



拍摄：Sociedade Chau á

“ 种子的萌发信息有助于你更好地理解植物的繁育。”

Baskin and Baskin, 1998.

### 前言

不同种类的树木萌发和生长条件不同。如果你尝试种植特定种类的树苗但却失败了，或者你并不了解如何种植它，该怎么办？你可以选择开展一个非正式的试验，来检验是否某些因素可以促进或影响树种萌发。本章为“如何开展这类试验并分析利用你收集到的数据”提供基本指南。

### 本简报的适用者

本简报适用于对稀有或濒危树种开展萌发、繁育和恢复工作的非专业人员。由于本章简报所描述的技术相对于其他章节指南的技术更为先进，建议你的团队在实施本章试验前，先开展一些园艺训练，并掌握一定的园艺经验。

本简报由  
Santiago Velazco,  
Pablo Hoffmann  
和Chau á  
团队执笔完成<sup>1</sup>



1. SociedadeChau á 是一个致力于保护自然生态系统和生物多样性的NGO组织，总部设在巴西巴拉那州。<http://chaua.org.br/>

## 开始工作之前

萌发试验包括了开展如下测试：(a) 哪种条件可实现种子最高发芽率 (b) 种子萌发需要多少天或多少周，甚至多少年。对于长期工作来说，这些信息可以使你节省大量的时间和精力在育苗上，并使你最后得到更高质量以及更多数量的幼苗。

在短期内，发芽试验的时间安排较密集，且需要收集一些常规数据。因此，确保你的团队尽可能地进行准备工作，并了解我们推荐的育种和幼苗培育常规方法（见简报7）。然后，在你开始工作前：（1）研究目标物种的生物学特征；（2）确定你的团队拥有正确的技能；（3）准备必要的设施和适当的设备；（4）获得种子资源。

### 第一步：提前了解你的目标物种

#### A) 搜索查看是否有其他人已经建立了该物种的萌发试验方案

也许已经有人针对你的目标物种（或近缘种）开展了种子萌发试验，你可以通过以下途径获取信息：(i)在邱园（英国著名植物园）的植物种子数据库中进行检索：<http://data.kew.org/sid/>或其他网络资源；(ii)阅读已发表的文献；(iii)访问植物园或者种子库；(iv)向种植过该目标物种的人咨询。

即便你的目标物种已经开展过相关的萌发试验，但可能仍然需要你亲自开展试验。因为对于在你所在的试验区收集到的种子，弄清楚其最佳萌发条件是十分重要的。

#### B) 了解目标物种的生态学特征

目标物种的基本生态学信息，可以帮助你找出与其萌发相关的研究问题。下面列出了一些你查询文献时需要考虑的因素。

##### 目标物种的一般耐受气候条件是什么？

这可能提示了打破该物种种子休眠与促进种子萌发的最适宜温度或湿度条件。

##### 目标物种具有代表性的生境和土壤类型是哪种？

这将提示该物种的最佳生长基质。例如某些树种需要土壤中存在特定的真菌或细菌。

##### 目标物种在植物群落中属于哪个位置（如：属于先锋物种、建群物种或顶级物种）？

这将提示物种的最佳荫蔽条件（如先锋物种通常需要光照或耐日晒，与此相反顶级物种通常需要遮阴或耐荫蔽）。

##### 你的目标物种是否存在休眠，如果有，如何打破休眠？

这将提示你在目标物种萌发前是否需要处理种子或对其进行分级。

##### 目标物种的种子是顽拗性种子（指它们的贮存能力较差）还是正常种子（指其有良好的贮存能力）？

这可能提示了你开展种子萌发试验需要的时间和可能的持续期。

## 第二步：确保工作团队拥有正确的技能

本章描述的技术方法较简报7（讲解萌发的基础知识）更为复杂。因此需确定你的团队中至少有一人能够很好的掌握园艺技术，同时，至少有一人熟悉基础数据的分析和统计工作。

整个工作过程中需要定期收集和录入数据，因此提前确定你的团队足够精简，同时确定每个团队成员均有高度的组织性和时间管理能力。

## 第三步：配备基础设施和设备

### 设施

基础的发芽试验可以在温室或苗圃中完成，同时需要为你的团队提供遮阴的工作区及流动水。

对于更复杂的试验，包括更精确的温度、湿度和光周期的控制，你可能需要一个小房间作为试验室。如果你打算使用恒温培养箱，选择靠近电源的地方是非常必要的。

### 萌发试验必要的基础设备和资源耗材

- 播种盘（如塑料托盘，上面有用来放种子的小洞）
- 生长基质
- 覆盖网
- 遮阴物(如网，棕榈叶或竹子等)，调节光暗环境
- 洒水壶
- 标签，钢笔，修正液笔，铅笔
- 记事本，数据记录表
- 用来录入数据的手提电脑或台式电脑

### 特定条件下试验所需的额外/附加设备和物资 (取决于你试验的内容)

- 研钵和研杵、小刀或搅拌器，检测划破种皮的萌发试验效果
- 酸类试剂或化学物质（需要特别小心处理），用于开展不同预处理试验
- 一个水壶或烧水锅，用于沸水浸泡预处理试验
- 不同的生长基质（如：沙子、蛭石、纸）
- 简单的种子萌发箱，用于检测不同温度的萌发试验
- 复杂的种子萌发箱，用于不同温度、光照和湿度水平以及光周期的萌发试验

## 第四步：获取种子资源，开展试验

最后，确保你有一个可靠的种子来源（见GTC简报5关于收集种子的指南）。对于你的试验来说，要确保你使用的种子来源于同一个地区（如：种子来源于同一区域的母树），从而确保试验结果不受种子来源的影响。

种子在开展试验前也需要进行清洁和处理（见GTC简报6关于此类工作的指南）。

## 设计你的试验

以下各类因素都可能会影响你的目标物种萌发试验的结果：

### (1) 种子自身的物理特性

- 种子或果实的成熟度
- 种子内部的含水量
- 种子的大小与形状

### (2) 帮助种子打破休眠的方法

- 破损种皮（去除部分种皮）
- 在冷水或热水中浸泡
- 化学处理
- 冷冻或加热处理

### (3) 环境因素

- 光照条件（自然光源、人造光源、庇荫或黑暗）
- 光周期（光照期和黑暗期的长短交替变化规律）
- 温度
- 环境湿度（在萌发室内进行调节）
- 基质（沙土、蛭石、纸、土壤和是否加入真菌或细菌）
- 基质深度（一些物种发芽仅需要放置在基质的表面）

对于你的试验，在以上因素中选择一到两个因素（称为处理）来测试你的目标物种。你可以基于第一步获得的信息选择处理方法（如：物种在野外如何生长和繁殖，可以提供一些对苗圃中种子萌发试验有利的提示），或者通过对之前开展的萌发预试验条件的稍微调整来作为处理。

你可以对比不同的处理方法对种子萌发产生的影响。例如：测试不同的打破种子休眠方法的效果。

处理一 (T1)	处理二 (T2)	处理三 (T3)
在冷水中浸泡	在热水中浸泡	去除种皮

在其他案例中，你也可以对比不同的处理水平。例如：测试不同的环境温度对种子萌发的影响。

处理一	处理二	处理三
18° C	22° C	26° C

你可以通过更复杂的试验，来同时测试一些不同的因素（包括这些因素如何相互作用）的处理结果。例如：测试不同光照强度和不同生长基质对种子萌发的影响。在这个案例中你可以通过6个不同的处理完成试验。

对于任何试验，我们建议你的试验设计尽可能简单。试验的处理越多，需要使用的资源就越多，同时你需要搜集的数据也复杂，越难分析。

		光照	
		自然光	无光
基质	纸	处理一 (T1)	处理二 (T2)
	蛭石	处理三 (T3)	处理四 (T4)
	沙土	处理五 (T5)	处理六 (T6)

### 标准化处理、重复与对照

同一树木个体产生的种子大小、结构和生活力通常不同，随机抽取一批种子，一些可以萌发，而另一些则不能萌发。这类因素对你开展的试验完全不相关。

但这种差异可能会使你的试验产生一些问题。例如：当对比萌发率时，你很难确定两个不同处理下（如：不同温度），发芽率的不同完全是由于温度的影响，而不是由于样本的差异（如：用于处理2的种子中，恰巧很大比例的种子受损，从而对试验结果产生影响）？

标准化处理、重复与对照，是解决这类问题常用的三种方法。

举例说明，如果你需要对比不同温度对种子萌发的影响，尽可能控制所有可能对结果造成影响的因素相一致（如：所有处理的其他因素都相同，即标准化）。这包括所有处理的种子类型相同（如：同一来源，避免使用受损伤的种子），同时确定不同处理的所有其他因素都是完全相同的（在本案例中指：光照、水和生长基质条件控制一致）。

重复处理降低了试验结果受一些未知因素影响概率（如：种子中有一些自然萌发率较低种子）。对每种处理至少重复4次（如果你拥有足够的种子和可利用的资源，可以有更多重复）。最终的结果将用所有重复处理结果的平均值表示（降低误差）。

最后，通过对照试验，验证各处理间的差异是否真实。一个对照处理组的种子可以全部都是空白处理，以便与其他处理的萌发率进行对比。



在这个试验中，为提高试验结果的可信度，对巴西胡桃木种子萌发的处理做了4次重复。  
拍摄：Sociedade Chau á。

预处理	光照	处理编号	重复	每个重复的种子数量	处理的种子总数
冷水浸泡种子	自然光	T1	4	50	200
	黑暗处理	T2	4	50	200
热水浸泡种子	自然光	T3	4	50	200
	黑暗处理	T4	4	50	200
空白（对照组）	自然光	T5	4	50	200
	黑暗处理	T6	4	50	200
总计		6	24	300	1200

## 开展你的试验

在你选择一个试验设计后（设定处理和重复的数量，以及每个重复使用的种子数量），就可以组织开展你计划的第一个试验。

为每个处理准备一个播种盘，在每个穴中播种一个种子。如果计划为土壤播种，不要将其种的太深，因为你需要观察到每个种子的萌发情况。如果在苗圃中开展试验，你可以使用铁丝网覆盖播种盘，从而保护种子不被其他动物啃食。

其次，将每种处理的播种盘分开摆放，划分在不同的批次。然后重复每个批次直至达到所需的重复数量（记得对每个播种盘进行标记，使用处理号和批次号）。

重复	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4
批次 1	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子
批次 2	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子
批次 3	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子
批次 4	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子	50 颗种子



### 数据收集 — 你需要测量哪些数据?

典型的数据收集包括至少每周对所有的播种盘检查一次（如果种子萌发速度快，需要增加检查的频率）。这将可以测量：1) 试验结束时，萌发、未能萌发或被病原体、真菌、害虫病害侵染的种子数量；2) 萌发速率。

准备一个数据表，在每次检查后对数据进行更新。在每个检查日，使用修正液笔或者永久记号笔，对每个新萌发的种子所对应的播种穴进行圆点标记。然后在你的数据表中记下圆点总数，即萌发的种子数。

批次 1				
日期	处理 1	处理 2	处理 3	处理 3
15/09/2014	0	0	0	0
18/09/2014	1	0	0	0
21/09/2014	4	1	0	0
24/09/2014	7	2	0	1

也可以测量发芽后迅速死亡的种子数量。在试验结束时，通过计算播种穴内有圆点标记但种子已经死亡的圆点数量，即萌发但之后死亡的种子数量。

## 分析并总结试验结果

在完成试验后，下一步就是分析数据并对项目组成员及其他相关方阐述试验结果。最简单的展示每个处理试验结果的方法是用试验结束时种子萌发的百分率表示：

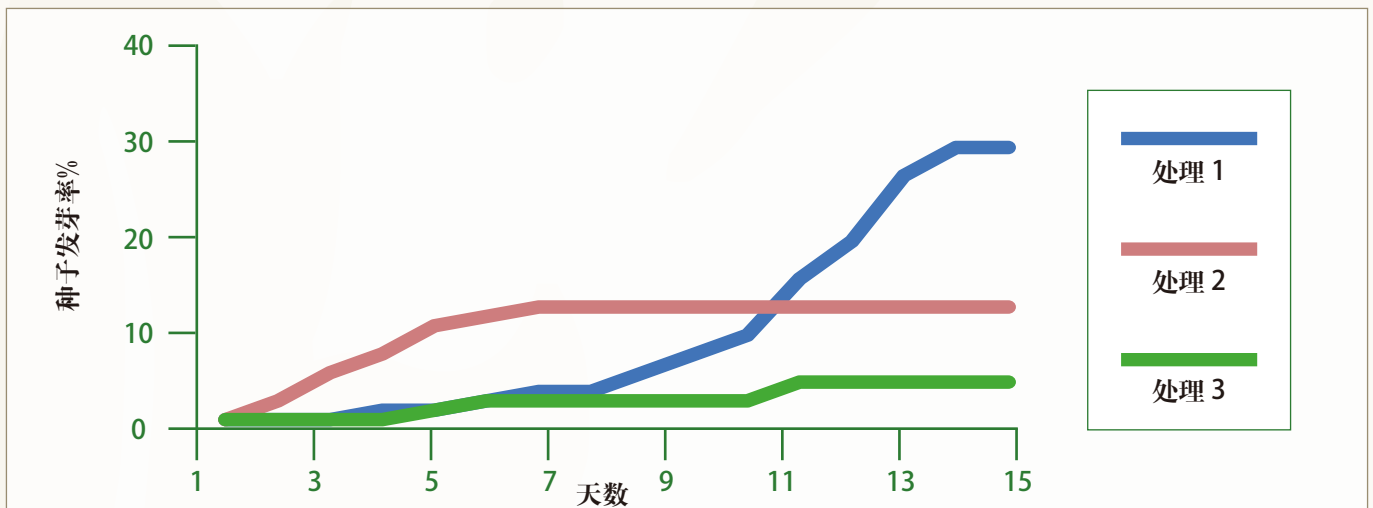
$$\text{种子萌发百分率} = \text{萌发种子数量} / \text{播种的种子总数} \times 100\%$$

当然，也需要利用基本的数据统计分析方法比较不同处理间的差异。这有助于展示你的试验结果的可靠性。

将所得数据导入Microsoft Excel表格中，计算每个处理种子萌发数的平均值。然后，使用数据分析软件，用方差分析方法(ANOVA)比较所有处理间的差异。如果方差分析结果得到P值<0.05，说明不同处理间具有显著差异。如果你观察到的结果是差异显著，可以使用t检验（成对比较）对每个处理均值与空白对照均值的差异进行比较，从而验证你的结论。

### 种子萌发曲线与指数

另一种表示种子萌发试验结果的方法是制作一个种子萌发曲线。这种图表能够显示不同处理的种子，萌发率随时间变化的情况（从播种当天到试验结束）。



时间和发芽速率也可以用指数表示。包括萌发速率指数，平均萌发时间，平均萌发速率（具体可参考第8页参考资料中的关于如何计算这些指数的方法）。

### 利用萌发试验得到的数据信息

通过对比不同处理间萌发实验结果的差异，你可以优化你的目标物种的种子萌发条件。确保记录下你的试验方法和结果，从而制定一个种子萌发实验操作方案。这个方案可以用于指导你的团队今后的工作，也可以提供给其他团队在以后使用。

种子萌发速率和萌发时间的信息也是非常有用的。如果你想在目标物种的自然栖息地种植树苗，那么你极有可能需要选择在一年中的特定时间开展移植工作（如：在热带地区，移植时间通常在雨季来临前）。如果你知道下列情形：（a）打破目标物种的种子休眠所需的时间；（b）获得较高的发芽率所需的时间；（c）使种子生长到可移植成活的种苗大小所需的时间，那么就可以针对目标物种计划一个合适的种植日期。

## 部分参考材料及更多指导

### 种子萌发试验指南

Baskin, C. C. and Baskin, J. M. (2001). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. Elsevier. Available to order at: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_8c](http://bit.ly/gtc_ref_8c)

Elliot, S., Blakesley, D. and Hardwick, K. (2013). *Restoring Tropical Forests: a practical guide*, Royal Botanic Gardens Kew; 344pp. Available to order at: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_7g](http://bit.ly/gtc_ref_7g)

### 测量种子萌发率指南

Ranal, M.A. and Garcia de Santana, D. (2006). How and why to measure the germination process? *Revista Brasil. Bot.*, 29(1), 1-11. Available at: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_8a](http://bit.ly/gtc_ref_8a)

### 种子习性和打破休眠方法指南

Millennium Seed Bank Resources: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_8b](http://bit.ly/gtc_ref_8b)

### 种子萌发试验实例

Daws, M.I., Burslem, D.F.R.P., Crabtree, L.M., Kirkman, P., Mullins, C.E. and J.W. Dalling (2002). Differences in seed germination responses may promote coexistence of four sympatric *Piper* species, *Functional Ecology*, 16(2): 258-267. Available at: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_8d](http://bit.ly/gtc_ref_8d)

### 种子萌发方案实例

Kew's Seed Information Database: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_6e](http://bit.ly/gtc_ref_6e)

Román, F., De Liones, R., Sautu, A., Deago, J. and Hall, J.S. (2012). *Guía para la Propagación de 120 Especies de Árboles Nativos de Panamá y el Neotropico*. Environmental Leadership and Training Initiative – ELTI, Yale School of Forestry & Environmental Studies. Available at: [http://bit.ly/gtc\\_ref\\_7a](http://bit.ly/gtc_ref_7a)

如需获得更多信息，可下载本系列中的其他简报，请登录我们的网站：  
[www.globaltrees.org/resources/practical-guidance](http://www.globaltrees.org/resources/practical-guidance)

## 致谢

感谢Dan Luscombe (Bedgebury国家松树培植园)，Matt Parratt (森林研究) 和Tracie Evans (生态水文中心) 为本简报提供的建议。

(本简报中文版由FFI中国植物项目及志愿者编译完成，本章翻译：胡育骄，校对：杨霁琴。)