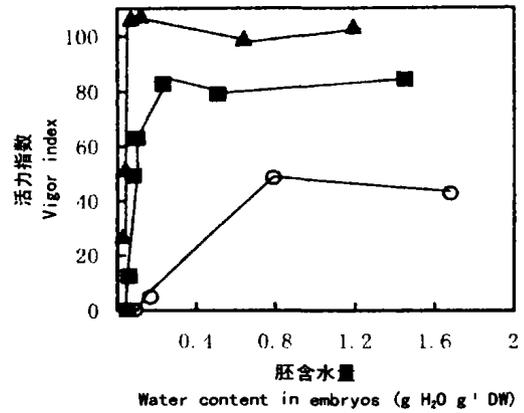


图 4 脱水对不同发育期玉米胚活力指数的影响
Fig. 4 Effects of dehydration on vigor index of maize embryos at different development phases
○ 25 DAP; ■ 28 DAP; ▲ 35 DAP

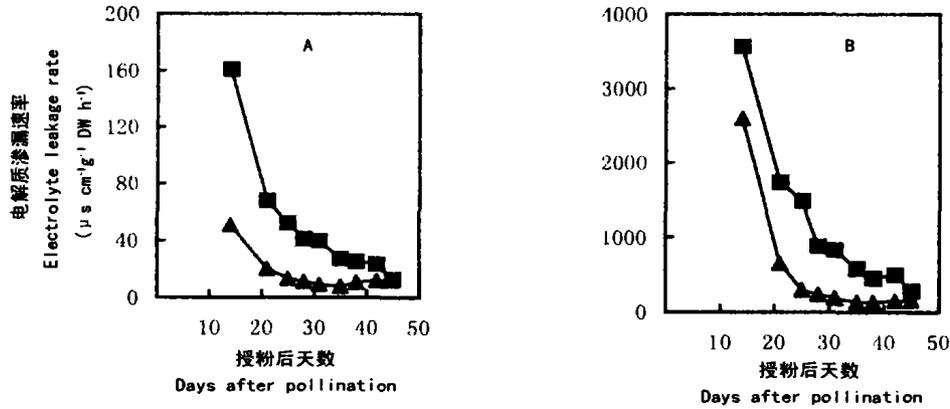


图 5 玉米种子(A)和胚(B)电解质渗漏速率的变化
Fig. 5 Changes in electrolyte leakage rate in seeds (A) and embryos (B) during development of maize seeds
▲ 新鲜种子或胚 Fresh seeds or embryos; ■ 脱水的种子或胚 Desiccated seeds or embryos

期。新鲜离体胚在 21 DAP 获得了萌发能力。25-42 DAP 期间胚的萌发率达到 100% 所需的萌发时间随发育进程而逐步增加。授粉后不同时期的新鲜种子在实验期间均不能萌发,脱水对获得耐脱水能力的离体胚和种子的萌发均有利。这些结果与前人的相一致^[1,2,4]。种子的萌发能力在种子完全成熟前被抑制,这对于防止胎萌以积累更多的营养物质形成更高活力的种子是必要的。脱水既能改变种子对水、气的通透状态,也能促进种子朝有利于萌发的生理生化变化^[1-3],故能促进萌发。

根据 Bewley 的观点^[11],种子能够忍耐快速干燥,中止代谢活动,并能在随后的水合

过程中存活被定义为耐脱水。28 DAP 胚干燥至 $0.10 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$ 时具有 86.1% 的萌发率, 在有大量硅胶的干燥器中脱水至 $0.04 \text{ g H}_2\text{O g}^{-1}\text{DW}$ 时其萌发率仍具有 76.1%, 故可以认为 28 DAP 是其获得耐脱水能力的时期。玉米种子发育中胚先获得萌发能力, 后获得耐脱水能力, 均在贮藏物质积累期, 大大早于成熟脱水期 (42 DAP)。萌发能力和耐脱水能力分别在 14–21 DAP 和 25–28 DAP 这一较短时间内完成。实验还发现, 虽然胚在 28 DAP 初步获得了耐脱水能力, 但其耐脱水能力仍在以后的发育过程不断得到加强。种子脱水耐性的获得是与其细胞内热稳定蛋白和寡糖的数量和种类的积累是密不可分的^[12, 13]。

正常性种子在发育过程中, 电解质渗漏速率的下降与耐脱水力的增加相关联^[10]。本实验也发现玉米种子发育过程中耐脱水能力的获得与电解质渗漏速率的下降有密切联系。初步获得脱水耐力的时期正是电解质渗漏速率显著降低的时期, 在脱水耐力逐步增强的过程中, 电解质渗漏速率受脱水的影响亦不断减低, 种子经成熟脱水后, 其电解质渗漏速率已不再因脱水而提高。这均反映了细胞膜在种子发育过程中不断完善和受保护的程 度不断增加的变化。

参考文献:

- [1] Kermode A R, Bewley J D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. I. Acquisition of desiccation-tolerance and germinability during development of *Ricinus communis* L. seeds [J]. J Exp Bot, 1985, 36: 1906–1915.
- [2] Kermode A R, Bewley J D. The role of maturation drying in the transition from seed development to germination. II. Post-germinative enzymatic production and soluble protein synthetic changes within the endosperm of *Ricinus communis* L. seeds [J]. J Exp Bot, 1985, 36: 1916–1927.
- [3] Bewley J D, Kermode A R, Misra S. Desiccation and minimal drying treatments of seeds of castor bean and *Phaseolus vulgaris* which terminate development and promote germination cause changes in protein and messenger RNA synthesis [J]. Ann Bot, 1989, 63: 3–17.
- [4] Ellis R H, Hong T D, Roberts E H. The development of desiccation tolerance and maximum seed quality during seed maturation in six grain legumes [J]. Ann Bot, 1987, 59: 23–29.
- [5] Bartels D, Singh M, Salamini F. Onset of desiccation tolerance during development of the barely embryo [J]. Planta, 1988, 175: 485–492.
- [6] Koomneef M, Hanhart C J, Hilhorst H W M, et al. *In vivo* Inhibition of seed development and reserve protein accumulation in recombinants of abscisic acid biosynthesis and responsiveness mutants in *Arabidopsis thaliana* [J]. Plant Physiol, 1989, 90: 463–469.
- [7] Leprince O, Hendry GAF, Mckersie BD. The mechanism of desiccation tolerance in development seeds [J]. Seed Sci Res, 1993, 3: 231–246.
- [8] Long S R, Dale R M K, Sussex I M. Maturation and germination of *Phaseolus vulgaris* embryonic axes in culture [J]. Planta, 1981, 153: 405–415.
- [9] Fischer W, Begfeld R, Plachy C C, et al. Accumulation of storage materials, precocious germination and development of desiccation tolerance during seed maturation in mustard (*Sinapis alba* L.) [J]. Bot Acta, 1988, 101: 344–354.
- [10] Sun W Q, Lepold A C. Acquisition of desiccation tolerance in soybeans [J]. Physiol Plant, 1993, 87:403–409.
- [11] Bewley J D. Physiological aspects of desiccation tolerance [J]. Ann Rev plant physiol, 1979, 30: 195–238.
- [12] 杨晓泉, 姜孝成, 傅家瑞. 花生种子耐脱水力的获得与热稳定蛋白的关系 [J]. 植物学报, 1998, 40: 337–342.
- [13] Brenac P, Smith M E, Obendorf R L. Raffinose accumulation in maize embryos in the absence of a fully functional *Vp1* gene product [J]. Planta, 1997, 203: 222–228.