

· 综 述 ·

龙脑香科植物种子特性的研究进展

路 信¹, 兰芹英², 杨明挚¹

(1 云南大学生命科学学院, 昆明 650091; 2 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 665303)

Research Advancement of Dipterocarpaceae Seeds Characteristics

LU X in¹, LAN Q in-ying², YANG M ing-zhi¹

摘要: 大部分龙脑香科植物的种子在发育末期不经历成熟脱水, 脱落时有较高的含水量, 并且对低温和脱水非常敏感, 在贮藏特性上属于顽拗性种子。而影响种子脱水耐性的因素, 有种子本身的生理生化物质基础, 也有种子在母株上所经受的外界环境的影响。目前, 龙脑香科种子在脱水过程中种子的生理生化变化、贮藏条件对种子活力的影响以及种质资源保存技术等方面研究得较多。此外, 对顽拗性的龙脑香科种子脱水敏感性的机制也有研究。本文对龙脑香科种子研究的现状作一综述。

关键词: 龙脑香科; 顽拗性种子; 种质资源; 低温敏感;

脱水敏感

中图分类号: S 789.7 文献标志码: A

文章编号: 1001-4705(2010)05-0046-06

种子是植物生活史中一个重要的阶段, 对植物种族的延续起着非常重要的作用, 因此种子特性的研究对植物种质利用和保存具有重要的意义。

Roberts 根据种子的贮藏特性将种子分为正常性种子和顽拗性种子两种类型。正常性种子能耐受脱水和低温, 成熟时含水量低, 可以在低含水量和低温条件下长期保存。而顽拗性种子不耐脱水, 脱水到一定程度会死亡, 对低温高度敏感, 成熟时有很高的含水量, 脱落后即迅速萌发或存在胎萌现象, 不能用正常性种子的贮藏条件来贮藏^[1]。Ellis 等^[2]认为, 在两者之间还存在中间性种子, 中间性种子有一定的脱水耐性, 但耐脱水程度不如正常性种子, 热带雨林地区的中间性种子在脱水到一定程度还对低温敏感。

龙脑香科植物为东南亚低地湿性雨林的优势植物, 也是一类世界著名的用材树种。《中国植物志》记载全世界龙脑香科植物共计 16 属, 530 余种, 分布于

亚洲及非洲热带。我国有 5 属 13 种 (1 栽培种), 仅分布于云南、广西、海南以及西藏。在我国热带自然分布的龙脑香科种类, 是这科在东南亚分布的最北缘^[3, 4]。龙脑香科为公认的古热带植物区系的特有科, 它们是热带东南亚 (至热带南亚) 的代表性、特征性、主导性和关键性植物区系成分, 其科学意义和内涵极其广博精深, 在世界植物界雄居前列。此科树木经济价值巨大, 东南亚的木材业主要来源于龙脑香树木的森林资源, 其木材产量约为其他所有各科木材之和, 占据首位, 而其林副产品也丰富多样, 如芳香油类、油漆类、药用类等。此外, 中国龙脑香科树种均具极其重要 (一级保护植物) 或重要 (二级保护植物) 的科研、经济和文化价值, 有其深厚的科学意义和深远的社会 (环保) 意义^[5]。

大部分龙脑香科植物不定期的产生大量不耐脱水的顽拗性种子, 自然更新能力很差。而中国龙脑香科树种均为国家重点保护植物。所以, 为了保护和持续利用龙脑香科植物种质资源, 对龙脑香科植物种子进行研究是很有必要的。

1 龙脑香科植物的种子

1.1 种子的特点

大多数龙脑香科种子有以下几个特点: (1) 种子的体积大, 千粒重多在 500 g 以上。广西青梅 (*Vatica guangxiensis*) 千粒重: 带翅 760 g 去翅 480 g^[6]。坡垒 (*Hopea hainanensis*) 种子千粒重 531.71 g^[7]。狭叶坡垒 (*Hopea chinensis*) 种子的千粒重 1 200~1 500 g^[8]。*Shorea acuminata* 种子的初始千粒重 751 g^[9]。(2) 种子无成熟脱水过程, 含水量很高, 不耐脱水。坡垒种子的成熟含水量是 37.71%^[7]。*Shorea robusta* 和 *Shorea talura* 种子的初始含水量分别是 50.2% 和 46.8%^[10]。*Shorea acuminata* 种子的初始含水量是 46.67%, 萌发率是 100%, 脱水至含水量为 10% 时萌发率是 36.7%^[9]。狭叶坡垒种子含水量与发芽率呈显著的正相关关系, 含水量由 54.14% 下降到 23.78% 时发芽

收稿日期: 2010-01-22

基金项目: 中国科学院知识创新工程 (KSCXZ-SW-117); 科学院战略资源支撑体系-热带植物种质资源的收集保存 (CZBX-1); 科技部平台项目-部分热带植物种质资源的整理、整合和信息化 (2005DKA21006)。

作者简介: 路 信 (1983-), 男, 河北邢台人; 在读硕士, 主要从事热带植物种子生理生化及保存研究。

通讯作者: 兰芹英; E-mail: lqy@xtbg.org.cn

率由 100% 降到零^[8]。婆罗双 (*Shorea robusta*) 种子也没有成熟脱水过程, 从母树上脱落时含水量高达 42% ~ 49%, 室温下 4 d 脱水失活^[11]。望天树 (*Shorea Wangtianshueae*)^[5] 种子脱水到 46% ~ 49% 的含水量时, 种子就完全失去活力^[15]。(3) 种子无休眠期, 果熟后立即萌发。如狭叶坡垒种子无休眠期^[8]。*Shorea platyclados* 和 *Shorea curtisii* 的种子也没有自然休眠, 落地后就快速萌发, 这样种子避免了腐烂和被森林动物采食比休眠的种子更易存活下来^[12]。(4) 种子对低温敏感。坡垒种子在 5℃ 下贮藏 6 个月后几乎全部失活^[13]。望天树的种子也不耐受 5℃ 低温贮藏^[14]。婆罗双种子在 15℃ 下保存 6~7 d 完全失去活力^[11]。因此, 大多数龙脑香科植物种子不耐脱水, 对低温敏感, 属于顽拗性种子, 不能长期贮藏。种质保存比较困难。

1.2 种子种翅的作用

多数龙脑香科种子具有增大的翅状花萼裂片, 即种翅。它通过旋转借助风力帮助种子传播^[16]。Noriyuki Osada 等^[17] 研究了 *Dipterocarpus cornutus* 和 *Dipterocarpus crinitus* 的种翅对种子散布的作用后, 认为龙脑香科植物种翅对种子借风力传播是有利的, 传播距离主要决定于风速、树的高度和种子的大小, 尽管种翅可以帮助种子传播, 但龙脑香科植物的大部分种子仍落在母树附近。Kenzo 等^[18] 对 *Dipterocarpus pachyphyllus*, *Dryobalanops aromatica*, *Dryobalanops lanceolata*, *Shorea beccariana*, *Shorea macroptera* ssp. *Baibani*, *Shorea macroptera* ssp. *Macropterifolia*, *Shorea pilosa* 和 *Vatica* spp. 9 种龙脑香科植物种翅的光合速率的研究表明, 龙脑香科植物种翅有光合作用的能力, 但对种子发育贡献很小, 主要功能还是物理保护和避免食草动物的采食。因此, 龙脑香科种翅的作用主要是通过旋转借助风力增加种子的传播距离和对种子进行保护, 并有一定的光合作用, 但种子传播距离有限, 居群扩散速度慢, 自然更新能力差, 也是造成龙脑香科植物濒危的一个重要原因。

1.3 种子的类型

大部分龙脑香科树种的种子在脱水到一个相对高的含水量时就失去活力, 在贮藏行为上属于顽拗性种子^[19]。缠绕龙脑香 (*Dipterocarpus intricatus*) 种子最低安全含水量为 10%, 脱水至 7% 的含水量时种子有一半失去活力。*Dipterocarpus alatus* 种子的最低安全含水量为 17%, 进一步脱水至 8% 时种子全部失活。小瘤龙脑香 (*D. tuberculatus*) 种子的最低安全含水量为 12%, 脱水至 7% 的含水量时有一半失去活力。以上 3 种龙脑香科植物的种子在贮藏行为上属于中间性

种子^[20]。*Shorea javanica* 种子在 13% ~ 14% 含水量时可在 20℃ 下贮藏, 当温度低于 10℃ 时出现低温损伤, 也属于中间性种子^[21]。然而 *Dipterocarpus grandiflorus*^[22] 和 *Shorea henryana*^[23] 的种子在贮藏行为上均属于正常性种子。因此, 大部分龙脑香科植物种子是顽拗性种子, 还是有少部分种的种子是中间性或正常性种子。

根据龙脑香科植物种子对低温的敏感程度和低温条件下贮藏的时间长短可分为三类: 第一类, 种子在 4℃ 下贮藏 2 个月以上, 大多数种子仍能存活, 如 *Shorea talutra*, *S. assamica*, *S. hypochra*, *S. bracteolata*, *Hopea latifolia*, *H. odorata*, *H. wightiana*, *H. subulata*, *H. ferrea*, *H. nervosa*, *Dipterocarpus oblongifolius* 等; 第二类, 种子在低于 15℃ 下贮藏不能存活, 如 *Shorea ovalis*, *S. platyclados*, *S. curtisii*, *S. acuminata*, *S. pauciflora*, *S. argenteifolia*, *S. parvifolia*, *S. dasyphylla*, *S. leprosa*, *S. ovalis* 等; 第三类, 能在低于 15℃ 贮藏, 但短于 2 个月, 如, *Shorea resina-nigra*, *S. multiflora*, *S. faguetiana*, *S. hopeifolia*, *Vatica lavi*, *V. cinerea*, *Dryobalanops aromatica*, *D. oblongifolia*, *Balanocarpus heimii*, *Parashorea densiflora*, *Parashorea malaanonan* 等^[24]。

此外, 根据能耐受的温度范围, 龙脑香科种子也可分成三类: 第一类, *Dipterocarpus*, *Dryobalanops*, *Neobalanocarpus* 和 *Vatica* 属的种子不能忍耐低于 14℃ 的低温; 第二类, *Mutica*, *Pachycarpae* 和 *Brachypterae* 组 *Shorea* 属的种子不能忍耐低于 22~28℃ 的温度; 最后一类, *Anthoshorea* 组 *Shorea* 属的种子, *Hopea* 和 *Parashorea* 的种子能忍耐 4℃ 的低温, 但最好在 14℃ 下贮藏^[25]。可见, 龙脑香科各树种的种子在保存条件上有一定差异。

2 龙脑香科植物种质资源的保存

种质是决定生物种性并将其丰富的遗传信息从亲代传给子代的遗传物质的总称, 是物种进化、遗传学研究和植物育种的物质基础。植物种质资源的保存对于保持生物多样性、生态平衡、人类自身的生存发展有重要的意义。

2.1 龙脑香科植物种子的贮藏

种子的贮藏首先要确定种子的贮藏行为类型是正常性还是顽拗性。大部分龙脑香科树种的种子在脱水到一个相对高的含水量时失去活力, 在贮藏行为上属于顽拗性种子^[19]。

(1) 龙脑香科种子含水量和贮藏寿命的关系:

脱水至所有种子都死亡时的含水量称为临界含水

量^[24]。最低安全含水量为种子脱水至低于新采种子致死时的含水量^[26]。种子含水量是决定贮藏寿命的一个关键因素,龙脑香科种子贮藏时的含水量应高于其最低安全含水量,中间性种子短期贮藏时含水量应保持在 10% ~ 17%,长期贮藏含水量应更低^[19]。缠结龙脑香的种子含水量降至 10% ~ 20% 时贮藏寿命增长,含水量 10% 的种子在 31℃ 下密封贮藏 100 d 后仍有活力^[20]。*Shorea javanica* 种子的含水量为 13% ~ 14% 时可以在 20℃ 贮藏^[21]。坡垒大粒的种子脱水至含水量 36% ~ 38% 时,在 18℃ 下贮藏 1 年后仍有 80% 的萌发率^[13]。适当降低龙脑香科种子含水量能延长种子贮藏寿命。

通过种子保存种质资源,降低种子含水量是延长种子寿命的有效技术。龙脑香科种子进行贮藏时还应考虑采收种子的最佳时期和脱水速率。坡垒种子的生理成熟期是开花后第 157 天,这时种子和胚轴的干重均达到最大,然而胚轴脱水耐性最强是在花后第 150 天,随着进一步发育脱水耐性开始下降。快速脱水比慢速脱水更能减少对坡垒种子或胚轴的伤害,因此对花后 150 d 采集的坡垒种子进行快速脱水可能达到长期贮藏坡垒种子的目的^[37]。

(2) 贮藏温度对龙脑香科种子贮藏寿命的影响:

维持一个适宜的温度对安全地贮藏龙脑香科种子是至关重要的,温度对龙脑香科种子的贮藏最显著的影响是低温损伤^[19]。多数龙脑香科植物种子不能在低温下贮藏,坡垒种子在 5℃ 下贮藏 6 个月后几乎全部失活,但是在 15 ~ 20℃ 下不会失活^[13]。*H. p. hefferi* 和 *H. odorata* 的种子在 15℃ 下至少能贮藏 1 个月仍有活力^[27]。坡垒种子含水量为 36% ~ 38%,贮藏温度 18℃,贮藏一年后,仍有 80% 的萌发率,贮藏坡垒最适宜温度是 15 ~ 20℃^[13]。有些龙脑香科种子可以忍耐一定程度的低温,含水量 12% 缠结龙脑香的种子在 2℃ 下密封贮藏 1 237 d 后,种子活力从 63% 降至 38%^[20]。含水量 12% 的小瘤龙脑香种子密封贮藏在 -20℃ 的容器中 425 d 后,活力从 71% 下降到 32%。含水量 12% 的 *Dipterocarpus alatus* 种子密封贮藏在 -18℃ 的容器中 939 d 后,活力从 80% 下降到 36%^[19]。*Shorea roxburghii* 的种子能在 6℃ 下 12 周后仍能存活,但并不比在 21℃ 下贮藏好^[28]。大多数龙脑香科植物种子存在低温损伤,种子贮藏在 21℃ 下较好。因此,要根据不同的龙脑香科树种种子对低温的忍耐程度,选择适当低的贮藏温度。

(3) 贮藏介质、湿度以及通气对龙脑香科种子贮藏寿命的影响:

贮藏介质的使用,可有效延长龙脑香科种子的贮藏寿命,用来贮藏顽拗性种子的介质有木炭、泥炭、锯屑、沙和塑料袋等^[19]。此外,椰糠也是很好的介质,用椰糠来贮藏坡垒可超过 1 年^[13]。贮藏介质主要是保持贮藏容器内湿度稳定,龙脑香科种子需要贮藏在一定湿度的环境中,避免种子失水。贮藏龙脑香科种子时通气可赶走有毒气体避免种子缺氧,增加氧气含量可提高种子贮藏寿命^[19]。在 16℃、40% 湿度、通气的容器里, *Shorea Roxburghii* 种子贮藏 9 个月后仍有超过 50% 的活力^[28]。总之影响坡垒种子贮藏期间活力的关键是种子含水量,但贮藏温度对坡垒活力也有很大影响,最适宜温度为 15 ~ 20℃。另外,缓慢通气也是贮藏坡垒种子的关键,使容器内空气含氧量维持在 10% ~ 15%^[13]。此外,贮藏期间还要避免种子发芽、发酵和发霉,应在结实大年挑选千粒重大,整齐饱满和完全成熟的龙脑香科种子进行贮藏。

2.2 龙脑香科植物组织培养快繁技术

龙脑香科植物种质的保存还可通过组织培养快繁技术来实现,即通过组织培养快繁来生产再造林树苗,提高遗传力和保存种质,如香坡垒 (*Hopea odorata*) 已成功在试管中进行组培^[29]。第 1 次用组织培养方法繁殖龙脑香科植物是 *Shorea roxburghii*^[30]。后来,在试管中用 *Dipterocarpus alatus* 和 *Dipterocarpus intricatus* 的胚芽也繁殖出健康的幼苗^[31]。把幼苗保存在苗圃里,也可实现种质的有效保存。*Shorea acuminata* 的种子是高度顽拗性的,种子保存不能超过 1 ~ 2 周,可以通过在苗圃里保存采来的 25 年的野生苗来保存种质^[32]。因此,对于种子难以贮藏的优良的龙脑香科树种用组织培养快繁技术繁殖幼苗再保存在苗圃里来实现保存种质。

用以上种子贮藏和组培两种方法并不能完全解决龙脑香科植物种质的保存问题。顽拗性种子贮藏的另外一个手段是超低温保存,超低温保存是指在 -80℃ 以下的超低温中保存种质资源的一套生物学技术。常以液氮 (Liquid Nitrogen 简称 LN₂) 为冷源,因此超低温保存又称液氮 (-196℃) 保存^[33]。有两种方法可以克服含水组织的超低温保存时的冰晶损伤问题:用冰冻保护剂处理后相对地慢速降温或者快速降温^[34]。龙脑香科植物成熟时含水量较高,在低温下易形成冰晶,对细胞造成机械损伤,直接投入液氮中,则活力会完全丧失。但龙脑香科种子的离体胚轴能忍受一定的脱水,因此可考虑用离体胚轴进行超低温贮藏实现对龙脑香科植物种质的长期保存。

3 龙脑香科植物种子的脱水敏感性研究

目前已知的影响种子耐脱水的机制有以下几点:

(1)细胞内的物理特性,如液泡的缩小程度、积累的不溶性储备物的数量和性质、细胞骨架的反应、DNA的结构、染色质和细胞核的构型;(2)胞内去分化导致细胞表面积的最小化,也可能影响到细胞骨架;(3)新陈代谢的关闭;(4)抗氧化系统的存在和有效运行;(5)保护分子包括 LEAs(late embryogenesis abundant proteins),蔗糖和低聚糖或半乳糖基环多醇的积累和作用;(6)某些亲水性分子的展开;(7)脂质体外层的外周油脂蛋白的影响;(8)再水合期间修复机制的存在和运行。耐脱水种子在脱水和再水合期间以上几点起作用的顺序如图 1 所示^[34]。

可以把影响正常性种子脱水机制的研究引入到对龙脑香科种子不耐脱水的研究中来。坡垒种子含水量迅速下降时种胚及子叶颜色变暗,韧性降低变脆,无光泽。其胚的根尖细胞亚显微结构有明显变化,含水量为 34.0% 时,细胞质空泡化,细胞核的结构正常,降至 20.3% 以下,液泡膜破裂,核内结构变得模糊,直至质壁分离,核膜和核仁的界限不分明,染色体均质化,呈黑色一团,各种细胞内的物质已大量消失,剩下胞壁或仅含某些分解残物。青皮 (*Vatica astrotricha*) 种子含水量降至 23.1% 时胚根尖许多细胞处于解体状态。坡垒、青皮种子脱水活力降低的原因,可能是蛋白质变性成不可逆的凝胶,细胞的亚显微结构受到一定程度的破坏。坡垒、青皮种子失水过程中,当核的精细结构遭到破坏达到不能修复或完全丧失修补能力时,细胞就损伤致死^[35]。坡垒种子在贮藏期间,脱氢酶活性与种子活力呈正相关^[13]。*Shorea robusta* 脱水损伤和不能长期贮藏的原因:细胞膜失去半透性,种子失去新陈代谢能力,蛋白质变性^[36]。婆罗双种子贮藏期间,用激动素处理后有较低的细胞渗出液、电导率和过氧自由基,超氧化歧化酶活性也增强,贮藏寿命也有所延长^[11]。因此可以用正常性种子脱水过程和萌发过程中的自我保护与修复机制作为模式来研究龙脑香科植物顽拗性的机制。

龙脑香科植物脱水敏感性还与它们的生态环境有关。龙脑香科种子对脱水的不同反应是植物在不同环境条件下长期适应的结果。顽拗性的龙脑香科树种通

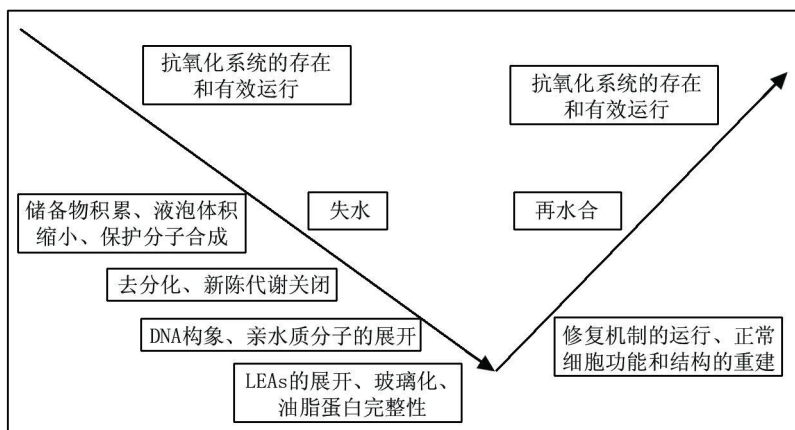


图 1 正常性种子脱水和再水合期间主要耐脱水保护机制的运行顺序^[34]

常分布于易于迅速成苗的潮湿的森林地带,文彬等对坡垒在不同光照、温度和土壤水分三因子中的萌发研究表明,坡垒种子的萌发离不开森林的阴凉高湿环境(坡垒为热带雨林树种)^[7]。而正常性或中间性的龙脑香科树种多生长在干旱缺水地带,如中间性的缠结龙脑分布在稀树草原地区干旱落叶林。小瘤龙脑香属中间性,分布在热带干旱落叶林。

4 结语与展望

龙脑香科植物多分布于温暖潮湿的东南亚热带雨林地区,成熟的种子体积大且含水量高,借助风力传播的距离有限,多散落于母树周围,居群扩散速度慢且自然更新能力差。作为东南亚雨林的上层优势树种,龙脑香植物具有很重要的生态学地位,并且具有巨大的经济价值。世界木材市场的大量需求造成对该科树木的过度采伐,必须对该科植物资源加强保护。

龙脑香科植物的种子多为顽拗性,对脱水和低温敏感,适当的降低种子的含水量,在适宜的温度和保持一定湿度的介质中贮藏,能一定程度延长贮藏寿命。另外缓慢通气,以及避免种子发酵、发芽和发霉,也有利于种子贮藏。应用组织培养快繁技术可大量快速繁殖龙脑香科树苗,再移植到苗圃后用激素处理增大苗的根茎比,这样能以幼苗的方式保存龙脑香科植物种质资源。

目前,龙脑香科种子的研究工作主要集中在脱水过程中种子的生理生化变化、贮藏条件对种子活力的影响以及保存技术等。贮藏条件对种子活力影响的研究最为深入,可以延长多种龙脑香科种子的贮藏寿命。用组织培养快繁技术保存龙脑香科植物种质资源也已有长足进展。但超低温保存技术,在其它顽拗性种质保存中有较大进展,而在保存龙脑香科植物种质资源

方面还有待深入研究。龙脑香科种子脱水过程中生理生化变化研究主要集中在细胞亚显微结构变化和各种抗氧化酶的活性研究。可以把影响正常性种子脱水机制的研究引入到对龙脑香科种子不耐脱水的研究中来,如用同科的正常性种子脱水过程和萌发过程中的自我保护与修复机制作为模式来研究顽拗性龙脑香科种子在同样处理条件下所缺少的机制。正常性种子发育晚期及成熟过程中积累的非还原性糖与种子干燥脱水的耐性增加有关,脱水会诱导一些非还原性糖的合成,使种子获得脱水耐性,可通过研究龙脑香科种子在发育过程中糖的种类和含量的变化来探讨龙脑香科种子不耐脱水与糖类的关系。LEA 蛋白与脱水耐性相关,研究龙脑香科种子 LEA 蛋白的存在与否来确定 LEA 蛋白的缺失是不是龙脑香科种子顽拗性的原因。还可以从龙脑香科植物的自然生境对种子的影响方面进行研究,来探讨龙脑香科的顽拗性种子不耐脱水和不耐低温的生态原因。龙脑香科顽拗性种子不耐脱水和对低温敏感是由数量性状引起的,是由多基因控制的,分子生物学研究方法的引入将有利于顽拗性种子的深入研究到植物基因的序列差异和表达的时空差异上来。还应研究龙脑香科植物单独的一个属甚至一个属的不同物种之间的进化历史,并分析这些植物种子脱水耐性的差异,进而了解龙脑香科的种子脱水耐性的演化关系。

参考文献:

- [1] Roberts E. H. Predicting the storage life of seeds [J]. Seed Science and Technology 1973, 1: 499–514.
- [2] Ellis R. H., Hong T. D., Roberts E. H. An intermediate category of seed storage behavior I Coffee [J]. J Exp Bot 1990, 41: 1167–1174.
- [3] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1990, 50(2): 113–131.
- [4] 朱华. 西双版纳龙脑香热带雨林生态学与生物地理学研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002 5–8.
- [5] 杨勇康, 吴家坤, 龚祝南. 中国龙脑香科植物分类研究 (一) [J]. 中国野生植物资源, 2002, 21(3): 1–6.
- [6] 黄仕训, 王才明, 王燕. 濒危树种广西青梅保护初步研究 [J]. 植物研究, 2001, 21: 317–320.
- [7] 文斌, 兰芹英, 何慧英. 光、温度和土壤水分对坡垒种子萌发的影响 [J]. 热带亚热带植物学报, 2002, 10: 258–262.
- [8] 张玲, 肖春芬, 王坚. 濒危植物独叶坡垒的迁地保护 [J]. 广西植物, 2001, 21: 277–280.
- [9] Soetisna U., Rantau D. E., and Mulyaningsih E. S. Desiccation and storage trial of recalcitrant seed: A case study of *Pometia pinnata* and *Shorea leorosa* [J]. Forest Research Institute Malaysia UFRO Seed Symposium 1998 “Recalcitrant seeds”: Proceedings of the Conference Kuala Lumpur Malaysia 1998 12–15.
- [10] Purohit A. N., Shama M. M., and Thapliya R. C. Effect of storage temperatures on the viability of Sal (*Shorea robusta*) and Talum (*Shorea talum*) seed [J]. Forest Sci 1982, 28: 526–530.
- [11] Krishna K. S. and Naithani S. C. Kinetin-Mediated Prolongation of Viability in Recalcitrant Sal (*Shorea robusta* Gaertn. f.) Seeds at Low Temperature Role of Kinetin in Delaying Membrane Deterioration during Desiccation-Induced Injury [J]. J Plant Growth Regul 1998, 17: 63–69.
- [12] Tang H. T. Preliminary tests on storage and collection of some Shorea seeds [J]. Malaysian Forester 1971, 34: 84–98.
- [13] 宋学之, 陈青度, 王冬馥, 杨军. 坡垒种子的储藏条件研究 [J]. 林业科学, 1984, 20: 225–235.
- [14] 闫兴富, 曹敏. 光照和温度对望天树种子萌发的影响 [J]. 植物学通报, 2006, 23: 642–650.
- [15] Yan X. F., Cao M. and Xu H. L. Effects of desiccation and temperature on the germination of *Shorea chinensis* (Dipterocarpaceae) seeds [J]. Seed Science and Technology 2007, 35: 232–236.
- [16] Eizi Suzuki and Peter S. Ashton. Sopal and nut size ratio of fruits of Asian Dipterocarpaceae and its implications for dispersal [J]. Journal of Tropical Ecology 1996, 12: 853–870.
- [17] Noriyuki Osada Hiroshi Takeda Akio Furukawa and Muhammad Awang [J]. Fruit dispersal of two dipterocarp species in a Malaysian rain forest Journal of Tropical Ecology 2001, 17: 911–917.
- [18] Kenzo T., Ichie T., Ninomiya I., and Koike T. Photosynthetic activity in seed wings of Dipterocarpaceae in a masting year: Dose wing photosynthesis contribute to reproduction? [J]. Photosynthetica 2003, 41(4): 551–557.
- [19] Tompsett P. B. A review of the literature on storage of dipterocarp seeds [J]. Seed Science and Technology 1992, 20: 251–267.
- [20] Tompsett P. B. Desiccation and storage studies on dipterocarp seeds [J]. Annals of Applied Biology 1987, 110: 371–379.
- [21] Umboh M. I. J. Multidisciplinary research on *Shorea javanica* IV. Storage and germination tests on *Shorea javanica* seeds Biotropia 1987, 1: 58–66.
- [22] Dayan M. P. Seed technology for reforestation species [J]. Canopy International 1992, 18: 5–9.
- [23] IPGR I/DFSC. The Project on Handling and Storage of Recalcitrant and Intermediate Tropical Forest Tree Seeds [J]. Newsletter 2001, 9.
- [24] Sasaki S. Storage and germination of dipterocarp seeds Malaysian forester 1980, 12: 75–87.

(下转第 55 页)

大。番茄具有代表性的地方品种有早雀钻、矮箕大红、江湾大红、长箕大红、本地养红等。茄子品种有条子茄、杭州条茄、牛奶茄、青茄、灯泡茄子、台湾园茄、白茄等。辣椒有茄门椒和大羊角椒、灯笼椒、小羊角椒等。

3 2 8 根菜类

上海地区根茎类蔬菜品种资源,主要有萝卜、胡萝卜、红菜头、山药、马铃薯、芋艿、茭苳以及榨菜、大头菜等及多年生的竹笋。其中萝卜、马铃薯、茎用茭苳、竹笋四类蔬菜品种较多。上海主要的品种资源为冬萝卜,其中有童子萝卜、园白萝卜、浙大长、早长白、月浦晚长白、本地晚长白等和少量的山东红、灯笼红、章丘青等。上海小红、扬州小红、杨花白、黑夜萝卜等品种均已散失。

3 2 9 薯芋类

上海马铃薯地方品种有红皮沙、石卵种、白皮种等。

3 2 10 葱蒜类

上海地区韭菜中的春韭、强韭,分葱中的白米葱、细香葱、寒兴葱及韭葱、本地大葱、黄皮洋葱、红皮洋葱等都曾是栽培面积较大的地方品种。

3 2 11 水生蔬菜蔬菜

上海地区水生蔬菜品种较多,茭白、莼菜、慈菇、荸荠等在上海地区有较大面积的栽培。

3 2 12 多年生、特种和野生蔬菜品种资源

竹笋主要的品种有燕笋、青壳笋、哺鸡笋、篾竹笋、居住笋、山竹笋等。

参考文献:

- [1]上海市农业局.上海市蔬菜品种资料初编[M].上海:上海科技卫生出版社,1958
- [2]杨瑞云.上海市蔬菜品种资源研究(一)[J].上海农业学报,1997,13(1):54-62
- [3]杨瑞云,查丁石.上海市蔬菜品种资源研究(三)[J].上海农业学报,1998,14(4):56-62
- [4]上海市农业科学研究所编.上海蔬菜品种志[M].上海:上海科学技术出版社,1959
- [5]上海农业科研志编纂委员会编.上海农业科研志[M].上海:上海社会科学院出版社,1996
- [25]Yap S K. Collection, germination and storage of dipterocarp seeds Malaysian Forester 1981, 44 281- 300
- [26]Tompsett P. B. The effect of desiccation on the viability of dipterocarp seed[J]. In Report No. 12 of the Federal Forest Research Institute Vienna 1986 181- 202
- [27]Tang H. T., and Tamaraj C. Seed description and storage tests of some dipterocarps[J]. Malaysian Forester 1973, 36 38- 53
- [28]Tompsett P. B. The influence of moisture content and temperature on the viability of *Shorea almon*, *Shorea robusta* and *Shorea roxburghii* seed [J]. Can. J For Res 1985, 15: 1 074- 1 079.
- [29]Scott E. S., Rao A. N. and Loh C. S. Preliminary studies of micropropagation of *Hopea odorata*, a dipterocarp tree [J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture 1995, 41 193- 196
- [30]Scott E. S., Rao A. N., and Loh C. S. Production of plantlets of *Shorea roxburghii* G. Don from embryonic axes cultured in vitro [J]. Annals of Botany. 1988, 61: 237- 241
- [31]Linnington, I. M. In vitro propagation of *Dipterocarpus akatus* and *Dipterocarpus intricatus* [J]. Plant Cell Tiss Org Cult 1991, 27: 90- 93
- [32]Raja Barizan R. S. and Appanah S. The response of stored recalcitrant *Shorea acuminata* (Dipterocarpaceae) seedlings to release treatments in the nursery [J]. Forest Research Institute Malaysia UFRO Seed Symposium 1998 "Recalcitrant seeds": Proceedings of the Conference, Kuala Lumpur Malaysia 1998 12- 15
- [33]Li P. H., Sakai A. Plant Cold Hardiness and Freezing Stress-Mechanism and Crop Implications[M]. New York, San Francisco London Academic Press 1978 373- 390
- [34]Pannenter N. W., and Berjak Patricia A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms [J]. Seed Science Research 1999, 9 13- 37.
- [35]宋学之,陈青度,王冬馥,等.坡垒、青皮种子失水过程中活力与根尖细胞亚显微结构变化研究.林业科学,1983,19: 121- 125.
- [36]Nautia A. R., Thapliyal A. P., and Purohit A. N. Seed viability in *Sal* IV. Protein changes accompanying loss of viability in *Shorea robusta* Seed Science and Technology 1985, 13 83- 86
- [37]Lan Q. Y., Jiang X. C., Song S. Q., Lei Y. B., And Yin S. H. Changes in germinability and desiccation-sensitivity of recalcitrant *Hopea hainanensis* Merr et Chun seeds during development [J]. Seed Science and Technology 2007, 35 21- 31.

(上接第 50页)