

遗传保存设备

—— 种子库的设计



THE DESIGN OF SEED STORAGE
FACILITIES FOR GENETIC
CONSERVATION

International Board for Plant Genetic Resources

国际植物遗传资源委员会

遗传保存设备——种子库的设计

A. S. Cromarty

IBPGR 顾问

R. H. Ellis

英国雷丁大学农业园艺系

E. H. Roberts

英国雷丁大学, IBPGR 种子贮藏顾问委员会主席

1990 年修订版

1990 年由英国雷丁大学农业系 R. H. Ellis, T. D. HONG
和 E. H. ROBERTS 修订

国际植物遗传资源委员会 (IBPGR) 是国际农业研究磋商小组 (CGIAR) 下属的一个自主的国际科学机构。国际植物遗传资源委员会于 1974 年由国际农业研究磋商小组建立, 其执行秘书由联合国粮农组织指派人员担任。国际植物遗传资源委员会的基本职责是促进和协调国际遗传资源中心网络的建成, 以加速植物遗传资源的收集、保存、资料汇编、评价和利用, 从而提高全世界人民的生活水平做出贡献。国际植物遗传资源委员会主要项目经费由澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、中国、丹麦、法国、德国、印度、意大利、日本、荷兰、挪威、西班牙、瑞典、瑞士、英国和美国提供。

本书引自: IBPGR, 1982, 遗传保存设施种子库的设计。1985、1990 年修改稿。

国际植物遗传资源委员会, 罗马

本书由 IBPGR 东亚办事处编译

原名为 The Design of Seed Storage Facilities for Genetic Conservation

北京市白石桥路 30 号 中国农科院

邮政编码 100081 电 话 8316594

传 真 8316545 电报挂号 4878

电 传 222720 CAAS CN

译者的话

国际植物遗传资源委员会 (IBPGR) 自 1974 年成立以来, 致力于促进和协调世界范围内国际植物遗传中心联络网的建设, 而中国自改革开放以来, 作物种质资源事业得到了蓬勃发展, 因此双方在这一领域进行了卓有成效的合作。例如 IBPGR 在中国农业科学院建造容量颇大的国家种质资源库的过程中, 起到了积极的促进作用。“七五”期间接收入库的作物收集品已达 22 万份。

近几年, 中国各地陆续建立或筹备建造不同规模和用途的种子库, 为了适应这一形势, 国际植物遗传资源委员会东亚办事处组织翻译了《遗传保存设备——种子库的设计》(1990 年版)。这本书在注重中期库建设的同时, 也注意到用低温冷柜保存小的收集品, 或作为大的冷库未建成以前的临时保存, 另外本书的附录部分范围广泛, 内容丰富详尽。我们希望那些从事植物遗传资源工作的科技人员, 通过阅读本书并参阅本办事处 1989 年翻译的《种质库种子处理程序》一书, 能够有所收益。

参加本书翻译的有周明德、陈叔平、佟大香、高吉寅、张宗文, 全书由许运天研究员和 IBPGR 东亚办事处主任周明德副研究员进行了审核。

国际植物遗传资源委员会

东亚办事处

1991. 2.

1990 年修订版前言

由于用户的大量需求,本书已经重新印刷过两次,借第三次重印的机会(1990),修改了附录 2(有关种子贮藏特性),并在附录 4 增加了种子贮藏方面的新信息和资料。这些信息和资料主要根据由 IBPGR 资助在雷丁大学开展的有关 IBPGR 推荐遗传保存中的种子长期贮藏条件的研究。

我们没有按现在的价格来修改原造价的估算,按 1981 年以来的总的物价通货膨胀率来计算造价的金额将更为准确,当然不同国家增加的金额会有差异。已往的经验告诉我们,有可能以略低于 1981 年估算的造价建造一个符合标准条件的基因库。有一些基因库造价较高,那些额外的费用对获得本书阐述的目标是不必要的。

负责种质库种子处理的人员还应参考以下两本 IBPGR 1985 年出版的操作手册。

IBPGR 操作手册 2

R. H. Ellis, T. D. Hong and E. H. Roberts 1985, Handbook of Seed Technology for Genebanks, Volume I. Principles and Methodology, 210 pp. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. (基因库种子技术手册,第一卷,原则和方法 210 页,国际植物遗传资源委员会,罗马)

IBPGR 操作手册 3

R. H. Ellis, T. D. Hong and E. H. Roberts, 1985, Handbook of Seed Technology for Genebanks. Volume II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations, pp. 211—667. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. (基因库种子技术手册,第二卷,特殊发芽信息和试验建议的概论,211—667 页,国际植物遗传资源委员会,罗马)

IBPGR 还专门为有关日常处理种子材料的科技人员和工作人员设计了以下手册(当然没有上述 2 个手册详细),对负责种质库工作人员培训的专家也是非常有用的。

J. Hanson, 1985 Procedures for Handling Seeds in Genebanks, 115 pp. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. (种质库种子处理程序,115 页,国际植物遗传资源委员会,罗马)

此外,下列 IBPGR 新的出版物分别对负责顽拗型种子和种子繁殖工作人员有参考价值。

H. F. Chin 1988. Recalcitrant Seeds — A Status Report, 28 pp. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. (顽拗型种子—情况报告,28 页,国际植物遗传资源委员会,罗马)

E. L. Breese, 1989. Regeneration and Multiplication of Germplasm Resources in Seed Genebanks, 69 pp. International Board for Plant Genetic Resources, Rome. (种质库种质资源的繁殖更新,69 页,国际植物遗传资源委员会,罗马)

目 录

译者的话	(I)
前言	(II)
种子贮藏习性	(1)
种子收集品类型	(1)
长期贮藏条件	(2)
中期贮藏条件	(3)
种子干燥及含水量测定	(3)
密封容器	(4)
登记材料的入库量和冷库容量	(5)
冷库设计: 设计标准	(7)
冷库绝热层及其建造	(7)
致冷设备	(8)
电力供应和紧急情况下的维修	(9)
临时或替代的种子贮藏设施	(10)
监测种质库环境	(10)
缓冲间	(11)
辅助设施	(11)
安全事项	(13)
库址的选择	(15)
附录 1. 1976 年工作组和 1981 年特别种子贮藏委员会成员	(16)
附录 2. 种子重量、体积、IBPGR 优先等级和贮存特性	(19)
附录 3. 空气湿度和种子干燥	(37)
附录 4. 种子衰老和贮存环境	(53)
附录 5. 种子含水量的测定	(61)
附录 6. 铝箔袋的规格和特性	(63)
附录 7. 冷库测试程序	(64)
附录 8. 冷库贮藏容量	(66)
附录 9. 冷库结构和运转的经济核算	(69)
附录 10. 其它的或临时的种子保存设施	(72)
附录 11. 种质库中种子、资料和消耗材料运转流程	(76)
附录 12. 术语汇编	(78)
索引	(85)

种子贮藏习性

1. 种子根据其贮藏生理分为两类：

第一类称为“正常型”。其中包括大多数大田作物和园艺作物的物种。这类种子衰老，最后导致死亡的过程，不仅有时间上的作用，而且温度和种子的含水量也起作用。因此，通过控制贮藏环境，可以影响这些作物种子的贮藏寿命。事实上，温度和含水量（至少低到 5%）越低，种子的寿命越长。

第二类称为“顽拗型”。其中包括很多重要的热带栽培作物、热带果树和大量温带和热带森林树种。与“正常型”种子相反，“顽拗型”作物种子的老化过程很难控制。原因是经受不了干燥和低温。特别是零度以下时，冰的形成将会导致种子死亡。此外，很多热带“顽拗型”物种的种子保存温度不能低于 10℃，否则将会发生冷害。目前，绝大多数“顽拗型”种子只能保存几个星期到几个月而不丧失生命力。这种短期的贮藏通常先用杀菌剂进行处理，然后贮藏 in 保持一定湿度和氧气的条件下，如贮藏 in 装有潮湿木炭或锯屑的聚乙烯薄膜内。

2. 由于不具备切实可行的方法进行“顽拗型”种子的长期保存，只好依靠其它的保存方法来保存这类物种^①，因此本书阐述的完全是有关“正常型”种子的贮藏。

3. 尽管“正常型”与“顽拗型”种子之间的区别是明显的，但是有时在区分上仍会出错。如 1976 年 IBPGR 出版种子贮藏设备的设计报告时，柑桔被划分为“顽拗型”，但是如今我们知道柑桔属种子属于“正常型”，可以在低温低含水量下安全保存。在附录 2 里列有这个报告里的各种作物贮藏及其特性的修正和增订表。在有些情况下，这种分类只是临时性的，随着研究的深入，将随时可以修改（见 59 页）。

种子收集品类型

4. 各遗传资源中心负责下面的一种或多种贮藏

(1) 用于长期保存的基础样品；

(2) 用于下列目的的流动样品；

a. 中期保存

b. 繁殖更新

c. 分发交换

d. 鉴定

e. 资料汇编

(3) 长期保存基础收集品的异地、安全、复份保存材料。

育种家的工作样品不包括在遗传资源中心的工作范畴内。但遗传资源在育种中的利用，能够为鉴定和资料汇编提供有用的资料（收藏样品的类型及其同义语在附录 12 中有详细的描述）。

^① 《顽拗型种子的贮存——成就和可能的方法》(The Storage of Recalcitrant Seeds — Achievement and Possible Approaches). 作者: M. W. King 和 E. H. Roberts. 1979 年

5. 下面描述的长期保存方法适用于长期库及其复份贮藏。关于流动样品和育种家的工作样品为什么不进行长期贮存并没有什么特殊原因,但是,从下面的讨论可以看出,除了费用外,其它因素也表明中期贮藏体系有时更适合保存流动样品。

长期贮藏条件

6. “正常型”种子可以通过控制环境延长其寿命。因为随着温度或含水量的降低,种子的寿命的延长是呈指数趋势(见种子活力示意图 4.1 和 4.2,附录 4)。1976 年的工作小组接受了植物考察和引种专家建议制定的种子长期贮藏参数作为总的参考标准。这个标准已经包括在 FAO 第六次专家会议报告的附录 4 中(1975 年 7 月修订)。这些参考标准是特指种子贮藏在一 -18°C 或更低的温度条件下,含水量 $5 \pm 1\%$ (以湿重为基础),并封入不透气的容器内。实际上, -18°C (或 0°F) 也是一个估计温度,在 -20°C 情况下,大多数仪器能够经济合理地运转。所以本文的很多计算采用了这个温度(见 59 页)。

7. 贮藏期间种子含水量可以通过两种方式控制:一是将种子含水量干燥到 5% 左右,然后在密封的容器里保存;另一种方法是因空气中的相对湿度与种子的含水量之间有一个平衡关系(附录 3),通过控制冷库里的相对湿度在不密封的容器里保存。但是当温度在零下时,获得这种平衡所需要的最佳相对湿度(即大约 $10-15\% \text{RH}$) 是很困难的,费用也是昂贵的,另外,尽管对常温环境条件下种子吸湿的特性进行过大量研究,但对零度以下环境中的这种特性了解甚少。最重要的是密封容器能为控制含水量提供安全保障。一旦制冷设备失灵,密封的种子要比不密封的升温慢。所以如果种子不密封贮藏,在一定情况下水分能凝结在种子表面,从而导致种子含水量的迅速增加(附录 3)

8. 这些推荐的标准提供了优于过去那些用于一般保存的贮藏条件。制定这些标准的原因是通过改善贮藏条件,延长种子的贮藏期限,减少登记材料的检测和繁殖次数(附录 4),从而降低繁种的成本、困难及风险。考虑到以上因素,这些贮藏标准与那些不令人满意的贮藏条件相比较,其成本和运行费用的总开支没有多少差别。

9. 上述贮藏条件标准的通用性,即同一个条件适应所有的“正常型”种子的贮藏,为在一个基因库贮藏多种不同作物种类提供了有利条件。然而,在某一环境条件下,不同的物种的种子寿命有着很大的区别(附录 4)。

10. 1976 年的工作小组建议,如果种子库(seed bank)贮藏的种类只限于少数具有良好的贮存特性的作物,如谷类作物,温度标准可以为 -10°C 。据此,任何温度为 -10°C 或以下的种质库被列为长期库(附录 12)。目前的实践证明,贮藏在一 -10°C 条件下的材料要求监测和繁殖的次数应是一 -18°C 条件下的两倍,所以建议新建的种子库必须采用 -18°C 或更低温度的致冷设备。因为任何企图节省资金和贮藏运转费用的冷库都会因人员的增加和频繁的测试引起费用增加而不合算。建议 -10°C 的温度标准只能在改建已存在的长期库受到限制或是致冷设备不能维持 -18°C 的地方采用(见 59 页)。

11. 对于少数贮藏特性非常差的“正常型”物种,改进其贮藏条件是可取的。最简单的方法是进一步降低这些种子的含水量,然后密封贮藏在理想的温度条件下,这样只需要一个冷库。如马铃薯种子含水量很容易干燥到 2.5% (如在经常换硅胶的情况下),贮藏寿命大约是含水量 5% 的种子的 10 倍。但是有些物种,过度干燥会产生危害,使得种子不能正常发芽(附录 4)。如果采用超干燥,在不了解的情况下,首先核对种子对干燥的反应是非常必要的。第二种方法是使温度降到 -18°C 以下,这一条也包括在上述的贮藏条件内。目前正在由 Fort Gollins 国家种子贮藏研究室将种子贮藏在温度为 -196°C 的液态氮中进行超低温试验。因这种贮藏方法仍处在试验阶段,本书没有提供这种贮藏设计标准。IBPGR 的种子贮藏顾问委员会期望在采用液态氮贮藏之前,先通过一些小规模的试验项目以证实其实用性(见 59 页)。

中期贮藏条件

12. 因为流动样品要分发用于鉴定和育种,流动样品的贮藏量要比基础样品的多,样品的消耗率也比较大。所以原种进行繁殖更新更多的是因为库存量殆尽,而不是由于种子活力丧失。为此,中期贮藏为维护种子寿命产生的压力是不同于长期贮藏的。很多流动样品的贮藏温度为 0°C 到 10°C 之间,这种贮藏被划分为中期库。种子含水量通过密封容器控制,或为经常取种方便可采用不密封的容器,进行空气相对湿度控制(维持费用相对较高,附录 9)。如果采用后一方式,相对湿度越低(至少到 15%RH),效果越好,但必须考虑到无论是种间还是更小范围的种内,种子的含水量都有很大的差异。尽管有些种质库为了避免频繁测定种子的含水量,在每个容器内加入可定期检查和更换的彩色自示脱水剂,但仍需要直接测定种子的含水量,当然这可能会消耗大量的种子(附录 5)。如果采用上述技术,必须详细了解指示剂颜色变换所指示的相对湿度(彩色的指示剂与便宜的无显示脱水剂相混用,可以减少开支 10%)。最常用的指示剂是含有氯化钴的硅胶。在相对湿度为大约 15% 时,硅胶开始失掉其深蓝色,当达到大约 30% 时变为无色,当达到大约 45% 时开始变成粉红色。本书(附录 3)提供了一个公式,可以大致计算出种子在不同相对湿度下的含水量。另一方面,如果采用密封容器,也就没有必要控制相对湿度和频繁地测定种子的含水量。

13. 目前对很多作物来说,还不具备充足的数据来指明种子的生命期限,但是,大麦(具有较好的贮藏特性)和洋葱(具有较差的贮藏特性)在不同的贮藏方式下获得的贮藏期限可提供参考(附录 4)。

种子干燥及含水量测定

14. 为了适应标准贮藏条件的要求,须将种子含水量干燥到 4—6%。因此种子库在接收种子时,必须测定含水量,确定是否需要干燥,以及需要干燥的程度。由于不同的测定方法得出结果不同,建议采用国际种子检验协会(ISTA)制定的烤箱干燥法,在附录 5 中将对这种方法进行讨论。

15. 对很多物种而言,5% 的种子含水量要比作商业种子含水量低得多。种子库接收的不同材料的种子含水量也有很大不同(如小粒的谷类作物与果树相比),所以适合于商业上种子处理的技术、仪器和建议不一定适合于种子库。

16. 种子库工作人员需要掌握的种子干燥方法不仅仅是针对种子本身,而且要操作简单,可在种子库所涉及到的多种不同物种的种子应用。根据设备的设计、物种种类、种子的最初含水量等,建议采用不同的热空气干燥法。但质差,混杂的种子不宜采用,另外在潮湿的热带条件下除非与除湿相结合,否则也难以进行。因此不能推荐单一的热空气干燥法作为所有种子库的种子干燥标准程序。基于这一复杂的情况,为减轻种子库在干燥中的工作量和种子活性的丧失,附录 3 提出了表现干燥环境中不同因素间的关系式和示意图。

17. 解决种子 5%含水量干燥问题的最简单的方法是建造一个干燥间,温度保持在 15℃,相对湿度在 10—15%。由带有致冷作用的空气除湿机(吸收类型)降低温度和带走产生的热量。冷冻除湿机不宜作这种用途。附录 3 将讨论有关代用设备。在上述干燥环境中,将种子薄薄地摊放在敞口盘子里干燥。这种方法已被几个种子库采用,如位于 Wakehurst Place Kew 的英国皇家植物园和位于 Wellesbourne 的英国国家蔬菜研究所,瑞典的 Lund 北欧种质库也采用了类似的方法,但不同的是,为了防止种子在磁盘里面混杂,将种子装入了薄布袋内。这是一种很理想的方法,但口袋要强行通风,否则会大大增加种子的干燥时间。很多物种(如小粒种子的蔬菜)在敞口的磁盘里面干燥 10 天左右,就能达到 6%的含水量,然而,大粒种子如玉米和豆类,干燥非常慢,需要的时间长。表 1 列出了干燥这些物种所需要的不同大小的干燥间的造价。需要指出的是,这些干燥间的运转费用要比同样大小的冷库高。特别是在潮湿的热带条件下更是如此,因需要备有一系列的除湿缓冲带以便从露点温度连续降到预期的水平。

18. 为了缩短大粒种子的干燥时间,可采用两阶段干燥法:第一阶段是利用普通的空调设备(即冷冻除湿机,附录 3)使干燥间保持在 17℃,相对湿度 40—45%,可以使含油量高的种子(如花生)或淀粉型种子(如小麦)的含水量分别干燥到 7%和 12%左右,以湿重为基础;第二阶段是在一个具有气循环但无致冷的内含干燥器(吸收型)内,温度大约 30℃,相对湿度 10—15%,使种子含水量最后干燥到 6%,(附录 3)。

19. 配备一套备用除湿机或空调机也是很明智的,一旦有关设备出毛病时,可临时代用。但是,在种子的干燥过程中,建议随时测定含水量,以确定干燥到预定含水量的时间(附录 3),尽管在一些特殊类型的种子上获得了经验,但是通过干燥过程能够获得一个干燥标准时间。

密封容器

20. 种子干燥后,装入容器密封,以便在长期保存过程中保持种子的含水量不变(第 7 节)。如果是中期贮藏,冷藏室的相对湿度应保持在 10—15%,种子可以存放在不密封的容器内(第 12 节)。任何具有防水性能的材料都可以用来作密封容器,在实践中,多采用玻璃、金属和铝箔等三种材料,并且认为是比较适合的。

21. 采用切锻法密封玻璃瓶是比较安全可靠的,而且费用低,不需要投入大量的资金。然

而,在操作和密封上极不方便,要比用其它类型的容器多花4—10倍的时间。带有螺旋口的玻璃瓶用起来很方便,但密封不够理想。据报导,用橡胶塞密封比较可靠(但开封后要更换)。而一些塑料密封塞的效果较差。可将氯化钴纸或带色硅胶封入瓶内用来监测种子含水量的升高(第12节),但这需要定期查看贮藏中的全部容器,有些玻璃容器是非常易碎的。

22. 金属罐用起来比较方便。但为了防止金属腐蚀,须购买涂漆罐,当然铝制罐除外。带有螺旋盖(或类似的)金属罐以及玻璃瓶具有重复利用的优点,但不能总是密封得很理想,如要查看罐内的泄漏情况也只能开封检查。尽管如此,一些种质库很成功地采用了这种金属容器。“两层”或“三层”的多层罐既安全又方便,这需要一个封这种罐的双层封装机的投资(大约3000美元),还需要(用一个卡尺)仔细检查和调整接缝的厚度以确保密封完好。

23. 多层铝箔袋使用上方便,造价低,占用贮藏空间少。使用时还可以裁成不同的规格,在取样后袋子还可以再利用。但是,要求具备一台造价为1000美元的封口机和工作人员的精细调整、检查,以确保严格的密封。此外这种袋子要在技术可靠的工厂制造,确保结实、耐用。当然还需要在装袋过程中小心操作。附录6充分考虑了这些要点。

登记材料的入库量和冷库容量

24. 早在1976年的报告中就建议,基因型纯合一致(即来自自花授粉作物或杂种F1)的基础样品,每份种样不少于4000粒,杂合基因型的基础样品种,每份不少于12000粒。同时要求在异地种子库分别复份保存1000粒和3000粒。种子贮藏顾问委员会认为目前没有理由来改变这个建议。当然,对于籽粒非常大的种子,有必要适当减少这个数量。

25. 种子的重量及其所占的容积在不同的物种之间差异很大,而在同一物种内的差异较小。在附录2里我们列出了一些物种在这方面的数值,其中包括绝大多数国际植物遗传资源委员会优先考虑的作物,这些数值有利于计划每份材料入库时所需要的容积。很显然,一个种子库容量的大小将取决于所保存的物种种类和提供给每一物种贮藏容积的比例。

26. 因很多谷类作物具有近似的千粒种子的体积,所以小麦是计划种子库贮藏容量很方便的一个物种。12000粒小麦种子大约占600毫升的容积(附录2),可以放入一个容积为880毫升(直径103毫米,高118毫米)的圆柱形金属罐内。在种子库内,一个上述的金属罐占据大约1.3升的柱形体积,这样每平方米的存放架最多能放90个这样的容器。

27. 当然,种子盒不能充满整个冷库,首先必须保证使足够的冷气在内壁和贮存体之间的循环,以防止形成过大的温度梯度。设计时,在库壁与存放架之间至少留有20厘米的距离,地面与存放架底层之间留有10厘米;天花板与上层架之间留有50厘米。这样不但有利于冷气循环,还有利于在天花板上安装照明灯具和空气致冷器(如果需要安装的话)。其次,必须具备能够方便存取种子的存放架。存放架的选择和安装设计决定着一个种子库能贮藏材料的总份数。安装活动式存放架体系(电镀或喷搪瓷漆钢质组合式),像图书馆和工厂的贮藏室采用的,代替原始的固定架,能使种子的贮存量增加一倍。例如,一个100立方米的冷

表 1: 冷藏室和干燥间的建造价(1981 年欧洲港口的离岸价格, 包括仪器设备测试和包装)^①

冷藏室 容 积				造 价 (美元) ^②				干 燥 间 ^③		
(内部)				(冷藏室)		活 动 架		(冷藏室和存放架)		
贮藏 容积 ^④ 米 ³	地表 面积 ^⑤ 米 ²	活动 架面积 ^⑥ 米 ²	登记 材料 数 ^⑦	温 带	热 带	温 带	热 带	每份 材料	日除 湿效 率 (公斤)	造 价 ^⑧ (美元)
50	20	75	6800-10000	17800	18690	7900	26600	2.57-3.91	5	10800-12000
100	40	163	14800-21700	26500	28020	17360	43900	2.02-3.07	10	11500-18300
200	80	353	32300-47000	40370	43000	37556	77900	1.66-2.50	20	12400-28700
300	120	556	50800-74000	52240	55920	59000	111200	1.50-2.26	32	12800-37800
400	160	767	70100-102100	63000	67730	81400	144400	1.41-2.13	44	13200-46300
500	200	984	90000-131000	73100	78880	104500	177600	1.36-2.04	56	13600-54400

- ①. 不包括运输费和保险费, 因此, 在发展中国家安装这套设备, 需要再增加费用 50%。还需要说明的是, 此概算不包括土建工程(第 60 节)。
- ②. 用 125 毫米或 150 毫米的隔离层(分别适用于温带和热带的最低厚度)装修运行温度为 -20℃ 的标准冷库, 安装二套独立的制冷系统和一个备用发电机。在热带地区, 冷库的绝热层厚度是按 150 毫米计算造价的, 而不是本书提出 200 毫米。建筑师通常不愿意提供 200 毫米厚度绝热层的报价单, 因要求建造这种厚度的人很少。
- ③. 为使装有绝热层(125mm)的干燥间(地表面积 10-30 平方米)的运行温度保持有 10-20℃ 和相对湿度 10%-15%, 应建有机阀和备用发电机。
- ④. 冷库的内部高度为 2.5 米。
- ⑤. 假设每组为 8 个架子。
- ⑥. 计划由一个 0.88 毫升的圆柱型金属罐装一份材料(26 节), 每个冷库存放这种容器的数量取决于架子的层数和每层上面容器的摆放形式。本表给出的幅度表明了不同的布局形式, 排列密度越低, 查找材料也就越容易。较低和较高的估算分别来自单放式和抽屉式贮存设备。但是, 活动架的造价是根据较低的包装密度计算的。
- ⑦. 每一栏内那个较高的金额包括一台额外的(备用的)循环式空气吸湿机和一套额外(备用)制冷设备。除此之外, 对于大型冷库, 造价的金额幅度也反映了干燥间的大小。

库,采用这种活动架后,尽管贮藏材料加倍,但基本上不需要增加致冷设备(附录 8)。据此,建议在长期库安装人工移动的活动存放架。

28. 冷库内要留两条相互垂直的通道(100—120 厘米宽),使工作人员能够接触到活动架上的每一份材料。存放架(前后宽 30—50 厘米)要能够承受 150—200 公斤/米² 的压力,并组合形成多个带边沿的平盘,以便在移动时保证上面材料的稳固。架子的高度要根据种子盒的大小和方便工作人员的操作而定,最方便的高度是 2 米,利用一个类似图书馆用的梯子就可达到存放架的上层。架子上要特别为小型样品安装一些抽屉或可移动的盒子,这样有利于在遇到紧急情况时将其移出种子库,同时也防止架子移动时样品的位置移动。活动式存放架通常包括一个活动板(负载 1500 公斤/米²),用其支撑一组架子,并带有末尾停止装置,以防止架子将墙壁碰坏。由于架子整体的重心很高,因此对无载静止架也需要进行加固,否则一旦倒塌将损坏隔热地板和地下加热系统(第 36 节)。这可以由凹凸铝板或石灰板进行加固。

29. 无论是安装固定式还是移动式存放架,最重要的是不能阻碍冷气的循环。因此如果架子上安装了后撑板或侧撑板,应在这些撑板上钻通气孔。

30. 附录 8 提出了计算表 1 提供的资料所必不可少的程序。对考虑设计任何大小的种子库都具有指导作用。

31. 在估算准备建造的冷库空间时,首先应估计在今后 10 年中可能要贮藏的登记材料份数,然后估计贮藏这些材料要求的基本条件。虽然建造单个大型冷库要比建造具有相同容量的多个小型冷库的造价低(表 1),但是将材料分散保存在两个冷库可以防止全部设备停转的可能性。在任何情况下,都要求合理设计第一冷库及其有关设备的布局,以便在将来利用第二冷库时不会遇到困难。据估测,绝大多数种子库可预见的设计要求为每个冷库贮存材料 7000—70000 份,相应的冷库容积是 50—300 米³。冷库和存放架的造价每份材料分别为 4 美元和 1.5 美元(表 1)。

冷 库 设 计

设计标准

32. 建议根据某一个国家的代码和标准制定标书的说明。例如,美国冷热工程协会(ASHRE)代码和标准是很有用的,已被广泛采用。

冷库绝热层及其建造

33. 建议采用工厂预制的组合式绝热板装修冷库。这些绝热板是由喷漆、电镀不锈钢做护墙板,带有封合式接头,内装聚氨酯类泡沫(长期导热率 1℃时为 0.017—0.023 瓦/米),并含有防火材料。因为这种绝热板有很多厂家争相制作,可以进行严格的质量把关。此外,利用内含聚氨酯类泡沫预制绝热板可以避免聚氨酯类泡沫原料对人体健康的危害,在失火的情况下例外(第 67 节)。由这种绝热板装修的标准冷库的最大自承跨度为 7 米,因此,抗震能力较强。这种绝热设备还可以拆卸、移动和进行修理。保护钢架表面,可以防止透入水蒸气 and 发生腐蚀。固定零件(螺栓和螺钉)的表面不能是平的,而且要拧紧。因聚氨酯类泡沫是

粘弹性物质,有时会微微地移动,使固定螺钉变松,这样空气和水蒸汽就会渗入。为了防止水蒸汽的累积结冰,必须使透入的水份减少到最低限度,以保持绝热层的整洁性和防止带铁物质(种子架及金属容器)的腐蚀。换句话讲,冷库必须彻底地密封。(附录 7 列出了用气压测试简易冷库空气渗漏程序)。当冷库内的相对湿度超过 65% 时,可能会生锈。如果建造可控制相对湿度为 10—15% 的除湿缓冲间。冷库的相对湿度可保持在 25—45% 之间(第 48 节)。如果建造了这种除湿缓冲间,就没有必要在冷库内使用不锈钢。当建造永久性的冷库时,绝热设备可以由多层组成,并由高质量的防水密封钉固定,内外金属包层。但造价是比较高的。

34. 依据“最低运行费用”原则,建议选用适宜的隔热层厚度(附录 9)。因为使用隔热条件差的冷库,多年后累计运行费用可能会超过原资金开销。在热带,冷库的隔热板一般应为 200 毫米厚(不少于 150 毫米)。在其它气候条件不同的地区,可根据环境与冷库的温差按比例递减(附录 9),建议对典型的冷库进行规范测试(附录 7),以获得其隔离层导热标准。

35. 冷库的门(100—120 厘米宽)无论是旋转式还是滑动式,都必须有加热封条,以防止结冰。最好是在门上安装一个三层的监视窗(50 厘米×50 厘米)。同样,热带地区的中期库,在没有除湿缓冲间的情况下,门上也应安装密封条,以防止水分的凝结。在开门时为了防止库外的空气流入(因库内外的空气有一个密度差),应在冷库门框上挂一个加强的尼龙半透明聚氯乙烯(冷藏级)条状帘。此帘作这种用途时与气帘的作用相当。在帘上要留有一条缝隙,以便通过门上面的监视窗观察库内的情况。对气压差可能给建筑造成的损坏必须有预防措施,这种气压差可能是由周围的冷空气或旋转门的开关所致。解决的办法是,可以在(小型库)冷库门的底边安放一条无凸起的弹性密封条,或安装一个通风口来平衡室内外气压差。

36. 在温带地区,建在地平面上的冷库在零度以下运行时,必须安装地下加热系统,以防止结冰隆起,即土壤水结冰膨胀损坏冷库地面。加热的方法很多,如地下通风和管道循环油效果都很理想。这样,在冷库的隔板下面,温度可以保持在 4℃ 左右。建议采用简易的低压电缆控制恒温加热线圈,这种线圈由聚氯乙烯包层的不锈钢线(直径为 3.25 毫米)制成,然后将电缆加热线圈铺设在支撑冷库的水泥板上。为了监测和报警,应在该板下面安装两个以上温度感应器。每平方米的地面 5—10 瓦的热负荷就足够了(取决于油温和所处位置)。

当然,建在支架上的小型冷库(小于 50 立方米)和在热带建造的大型冷库都不需要安装地下加热装置。当金属柱子(或大型螺丝钉)穿透无加热无密封的冷库水泥地板时,必须采取一些特殊措施,尽管柱子本身的隔离很好,但金属的高导热系数,加上很小的温度梯度,将会产生地下缓慢的结冻,使支柱上移,导致建筑的损坏。这个问题可以由在柱子或大螺丝钉周围安装一个加热线圈解决。同样,尽管滑动板对支持存放架是必须的(第 28 节),但在安装时必须谨慎,以防损坏霜冻防护装置。

致冷设备

37. 从现实性和易于维持的观点出发,建议在致冷循环系统采用常规的直接或间接式蒸汽凝结器。作为系统的一个组成部份,这样的设备要经过热带及其它环境下的规范化试验。较便宜的密封式致冷部件可以用于小型的设备安装,但当电压的变化超过额定电压的±6—10% 时,机器可能会被损坏。开放式部件(由分开的电机带动的空气压缩机)也可以被采用,

因这种机器容易修理,可以换件。建议在中期库采用 R12 致冷机;长期库采用 R22 或 R506。自由排气式气冷凝结机(达到最大运行温度以上时,每升高一度制冷减少 1%)可用于驱散制冷期间从冷库泄出的热量。因为如果水的正常供应中断或被杂质污染,水冷凝结机容易坏。如果温度控制到 2℃ 以下时,与致冷系统蒸气机循环体相关的冷库空气致冷器以及空气循环扇和排水槽都必须安装可移动的电热除霜元件(有时,10—15℃ 和 40%RH 的中期库安装的气冷器可以包括一个湿度控制再热线圈,但蒸发器可能需要除霜)。下水管(在冷库内由一个低压电热磁带保护—45 瓦/米)应与水阀相连,并由一个透明的塑料管从外部引向下水道,以防止有毒气体进入冷库。致冷系统的有效性可以在连续的除霜循环过程中,由测量溶化冷凝物来监测。建造了除湿缓冲间的冷库,水分的进入量是很少的。

38. 建议除霜循环系统由定时开关起动,由恒温器关闭,以尽可能缩短加热时间。致冷系统在除霜期间必须停止工作,气冷扇也只能当残余水分在蒸发器上结冻之后再起动,否则机器将会使水溅到存放架上。当冷库空着的时候,气冷机只能以最大的通风率运转,这样减少了空气的“冷冻因素”,使冷库工作持久。空气循环率每小时不低于 5—10 次;致冷机的恒温控制器应安装在中部,以控制将返回的空气温度控制在恒定值±1℃ 之内。采用高、低压负荷器和一个可见液线玻璃管来监测制冷情况,高低温报警器也是必备的。

39. 每个冷库应安装二套独立的最大设计负荷为每天工作 16 小时的致冷系统。还必须具备有一定的额外负荷,以保证其它任何冷冻所需的负荷,如吸收式空气除湿机。两套独立的致冷系统必须以月为周期轮换使用,以确保其正常工作状态。功率大于 1 千瓦的致冷机不能放在冷库上面,因长期的振动可能会损坏绝热装置。

电力供应和紧急情况下的维修

40. 主要种子库要求安装三相交流电力供应系统,以满足致冷设备起动时的高电流要求(利用锁定式转子电流负荷器来估测),但小型可步入的冷库和低温冷柜通常设计为单相电操作系统。特别重要的是要测量当地电路的电压、频率、变化幅度等,这些信息在购置设备时将作为重要的参考资料—这样能避免购买的电机因不适合而出毛病。在计算对当地电力总要求时,还要考虑到将来可能要扩大种子库的任何计划,从而增加对电力的要求。对本书提出的冷库设计面积(表 1),总的联接负荷是 20—100 千安培伏特(是实际最大联接负荷的 3 倍),但附加的空调设备将会增加这个估计值。

41. 在冷库内及毗连的地方安装一个电池供电电源(12V 充电电池)是一项有用的预防措施,以便在停电的紧急情况下照明使用。

42. 要求安装备用柴油发电机,以维持种子库在断电时的正常运转——制冷、干燥和照明。每发电 1 千瓦小时,消耗的燃料大约是 0.142 公斤,应贮备 6 个月所需要的燃料(但不要靠近冷库)。备用发电机房必须配有紧急照明电源(第 41 节),可以人工或自动启动。当然,当原设备停止工作和电路短路时(爆保险丝等),人工启动可以使电荷开到需要的位置,否则可能会超负荷、损坏或关闭自动器。通常,柴油机的使用环境温度不超过 40℃,每超过一度

减少发电量 0.5%。相反,在寒冷的气候条件下,要求备有润滑油加热器。还应安装工作时间计数器,机器要在厂家建议的期间内进行保养,在紧急情况下,也可用拖拉机来带动发电机发电。

43. 维修主要致冷设备或备用发电机出现的毛病所允许的时间与冷库时间系数有关,即从运行时的贮藏温度上升达到环境温度 63% 所需时间。冷库时间系数取决于绝热层的厚度和冷库内部物质导热质量。如,一个容积为 100 米³,用 125 毫米厚的聚氨酯护性板建成的冷库,当装满一半时,在环境温度平均为 20℃ 时,大约需要 4 天才能使室内温度从 -20℃ 上升到 0℃;如果是满装,大约需要 8 天。然而,在这种温度升高情况下种子生命力的损失并不比干燥后不马上入库造成的损失大。这是因为目前还没有证据表明温度的这种变化影响种子的活力。事实上,所有关于温度变化对种子寿命的影响的研究都表明恒温是非常重要的因素,只要冷库温度上升到环境温度后持续时间不长,这种短期的升高对种子的贮藏寿命没有明显的影响。因此,尽管要求安装备用发电机以便在长时期停电时保证电力供应,但没有必要采取更进一步的预防措施。

44. 当然,如果当地具备直接制冷物质(固体和液体二氧化碳、液态空气和液态氮),那么值得考虑安装一个备用系统,以便在紧急情况下,使用上述的某一物质直接降低温度。液态氮通常是上述四种物质中最便宜的一种,适合于冷库和低温冷柜的直接降温。要有可行的简单的自动控制装置在停电时使温度保持在 -20℃。为了保持这个温度需要向冷库内喷射一定量的液态氮,制造与 113 瓦/公斤(-20℃)相当的制冷效果。然而,液态氮在汽化时体积能膨胀 610 倍,因此必须安装一个适合的空气/氮气排气口,以防止因气体膨胀造成的强大压力损坏冷库建筑。此外,液态氮汽化会降低氧气的含量,所以冷库必须通风换入新鲜空气后,工作人员方可入内(第 63 节)。

临时或替代的种子贮藏设施

45. 这里阐述的冷库贮藏系统的设计(第 33—39 节)都是常规的,与目前世界很多种质库使用的相似。当然在某些情况下,要求具备替代设备。如在一些主要收集活动或普通种质库的建设过程中,提供临时性的贮存设备;或为小型收集活动提供相对便宜的贮藏设备;或是提供一个用电量很小有贮藏室。这些特殊要求在附录 10 详细讨论。

监测种质库环境

46. 定时测量和记录冷库和干燥间的环境条件(温度和相对湿度)是非常可取的作法。建议在每个冷库安放两个标准的水银玻璃温度计。用以监测整个贮藏温度范围。温度计应安装在放置种子架的主要区域。同样在干燥间放置种子架的地方也安放两个温度计。还可以用多道带状图记录仪(1500—2500 美元)进行辅助的遥远的温度监测,或是在紧急情况下,采用可靠的数字记录仪,或安装分离式、标准的低压温差电偶或铂抗温度计来监测冷库的极端温度。这种记录仪也可以显示地板下的温度感应器的结果(第 6 节)。

47. 在中期库、干燥间和其它需要控制相对湿度的地方,可以由很多不同的经验法测定其相对湿度。吸湿物质的一次性测量、不抽气式湿球温度计和改变不同物质的电性等方法只

适用于监测;建议采用检查镜子上遇冷后露珠的形成(简单露点仪),或空气/水蒸气混合体的膨胀来校定标准(露点温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)。如果湿干球温度计与热辐射源完全隔离,在温度 4°C 以上的干燥间悬挂式湿度计(回旋式湿度表)或 Assmann 湿度表(或类似的气象仪器)是非常适用的,必须确保采用适合的换算或核算表,特别是当温度在零下时,要更加仔细。相对湿度能够通过(抽气式)湿—干球温度计读数,由湿度表查出(附录 3)。

缓 冲 间

48. 建议在所有净贮藏容积超过 20 m^3 的冷库设置一个缓冲间,以防止湿热空气渗入冷库。缓冲间是由一个冷库入口和一个外层门(与第一个门成直角)组成的小门廊,由适当的能够防水气(防湿)的隔热物质制成。在进入冷库之前,必须先关好外层门。建议在侧墙和门上安装窗户($50\text{ 厘米}\times 50\text{ 厘米}$)。缓冲间可以使进入的空气湿度降到冷库露点温度时的空气含水量(附录 3)。如果作到了这一点,缓冲间也就具备了第二个优点:它还能用来使结冻的种子回升到与环境温度相同,而不会增加水份在容器上的凝结(第 20 节)。这个门廊式缓冲间必须具备 6 m^2 的面积,以使冷库的门开关方便和不影响手推车及工作人员通过。缓冲间的通道必须宽敞,以便搬运冷库内最大的物体如种子架等。

49. 如将干燥间或除湿包装间与冷库主门连在一起,可以起到双层缓冲的作用,对处于潮湿气候条件或出入频繁的种子库特别有利。缓冲间可以设在一个加大的隔离间与冷库前面相连的墙上(如果隔离间是在二个冷库之间,应分别在二面墙上)。这种设计能节省建造成本,并形成冷库——干燥——包装的设计和建造的一体化,形成一个全机能的标准建筑。这种设计特别适合于中小型种质库。其冷库的面积及所需设备主要取决于它的功能,但大约为 $12-30\text{ m}^2$,库内需有一个放保护服的衣柜(63 节)。在这种除湿的冷库内,空气的循环率不低于 10 次/小时 ,大约高于标准气压 2 毫米汞柱 。因工作人员在库内有时工作时间很长,所以必须有充足的人工照明设备(工作亮度为 500 lux)。此外,IBPGR 的种子贮藏顾问委员会建议安装玻璃窗(双层)来改善库内的工作环境。

辅 助 设 施

50. 冷库只是种子长期贮存的设备之一,其它一些附属设备也是必需的,附录 11 将对此进行阐述。种子在送入冷库贮藏之前,首先要进行登记、清选、干燥、包装和评估。在贮藏期间,种子会被临时移动,取样,来测定发芽率(也可能是含水量)。每份材料要有足够的贮存量,从而满足对材料的需求和繁种的需要(留足够的种子,以防一旦繁种失败);在一些正在建造种子库的研究所,可能已具备了试验室、办公室和仪器设备,否则,所有适宜的设施都必须建造。

51. 为了避免种子在入库前无意识地使种子老化,在接收后应马上将种子的含水量干燥到 5% ,但是有时也会有一些难免的耽搁。首先材料需要检查、接收、准备(如脱粒)和清选(即去杂、清除破损粒和杂草种子);其次,入库程序上的一些问题可能使种子干燥延迟进行。因此,应控制清选和脱粒区的环境条件,形成临时性贮藏设备,或是为了实现这一目标,提供一个单独的房间(附录 11)。在这一工作区还应具备熏蒸间。干燥间的容量要大到能够满足初期接收大量种子的需要。初步估计,每年的干燥量为库总容量的 $15-30\%$ 。