

# 种质资源保护中的问题与挑战\*

李德铎<sup>1</sup> 杨湘云<sup>1</sup> Hugh W. Pritchard<sup>2</sup>

(1 中国科学院昆明植物研究所 昆明 650204 2 英国皇家植物园丘园千年种子库, Wakehurst Place, Ardingly, West Sussex RH 17 6TN 英国)

**摘要** 本文对植物迁地保护,特别是种质资源保护的研究背景、科学问题、行动计划和保护策略进行了评述,重点讨论了种子库在保护植物多样性中面临的挑战和重要科学问题,特别是种子活力、种子寿命和超低温保存等问题。大量的实例和数据表明,种子库作为植物多样性保护的重要手段之一,其在资金投入、保存时间和保存效率方面远远高于就地保护和其它的迁地保护方法。

**关键词** 迁地保护,种子库保存,超低温保存 西南种质资源库,英国千年种子库

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2010.05.008



中国科学院



李德铎研究员

## 1 植物多样性保护中的问题

绿色植物是地球生态系统的初级生产者。然而,植物多样性目前正以前所未有的速度丧失,这直接导致了与

之相关的生态系统功能服务的下降。在植物多样性保护方面,10年期的《全球植物保护战略》于2002年4月19日在海牙的《生物多样性公约》签约国会议上获得通过,建立了优先保护物种,尤其是濒危物种的战略,

\* 本项目得到国家重点基础研究发展计划(编号:2007CB411600)的资助  
收稿日期:2010年8月30日

使其成为《生物多样性公约》的重要组成部分。保护的成功取决于本底知识和对这些知识的运用,并同时考虑经费因素。在现阶段《全球植物保护战略》的背景下,本文对植物多样性保护的科学问题和经费因素进行了评述,并展望了该战略在下一阶段(2011—2020年)需要重点关注的基本问题。

在过去30年中,中国是世界上经济增长速度最快的大国,面临着经济高速发展对环境和生物多样性的巨大压力;同时,我国又是全球生物多样性的热点地区,生物多样性丰富,因此中国的植物多样性保护问题成为全球关注的一个焦点。

## 2 全球植物多样性现状

相对于地质年代的变迁,植物多样性目前正以100—1000倍的速度丧失<sup>[1]</sup>,这导致了与之相关的生态系统的服务不断下降,例如,食物、燃料、生化产品和纤维的供给<sup>[2]</sup>。为应对这些影响,10年期的《全球植物保护战

略》设立了优先保护的濒危物种和地区(第4,5,7,8,9项目标),并积极发展农作物及野生物种保护方法的标准规范和模型(第3项目标)。其余10项关于植物多样性目标包括理解、保护、持续利用和提升保护行动的教育和能力建设<sup>[3]</sup>。特有物种分布极其集中、并且其生境正在遭受巨大破坏的地区被认定为生物多样性热点地区<sup>[4]</sup>。据估计,44%的维管植物仅仅分布于25个生物多样性热点地区,而这些热点地区的面积仅占地球陆地面积的1.4%。Mittermeier等认定现在全球共有生物多样性热点地区34个,包括中国西南部的横断山地区<sup>[5]</sup>。中国的生物多样性非常丰富,有31000多种维管植物,其中包括许多经历了中新世气候变化以及更新世的冰川活动而幸存下来的“活化石”植物<sup>[6,7]</sup>。作为中国约2/3的维管植物分布所在地,西南地区是世界温带植物特有物种分布最丰富的地区;是许多属的分布中心(如杜鹃花属、报春花属植物);也是壳斗科、樟科、山茶科和木兰科植物等占优势的亚热带常绿阔叶林生态系统的分布区,而人类对这些植物的种子生物学知之甚少。目前以年均GDP 10%增速发展的中国经济,不可避免地对包括植物遗传资源在内的自然环境产生巨大压力。因此,保护行动,无论是就地保护还是迁地保护,在全球、区域和国家层面上,都具有非常重要的意义。

在植物多样性保护中,目前国内已取得如下进展:《中国植物志》和《云南植物志》已编撰完成;国家林业局颁布了1900个物种保护名录(其中部分物种的果实/种子展示在图1中);根据世界自然保护联盟(IUCN)的标准,中国植物专家组列出了4408个物种的保护状态<sup>[8]</sup>。这些进展对于实现《全球植物保护战略》的目标

均有重大意义。在目前的基因组时代,DNA条形码技术在生物多样性热点地区有望为植物多样性的编目和评估提供新的工具<sup>[9]</sup>。作为《全球植物保护战略》的重要组成部分,《中国植物保护战略》宣布了我国对逆转植物多样性丧失的决心和承诺。但是,在我国,生物多样性保护和经济发展似乎是一对不可解决的矛盾。除非中国和世界其它生物多样性丰富地区的植物遗产得到了有效保护,否则未来利用植物应对全球气候变化这一策略的机会将大大减少。虽然人类有可能对大多数植物物种同时进行就地保护和迁地保护,却不得不面临经济发展因素对就地保护的反作用,以及来自迁地保护的技术挑战。不过,就地保护和迁地保护应被视为是互为补充,而非互为替代的。

### 3 保护计划

植物多样性保护计划涉及到就地保护(保护的地区)和迁地保护(如植物园、种子库、组织培养)两个主要方面。

#### 3.1 就地保护

就地保护(如自然保护区和保护廊道),

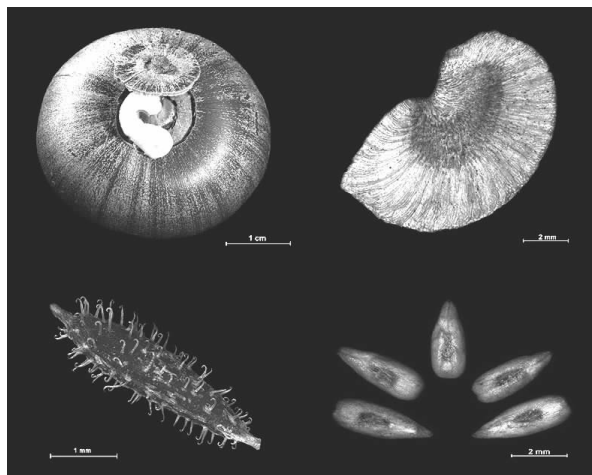


图1 中国西南地区珍稀濒危植物代表物种的种子/果实。左上:西畴青冈(果实),分布于云南南部,野外仅存几株;右上:银木荷(种子),云南南部常绿阔叶林或针阔混交林优势树种;左下:星叶草(果实),云南西北部珍稀濒危物种;右下:金铁锁(种子),云南珍稀濒危药用植物

被认为是生物多样性保护的重要方法。但是,自然和人为灾害以及经济发展(如水电、矿产开采、旅游、土地用途改变为作物种植,非法砍伐和火灾等)正使得处于保护区和非保护区的物种遭受相当大的压力。那些长寿物种的命运尤其需要特别重视,因为这些物种种群重建的周期可能是几十年甚至几百年。人为原因造成的片断化有可能使中国濒危物种南方红豆杉(*Taxus wallichiana* var. *mairei*)居群间的遗传连续性丧失<sup>[10]</sup>。据基于气候改变对物种分布效应的模型预测,到2050年,墨西哥橡树和松树的分布将分别减少7%—48%和0.2%—64%。因此,开展对变化中的分布状况对物种生存影响的预测正在成为目前的研究热点之一。

### 3.2 迁地保护

对于某些可能在自然或人类主导的生态系统中丧失的多样性成分,迁地保护通常通过种质圃的作物品系、基因库中的试管苗、保护站中的树种,植物园或种子库(常规和超低温)中的种子等方式对其加以保存,作为备份。对迁地保护策略进行探索的需求是长期的,但在实践中,种子库保存已作为迁地保护的一种途径,被应用于许多物种收集的维持<sup>[11,12]</sup>。种子库通常以国际共识的标准建立<sup>[13]</sup>,以便使种子相对容易收集,能代表物种内的多样性(如果是采自不同居群的多个个体),并能被储藏在相对小的空间里。在设施规模(从冰柜到走入式冷库)和范畴上(例如,以保存成千上万物种的种子为目标),种子库保存的范围都比较大。目前,世界上有相当比例的有花植物和农作物的野生近缘物种正受到威胁,因此保护者们已开始一致行动,对濒危、特有和有重要社会经济价值的物种进行重点保护。由于正在面临该地区高速经济发展的压力,我国西南地区的丰富植物、动物多样性长期以来一直受到保护生物学家们的关注。针对该问题,1999

年,中科院昆明植物所名誉所长吴征镒院士直接致信时任国务院总理的朱镕基,提出了建设野生生物种质资源库的建议。2007年2月,国家重大科学工程——中国西南野生生物种质资源库(“种质资源库”)初步建成并投入试运行。在2004年5月温家宝总理访问英国期间,该项目与英国皇家植物园丘园千年种子库(以下简称“千年种子库”)签署了为期10年的关于野生植物种质资源保护和研究的合作协议。2009年11月,种质资源库通过了国家发改委组织的专家验收,当时已收集保存各类野生生物种质资源(植物、动物、微生物)共8444种74641份(株),其中,野生植物种子166科1337属4781种31199份,占我国野生植物种数的16.72%。种质资源库的保存目标是,至2020年,收集保存各类种质资源共19000种,190000份,其中包括植物种子10000种,100000份。英国千年种子库也于2009年10月成功完成收集保存了世界10%有花植物种子的目标(24200种)。这些均为未来对种质资源的保护打下了基础。

自人类种植了第一批作物,就开始保存种子以供将来使用。从这个意义上说,最大的种子库就是为农作物和重要经济植物建立的。位于美国科罗拉多州福特科林斯的国家遗传资源保护中心,自1958年建立以来,已保存农作物种子500000份,并拥有世界最大的苹果种质资源收集规模。中国北京的国家农作物种质保存中心是一个全国性的种子库网络,已收集保存400000份农作物种子。当前全球气候变化正日益加剧,同时气候变化对世界粮食生产也带来了日益增长的影响。出于对上述问题的忧虑,斯瓦尔巴全球种子库(即挪威诺亚方舟种子库)于2008年2月在挪威建成。该项目通过全球协作的方式,目标是巩固和系统化保存世界农作物,尤其是针对在2004年生效的《粮食



中国科学院

和农业植物遗传资源国际条约》中所列举的物种<sup>[14]</sup>。

1997年在英国千年种子库项目开始之前,国际上专门针对野生植物种子保护的重大项目很少。种质资源库是继该项目之后的又一重大计划,因其建立在生物多样性的热点地区而备受国际关注。一般认为,在种子库保存中,迁地保护和就地保护是互补的,因此有必要更好地理解它们之间的相互关系,从而能更加清楚地了解迁地保护在全球环境保护中的作用<sup>[15]</sup>。

#### 4 生物多样性的价值评估和保护资金投入

植物和其种子,都是有价值的商品。据估计,全球种子的年销售额达300亿美元,3个主产国(美国、巴西和中国)每年生产的油料种子(大豆、油菜籽、花生、棉籽)达2亿吨。在整个物种水平上,进行这样的经济评估是非常困难的,尤其是那些未被研究、经济价值尚未完全明了的物种。因为,关于物种保护,一般很难判断具体价值由哪些因素组成。尽管如此,《生态系统和生物多样性经济》做出了最新的评估<sup>[16]</sup>,例如,据估算,保护1公顷的热带森林,在苏门答腊和马来西亚每年分别需要花费1美元和27美元;在100年的时间内,保护南非的好望角植物区系中一个有花植物物种需要投入330000美元(约200000英镑)。同时,这些地区内的动物和微生物也将在就地保护中直接受益。在就地保护和迁地保护种子库保存手段的花费上可以做一个有趣的比较:根据过去10年时间的实际花费估计,千年种子库保存每个物种的种子平均花费2100英镑,仅仅相当于就地保护1%的资金投入。因此,迁地种子保存具有卓越的资金投入价值,可作为一个保险策略应对在自然环境中不可逆转的物种丧失。

#### 5 种子库保存的风险

《全球植物保护战略》的第8项目标是,60%的濒危植物最好在其原产国,通过迁地保护的方式收集保存,它们中的10%应包含在生态恢复项目中<sup>[3]</sup>。有许多因素会降低迁地保护的成功率,无法达到最佳的保护效果。这些因素包括缺乏知识、不能正确应用物种保护技术、不愿为探索创新途径投资。一般的正常型种子,均可在种子库中保存,如用于食物和饲料的主要农作物种子,在一定范围内,其寿命随着脱水和降温表现出系统性的增长<sup>[17-19]</sup>。相反,顽拗型种子,如橡树和可可的种子,则对脱水反应敏感。顽拗型种子丧失活力的机理既不相同又很复杂,包括细胞膜的损伤和代谢功能障碍<sup>[20]</sup>。有趣的是,正常型种子在干燥状态中的死亡和顽拗型种子由于脱水导致的死亡(以及其它植物细胞在胁迫下的活力丧失)都遵循程序性细胞死亡的途径,均发生在活性氧所导致的主要细胞抗氧化剂和氧化还原缓冲剂——谷胱甘肽的氧化反应启动之后。这种在不同胁迫下相似的活力丧失方式,增加了发展新技术的可能性,以保护不同储藏特性的种子。在此方面,两个最新的科学进展是:(1)快速诊断和预测顽拗型种子反应的技术改善;(2)对超低温保存顽拗型种子或组织的技术革新。

##### 5.1 诊断和预测种子的干燥敏感性

虽然偶有例外,但是至今已鉴定的顽拗型种子大多数都来自灌木或乔木,并且,它们在热带湿润森林中出现的频率最高(约47%)<sup>[21]</sup>。由于这样的生境大概拥有超过50%的世界植物多样性,所以,全世界可能有超过25%的有花物种产生顽拗型种子。但问题在于,它们是哪些物种呢?《全球植物保护战略》的第3项目标呼吁“基于研究和实践经验,发展植物保护和持续利用的协定模



型”。

属内物种间存在着不同的种子储藏特性(如咖啡属和柑橘属)。这表明,顽拗型种子的储藏特性和其物种在分类学上的亲缘关系之间并没有简单的关联,这预示着储藏特性是一个派生的特性,种子耐干燥的能力多次丧失<sup>[20,22]</sup>。已观察到的例子表明:质量较大的种子具有较高的干燥敏感性;另外,种子的形状和种子成熟时的水分含量也与干燥敏感性有关(如楝科植物的种子);并且,较大的种子质量加上种子脱落时的较高降雨量也可使种子具有较高的干燥敏感性。在来自巴拿马、欧洲和非洲的 100 多种树的种子中,种皮相对薄的,其种子可更快速地萌发<sup>[23]</sup>,同时具有较大的种子质量,其干燥敏感性可以被准确地预测<sup>[24]</sup>。将来可在其它地区的不同植物物种中验证该模型。

在种子脱落时,母体植株的生长环境也会影响种子干燥耐性的水平及其它特性,但是,很少有研究探索过究竟这些特性对特定的环境条件的依赖关系有多少。通过观察来自欧洲的具干燥敏感性的欧洲七叶树(*Aesculus hippocastanum*)的种子发现,种子质量和溶质的电势,与种子发育过程中所积累的热量总和(热时间)正相关。这就为顽拗型种子特性在该物种内存在差异的现象提供了量化上的解释,并且这个解释也可能适用于其它物种。类似地,欧洲桐叶槭(*Acer pseudoplatanus*)的种子,采自其自然分布地南欧的种子(在果实发育过程中有较高的热量总和)较采自北欧的种子具有更高的干燥耐性。这便导致了这个物种的种子储藏特性需要重新判断:其种子可在一定程度的干燥后,保存于液氮中,因此其种子已不再属于顽拗型种子。然而,问题却依旧存在:怎样用迁地保护的手段保存顽拗型种子呢?这可能是保护生物学在 21 世纪所面临的最大问题,问题的解决将在很大程度上取决于对超

低温保存技术的发展和更广泛的应用。

## 5.2 超低温保存时代应运而生

自从 60 年前甘油被发现可作为冷冻保护剂以来,冷冻保护剂即被广泛运用于保护在冰冻状态中的生命物质<sup>[25,26]</sup>。在冷却过程中,导致损伤的主要因素并非温度本身,而是冰晶体形成所带来的生物物理改变,如细胞膜和细胞器的改变<sup>[26]</sup>。但是,如果能控制冻干细胞内和细胞间的水使之浓缩而形成玻璃体的状态时,生命组织将具备更好的稳定性和可储藏性。

为了在冷却过程中很容易地形成玻璃体,在过去的 25 年中,复杂的混合冷冻保护剂被更广泛地使用,成为植物低温生物学的创新之一。植物的玻璃化解决方案已被成功地用于 80 多个属 110 多个物种的芽尖和其它植物组织的超低温保存<sup>[27]</sup>。玻璃化方案也可与其它创新技术合用,如:为了避免在裸露时激烈处理引起的致死,研究人员把生命组织包埋于海藻酸钙的珠体中,从而舒缓对样品的操控。研究人员已成功地从萌发的顽拗型种子中分离出芽尖,并通过包埋—玻璃化技术对其进行超低温冷冻保存<sup>[28]</sup>。为抵抗冷却过程中伴随的氧化反应,组织分割被认为是必需的手段,例如,在分离胚轴时,可产生超氧化物,并在之后的脱水过程中加剧。由于活性氧参与了细胞信号的传导和发育,目前的研究瞄准于用其调节分子的多效性。通常,主要利用超低温冷冻技术保存难以保存的种子(即顽拗型种子),其中首选的组织是胚轴,可使其在液氮中快速冷却前,被迅速干燥到水分含量的 20%(干背景)左右。保存整个胚轴的主要优势在于,其具备有功能的芽尖和根尖,因而可在简化解冻后复苏和成长为植株。

对于已经开始丧失活力的正常型种子,虽然超低温冷冻保存不能阻止其活力的降低,但确能延长种子的寿命。据预计,在气态



中国科学院

氮和液态氮中保存的莴苣种子,其寿命可分别达到 500 年和 3 400 年。

对于无性系的植物和产生顽拗性种子的物种,超低温冷冻保存是唯一大规模、长期的迁地保护手段。其资金投入根据植物的种类而有所不同。对于土豆,超低温冷冻保存其芽尖每年需 13—20 欧元/份,约为在种质圃保存维持费用的 1/4。

### 5.3 当种子的“正常性”不够时

根据种子活力公式的预测<sup>[17-19]</sup>,在种子库中保存的正常型种子(耐干燥的种子)可以在几百年至上千年之后复苏生长,因此对这类种子似乎不需要考虑采用超低温冷冻保存。要想预算世界上全部有花植物(约 25 万种)的种子寿命是一件极具挑战性的事情。但有证据表明,在较热、较干燥环境中演化出的种子,在干燥状态下具有更长寿命。许多生长在年最高温度 25℃—35℃ 地区的番杏科和仙人掌科植物的种子,能在干燥和热(103℃)的环境里存活 17 个小时<sup>[20]</sup>。另外,一些中国西北地区和南非好望角植物区系的植物种子的寿命已超过 200 年,而一种以色列的海枣树种子则存活了 2 000 年。

30 年前已发现,某些种子在 -20℃ 下具有不寻常的短寿命。一定老化程度的大麦种子在 -20℃ 下的寿命和在 -6℃ 下的寿命相同。橙红卡特兰(*Cattleya aurantiaca*)和萼距花属的一种植物(*Cuphea spp.*)的种子在基因库中对于干燥保存具有类似的敏感性,这种现象可能是与种子脂肪的构象变化有关。之后更多的证据表明,对于少数物种的种子,-20℃ 并不是其理想的保存温度,虽然这些种子可以忍受超低温冷冻保存温度。

## 6 结论与展望

本文重点阐述了对于开展植物迁地保护的新方法的迫切需要,尤其是针对那些在生物多样性热点地区生长的、产生顽拗型种子的物种。毫无疑问,在实现这个目标方面,

超低温冷冻保存技术将发挥越来越重要的作用,并且,对于正常型种子的长期保存也将如此。由于迁地保护在资金投入、保存时间和保存效率方面远远高于就地保护,因此,我们希望,在即将启动的《全球植物保护战略》(2011—2020 年)的第 8 项中,应对采用超低温冷冻保存技术来保存濒危和脆弱的物种设立清晰的目标。

在第 8 项目标下,还应包括其它科学和管理目标。例如,受威胁的物种如何创立自我维持的居群,土壤种子库在恢复遗传潜力方面有什么具体作用,以及对恢复材料环境调节的改善。如果不在这些领域有所发展,将会出现更多类似水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)的事例:虽然已大规模地提高水杉在野外的个体数量和扩大其物种的分布区,却没有使这个中国“活化石”的遗传结构得以恢复。

作为植物多样性迁地保护的方法之一,种子库在资金投入、保存时间和保存效率方面远远高于就地保护和其它的迁地保护方法。它作为一个有效和经济的重要保存手段,已得到科学家、政府相关部门和非政府组织越来越多的认可。但是,种子生物学仍未被列入有关大学和科研院所本科生或研究生的学科课程表中。我们应通过对世界生物多样性热点地区,尤其是在中国西南、非洲热带、澳大利亚和印度—马来西亚地区残留的热带雨林的,加强对年轻科学家在植物分类学、种子生物学方面的培训,以保证保护行动的持续性。

**致谢** 本文中的主要内容已于 2009 年 11 月发表在 *Trends in Plant Science* 上(第 14 卷第 11 期,P614—621),题为 *The science and economics of ex situ plant conservation*,由李德铎和 Hugh Pritchard 共同撰写。感谢中科院昆明植物所蔡杰、黄璐璐和英国皇家植物园丘园 Wolfgang Stuppy 提供的各种帮

助。

### 主要参考文献

- 1 Corvalan C, Hales S and McMichael A. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington, DC, USA: World Resources Institute, 2005.
- 2 European Communities. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. An interim Report, European Communities, 2008.
- 3 CBD. Global Strategy for Plant Conservation. The Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada, 2002.
- 4 Myers N et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature*, 403 (2 000): 853-858.
- 5 Mittermeier R A et al. Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.
- 6 Wu C Y et al. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae*. Beijing: Science Press, 2004, 1.
- 7 Li D Z. Floristics and plant biogeography in China, *J. Integr. Plant Biol.*, 2008, 50: 771-777.
- 8 CSPP Editorial-Committee. China's Strategy for Plant Conservation. Guangzhou: Guangdong Press Group, Guangdong Science and Technology Press, 2008.
- 9 Lahaye R et al. DNA barcoding the floras of biodiversity hotspots. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.*, 2008, 105: 2 923-2 928.
- 10 Zhang X M et al. Molecular evidence for fragmentation among populations of *Taxus wallichiana* var. *mairei*, a highly endangered conifer in China. *Can. J. For. Res.*, 2009, 39: 755-764.
- 11 FAO. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, 1997.
- 12 Linington S H, Pritchard H W. Genebanks In *Encyclopaedia of Biodiversity*. San Francisco: Academic Press, 2001, 3: 165-181.
- 13 FAO and IPGRI. Genebank Standards. FAO and IPGRI, Rome: 1994, 13, ISBN 92-9043-236-5.
- 14 FAO. A Global Treaty for Food Security and Sustainable Agriculture. International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. FAO, 2009.
- 15 Cohen J I et al. *Ex situ* conservation of plant genetic resources: global development and environmental concerns. *Science*, 1991, 253: 866-872.
- 16 European Communities. The Economics of Ecosystems and Biodiversity. An Interim Report, European Communities, 2008, ISBN-13 978-92-79-08960-2.
- 17 Ellis R H and Roberts E H. Improved equations for the prediction of seed longevity. *Ann. Bot.*, 1980, 45: 13-30.
- 18 Roberts E H and Ellis R H. Water and seed survival, *Ann. Bot.*, 1989, 63: 39-52.
- 19 Dickie J B et al. Temperature and seed storage longevity. *Ann. Bot.*, 1990, 65: 197-204.
- 20 Berjak P and Pammenter N W. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. *Ann. Bot.*, 2007, 101: 213-228.
- 21 Tweddle J C et al. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *J. Ecol.*, 2003, 91: 294-304.
- 22 Dickie J B and Pritchard H W. Systematic and evolutionary aspects of desiccation tolerance in seeds. In: Black M and Pritchard H W Editors, *Desiccation and Survival in Plants: Drying Without Dying*. Wallingford: CABI Publishing, 2002: 239-259.
- 23 Daws M I et al. Traits of recalcitrant seeds in a



中国科学院

- semi-deciduous tropical forest in Panama: some ecological implications. *Funct. Ecol.*, 2006, 19: 874-885.
- 24 Daws M I et al. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: a probabilistic model based on two seed traits and 104 species. *Ann. Bot.*, 2006, 97: 667-674.
- 25 Fuller B J et al. *Life in the Frozen State*. CRC Press, 2004.
- 26 Fuller B J. Cryoprotectants: the essential antifreezes to protect life in the frozen state. *CryoLetters*, 2004, 25: 375-388.
- 27 Sakai A and Engelmann F. Vitrification, encapsulation-vitrification and droplet-vitrification: a review, *CryoLetters*, 2007, 28: 151-172.
- 28 Nadarajan J et al. Application of differential scanning calorimetry in developing cryopreservation strategies for *Parkia speciosa*: a tropical tree producing recalcitrant seeds. *CryoLetters*, 2008, 29: 95-110.
- 29 Daws M I et al. Extreme thermo-tolerance in seeds of desert succulents is related to maximum annual temperature. *S. Afr. J. Bot.*, 2007, 73: 262-265.

## Problems and Challenges in Germplasm Preservation

Li Dezhu Yang Xiangyun

(Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650204, China)

Hugh W. Pritchard

(Seed Conservation Department, Royal Botanic Gardens Kew, Wakehurst Place, Ardingly, West Sussex RH17 6TN, UK)

**Abstract** This paper discusses backgrounds, scientific issues, action plans and strategies in relation to *ex situ* plant conservation, particularly germplasm banking as an insurance policy against extinction. Germplasm banking approach enables the conservation of thousands of wild species of plants. The assumptions, costs, risks and scientific challenges associated with *ex situ* plant conservation depend on the species, the methods employed and the desired storage time. Relatively widespread evidence of less than expected longevity at conventional seed bank temperatures, innovations in the cryopreservation of recalcitrant-seeded species and economic comparators provide compelling evidence that ultra-cold storage should be adopted for the long-term conservation of plants.

**Keywords** *ex situ* conservation, seed banking, cryopreservation, the Germplasm bank of wild species, the Millennium Seed Bank

**李德铎** 中国科学院昆明植物研究所所长、研究员, 中国西南野生生物种质资源库库主任。1963年出生。1997年获国家杰出青年科学基金资助, 同年入选中科院“百人计划”。研究领域: 植物分类、分子系统发育、生物地理学和生物多样性保护。已发表植物学相关研究领域学术论文160余篇, 其中本学科国际主流期刊论文90余篇, 完成专著1部, 参加编写专著(译著)15部。作为第一获奖人获云南省自然科学奖一等奖1项。2004—2009年担任国家重大科学工程——“中国西南野生生物种质资源库”项目工程指挥部经理, 负责整个项目的实施。目前主持依托大科学装置的开放研究项目、国家基金重点项目和国家“973”项目课题各1项。已培养博士后4名、博士生20余人(其中外籍1人)、硕士生2名。E-mail: dzl@mail.kib.ac.cn