

## 土壤质量评价：为什么和怎么做

作者：Marcia Croft（前 ECHO 亚洲影响中心志愿者；美国普渡大学博士研究生）

翻译：李 岚（Lan Li）

土壤的质量被认为是土壤的健康，是土壤功能的体现——在一个自然的或人工的生态系统里它是否能扮演好我们需要它做的角色。有很多测量指标被用于衡量土壤的健康状况，这些指标就是土壤质量的指示，但最终土壤质量的评判取决于土壤功能实现得好不好。很多检测指标要求复杂的高技术的实验室测试，但其实很多项指标也能在本地既得的条件下进行测试。了解你的土壤能帮助选择合适的作物或找到潜在的问题。

土壤是复杂的无机（矿物质）微粒、无生命的有机(由碳组成)微粒、空气、水和活生物群的集合。土壤的功能可以被概括为 5 类：维持生物的多样性和生物的繁殖力，调节水和溶质的流动，过滤和降解有机物质和无机物质，循环营养物质（例如氮和碳），还起到固定和支撑的作用。要动态地和静态地一起评价土壤的质量，变化大不大取决于使用情况。

了解组成土壤的有机物和无机物能帮助我们培养出健康的，高生产率的土壤，从而满足我们的需要。在 ECHO 亚洲种子银行，我们使用一系列不同地方和不同使用历史的土壤，有趣地比较了每个地块之间的优劣势——考虑了哪种作物最适合哪块地，并考虑怎样改善土壤的状况。

土壤有很多层次，称为土壤层。地质的、化学的和生物的作用创造了这些层次。大多数土壤品种有 3 到 4 个土壤层。通常来说，越老的土壤层次就越明显，但是在热带有着很多年度沉淀物的老土壤，层次是很不明显的。土壤层通常是按照从顶层到底层 O-A-B-C-R 的图谱分布的：O（Organic materials）层是由各种有机物质组成的，A(Topsoil)层是已分解的有机物质（或称“腐殖质”），B 层（或称“底土”（Subsoil））包含了顶层过滤下来的矿物质，C(Weathered or decomposed rock)层就是由大块的未风化岩石组成，R(Solid rock)层是岩床。在热带的土壤中，如果土壤层清晰的话，A 层通常是有的或很小。

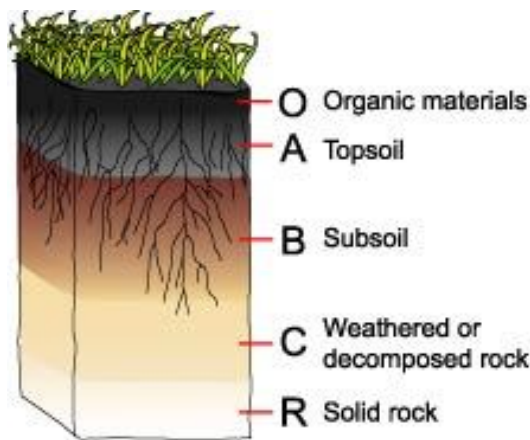


图 1 大多数的土壤的典型土壤层次。

这个指南提供了多种土壤取样技术以满足多种需求和不同的技术能力。特别介绍土壤密度，土壤湿度，pH 值和土质的测试。这些测试是不能与在实验室中进行的土壤实验相比的，虽然在实验室中进行的实验有时比较昂贵但能给出更准确的结果。尽管这些测试方法不能达到大学或专业实验室的标准，但他们也是不错的，因为他们灵活，也容易适应不同的条件限制。

## 土壤取样的简易指南



图 2 土壤取样的土壤钻（清迈的一家机械商店制造的）

最好的土壤取样工具是土壤钻：实际上，它就是一个带有取土部件的金属棒，在顶端有两个把手可以帮助把棒子推进土壤里。它们有各种长度和尺寸，但是直径比较细（大约 2 厘米/0.8 英寸），这样土壤钻就能在不破坏取土点地质的情況下取到少量却较深的土壤样本。它截面的开口设计（图 2）能容易地取出土壤，并且取出的土壤也是标准体积。在北美洲土壤钻非常昂贵（大约 200 美元），但便宜的相似物却很容易制造出来。（在泰国的 ECHO 亚洲种子银行，我们有一个机械商店制造的土壤钻，大约 8 美元）。就算没有土壤钻，有铲子和尺子土壤取样也很容易。挖出标准体积和深度的土壤，或是用已经在相应区间做过记号的 PVC 管子也可以（图 3）。

无论你想要为整块地取样还是为一块上升地床取样，选取一块有代表性的土壤是非常重要的。土壤钻将帮助获取一段横截面的土壤，同时取土量也不是太多。取土深度 10 厘米是最佳的，但根据土地的坚硬程度，越深越好，因为植物的根系能长得很深。取样点边界和中间的土壤至少要取四份相同的子样本。当你插入土壤钻时，如果土地过度紧实，就不要插入太深了（例如 10 厘米/4 英寸），因为下层的土壤也是紧实的，这样就使得测试结果不准确。虽然说取土样越多，土壤状况能更好的呈现，但可以根据你要做的是哪种测试和测试的次数来适量取土（在我们种子银行的测试，4 个 10 厘米的子样本是足够完成所有的测试了，甚至还有剩。）早上取样要更容易些，因为土地较软也较湿润。如果你取样比较多，一天不能完成，尽量在另外一天的相同时间来取样以最小化误差。如果水分多少对于你的测试非常重要，在地里就把样本土壤储存在密封塑胶袋里以减少水分流失。



图 3 有深度记号的封闭式土壤钻

一旦你完成了取样，你可以用筛子把同一地点的几份子样本混合起来。用一个宽网金属筛子（缝隙大约 1 厘米/0.4 英寸）过筛子样本，得到更为纯净的样本。如果没有筛子，那也没有必要过筛样本，但是要确定各个子样本充分混合。一旦你的样本准备好了，你就可以开始测试了。

## 土质

土质分为砂质，淤泥质和黏土质。这些质地可以由以下两种测试方法中的任何一种来测出。第一种更偏重定性些，但需要的时间比第二种少。土质能帮你了解你的土壤里非有机物成分：比如支撑植物根系的岩石颗粒，还有营养物质的保存能力。土质取决于土壤颗粒的尺寸：砂质（2.0-0.05 毫米），淤泥质（0.05-0.002 毫米）和黏土（小于 0.002 毫

米)。土质是土壤一个比较稳定的特征并影响土壤的其他特征（见图 4）。这个特征最不容易改变，所以哪种植物适应哪种土质是非常清晰的，这个信息可以帮助植物找到最适合的土壤。定性土质也能帮助提供一些改善土质的思路，比如使用绿肥覆盖作物和土壤改良剂等。

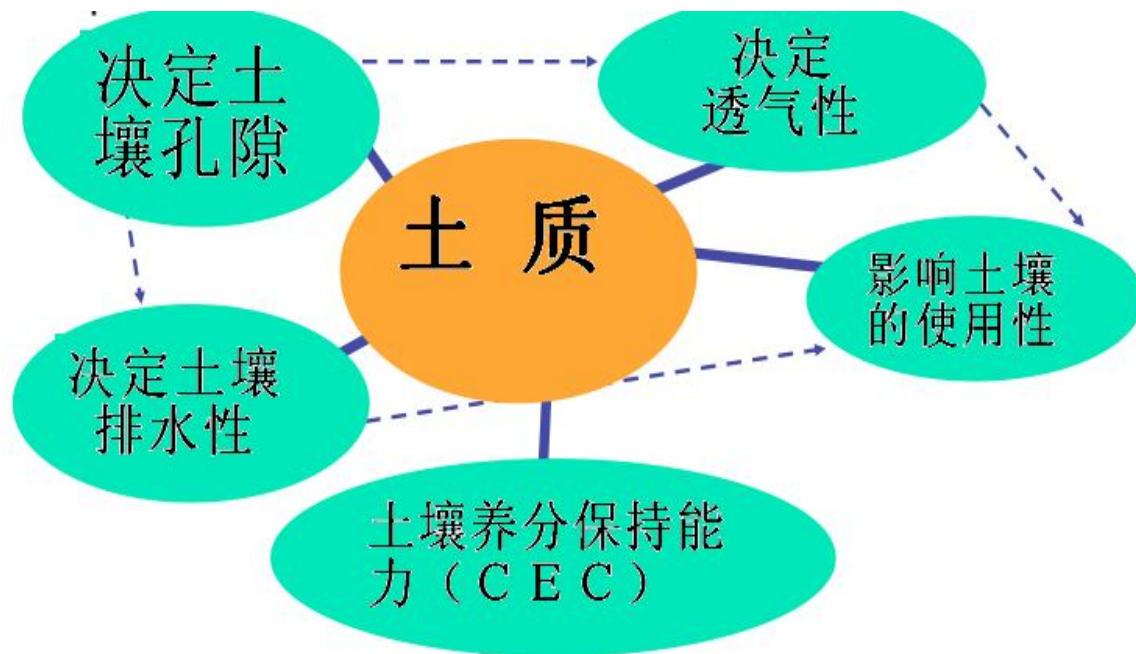


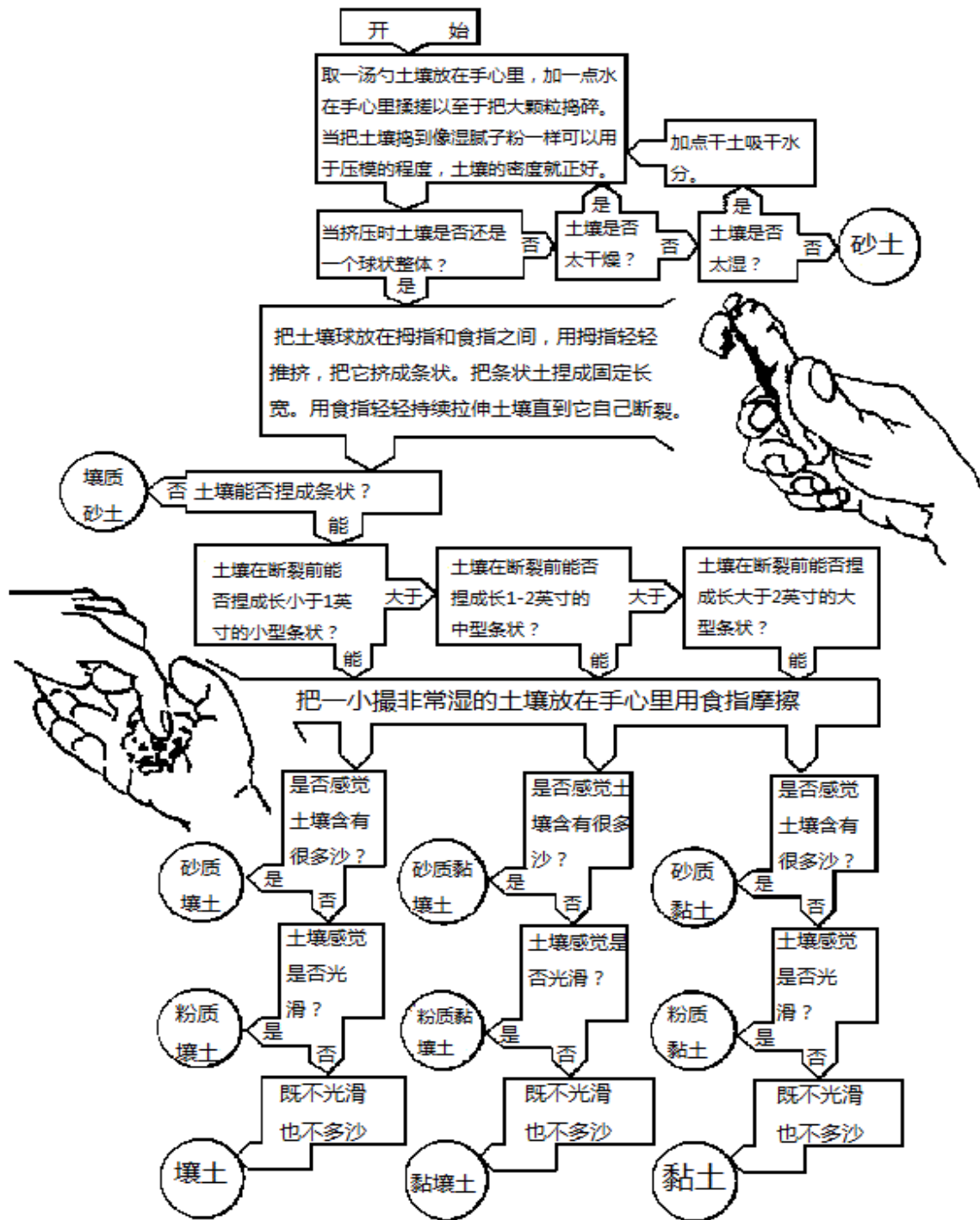
图 4 土质在很多方面影响土壤特征

### 样本测试 1（土壤搓条测试）：

这个测试需要：

- ❖ 你的土壤样本
- ❖ 水

按照以下流程图指示来做（图 5）：



(资料来源: Thien, S. 1979. 一张教如何通过感觉分析土质的流程图. *Journal of Agronomic Education* 8: 54-55.)

图 5 帮助定性土质的流程图



## 样本测试 2:

这个测试你需要:

- ❖ 你的土壤样本
- ❖ 水
- ❖ 一把尺子
- ❖ 一个干净直立的有盖子的容器
- ❖ 一个测体积的工具，如量筒或有刻度的度量杯

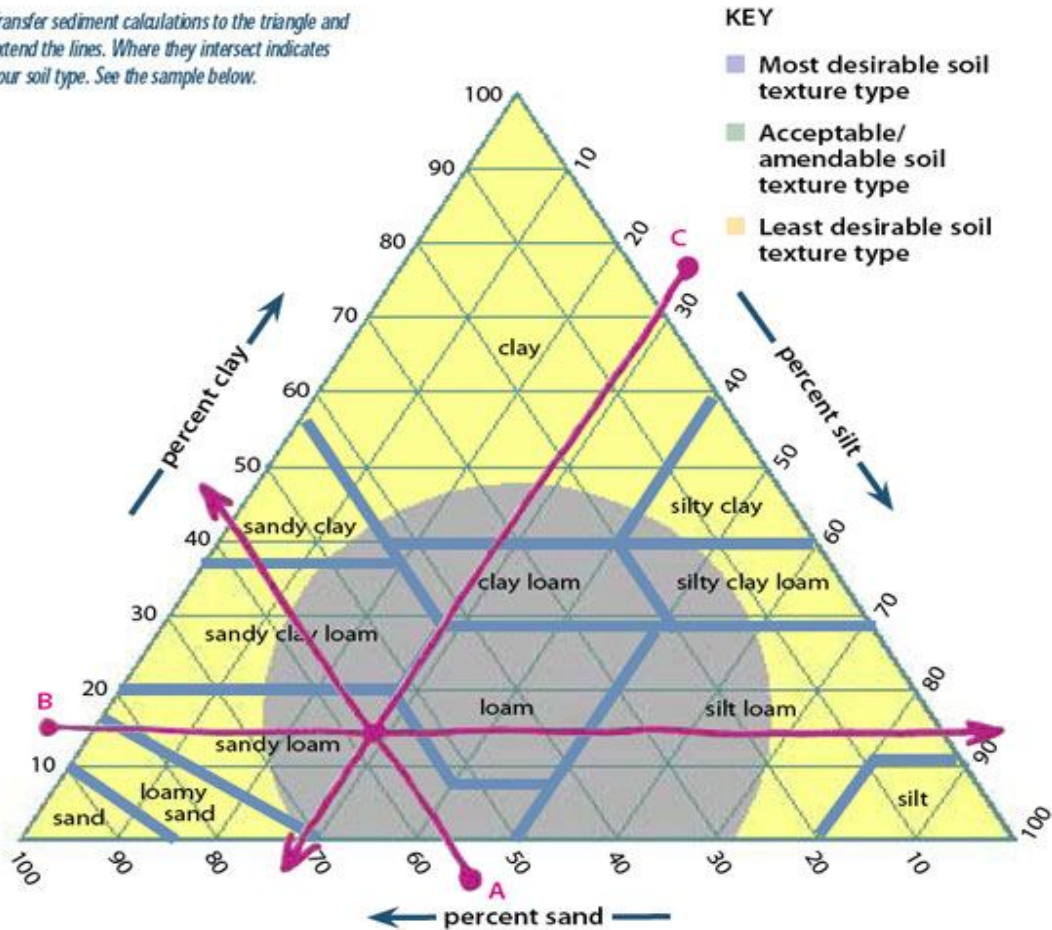
1. 取大约 100 毫升（3.4 美国盎司）的土壤样本放在你的容器内。
2. 加 150 毫升（5.1 美国盎司）水充分摇晃至少 60 秒。
3. 让容器静止大约 1 个星期。土壤的层次在 5 天之前就开始显现，但是至少 5 天之后才是最容易区分的。
4. 顶层是黏粒层，然后是粉粒和砂粒层（图 6）。使用一把厘米尺量水面到土壤顶部、到各层顶部和到容器底部的距离。直立拿着容器不要摇晃翻转 90 度，然后再量一下。重复此动作直到每个土壤层获得 4 个数据。虽然 4 个数据不是那么必要，但是有时层次不是很均匀，就可取平均值。
5. 计算每层厚度并取平均值。同时计算每个层次占有所有土壤的百分比。
6. 使用以下图片（图 7），决定你的土壤的性质。例如下图的土壤 57%是砂粒，15%是黏粒和 28%是粉粒——就是土质不错的砂壤土。



图 6 在水中土壤微粒的分层

## Chart your soil type

Transfer sediment calculations to the triangle and extend the lines. Where they intersect indicates your soil type. See the sample below.



(图片来源: Cahilly, W. 2012. How Is Your Soil Texture? *Fine Gardening* 72: 67-69. Accessed Jan 12, 2012 at <http://www.finegardening.com/how-to/articles/hows-your-soil-texture.aspx>.)

图7 用各种成分的百分比来决定土质的三角坐标图

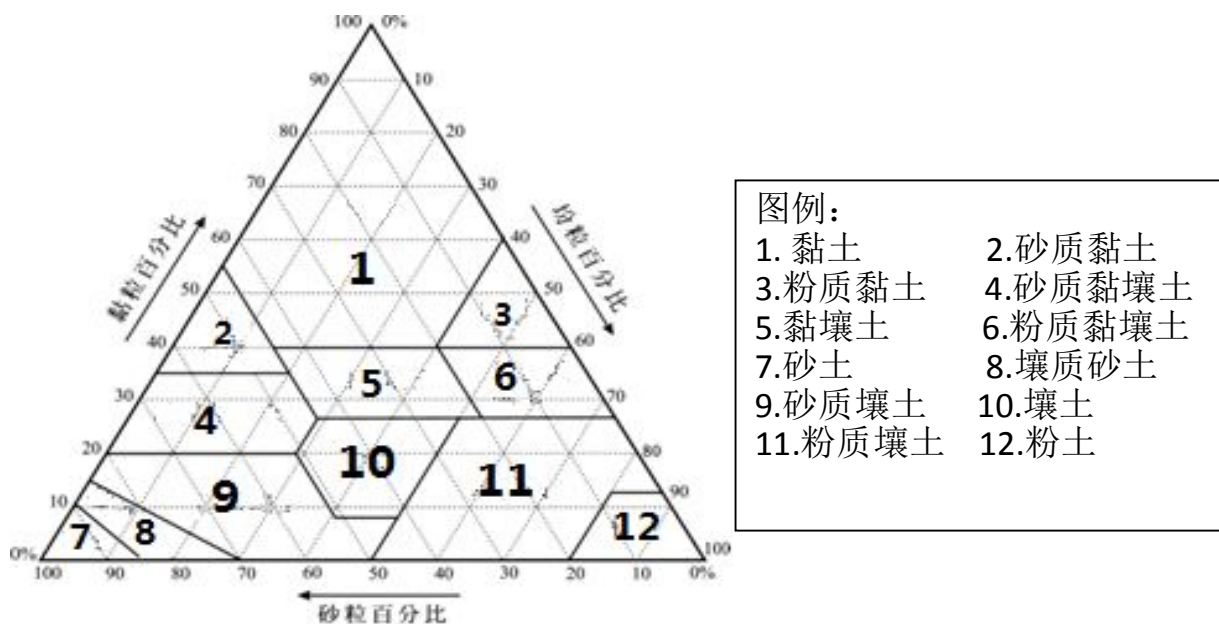


图 8 三角坐标图的中文对照版本

### 土壤湿度和土壤密度

土壤湿度告诉我们土壤有多少含水量，这个指标表示土壤的水份供给如何，哪种根存在于这种深度的土壤。一些土壤有时表面是湿润的，但是穿透性却不好，所以测试土壤湿度是一种好方法来了解土壤间的不同。

土壤密度是土壤紧实度的测试，它一般是和土壤湿度连在一起测试的。土壤密度反映土壤是否有支撑功能，透气功能和容许水及溶质移动的功能。它的计算方法是干土壤的体积除以土壤的重量。它取决于土质还有作物管理活动。有很多有机物的稀松多孔洞的土壤密度比较低，所以你要相应加深取样深度。

这个测试你需要：

- ❖ 土壤样本
- ❖ 一个非常精确的称，至少要是十进制的
- ❖ 一个炉子或是其他可用的加热设备
- ❖ 一个精确的体积度量仪，例如大汤匙

理想的密度取决于土壤种类（见下表）。密度太高会阻止水和溶质的流动，还有土壤提供支撑的能力。高密度也可以通过以下方法来降低：减少对土壤的物理干扰（例如避免在土床上走），增加有机物质，或使用多种作物轮作系统来破碎大的土块。

土质	理想密度 (克/立方厘米 g/cm <sup>3</sup> )	不良密度 (克/立方厘米 g/cm <sup>3</sup> )
砂质土壤	< 1.60	> 1.80
淤泥	< 1.40	> 1.65
黏土	< 1.10	> 1.47

(来源: USDA Natural Resources Conservation Service. 2008. *Soil Quality Indicators: Bulk Density*. Accessed Oct 29, 2011 at [http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/bulk\\_density\\_sq\\_physical\\_indicator\\_sheet.pdf](http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/bulk_density_sq_physical_indicator_sheet.pdf))

### 测试程序:

1. 从总样本中取出一汤勺的量 (大约 15 立方厘米)。
2. 使用最精细刻度的仪器测量土壤 (湿) 重量, 然后放到一个锡质秤盘上。
3. 放到炉子里在至少 100 摄氏度 (212 华氏度) 的温度下烘烤, 直到质量停止下降。这个过程通常需要 1 小时。
4. 称干土壤的重量, 并用以下公式计算土壤湿度和密度。

怎么计算土壤湿度:

$$\frac{\text{干燥前的土壤重量} - \text{干燥后的土壤重量}}{\text{干燥后的土壤重量}} \times 100\% = \% \text{湿度}$$

怎么计算土壤密度:

$$\frac{\text{干燥后的土壤重量}}{\text{土壤样本总体积}} = \frac{\text{干燥后土壤的重量}}{15\text{cm}^3} = \underline{\quad} \text{g/cm}^3$$

在这个例子里, 我们使用 15 立方厘米作为 1 汤勺的体积, 但是如果你使用不同的体积测量仪器, 你需要用你最近的数据代替。要记住有时重量也被称为质量。

### 土壤 pH 值

测量土壤 pH 值可以知道你的土壤的酸碱度。pH 测量是取对数, 所以 pH 值 3 的氢离子(H<sup>+</sup>)的浓度是 pH 值 4 的 10 倍。土壤中的氢离子成倍增加时, pH 值就相应降低。氢离子常常来源于呼吸作用的植物和腐烂的有机物。pH 值越低表示酸性越高, 如果溶质 pH 值在 4.5-5.5 之间意味着土壤会对植物产生有害影响。土壤 pH 值也影响植物获得营养的能力。土壤 pH 值的跨度是 5.5 到 8 之间, 弱碱性土壤 (pH6-7) 是最适宜大多数植物的。不同的植物品种适合不同酸碱度的土壤, 我们的种子银行就希望通过测量某一地点的 pH 值来匹配合适的作物品种。当土壤变得异常的酸时 (例如 pH 小于 5.5), 就需要撒石灰来增加。尽管不常见, 但过碱土壤的 pH 值通常会通过植物持续的呼吸作用和腐烂来降低。



这个测试你需要：

- ❖ 你的土壤样本
- ❖ pH 值测试条，通常与右边的图相似。
- ❖ 蒸馏纯净水
- ❖ 某种非常细密的过滤器，例如咖啡过滤器或茶包。

测试程序：

1. 把等量的水和土壤混合，充分摇晃。
2. 使用咖啡过滤器，茶包或其他过滤器过滤混合物。
3. 用 pH 测试条快速沾取溶质并于提供的色版比较颜色。



图 9 测试 pH 值的测试条

## 总结 Conclusion

以上测试能帮助你更好地了解关系土壤健康的土壤物理性质。通过测量土质，湿度，密度和 pH 值，你将在你的脑海中对你的土壤的情况形成一个印象。经过一段时间用这些方式再对土壤进行一次观察，你还能看到人类的土壤管理活动对土壤的影响。如果合适并且有条件，你可以到专业的实验室进行进一步的测试以获得更多信息。

所有土壤管理活动中，增加有机物质有着最广泛的影响。增加有机物质将参加透气性，水分保持能力和养分保持能力，同时还可以降低土壤酸性，降低土壤密度，当它们腐烂后可增加关键营养物质。另外，对于长期农业生产而言，对土壤生物群相关的关注也是必须得，土壤生物群包裹微生物（例如：细菌、真菌、酵母菌、原生动物），中型动物区系（微小虫，跳虫等），大动物区系（蚯蚓和甲虫）还有巨型动物区系（如兔子和鼯鼠）。

说道土壤生物群，Dawn Berkelaar, ECHO 发展杂志（ECHO Development Notes (EDN)）编辑建议使用以下有用资源，包括《土壤：地表以下生命的新视角》作者 Danny Blank, 前 ECHO 农业经理。（*Soil: A Fresh Look at Life below the Surface by Danny Blank, former ECHO Farm Manager.*）这篇文章从一个全新的视觉来了解土壤里面发生着什么，土壤里的生命特别是有机物和微生物是如何受到我们土地管理活动的影响的，还有他们又是如何反过来影响我们的农业活动的。这篇文章可以通过以下链接获得：

[http://c.ygcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/CAFC0D87-129B-4DDA-B363-9B9733AAB8F1/edn96\\_for\\_web.pdf](http://c.ygcdn.com/sites/www.echocommunity.org/resource/collection/CAFC0D87-129B-4DDA-B363-9B9733AAB8F1/edn96_for_web.pdf)

另外，USDA 的土壤生物学入门（*Soil Biology Primer*）介绍了土壤生物构成，和他们是如何贡献于农业生产、空气和水质量的。这本书包括了多个章节，分别描述的土壤食物网及与天然健康的关系，还有细菌、真菌、酵母菌、线虫、节肢动物和蚯蚓。有一个在线版本可以通过以下链接获得 [http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil\\_biology/biology.html](http://soils.usda.gov/sqi/concepts/soil_biology/biology.html)。可拷贝版可以通过以下链接购买 <http://www.earthfort.com/products/literature/books/soil-biology-primer.html>。这篇文章对土壤质量评估过程的描述只是一个开始。在网上很多可获得的资源对土壤性质有更多的解释，也有关于如何通过有效的管理活动来改善土壤的质量。

## 有用的资源 Helpful Resources

美国农业部的自然资源保护服务的土壤质量网: USDA NRCS。土壤质量/土壤健康概念。链接与 The US Department of Agriculture's Natural Resources Conservation Service's Soil Quality Website: USDA NRCS. *Soil Quality/Soil Health Concepts*. Accessed at <<http://soils.usda.gov/sqi/concepts/concepts.html>>

土壤性质判断的文章: Cahilly, W. 2012. 你的土壤性质是怎么样的? *On soil texture determination:* Cahilly, W. 2012. How Is Your Soil Texture? *Fine Gardening* 72: 67-69. Accessed at <<http://www.finegardening.com/how-to/articles/how-your-soil-texture.aspx>>

USDA 的土壤质量测试指南: USDA 土壤质量研究中心,2001.土壤质量测试指南。The USDA's Soil Quality Test Kit Guide: USDA Soil Quality Institute. 2001. *Soil Quality Test Kit Guide*. Washington DC: USDA. Accessed at <[http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/test\\_kit\\_complete.pdf](http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/test_kit_complete.pdf)>

土壤质量指标方面: USDA NRCS. 2009. 土壤质量指标。 *On soil quality indicators:* USDA NRCS. 2009. *Soil Quality Indicators*. Accessed at <[http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/indicator\\_sheet\\_guide\\_sheet.pdf](http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/indicator_sheet_guide_sheet.pdf)>