

三药槟榔种子休眠与萌发的研究

杨期和^{1,2}, 廖富林¹, 温献环¹, 叶万辉^{2*}, 尹小娟¹

(1. 嘉应学院, 广东梅州 514015; 2. 中国科学院华南植物园, 广东广州 510650)

摘要: 对三药槟榔种子休眠和萌发的基本特性进行研究, 结果表明种子的休眠属于综合休眠; 种壳对种子萌发的抑制作用不是由于其对水分透过的限制, 而是种皮的机械束缚和透气性差; 种子还需要一段低温的生理后熟过程才能解除休眠。种子经 0.2% 的高锰酸钾溶液浸泡 15 min, 0.3% 亚硝酸钠和 0.2% 的硝酸钾溶液浸种 24 °C 后, 发芽速度均显著加快, 以 0.3% 亚硝酸钠处理效果为最佳。种子在 15、4 °C 和室温(昼 24~32 °C/夜 18~24 °C) 三种不同温度下贮藏 60 d 后, 在 4 °C 贮藏的种子发芽情况最好。种子不耐脱水, 采用硅胶脱水, 含水量降低至 22% 以下, 种子活力显著降低。

关键词: 三药槟榔; 种子; 休眠; 萌发

中图分类号: Q945.34; Q945.35 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2005)06-0549-06

Study on dormancy and germination of *Areca triandra* seeds

YANG Qi-he^{1,2}, LIAO Fu-lin¹, WEN Xian-huan¹,
YE Wan-hui², YIN Xiao-juan¹

(1. Jiaying College, Meizhou 510415, China; 2. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Preliminary study on basic properties of *Areca triandra* seeds was carried out in this paper. The results showed that the seed dormancy belonged to combined dormancy. The restriction on seed germination of seed-husk did not root in its water impermeability, but in its bad air permeability and mechanic restraint. Seeds needed a period of physiological after-ripping to relieve dormancy. Soaking in solution of 0.2% KMnO₄ for 15 min, 0.3% NaNO₂ and KNO₃ for 24 h could all improve germination velocity, especially in 0.3% NaNO₂ solution. The germination experiments of seeds stored at 15 °C, 4 °C and room temperature(24~30 °C at daytime and 18~24 °C at night) for 60 d showed that germination percentage and velocity of the seed stored at 4 °C were the best. The seed had poor desiccation tolerance and its viability decreased significantly when seed moisture content was reduced below 22% with silicagel.

Key words: *Areca triandra*; seed; dormancy; germination

棕榈类植物风姿优雅、飘逸洒脱, 是最能表现热带亚热带风光的重要园林树种和室内盆栽观赏树种, 有“热带植物王子”之盛誉。近十多年来, 随着国

内城市园林绿化的兴起和植物引种工作的开展, 大量棕榈类新种相继被引入到我国华南和西南各地。三药槟榔(*Areca triandra* Roxb. Ex Buch-Ham) 属

收稿日期: 2004-10-15 修订日期: 2005-02-08

基金项目: 中国科学院生物特支课题(STZ97-1-05); 中国科学院重点创新资助项目(KZCXZ-405) [Supported by the Special Foundation for Bioscience and Technology of the CAS and the Ministry of Financy(STZ97-1-05); Key Project of the Knowledge Innovation of CAS(KZCXZ-405)].

作者简介: 杨期和(1969-), 男, 湖南邵阳人, 博士, 副教授, 主要从事种子生理生态学研究。

* 通讯联系人(Author for correspondence)

棕榈科槟榔属,原产印度,中南半岛马来半岛等亚洲南部热带地区,广东、广西、海南、云南、福建、台湾有引种栽培(中国植物志编辑委员会,1991;卫兆芬,1995;林有润,2002)。三药槟榔丛生,干如绿竹,叶似槟榔,树形轻盈,秀雅灵奇,叶绿果红,风格独特,在我国园林建设中占据着重要位置,它适合与草坪、假山、池、亭配衬构成雅致的景色,被广泛应用于热带亚热带地区。经济发展和城市化建设,特别是东南沿海新兴的城市群建设,使人们更加注意居住环境的绿化美化,观赏价值甚高的三药槟榔越来越受到园林工作者的青睐。近年来用于园林绿化的大苗及盆栽苗供不应求,其种子含有丰富的油脂,具有潜在的开发利用价值。三药槟榔主要是种子繁殖,但种子具有休眠特性,且休眠原因尚不清楚。为缩短出苗时间,提高出苗的整齐度,对三药槟榔种子的休眠机理和贮藏条件进行了探讨。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

供试验用的三药槟榔果实于2002年7月采集于中科院华南植物园内。

1.2 含水量测定

采用 105 ± 2 °C、 17 ± 1 h烘箱烘至恒重,以鲜重为基础计算含水量。

1.3 种子的吸水性能的确 定

种子吸水性能以种子每1g干重含水量的变化来表示。将新鲜的带种壳的种子(简称带壳种子)和剥去种壳的种子(简称脱壳种子)分别放入小烧杯中,再置于30 °C恒温箱中吸胀,每组10粒,3次重复。将脱壳种子分别于不同时间取出,用滤纸吸干种子表面水分,称重并记录,然后将种子再放回小烧杯中,加入50 mL蒸馏水;种子吸水率(%)=(浸泡前种子重量-种子浸泡前重量)/种子干重。将带壳种子于不同时间取出10粒,将种壳和种子采用手工方法分离,采用烘干法测定干重,计算干重含水量以反映种子和种壳的吸水率。

1.4 脱水方法

果实采集后,除去种壳,取出种子,测定初始含水量,然后在室温下于密闭的干燥器中脱水1~5 d(硅胶量与种子量的比例为20~25:1),得到不同含水量的种子。

1.5 种子电导率测定

采用20粒种子加50 mL无离子水浸种,浸泡液用DDS-12A型电导仪测定,浸种与测定温度为25~30 °C。

1.6 种子发芽试验

种子经0.1%升汞消毒后,置于25 °C,每日14 h光照条件下进行萌发,光源为日光灯,光照强度为1500~2000 lx。每个处理为40粒种子,3次重复,发芽基质为琼脂,在光照培养箱中进行,胚根伸出种皮达5 mm以上视为发芽。萌发实验持续期一般为4个月,但如果未萌发种子全霉烂则萌发实验提前结束。

$$\text{发芽率}(\%) = \frac{\text{发芽种子数}}{\text{试验种子数}} \times 100$$

1.7 化学药剂处理

脱壳种子经0.2%的高锰酸钾溶液浸泡15 min,0.3%亚硝酸钠和0.2%的硝酸钾溶液浸种24 h后(种子与溶液的体积比为1:10~15),用自来水冲洗5 min后即放入盛有0.8%~1%琼脂120 mm培养皿中,在30 °C每日12 h光照的恒温培养箱中进行萌发实验。

1.8 不同温度下的贮藏对种子萌发的影响

将硅胶脱水1 d种子在4 °C、15 °C和室温(昼24~32 °C/夜18~24 °C)三种不同温度条件下用塑料袋密封贮藏60 d,然后取出种子进行萌发实验,探讨不同的贮藏温度对种子萌发的影响。

2 结果与分析

2.1 果实和种子形态特点

三药槟榔在广州地区花期集中在4~6月,果熟期集中在7~9月,少数在7~9月开花,10~12月座果。果实为核果,外果皮较薄而肉质化,富含糖分和蛋白质,中果皮纤维质,内果皮薄而硬,柱头残留于果实顶部,果长3~3.5 cm,径1~1.5 cm,成熟时由青绿色变为红色或橙红色,每果内一般有一颗种子,极少数有两粒种子。种子椭圆、纺锤形或倒卵球形,长1.2~1.8 cm,径0.8~1.2 cm,呈黄白色、浅黄色、褚石色或褐黄色,由于种皮侵入胚乳而使胚乳呈深嚼烂状,胚基生;刚采集的成熟种子千粒鲜重和千粒干重为 483.93 ± 40.35 g和 323.80 ± 85.51 g,含水量为 $41.86\% \pm 0.62\%$;种子虫害较严重,成熟自然脱落时的种子虫害率达 $13.33\% \pm 2.89\%$ 。在自然条件下,外果皮容易腐烂,但中果皮、内果皮常

与种子紧密粘合在一起，只有在充分风干的情况下，果皮才与种子分离。本文所说的种壳指的包被种子的中果皮和内果皮。

2.2 种壳对种子萌发的影响

脱壳种子与带壳种子在 30 °C 12 h/d 光照条件下的萌发试验结果表明，种壳对种子的萌发有明显的抑制作用(图 1)。脱壳种子在发芽试验开始后的 3 d 即开始萌发，在 42 d 发芽率即达 90%，而带壳种子在 34 d 才开始萌发；脱壳种子的最终萌发率为 90.00% ± 8.16%，而带壳种子仅为 27.50% ± 5.00%。无论是发芽率还是发芽速度，脱壳种子均优于带壳种子，因此除去种壳有利于种子萌发。

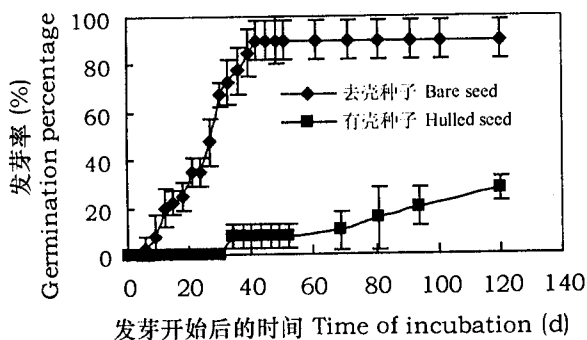


图 1 种子发芽率变化曲线
Fig. 1 Curve of seed germination

2.3 种壳对种子吸水的影响

刚采集的三药槟榔果实，搓去外果皮，脱水 1 d 后，带壳种子的含水量仍高达 32%，随即对种子进行了吸水试验。由于种子本身含水量较高，因此种子吸水速率慢，吸水率较低，浸泡 56~72 h 后，吸水率均为 18%~20%；在吸水的前期(浸泡 4~32 h 时)，脱壳种子的吸水率明显高于带壳种子，但随着时间的延长，超过 56 h 后，脱壳种子和带壳种子吸水率无明显差异，含水量几乎一致(图 2)，约为 40%，表明三药槟榔种子能在 56 h 内完成物理吸水过程。种壳的主要成份是亲水性纤维素，故吸水率很高，浸泡 4 h 后，吸水率即达近 52%，但浸泡 10 h 后，吸水率达 70%~74%，继续浸泡种子几乎不再吸水。在种子萌发过程中，种壳只是延滞种子的吸水，但并不能阻止种子吸水。因此三药槟榔种子的种壳具有较好的吸水性和透水性，种壳对种子萌发的抑制作用不是阻止种子脱水，而是种壳的机械阻力和透气性。

2.4 化学处理对种子萌发的影响

三药槟榔种子经 0.2% 的高锰酸钾溶液浸泡 15 min，0.3% 亚硝酸钠和 0.2% 的硝酸钾溶液浸种 24 h 后，虽然种子最终发芽率几乎相同，但发芽速度明显加快。亚硝酸钠处理的种子在发芽试验开始后的 23 d，硝酸钾处理过的种子在 34 d，高锰酸钾浸泡后

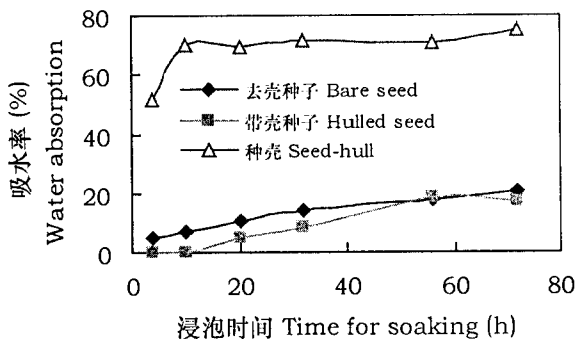
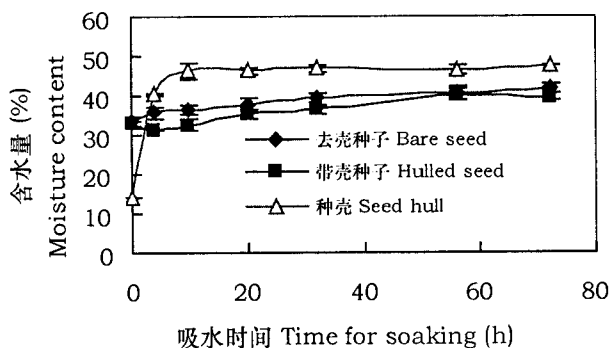


图 2 种子在不同浸泡阶段的含水量和吸水率
Fig. 2 Moisture content and water-absorption rate of seeds at different stages of soaking

的种子在 29 d，种子平均发芽率均为 85%，未经化学处理的种子，在 39 d 发芽率才能达到 85% 以上(图 3)。此后延长种子的萌发期，发芽率均无显著提高。四种化学试剂对种子的催芽效果不同，以 0.3% 亚硝酸钠处理效果为最佳，其次为 0.2% 的高锰酸钾溶液，0.2% 的硝酸钾溶液的效果稍差。

2.5 不同温度下贮藏对脱壳种子萌发的影响

三药槟榔种子在 15、4 °C 和室温三种不同温度下贮藏 60 d 后，在 4 °C 贮藏的种子在发芽开始后的第 12 天发芽率达 82.5%，最终发芽率(第 27 天发芽率)高达 90%；在 15 °C 下贮藏的种子在发芽开始后的第 19 天发芽率达 70%，最终发芽率(第 36 天

发芽率)为77.5%;在室温下贮藏的种子在发芽开始后的第23天发芽率为70%,最终发芽率(第40天发芽率)为75%(图4),可见种子经过两个月贮藏

之后,萌发情况不同,在4℃的低温下贮藏的种子萌发芽率高,萌发速度最快;15℃次之,室温最差。

2.6 脱水对脱壳种子电导率的影响

硅胶脱水2d后,种子含水量由41.86%降至23.92%,发芽率由90%变为92.75%,发芽率略有升高,含水量继续降至21.76%,发芽率仍高达83.33%;方差分析表明含水量由41.86%下降至21.76%,发芽率无显著差异,但含水量降至17.16%时,发芽率仅为52.50%,可见种子活力已明显降低。新鲜种子(含水量41.86%)的电导率为 $2.68 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ (单位下同),脱水初期,电导率的增加较缓慢,当含水量降低至23.92%,电导率为4.96,当含水量为21.74%时,电导率为5.50,方差分析表明含水量由41.86%降低至21.74%,电导率并无显著差异,但含水量下降至17.16%时,电导率显著升高,增至19.89%(图5),可见此时种子已受到明显的脱水伤害,膜结构发生了很大改变,膜透性增大。种子发芽率是其活力直接表现,种子浸泡液的电导率数值可以定量地反映种子活力,电导率越小,表明种子细胞膜结构越完整,活力也越高,两者呈负相关(陶嘉龄等,1991)。本研究发芽率和电导率反映的种子活力的结果是一致的。

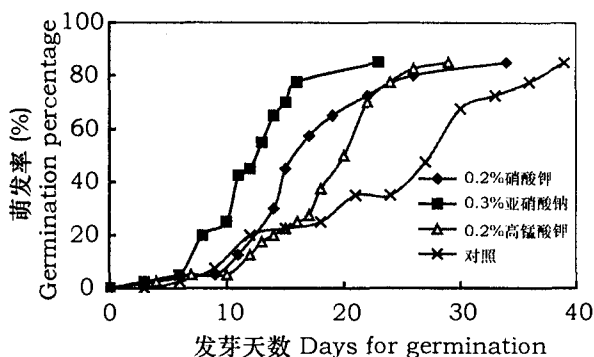


图3 化学处理对脱壳种子萌发的影响

Fig. 3 Effect of chemical treatments on seed germination

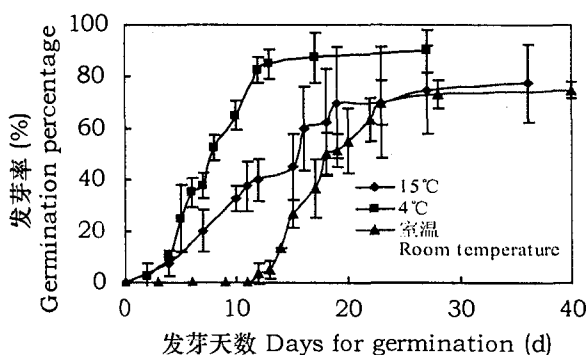
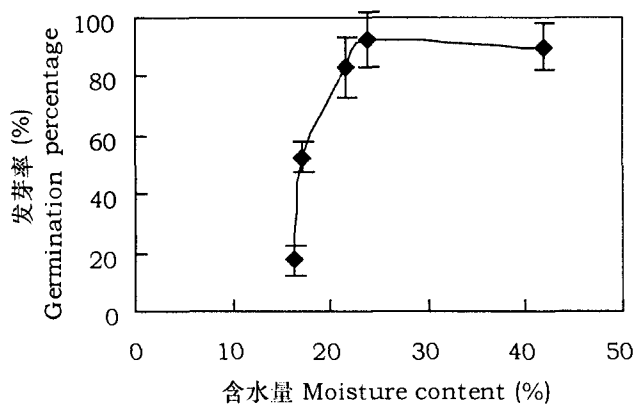


图4 不同温度下贮藏对种子萌发的影响

Fig. 4 Effect of storage at different temperature on germination



3 讨论

三药槟榔外果皮肉质,富含糖分和蛋白质,容易引起霉菌滋生;种子胚乳发达,富含油脂,容易引起虫害;种子过分失水容易导致种子活力的降低,因此

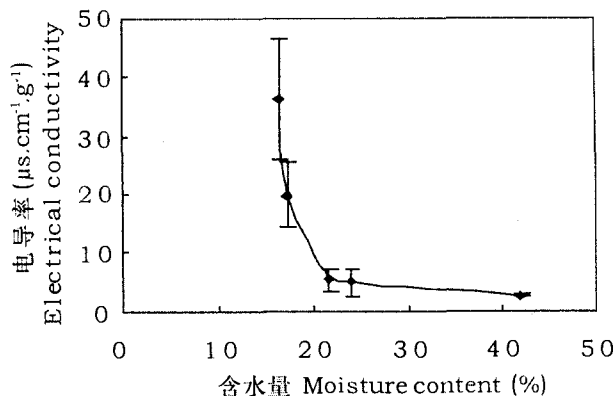


图5 脱水对种子发芽率和电导率的影响

Fig. 5 Effect of desiccation on germination percentage and electrical conductivity of *Areca triandra* seeds

结构致密的纤维质的中果皮可保护内部的种子免受虫菌的为害和种子过快失水,这是它在长期自然选择过程中形成的一种对环境的适应性;但种壳的保

护作用是有一定限度的,因此采后应及时处理以防霉变、虫害和过度脱水而丧失活力。但种壳抑制种子的萌发,不利于苗圃生产,因此在播种时最好先除

去种壳,少量种子可采取轻度干燥后手工剥离的方法,对大批量种子可堆沤发酵,果皮果肉腐烂后冲洗干净并适当晾干,然后放在阴凉湿润处沙藏保存或催芽育苗。三药槟榔种子的萌发和许多栽培果树和作物比较起来,萌发不整齐,特别是带壳种子,这主要是因为不同的种子休眠程度存在差异。这对自然种群来说是有利的,萌发时间的分散有利于种群的生存和传播。

硝酸盐、亚硝酸盐和高锰酸钾和能刺激一些植物种子萌发和打破种子休眠,尤其是 KNO_3 , 作为发芽促进物质而广泛应用于种子检验中(比尤利等, 1989)。三药槟榔的脱壳种子经 0.2% 的高锰酸钾溶液浸泡 15 min, 0.3% 亚硝酸钠和 0.2% 的硝酸钾溶液浸种 24 h 后, 种子最终发芽率虽然差别不显著, 但发芽速度明显加快。高锰酸钾作为一种强氧化剂, 能软化种皮, 改善种皮的通透性, 促进水分或其它物质进入种子, 氧化种皮的抑制剂和降低种皮的机械强度, 从而减轻甚至解除种子的休眠; 硝酸盐和亚硝酸盐能改变种子内部的 C_6/C_1 比, 刺激戊糖磷酸途径的运转, 从而打破种子休眠(卡恩, 1989; 比尤利等, 1989)。虽然许多研究表明生长素和赤霉素等植物激素对解除种子休眠效果很显著, 但成本远高于硝酸盐、亚硝酸盐和高锰酸钾三种化学物质, 因此在苗圃生产中, 采用硝酸盐、亚硝酸盐和高锰酸钾对大批量三药槟榔种子进行催芽处理是切实可行的, 但采用化学处理打破种子休眠通常与试剂的浓度和浸泡时间有关, 采用何种浓度浸泡、浸泡多长时间效果最好, 尚需进一步研究。

三药槟榔种子脱壳之后, 发芽率显著升高, 因此种壳对种子萌发有明显的抑制作用, 但种壳对种子萌发的抑制不是因为种壳的不透水性, 而是不透气性和机械阻力, 这与秤锤树(*Sinojackia xylocarpa*)、大叶冬青(*Ilex latifolia*) 等种子相似(徐本美等, 1997; 史晓华等, 1999)。未经处理的脱壳种子虽然在播种之后的 3~5 d 能萌发, 但经过 4 °C 低温贮藏之后, 种子萌发速度显著加快, 因此种子本身也需要生理后熟, 这与棕榈科的檳棕(*Caryota urens*) 种子萌发是相似的(黄仕训等, 2000), 其它一些研究也表明, 棕榈科一些植物种子有生理后熟现象, 种子需要经过一段时间的贮藏才能具有正常的发芽力(李土荣, 1999)。本研究表明三药槟榔种子的休眠, 除了种壳的强迫休眠外, 种胚还需要一段生理后熟过程, 属于综合休眠类型。

三药槟榔种子在三种不同温度下贮藏 2 个月之后, 和未经贮藏的种子相比, 发芽势均升高, 这更进一步表明种子有一个后熟阶段。但在不同的贮藏条件下, 种子最终发芽率不同, 这主要是因为贮藏温度不同, 贮藏温度越高, 种子活力下降越快, 发芽率也越低, 因此在室温条件下贮藏之后, 种子发芽率低于 15 °C 和 4 °C; 在 4 °C 时贮藏 2 月后, 种子发芽率与贮藏前相比几乎不变, 而在 15 °C 和室温下贮藏, 发芽率却有不同程度的降低, 这与大多数种子的贮藏结果是一致的。棕榈科另一种植物——单叶省藤(*Calamus simplicifolius* Wei.) 的种子在低温(5~8 °C) 高湿条件下贮藏 2 个月后, 其发芽率维持在 70% 以上, 与贮藏前相比, 发芽率没有降低, 但发芽势却明显提高; 在室温(15~20 °C) 条件下贮藏, 其发芽率则降到 60% 以下, 两种植物种子贮藏之后发芽力的变化相似(尹光天等, 1998)。因此, 利用三药槟榔种子育苗, 应在秋冬季及时采集种子, 然后贮藏 in 较低温度下, 在来年春季播种。

三药槟榔种子不耐脱水, 含水量降低到 20% 以下, 种子活力则显著下降, 因此它是非正常性种子, 这与棕榈科的其它植物种子特性相似, 如椰子(*Cocos nucifera*) 是顽拗性种子, 油棕(*Elaeis guineensis*) 和王棕(*Roystonea regia*) 则是中间性种子(Chin 等, 1989; Hong 等, 1996), 檳棕种子也不能干藏, 干藏 5 个月后即完全失去发芽能力(黄仕训等, 2000)。种子从母株脱落之后掉在地表, 日光曝晒和自然风干均可使种子发芽率下降, 甚至失去发芽能力。根据作者的野外观察, 三药槟榔种子因种粒大, 成熟后常落在母树周围, 如下方土壤裸露, 土质坚实, 则难以萌发。如长在地势较高或较空旷生境中的母株下, 有的年份果实累累, 但由于种子在夏季高温和秋季干燥环境条件下, 种子极易失水, 因此不具备打破种子休眠所需要的湿润环境, 所以罕见小苗; 相反, 那些生长在沟边和荫生生境的母株, 或母树下有腐叶等能保持水分的疏松基质条件下, 能保护种子不致过度失水, 同时种皮又得以腐烂, 透气性得到改善, 冬季的低温又能促进种胚生理后熟, 种子才能萌发, 因而有较多的幼苗。三药槟榔种子具有典型的热带植物特征, 即种子成熟采收后要及时处理, 并采取相应的措施保湿贮存并及时播种催芽。

参考文献:

比尤利 J D, 布莱克 M. 1989. 种子萌发的生理生化(第二卷),

- 生活力、休眠与环境控制[M]. 南京:东南大学出版社,48—152.
- 中国植物志编辑委员会. 1991. 中国植物志 13(1)[M]. 北京:科学出版社,132—135.
- 卡恩 A A. 1989. 种子休眠和萌发的生理生化[M]. 北京:农业出版社,33—80.
- 陶嘉龄,郑光华. 1991. 种子活力[M]. 北京:科学出版社,107—138.
- 徐本美,史晓华,黎念林. 1997. 大叶冬青种子的休眠与萌发初探[A]. 中国植物学会植物学分会. 植物引种驯化集刊(第11集)[C]. 北京:科学出版社,150—155.
- Chin HF, Krishnapillay B, Hor YL. 1989. A note on the cryopreservation of embryos from young coconuts (*Cocos nucifera* Mawa)[J]. *Pertanika*, 12:183—186.
- Hong TD, Ellis RH. 1996. A protocol to determine seed storage behaviour[C]. In: Engels JM, Toll J(eds). IPGRI Technical Bulletin No. 1 International Plant Genetics Resource Institute, Rome, Italy, 1—51.
- Hung SX(黄仕训), Wang Y(王燕). 2000. Study on improving seed germination and seedling growth of *Caryota urens* (加快棕榈种子萌发和幼苗生长的研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), 20(3):251—25.
- Li SR(李士荣). 1999. Main characteristics and seed propagation of Palmae(棕榈科植物的主要特性与播种繁殖)[J]. *Chinese Landscape Architecture* (中国园林), 15(65):65—67.
- Ling YR(林有润). 2002. On the systematics, evolution, floristics and economic uses of Palmae and its sister family, Calamaceae(略论棕榈科与新分出的省藤科的系统分类、演化、区系地理及主要的经济用途)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), 22(3):341—365.
- Shi XH(史晓华), Li NL(黎念林), Jin L(金玲), et al. 1999. Seed dormancy and germination of *Sinojackia xylocarpa* (秤锤树种子休眠与萌发的初步研究)[J]. *J Zhejiang Fore Coll*(浙江林学院学报), 16(3):228—233.
- Wei CF(卫兆芬). 1995. The geographic distribution of Palmae(棕榈科植物的地理分布)[J]. *J Trop Subtrop Bot*(热带亚热带植物学报), 3(2):1—18.
- Yang QH(杨期和), Ye WH(叶万辉), Song SQ(宋松泉), et al. 2002. Seed desiccation-tolerance and its relationship to seed types and developmental stages(种子脱水耐性及其与种子类型和发育阶段的相关性)[J]. *Acta Bot Boreali-Occidentalalia*(西北植物学报), 22(6):1518—1526.
- Yin GT(尹光天), Xu HC(许煌灿), Zeng BS(曾炳山), et al. 1998. Research on the bio-ecological characteristics and cultivation techniques for *Calamus simplicifolius*(单叶省藤生态生物学特性及栽培技术研究)[J]. *Forest Research*(林业科学研究), 11(1):7—15.

(上接第 503 页 Continue from page 503)

- 北京:高等教育出版社.
- 林允兴,张宪春,陆树刚,等. 2000. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,6(2):49—150.
- 林鹏. 1986. 植物群落学[M]. 上海:上海科学技术出版社,68—90.
- 钱崇澍,陈焕镛. 1959. 中国植物志 Vol. 2[M]. 北京:科学技术出版社,106—275.
- 秦仁昌,邢公侠,吴兆洪,等. 1990. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,3(1):2—77.
- 谢演堂,武素功,陆树刚. 2000. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,5(1):26—195.
- 黄观程(译)(苏·塔赫他间著). 1988. 世界植物区划[M]. 北京:科学出版社,92—101.
- 董鸣. 1979. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京:中国标准出版社,3—10.
- Cheng X. 1991. Notes on the flora and distribution of the pteridophytes of Yunnan, Southwest China[J]. *J Fac Sci Univ Tokyo* III, 15:73—90.
- Kellman MC. 1987. 植物地理学[M]. 北京:高等教育出版社.
- Kuo Chen-Meng. 1985. Taxonomy and phytogeography of Taiwanese pteridophytes[J]. *Taiwania*, 30:5—100.
- Lu SG(陆树刚). 1992. The ecological types of pteridophytes in Dulongjiang Region, Yunnan(云南独龙江地区蕨类区系地理的研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 增刊 V:99—107.
- Lu SG(陆树刚). 1994. A study on pteridoflora from Huaguo Mountain and its neighboring region, SE. Yunnan, China(滇东南花果大箐及附近地区蕨类区系研究)[J]. *J Yunnan Univ*(云南大学学报), 16(3):272—275.
- Lu SG(陆树刚), Zhang GF(张光飞). 1994. A study on the pteridoflora from Bozhu Mountain, SE. Yunnan(滇东南薄竹山蕨类区系研究)[J]. *J Yunnan Univ*(云南大学学报), 16(3):276—280.
- Shi JP(施济普), Zhu H(朱华). 2003. A community ecology study on the monsoonal evergreen broad-leaved forest in tropical Montane of Xishuangbanna(西双版纳热带山地季风常绿阔叶林的群落生态学研究)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究), 25(5):513—519.
- Smitinand T, Larsen K. 1989. Flora of Thailand[M]. 3(4):53—522.