中国西南野生生物种质资源库航拍图



中国野生植物的种子方舟

撰文·供图
秦少发　张挺

艰难的建设历程

从规划到成型

1999年昆明举办世界园艺博览会，著名植物学家、中国科学院院士、昆明植物研究所名誉所长吴征镒于1999年8月8日给国务院总理朱镕基写了一封信。信中阐述了我国野生生物现有保护措施的不足，以及在生物多样性最为丰富的云南建设一个野生生物种质库的紧迫性和必要性，并提出了这是我国生物技术产业的战略重点和国家利益所在。



吴征镒院士

1999年8月15日，朱镕基总理做出批示，支持吴征镒的提议，并委托国家发展和改革委员会进行调研和研讨。

1999年9月，共20余位来自云南全省相关科研院所和大学的科研人员组成种质库项目前期工作组，编写“中国云南野生生物种质资源库”初步可行性研究报告。

2002年11月，国家发展和改革委员会对项目建议书进行了批复，同意在昆明建设中

中国西南野生生物种质资源库设计总览图



国西南野生生物种质资源库，种质库的建设和管理以中国科学院为主、院省共建共管的方式进行。

2003年8月，中国科学院和云南省政府完成了《中国西南野生生物种质资源库项目可行性研究报告》。

2004年3月，国家发展和改革委员会对种质库项目做了正式批复：将种质资源库项目列入国家大科学工程建设计划，原则上同意修订后中国科学院和云南省政府上报的《中国西南野生生物种质资源库建设项目可行性研究报告》，以及报告所确定的建设目标，建设内容和建设期（五年）内及建成后收集保存各类物种种质资源的种数和份数；项目总投资为1.48亿元；项目建成后作为非独立法人机构，实行理事会领导下的主任负责制；项目可免征进口设备关税，并享受进口环节增值税的优惠政策。

2004年5月，温家宝总理访问英国期间，中国科学院和英国皇家植物园共同签署了《中国科学院与英国皇家植物园邱园董事会关于野生植物种质资源保护和研究的合作协议》。

工程建设

2005年3月19日，7463平方米的主体工程破土动工。

2006年8月，核心设施——进口冷库设备到达建设现场。

2007年2月8日，中国西南野生生物种质资源库主体工程顺利通过竣工验收。

人才队伍

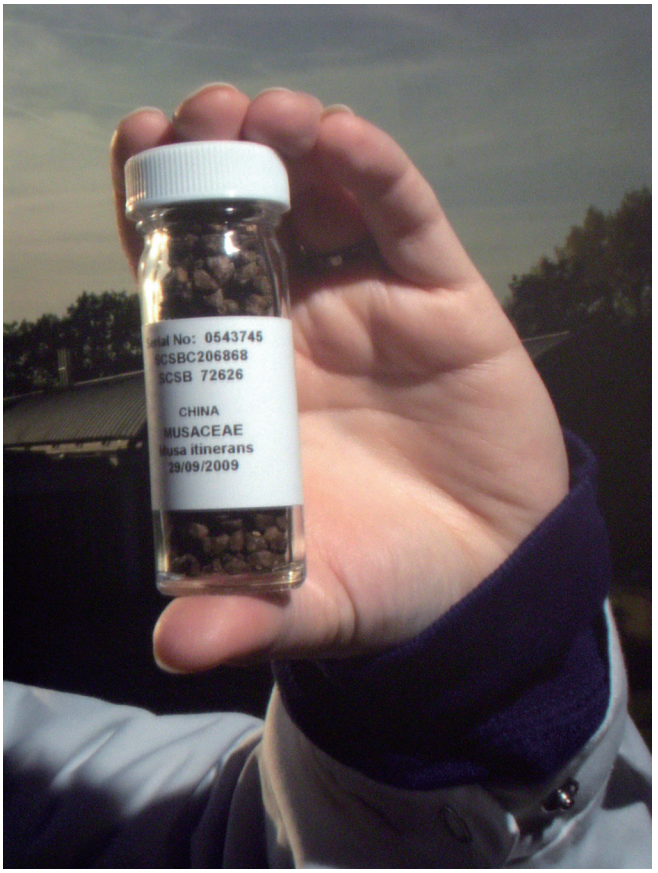
2005年9月，第一批种质库支撑系统5名工作人员到位，开始边建设边进行植物种质材料采集工作。

2006年，5名支撑系统管理员到英国千年种子库学习种子管理技术。

2008年，第二批种质库支撑系统6名工作人员招聘到位，种质材料的管理工作快速进行。

2008年至今，种质资源库的植物种质管理和研究已经构建了成熟的人员队伍，包含植物种质保藏中心（30人）、分子实验平台2大支撑系统；植物多样性与基因组学团队、植物基因组演化与基因功能发掘团队、植物种质资源、基因组学与生物信息学团队组成的研究系统；

英国千年种子库备存的中国野生芭蕉种子



植物离体库、植物DNA库、植物苗圃的工作也在开展中。

运行与验收

2008年10月29日，作为建所70周年庆典系列活动之一，“中国西南野生生物种质资源库开库暨‘备存英国种子’仪式”举办，标志着种质资源库的种子保存设施经过试运行阶段后正式启用。

2009年9月，中国西南野生生物种质资源库备存第一批世界混农林业中心（ICRAF）收集的来自墨西哥、巴拿马、奥地利、纳米比亚、以色列等19个国家和地区的365份林木种子。

2009年10月15日，英国千年种子库举行庆祝仪式，欢迎来自中国的野生芭蕉种子成为该机构储藏的第2.42万种野生植物种子。由于该种子库计划从世界各地收集24.2万种野生植物的种子，中国野芭蕉种子“帮助”这个种子库完成了十分之一的收集储藏目标。

2009年11月24日，中国西南野生生物种质资源库项目通过国家发展和改革委员会验收。项目已收集保存野生生物种质资源8444种74641份（株），其中包括来自21个国家的252种590份野生植物种子，同时收集并在种质资源圃保存了野生种质资源437种49580株，超额完成了国家发展和改革委员会批复的建设期物种收集保存指标。建设单位研究制订了保存标准和规范76个，坚持收集保存与研究并重和资源开放共享的原则，开展了生物种质资源与遗传资源研究，为生物产业的发展提供了支撑。

验收委员会认为，中国西南野生生物种质资源库项目已按计划高质量地完成了各项建设任务，建成了具有重要国际影响的野生生物种质资源保藏设施，保藏能力达到国际领先水平，具有不可替代性。该项目的完成，对我国的生物多样性保护与研究工作起到了重要的推动作用，是我国战略性生物资源保存的重大飞跃，为我国经济社会可持续发展提供了生物资源战略储备。

极高的安全指数

为保证库内这些宝贵的野生植物种子资源的安全，中国西南野生生物种质资源库之种子库采取了一系列严密的安保措施。种子库主体大楼位于昆明盘龙区元宝山山顶，海拔1958米，即使未来全球气候持续变暖，上涨的海平面也不会将它淹没。基础建设非常强大，在可以承载地上30层楼的基础工程上建设了5层楼房。冷库位于地下6米，给库存种子提供了一个非常安全的位置。在电力供应方面，种子保存设施采用双回路供电：主电路断电后，自动切换另一条电路供电；如果两条电路都断电，备用的大功率柴油发电机将在45秒内启动，继续供电。种子干燥和冷藏的设备由英国三大制冷公司之一的Trident公司提供设计、制造和安装，具有稳定、节能、安全的特点。种子干燥和冷藏都有2套空气干燥制冷压缩系统，每套系统每个月轮流循环使用，可以及时检修，保证系统的稳定。

冷库照片　摄影 / 秦少发





厚朴胚性细胞超低温保存后再生　摄影 / 林亮



动物种质库保存设施

五库一体

中国西南野生生物种质资源库的保存模式为“五库一体”，即以植物种子库为核心库，兼具植物离体库、植物DNA库、动物种质库、微生物库。

植物种子库

种子库通过干燥和冷冻技术，对种子进行长期存储，同时为资源利用和科学研究提供材料。种子库是种质资源保存的核心地方，保存对象是正常性种子。

植物离体库

主要保存中间性和顽拗性种子以及难以用种子保存的植物，保存的材料包括试管苗、愈伤组织、块根、块茎、鳞茎、球茎、珠芽、花粉、孢子及其他微繁殖体或培养物。

植物DNA库

植物DNA库提取、保存野生植物的总DNA用于科学研究，如筛选和鉴定具有重要价值的功能基因等，也是保存珍稀濒危物种遗传资源的另一种手段。

动物种质库

主要保存珍稀濒危特有的野生脊椎动物种质资源，兼顾收集野生近缘种和特种经济动物的种质资源。

微生物库

长期、安全、有效地保存具有重要经济价值的大型真菌种质资源，同时加强对放线菌和特殊生境微生物种质资源的收集。

上：放入干燥间的种子袋　摄影 / 秦少发　　下：流水下清理出的蜀枣　摄影 / 秦少发



种子保存原理

影响种子保存寿命的因素主要是温度和湿度。在一定的温度范围内，温度升高，种子内部细胞的新陈代谢速率加快，营养和能量消耗增加。湿度则涉及种子自身的含水量（MC）和种子贮存环境的空气相对湿度（RH）：当MC越高，则呼吸作用越强，贮藏的养分分解越快，生活力丧失也就越快；而当环境RH较高时，种子由于具有吸湿性，就会从空气中吸收多余的水分，从而导致MC升高，呼吸作用加强，生活力丧失加快。

据哈林顿（Harrington）定律：贮藏温度在0~50℃范围内每降低5℃，种子寿命将延长一倍；种子含水量在5%~14%的范围内每降低1%，种子寿命也将延长一倍。

为了保证种子库内的种子具有较长的贮藏寿命，种子库采用干燥后低温的方法来贮藏正常性种子，即先用15℃、15%RH的条件来干燥种子，让种子含水量降到5%左右，再密封后



用-20℃的低温冷库贮藏种子，这样种子就可以存活几十年、几百年，甚至几千年了。

种子采集

规范地开展野生植物种子的采集保存是植物多样性迁地保护的重要手段之一，也是全球战略生物资源收集和保存的核心工作。采集高质量的种子及其相关信息是植物种质资源长期保存和后续利用的关键。

种子采集以优先收集珍稀濒危、重要经济价值、地区特有和重要科研价值物种为主要目标。除了需要采集健康成熟和足够数量的种子外，还需要同时采集凭证标本、野外数据、图像资料等。

采集野生植物的种子需要深入到各种不同生态类型的区域，从热带雨林到高山峡谷，从南海之滨到东海无居民岛，从高山流石滩到荒漠戈壁。青藏高原、横断山腹地、雅鲁藏布江大峡谷、高黎贡山、太白山、长白山……祖国大江南北都留下了采集员们的足迹。每位采集员平均每年有100多天在野外工作；在野外，平均每天工作15小时以上；每年的野外工作行程达18000公里。

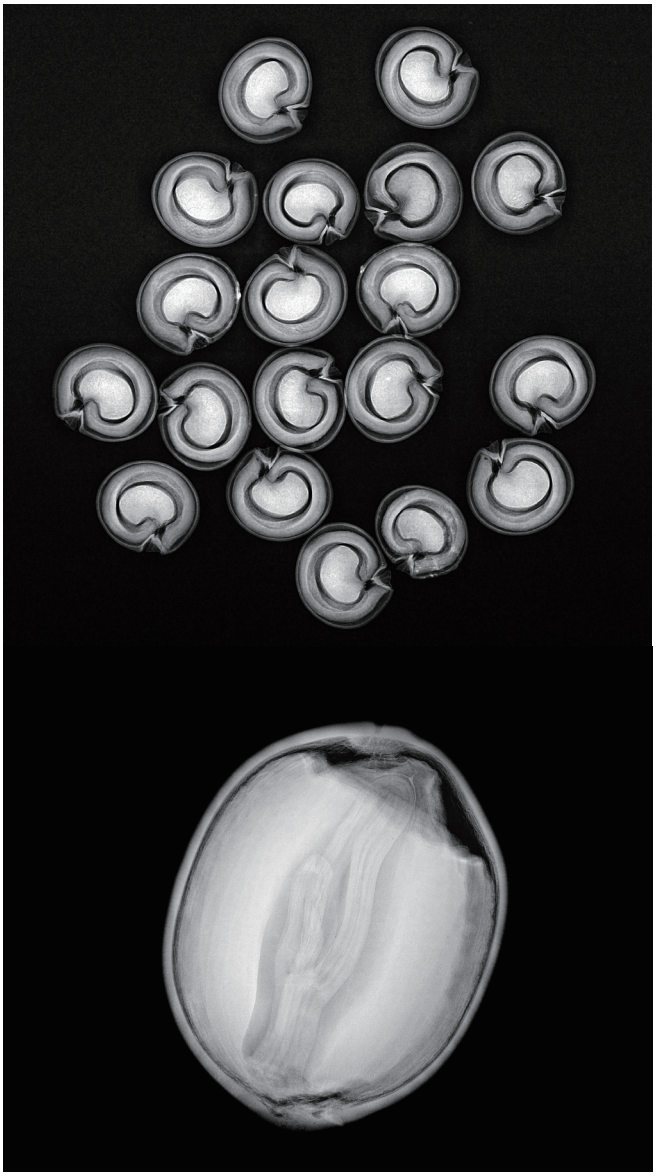
规范的种子管理流程

种子管理流程可分为以下10个环节：签收登记、初干燥、清理、X-射线检测、计数、主要干燥、入库、活力检测、繁殖更新和分发共享。

1. 签收登记

采集合作单位提交一批种质材料，种子管理员需要对这一批接收到的每一个采集单元的种子及对应的凭证材料（野外采集信息表、标本、DNA材料、图像）进行核对，确定一致性，记录到达种子的情况，评估种子成熟、饱满和健康情况。然后种子及凭证材料的信息录入到数据信息管理系统（数据库）中，每一份种子都会从数据库中获得一个序列号，这个序列号如同我们的身份证一样伴随着种子管理的每一个环节。

X-射线检测成像图　摄影 / 李涟漪



凭证标本将送到全国第二大标本馆——昆明植物研究所标本馆进行鉴定、装订和馆藏；DNA材料将提交种质库分子实验平台，提取DNA进入DNA库；采集数据、鉴定信息、图像将同步进入数据库中。

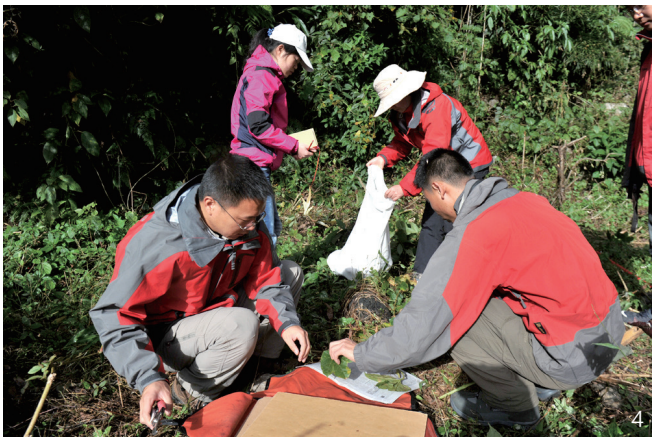
2. 种子初次干燥

排除中间性和顽拗性物种，正常性的种子（除肉质果实）将按顺序放入15℃、平衡相对湿度（eRH）15%的干燥间中干燥。这一环节能够



1


3


4


5



2

1. 采集员的个人背包　摄影 / 刘成
2. 种子采集工具　摄影 / 刘成
3. 采集员的标准装扮，携带野外背包、标本夹、工具袋、砍刀、拐杖等　摄影 / 蔡杰
4. 云南独龙江野外采集工作照，采集种子的同时压制凭证标本、记录采集数据　摄影 / 左凌仁
5. 野外生活：夜宿云南哈巴雪山高山牧场的牛棚，海拔3500米　摄影 / 吴之坤
6. 采集员们在云南哈巴雪山黑海合影　摄影 / 吴之坤
7. 在海拔3700米云南德钦的高山牧场露营　摄影 / 张挺



6



7

使得种子降低含水量，种皮变坚硬，种皮或种核外部结构组织脆化，容易分离。这些种子在干燥间中干燥一个月后，可以取出清理。

3. 种子清理

种子清理的目的是去除种子外部结构，增加种子纯度和净度，提高保存种子容器的使用效率。

种子清理工作人员根据种子情况选择合适的清理工具和方法，最终得到纯度和净度都很高的种子。如果接收到的为肉质果实，接收登记完成后，需要在流水下清理，去除果肉，再将种子放入干燥间中进行干燥处理。

4. 种子的X-射线检测

完成清理的每一份种子，都需要测定饱满率。根据预估的种子数量多少从每一份种子中抽取一定数量的种子样本，通过数字化X-射线样品成像系统，可以计算出每一份种子的饱满率。

5. 种子计数

完成清理和X-射线检测的种子放入干燥间干燥一个月以后，取出计数。为减少种子在干燥间外面吸湿（常规实验室的空气相对湿度约75%，干燥间15%，所以干燥后的种子放到实验室中会吸湿返潮），每次只取出二、三十份种子，通过称量千粒重的方法，结合种子饱满率，计算出种子的数量。

6. 种子再次干燥

完成计数工作的种子，转移到地下一楼和冷库连通的干燥间中再次干燥一个月，当干燥时间结束，即可开展下一步工作。

种子放入冷库之前，需要保证种子在15℃时平衡相对湿度（eRH）在15%左右。我们根据种子大小、种皮透水性选择部分种子，使用水活度测试仪检测这些种子的eRH。如果eRH小于17%，可以密封放入冷库，否则需要延长干燥时间。

7. 种子入库

满足入库条件的种子，根据种子数量分成两部分，一部分种子为存入基础库的种子（优先满足），一部分存入活动库。基础库的种子长期保存，活动库的种子可以根据需要取出用作萌发活力检测、研究开发和分发共享。这些种子都是在15℃、eRH15%的环境中密封包装后，贴上库存位置、编码等信息标签，放入-20℃冷库。

8. 活力检测

进入冷库保存的每一份种子都需要开展活力检测，最直接的方法是通过萌发实验检查种子的萌发率。对于大部分无休眠的种子，根据文献资料或种子采集地气候信息设置合适的萌发温度，将种子播种于1%的琼脂培养基上，放到调节光照和温度的培养箱中，经过一段时间的培养就可以统计出种子的萌发率。

种子活力测定的另一种方法为TTC法。TTC是水溶性化合物2,3,5-三苯基氯化四氮唑的简称，其氧化态是无色的，可被氢还原成不溶性的红色三苯甲臜（TTF）。应用TTC的水溶液浸泡种子，使之渗入种胚的细胞内，如果种胚具有生命力，其中的脱氢酶就可以将TTC还原为TTF而呈红色，如果种胚死亡便不能染色，从而可以判断种子是否有生命力。



使用不同的容器包装种子　摄影 / 李涟漪

为监测种子在储存过程中活力变化，还需每隔5/10年持续展开种子活力的检测。

9. 繁殖更新

对库存种子数量较少且濒危的野生植物种子，我们会将萌发出的小苗种于温室，待其开花结果后，收获种子，并增补到冷库里。

10. 分发共享

以中国科学院重大科技基础设施——中国西南野生生物种质资源库为核心，在全国范围内积极吸纳从事野生植物种质资源收集保存的相关单位，围绕国家战略需求持续开展重要野生植物种质资源的标准化收集、整理、保存工作；承接科技计划项目实施所形成的科技资源的汇交、整理和保存任务；开展野生植物种质资源的社会共享，面向各类科技创新活动提供公共服务，开展科学普及，根据创新需求整合资源开展定制服务；建设和维护在线服务系统，开展野生植物种质资源管理与共享服务应用技术研究；建立健全国家平台科技资源质量控制体系，保证科技资源的准确性和可用性。





上：萌发出的小苗　摄影 / 李涟漪
下：TZ检测染色图　摄影 / 李涟漪

成果丰硕

2003年，种质资源库建设项目刚获得国家发展和改革委员会批复，国际著名学术期刊《自然》即以*Biodiversity schemes take root in China*为题报道了该项目的启动。

2007年，中国西南野生生物种质资源库开始试运行，我国“建成首个野生生物种质资源库”的新闻入选了当年由两院院士评选的“国内十大科技进展新闻”。

2009年，中国西南野生生物种质资源库库长李德铢研究员和英国“千年种子库”Hugh Pritchard教授应邀在国际植物科学领域著名刊物*Trends in Plant Science*发表文章，对全球植物迁地保护，特别是种子库的研究背景、科学问题、行动计划和保护策略进行评述。文章发表后，引起了国际植物多样性保护领域的广泛关注。

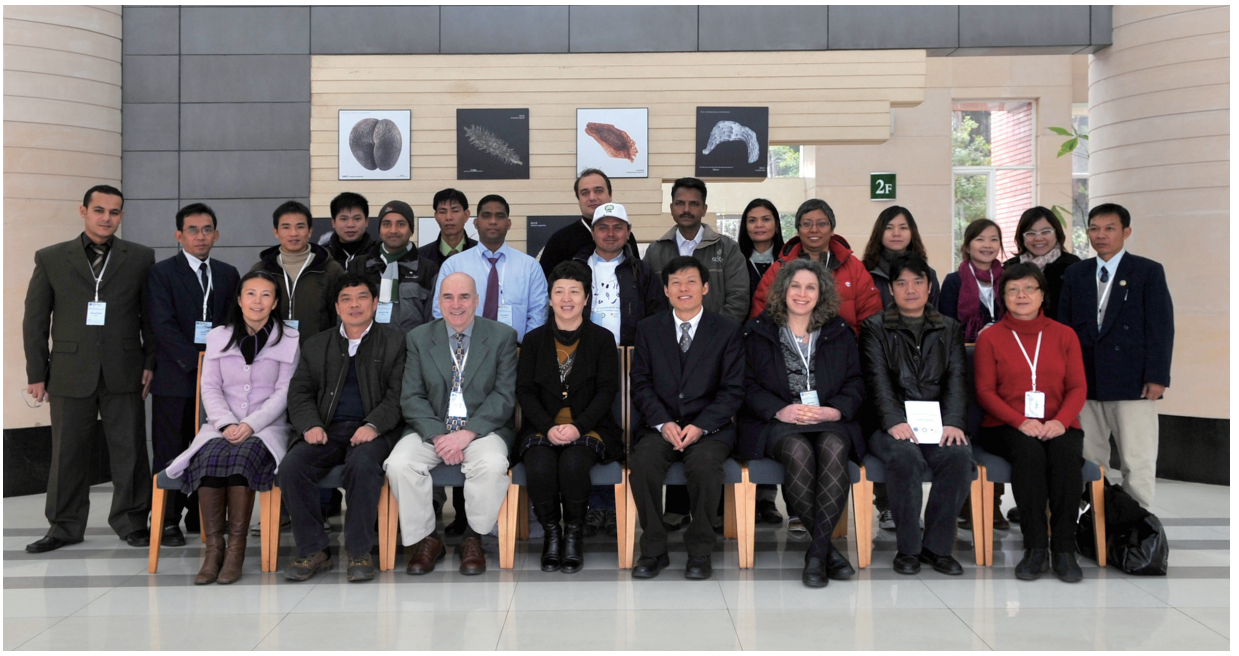
2011年，中国西南野生生物种质资源库和英国皇家植物园邱园千年种子库共同承办了“种子保存技术”国际培训班。此次培训充分利用了全球最大的野生植物种子库——英国千年种子库的国际影响力，形成西南种质库与千年种子库“并驾齐驱”的势态，提高了“中国西南野生生物种质资源库”在全球的植物多样性保护中的国际地位。

2012年，“中国野生生物种质资源保藏体系与关键技术创新”获得云南省科技进步一等奖。

2015年，《青藏高原特色植物种子》出版。

2016年，《种子方舟——中国西南野生生物种质资源库》出版。

2016年底，已有45个国家的植物种子共1 197份备存于中国西南野生生物种质资源库。2017年，云南省自然保护区野生植物种质资源采集技术培训班第七期举办，为自然保护区管



2011年，中国西南野生生物种质资源库和英国皇家植物园邱园千年种子库共同承办了“种子保存技术”国际培训班　摄影 / 李涟漪

理人员和科技人员提供培训，促进云南作为我国生物多样性大省植物多样性的有效保护。

2017年，中国西南野生生物种质资源库正式成为国家重要的野生植物种质资源共享服务平台。

2018年，中国西南野生生物种质资源库已收集保存植物种子10 048种、80 105份，提前2年完成2020年收集保存植物种子10 000种、77 000份的科学目标。同时出版《中国西南野生生物种质资源库种子名录2018》。

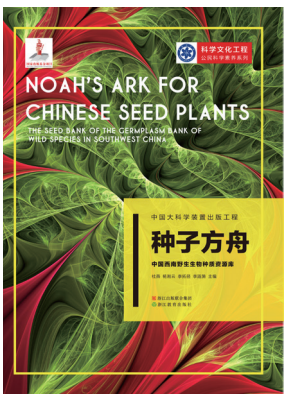
截至2018年，共计开展野生植物种子9 215种、67 166份的萌发实验，极大地补充和丰富了种子萌发基础数据。

作者简介

秦少发，中国科学院昆明植物研究所工程师，中国西南野生生物种质资源库种子管理员，主要从事种子管理工作。

张挺，中国科学院昆明植物研究所工程师，博士，中国西南野生生物种质资源库种子采集员，主要从事野生植物种质资源收集保存工作。

（责编　桑新华）

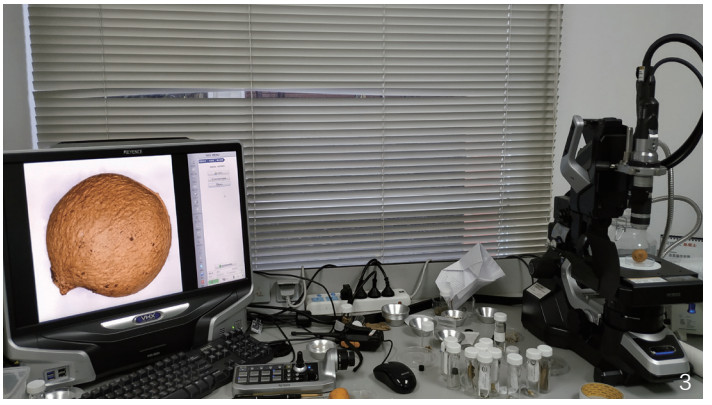




左：《种子方舟——中国西南野生生物种质资源库》图书封面　摄影 / 李涟漪
右：《青藏高原特色植物种子》图书封面　摄影 / 李涟漪













种子方舟的核心设施

1. -20℃冷库门外及内部　摄影 / 李涟漪
2. 种子干燥间　摄影 / 秦少发
3. 显微成像系统间　摄影 / 秦少发
4. 步入式萌发间　摄影 / 李涟漪
5. 数字化X-射线样品成像系统　摄影 / 李涟漪