

# 指南 J

## 土壤肥力与土壤保护

第 1 版



**RAINFOREST  
ALLIANCE**



### 译文免责声明

对于任何与译文中所包含的信息的确切含义有关的问题，请参考官方英文版本进行澄清。因翻译产生的任何含义差异或分歧均不具有约束力，且对审核或认证不产生任何影响。

### 更多信息？

有关雨林联盟的更多信息，请访问 [www.rainforest-alliance.org](http://www.rainforest-alliance.org) 或联系 [info@ra.org](mailto:info@ra.org)

<b>文件名称：</b>		<b>文件代码</b>	<b>版本：</b>
指南 J: 土壤肥力与土壤保护		SA-G-SD-12-V1	1
<b>首次发布日期</b>	<b>修订日期</b>	<b>生效日期</b>	<b>失效日期</b>
2021 年 2 月 28 日	不适用	2021 年 2 月 28 日	直至另行通知
<b>编制：</b>		<b>批准：</b>	
雨林联盟标准与保证部		标准与保证部部长	
<b>关联文件：</b>			
SA-S-SD-1-V1.1 雨林联盟 2020 可持续农业标准，农场要求 (4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.5, 4.4.6, 4.4.7, 6.4.5, 6.4.6)			
<b>取代</b>			
不适用			
<b>适用范围：</b>			
农场证书持有者			
<b>国家/地区</b>			
全部			
<b>农作物</b>		<b>认证类型</b>	
雨林联盟认证体系范围内的所有农作物； 请参见认证规则。		农场认证	



## 目录

目的 .....	4
范围 .....	4
受众 .....	4
1. 导则 .....	5
要求 4.4.1 .....	5
要求 4.4.2 .....	6
要求 4.4.3 .....	7
要求 4.4.4 .....	10
要求 4.4.5 .....	11
要求 4.4.6 .....	11
要求 4.4.7 .....	12
要求 6.4.5 .....	12
要求 6.4.6 .....	12
2. “土壤基质”：适用于土壤评估与管理计划 .....	14
土壤评估中应考虑的基本因素 .....	14
土壤评估步骤 .....	17
3. 关于特定作物的建议 .....	28
3.1 关于咖啡的建议 .....	28
3.2 关于茶的建议 .....	31
3.3 关于可可的建议 .....	34
3.4 关于香蕉的建议 .....	39



## 目的

在农业生态系统中，各部分之间通过（生态）关系网相互连接。这种（生态）关系网的结构表现了各部分之间相互作用、相互影响的基础过程。该系统将始终力求实现并维持动态平衡和可持续性的状态。农事实践活动会影响其所在的农业生态环境，相应的影响需要根据具体情况或地点进行评估。正确的评估是作出良好决策以及确定适当及时干预措施的基础。理解上述的基础过程需要（科学）知识，还需要仔细观察来发现已经表达出的明显症状和变化。

标准（和本指南）中土壤章节的直接目标，是提供一些必要的背景知识，从而使生产者能够了解土壤的主要特征、潜力和局限性，以及农场生产地块所在土地的自然地理学<sup>1</sup>。内部管理系统（IMS）培训师/技术人员或农场经理应承担起这方面的主要责任。

我们希望能够赋能给农民/农民团体，使其能够在最适当的作物选择和其他可能影响可持续生产效率（特别是面临不断变化的气候条件时）的土地使用方面，作出均衡决策。

## 范围

本指南的重点是标准第 4.4 节，特别是关于土壤评估的不同选择及其在决策中的重要性，以及影响土壤肥力和土壤肥力管理的主要过程。本指南包括“土壤基质”（参考标准文件第 4.4.2 节）。土壤基质通过一系列可能的适用情况来指导读者，这些情况有助于确定（土壤的）重要特征/条件，并为（标准）要求 4.4.1 中（列出的）各类已识别威胁和问题提供可能的土壤管理解决方案。

标准要求 6.4.5 和 6.4.6 进一步涵盖了关于（土壤）侵蚀和火的使用的内容。由于这与土壤保护有关，本指南也有所涉及。

## 受众

本指南旨在提供服务于大型农场的管理人员，农民团体的管理人员，以及为农民组织（或种植园）认证做准备的技术人员，帮助他们理解标准中各项要求的重要性以及如何根据自身情况更好地达到这些要求。本文件也为检查（农场）是否符合（标准）要求的审核员提供指南，以便更好地评估实地情况以及农民管理实践在特定农业生态环境中的适合性。对所有小型农场来说，评估（土壤状况）和编制土壤管理计划并非强制性要求。但是，如果小农场主单独申请认证，则建议其进行土壤评估，并编制土壤管理计划。

---

<sup>1</sup> 研究地球自然形态和过程的地理学子领域。在这种情况下，还应考虑不断变化的气候条件（气候变化准备）。



# 1. 导则

## 要求 4.4.1

### 核心要求

**适用范围** 团体下属的大型农场，团体管理人员，个体证书持有者

**要求 4.4.1** 管理人员针对典型区域样本进行土壤评估，且至少每三年进行一次更新（评估）

。土壤评估包括（如有关联）：

- 易受侵蚀区和坡地
- 土壤结构
- 土壤深度和土壤层
- （土壤）板结区域的密实性
- 土壤湿度和土壤水位状况
- 排水条件
- 目视可见症状的营养缺素的（土地）区域的识别

### 注：

- 土壤评估还（应）考虑气候变化风险分析中确定的土壤退化风险。
- 土壤养分分析与特定作物需求有关，见要求 4.4.4。

### 要求的目的：

本评估是在景观层面上对土壤重要特征的基础性理解。这不是要强迫农民/团体进行高科技分析，因为这些（高科技分析）需要昂贵的仪器、不菲的实验室检测（费用）和/或无效的肥料和土壤添加剂，而是使农民能够根据自身具体情况，以可用、可负担、可获取的方式做出最佳选择，以及农民能够做什么来适应当前和未来的土壤和气候限制。最终，这将使农民能够实施可持续的农场规划措施（具有短期和长期影响）。

对于初次审核，重要的是有一个（土壤）评估草案。审核员和（内部管理体系 IMS）管理人员就进一步改进的计划达成一致。

### 待评估土壤的基本特征

#### 定义：

土壤是位于地球表面上层的部分，主要由固体物质组成。这种固体物质（或固相）是通过风化、淋洗、侵蚀、沉积、生物和微生物活动形成的，有时还包括（人类）耕作活动。土壤还包含非固相：可供透气和储水的土壤孔隙。水和空气可以互换。

土壤深度是由生物活动的存在而决定的，通常是植物根部所能达到的深度（通常为约 1.5m）

。土壤是动态的：持续的淋洗、毛细水运动和生物活动使土壤不断变化。

#### 在土壤评估中，哪些特征是重要的？

- 1) 土壤是长期形成过程的结果，这往往导致每层土壤层都有其特殊性质。对这些土壤层的物理和化学成分进行干预可能会产生积极和/或消极的影响。（土壤中）供水量的变化（干旱和/或长期水浸/洪水，灌溉）也可能改变土壤/土地利用（的特性）。



2) 土壤对作物的主要功能是：

- 支撑
- 为根部提供空气（氧气、氮气）。
- 水，水文地质：短缺，过剩，地下水水位的影响及其波动。
- 养分储存（阳离子交换能力）
- 有助于植物吸收养分和水的共生微生物的宿所（固氮共生，菌根等）。

重要的是，农民要了解各个土壤层的这些特征，并进一步了解哪些土壤层（如由于气候变化或侵蚀）限制了农业（生产）以及原因。

**土壤可以是：**

良好或不良土壤（指土壤结构、土壤组成物质，以及这些组成物质的组织方式）：

在本文中，（土壤）质地和结构都很重要：

- ⇒ 质地：构成土壤的不同矿物/岩石颗粒（粘粒、粉砂粒和砂粒）。
  - ⇒ 结构：土壤颗粒的组织方式，其中质地、有机质、pH 值和相关水文地质很重要。此外，植被根部（根部的深度和功能）会影响土壤的结构和有效深度（深根对结构有利）。
- 同样，有机质及其持续生产也很重要。有机质含量和粘土含量有助于储存养分。这表示为阳离子交换能力（CEC）<sup>2</sup>。此外，生物多样性是良好结构的重要指标。

土壤也有肥沃或贫瘠之分：这是指化学方面；土壤的肥力/养分。

在附录 1（要求 4.4.1 和 4.4.2，土壤评估和土壤管理计划：“土壤基质”）中，给出了如何评估土壤的结构、储存能力和释放养分的特性等化学特性的例子<sup>3</sup>。

3) 基本的**自然地理**特征：

- 地形/侵蚀
- 排水条件（表层条件和内部条件）、积水、气候及其变化。
- 植被类型（原始植被和实际植被）。
- 与气候和有机质分解速度有关的海拔高度。
- 气候（变化）及其对自然植被、土壤形成过程的影响，和对农业生产的干扰。

在“土壤基质”中，以一些典型土壤（土类）为例，综合解释了其中许多方面对农业的重要性。

如前所述，该评估是农民学习和赋能过程的一部分，可以帮助他们更好地了解，如何通过土壤、水和景观的管理来实现可持续（农业）生产。

“土壤基质”是一种工具，用于逐步界定适用于农场或农民团体的土壤特征。

## 要求 4.4.2

<sup>2</sup>土壤储存和释放可用于植物营养的养分的能力。这通常见于粘土颗粒和有机质。

<sup>3</sup>养分储备，如肥力，见要求 4.4.4。



### 核心要求

**适用范围** 团体下属大型农场，团体管理，个体证书持有者

**要求 4.4.2** 管理人员根据土壤评估确定土壤管理措施，并将土壤管理措施纳入管理计划，以提高土壤有机质含量，促进农场养分循环，优化土壤湿度。

根据土壤评估，生产者确定土壤管理措施并将其纳入农场**管理计划**，以提高土壤有机质含量，防止土壤侵蚀，加强农场养分循环，优化土壤湿度。

该计划还将解决已确定的由气候变化（导致的）对土壤和自然地理的风险/威胁。

### 要求目的：

确保 IMS 培训师领导鼓励农民实施农场规划，该规划考虑到景观/土地利用层面的限制和气候条件的变化，并致力于土壤管理，以实现长期的可持续生产。

### 关注内容：

评估土壤“可耕”层中是否存在有机质。还要检查微生物（蠕虫、木虱、蜈蚣等）和根部的菌根菌以及细菌（根部的根瘤菌固氮结节）的存在和（生物）多样性及其（分布的）深度。

在土地利用规划中，最需要关注的是上层土壤层。根据有机质层的自然地理条件，可能需要混合种植特定的作物，并采取额外的措施来确保可持续利用和生产。如果经常发生长期干旱或过多降雨，可以采取哪些措施来避免形成对种植作物的不良环境？换句话说，在所有农场和土地利用计划中，需要优先考虑维护该上层土壤层。

“土壤基质”提供了洞察力和（指导）工具，综合了土壤特征、自然地理因素和气候变化，来确定需要哪些农业土地利用技术或技术组合如：气候智慧型农场和景观规划！

根据“土壤基质”中的指导，所有农民将有可能，在考虑到其周围景观的同时，为其农场制定基本的改进计划。该“土壤基质”为雨林联盟（认为）最重要的（几种）作物提供了具体指导，但这个方法论也可应用于更多的作物上。

## 要求 4.4.3

### 核心要求

**适用范围** 团体下属大型农场，团体管理，个体证书持有者

**要求 4.4.3** 管理人员针对典型区域样本，定期进行土壤检测和/或叶片检测（目检）。对于多年生作物，至少每三年进行一次，对于一年生作物，至少每年进行一次。

管理人员定期进行土壤检测和/或叶片检测（目检），包括大量元素和有机质。对于多年生作物，至少每三年进行一次，对于一年生作物，至少每年进行一次。

对于团体，则对典型区域样本进行。



### 要求目的：

使生产者具备相应的知识：如何将肥力维持在有利<sup>4</sup>水平，从而实现作物的良好和可持续的生产能力。

### 养分的自然恢复：

土壤肥力下降是农民扩大耕地面积或迁往新区域的主要原因之一。由于不良农业实践，频繁焚烧，使用除草剂，缺少预防土壤侵蚀（的措施），无休耕期等，以及通过收获作物的方式来抽取了土壤养分，土壤储备的养分不断减少。同样，有机质含量也减少。由此导致了生产能力的下降。

肥力恢复是一个自然过程。包括：

- 通过生物活动的固氮作用。
- 通过风、动物和雨水携带的尘土。
- 固体土壤成分（长石）等中的基质物质风化而释放养分。
- 河流沿岸的沉积。

在混合种植系统和/或混农林业系统中，大量的肥力储存在鲜活的生物质中，系统的适应能力通常大于单一种植系统；这是外部投入少的混农林业系统比单一种植系统更具可持续性的原因之一。在所有情况下，可以使用植物或已死的种植材料（覆盖物、堆肥）来覆盖土壤，从而防止土壤有机质含量下降。

自然恢复可以保证最低的生产能力水平，但为了确保农民不必为达到合理和可持续的收入水平而扩大耕地面积（以牺牲自然/生态保护区为代价），除了良好的作物管理外，通常还需要外部肥力投入。

### 与土壤特征的关系：

据我们所知，储存能力不仅与是否有养分有关：土壤结构对养分储存也很重要。重要的是，养分要缓慢释放来作用于作物生长，而不是由暴雨将养分冲出（浸出）土壤。这是阳离子交换能力（CEC）。如果没有良好的阳离子交换能力（CEC），肥料将大量流失，最终将污染地表水（富营养化）。

### 土壤肥力检测：

原因、时间和方式？ 为了解维持生产力水平的最佳肥料用量，应经常进行土壤的化学检测。理想情况下，这种土壤检测应在实验室进行，并包括微量元素的检测。然而，在许多情况下，找到可用、可负担和/或可获取的这些设施并非易事。

土壤的化学检测相对比较昂贵。然而，几乎在所有情况下，无论是从经济角度（为实现理想生产效率而进行的最佳施肥）还是从自然保护角度（避免过度施肥），它都是物有所值的。

就一年生作物而言，通常在一年中种植多种作物。通常关注的是从土壤中吸取养分相对较多的作物。同时，在整理土地时往往需要降雨和充分光照，即使是暂时的。这对土壤肥力的影响很

---

<sup>4</sup> 施肥对生产效率的影响力有最小值和最大值。在最小值和最大值之间，有一个“最佳”效果。这就是施用一公斤肥料可以带来生产效率的最大提高。认为这是“有利的”。施用肥料越多，对生产效率的影响力越小。最终多余肥料将被冲走并污染环境。



大：首先会影响化学养分的供应；但从长远来看，也会影响土壤结构。出于这些原因，需要经常检查（土壤肥力检测）和规划来恢复肥力（包括施用有机质）。

多年生作物吸收养分比较稳定，更容易对其进行估计。在这种情况下，土壤检测可以每三年进行一次（尽管理想情况的是每年进行一次）。如上所述，混农林业系统和绿色覆盖作物的使用是有益的，因为它们将养分储存在活的生物质中（作为）缓冲，并缓慢将其释放到种植系统中。特别是在潮湿的热带地区，混农林业有利于维持稳定的有机质和肥力。覆盖等措施也是有益的。

检测本身包括很多活动。为使所有生产者都能负担得起肥力检测，介绍一些不同的方法。并非所有方法都是理想的，但至少它们能为偏远地区提供一个起点！“工具”、实验室等的可用性，以及这些服务的可及性和可负担性，是生产者组织在确定采取哪些最适合的土壤检测技术的重要因素。

- 1) 最简单的检测之一是观察作物的田间表现。作物叶片变色或坏死是确定一些养分缺乏的有效方法。还可以很容易地观察到许多其他生长异常状况，这些往往是由养分缺乏引起的。针对许多作物，许多国家都有带有特定作物缺素症的照片的小册子。对于主要作物咖啡、茶叶和可可，其缺素症见关于咖啡、茶叶和可可的建议。
- 2) 同样，通过观察杂草可以了解土壤肥力情况，如持续出现的显著缺乏（禾本科杂草或蕨类植物是养分的指标），因此需要进行检测。
- 3) 通过观察无法了解关于养分需求的定量信息，但在确定需要哪些养分方面很有帮助。
- 4) 通过实地观察，确定养分缺乏是否由特定的土壤物理条件引起也很重要，如积水、土壤质地（沙地）、不透水层（岩石、硬土）、化学品倾倒或过度干旱。因此，生产者和 IMS 培训师应充分了解生产地区的自然地理环境，这很重要的，例如，在积水的情况下，如果不采取任何措施来改善根部的排水/氧气供应，施肥就毫无意义。
- 5) 许多国家都有基本的工具包（带有一些用于检测的基本化学制剂的盒子），可以将其带到田间检测有机质、pH 值、钾、钙、镁等。对于个体中小农户来说，这样做成本太高，但 IMS 组织应能够采购并抽取典型样本使用这些工具包，作为 IMS 成员的一种服务设施。
- 6) 可以从网上购买这些小型仪器，例如 Sonkir Soil MS02 三合一土壤湿度/光照/pH 检测仪、Coverly 三合一土壤检测仪、水分检测仪、光照和 pH 值检测仪、Gain Express 土壤 pH 值和湿度检测仪等。费用：每件大约 10 欧元。  
点击以下链接观看这些仪器的使用说明视频：[https://youtu.be/yq\\_9GvZDLr8](https://youtu.be/yq_9GvZDLr8)
- 7) AgroCares 土壤扫描仪：这是近期开发的一种可用于专业土壤检测的扫描仪，可提供施肥建议，以达到理想的生产效率水平（针对主要作物）。该扫描仪根据色光脉冲来分析土壤。它通过互联网连接到一个数据库，将收集的数据与其他大量检测进行比较。检测包括分析固体土壤层段（矿物和有机质），这（样品）是在具有相似的土壤/自然地理特征的多个地块中取点采集的表层土壤的混合物。根据所在国家的现有肥料信息（互联网上的数据库中），自动提供建议。
- 8) 该扫描仪目前仍处于检测阶段，但可能会在 2020 年在一些国家开始使用。见 <https://www.agrocares.com/en/products/scanner>  
费用：硬件投资成本（≈ 3000 欧元），经常成本：年度许可证（≈ 1500 欧元）。  
由于扫描仪价格昂贵，普通农民组织无法采购，但雨林联盟将评估在一些国家以租赁方式提供扫描仪的可能性。在这种情况下，每个地块的检测费用可能减少到 5 至 10 美



元。建议按照 IMS 的要求检测样本（如使用平方根法），确保涵盖不同的土壤/地形情况。在新的检测周期轮次，可以交替更换检测的（农田）地点。

9) 实验室土壤检测：

这种土壤检测方法最可靠。这需要与土壤扫描仪相同的样本准备方法，但样本将送至实验室。通过这种方式可以了解微量元素的可用性。这通常是有关作物特定部位生长发育的重要信息，如根系生长发育、开花所需的激素、叶片（茶叶）所需的铁、座果等。在大多数国家，国家农业部通过大学或研究机构，以较低的成本提供土壤分析服务。现在大多数国家也有商业化的土壤分析服务提供者。也可将土壤样本送至邻国、南非、欧洲或美国进行分析。遗憾的是，偏远地区无法采取这种检测方法。

10) 与土壤采样类似，可以在现场采集叶片样本，然后在实验室进行分析。这直接表明作物中缺乏哪些元素，并在此基础上提供施肥建议。这种肥力检测方法最复杂且最昂贵，可能适用于温室中的蔬菜作物和花卉生产，因为那里的土壤基质受到严格控制，有效养分可以进行精细调整。

在所有情况下，有效养分的意外变化不一定仅仅是由作物养分吸收引起的。湿度条件的变化会导致侵蚀、浸析（浸出），有时还会改变 pH 值（水饱和），导致土壤中出现铝离子毒害（占据 CEC 系统）。这都会影响养分有效性，从而影响作物发育/健康。如果在检测过程中观察到这种突然的意外变化，IMS 协调员必须分析导致这种变化的可能原因，并调整土壤管理计划。

对于大多数个体认证农场，土壤检测相当复杂。因此，雨林联盟尝试推广这些可以带到田间并且许多农民/农民团体可以负担得起的便携工具（工具包）。IMS 组织，不需要对所有农场的土壤进行检测。对最典型的地块进行抽样检测就可为整个农民群体提供非常有用的信息。

#### 要求 4.4.4

##### 核心要求

适用于：*团体下属小型和大型农场，个体证书持有者*

**要求 4.4.4。**如果有，生产者应首先使用农场产生的副产品，包括有机肥料。如果需要更多养分，则尽可能用其他有机肥料或无机肥料来补充。

动物粪使用作肥料之前，先进行高温堆肥，从而降低风险。生产者设置的动物粪便与堆肥的存放点，应离水体至少 25 米远。

生产者应首先使用农场水平的有机肥料和副产品，如果仍然缺乏养分，则用无机肥料来补充。

生产者不得将人类粪便、厕所污泥污水用于农业生产和/或加工活动。

生产者设置的动物粪便与堆肥的存放点，应离水体至少 25 米远。如果需要，进行合理堆制，从而降低风险。

##### 要求目的：

尽可能促进农场养分和有机质的循环利用，同时遵守卫生标准，避免因有机废弃物/堆肥的堆积而造成地表水的富营养化。



尽量减少对外部投入的需求。

这一要求/良好实践，旨在鼓励农民尽量减少对化学合成<sup>5</sup>肥料的需求，以确保仅在需要维持生产效率且没有有机肥料可供选择时将其作为一种补充。

#### 要求 4.4.5

##### 必选改进 (L1)

适用于：团体下属小型和大型农场，个体证书持有者

采取（种植）覆盖作物、（覆盖）作物残茬或其他覆盖物等措施保护生产区土壤，使其不裸露。

##### 要求目的：

农民采取具体措施，以改善农场养分循环，增强自然过程的效益，这样可以促进肥力，保持土壤结构，同时保护土壤免受过热和侵蚀。

#### 要求 4.4.6

##### 必选改进 (L1)

适用于：团体下属小型和大型农场，个体证书持有者

在作物需要养分的时期和区域进行施肥，从而尽可能减少对环境的污染。

##### 要求目的：

将该要求增加到要求 4.4.4 中，以避免造成地表水污染（富营养化）的过度施肥和不必要损失，同时实现施肥的最高效率/利润。

某些养分（肥料）非常有利于促进生长（形成叶片和树枝），而其他养分则对开花和/或果实（种子）发育很重要。根据植物的待收获部分和作物的自然生长周期，制定施肥计划，其中应考虑到作物周期中对养分的具体需求。

为了避免养分（氮）的溶解和挥发，肥料必须掩埋到土壤中，而不能施用在土壤表层上，这样养分才能附着在养分储存系统上，慢慢释放出来供植物吸收。

在固磷土壤中施用磷肥时，最好使用有机肥料和/或多次少量施用。

另外，控制 pH 值可以提高效率。

<sup>5</sup> 合成肥料是指通过工业生产从化学成分、石油或（开采）甲烷气体中获得的所有肥料，但是它们的化学成分与天然有机质中的产品相同。



#### 要求 4.4.7

##### 必选智能计量表

适用于：团体下属小型和大型农场，个体证书持有者

生产者应监测和优化无机肥料的使用。

##### 指标：

- 每公顷 N 氮、P 磷和 K 钾的数量（公斤/公顷，每年或每个种植周期）。

在小型农场（组成的）团体中，可以对典型农场样本的指标进行监测。

#### 要求目的：

通过提高生产效率实现最佳成本效益，同时避免因过度施肥导致的水体富营养化。

当某一特定养分的肥力增加时，生产效率通常也会增加，直至达到最高水平。最佳结果是每公斤肥料都能最大限度地提高生产效率。

养分之间也会相互影响。一种养分缺乏而另一种养分过量会影响生产效率的提高。联合施肥往往效果会更好。重要的是，农民应记录施肥水平，并监测对生产效率的影响。当生产效率增加缓慢时，应减少肥料用量。肥料越多，只会导致每公斤生产的成本增加，并且养分被冲入地表水会污染环境（富营养化）。

#### 要求 6.4.5

##### 核心要求

适用于：团体下属小型和大型农场，个体证书持有者

通过恢复陡峭边坡植被、修筑梯田等做法，来减少风、水造成的土壤侵蚀。

#### 解释

风、水导致的土壤侵蚀会影响农场的所有区域，并不限于作物耕作区域，因此将该要求纳入环境章节。

#### 要求 6.4.6

##### 核心要求

适用于：团体下属小型和大型农场，个体证书持有者

除非 IPM 计划有明确说明，否则不得用火整理或清理田地。

#### 解释

不仅是耕作（区域）活动，农场所有区域都可能用火整理或清理土壤，因此将该要求列入环境章节。



## 要求目的：

避免对农场地块以及景观层面造成不必要的破坏<sup>6</sup>。

## 这种破坏是什么？

作为整地的一种形式，焚烧意味着焚烧生物质和死亡有机质。农民有时在整地中用火清理土地，并通过焚烧后的矿化养分（来自有机质）获得短期利益。这不仅会产生大量的二氧化碳排放，而且——特别是如果焚烧的间隔时间很短（少于 10 年）——还会导致土壤有机质成分的严重恶化。除 CH<sub>2</sub>O 损失外，氮几乎完全流失，而钾等养分暂时过剩，但随后会因被冲走而出现缺乏。这将大大降低土壤中微生物活动多样性，并导致出现持久性杂草（杂草通常表现为自然的单一类别）。最终，由于持久性草/杂草难以去除，农民通常会越来越频繁地焚烧，或使用除草剂。

反复焚烧将降低土壤 CEC（阳离子交换能力；养分储存能力），从而降低生产效率等。此外，焚烧还会影响保水能力，当然通常也会影响生物多样性。

最后，焚烧还会大大导致土壤容易遭受表面侵蚀以及土壤养分浸出的影响。气候变化将进一步加剧这种情况，可能的方式包括干旱和/或强阵雨造成的水流侵蚀。除焚烧外，还有一些方法可以用来控制杂草，保护土壤：选择性除草、使用地被作物（豆科植物）以及在作物适合的情况下使用混农林业系统。

---

<sup>6</sup>在某些情况下，需要焚烧受感染作物的植物剩余部分。这是一种允许的作物保护/植物检疫措施，可以包含在 IPM 管理计划中。这不同于本要求中所说的用火整地。



## 2. “土壤基质”：适用于土壤评估与管理计划

本附录主要介绍雨林联盟要求 2.4.1，并对要求 2.4.2 土壤（和水）管理计划的编制提出建议。

### 土壤评估中应考虑的基本因素

土壤评估内容包括：

- (a) 土壤结构（和土壤质地）。
- (b) 土壤深度和土壤层。
- (c) 板结区域的致密性。
- (d) 易受侵蚀区域和坡地识别。
- (e) 土壤湿度和土壤湿度状况。
- (f) 养分缺乏（缺素）区域的识别。

首先，为了对确定用于评估的土壤特征有一个基本了解，我们将介绍土壤质地、土壤结构以及影响（潜在影响）养分有效性的因素等。对于关注的有关土壤评估的其他内容，我们将以农业土地中常见的土壤状况为例，提供逐步指导。最后，我们将提供一些有关改善作物生长条件的具体土壤管理措施示例。

本附录不包括施肥的土壤肥力检测方法（要求 4.4.4），详见关于土壤要求的一般指导文件。

#### a) 土壤结构和土壤质地

土壤质地和结构不仅影响入渗率，而且影响排水能力以及径流和侵蚀风险。土壤质地是指土壤中各种成分（砂粒、粉砂粒和粘粒）的配合比例。砂粒含量高的土壤相对多孔，雨水渗透快，而粘性土壤容易板结和发生径流；然而，砂性土壤由于质地疏松，比粘性土壤更容易遭受风蚀。当水入渗到砂性土壤中，受到高地下水位或下层不透水土层（粘土或岩石）的阻碍时，由于砂土质地疏松，发生径流和侵蚀的风险很高。

#### b) 土壤质地

##### 砂土：

砂土主要由砂粒组成。砂粒基本上是由岩石经风化和地球运动磨碎成微小颗粒而形成。根据砂粒大小，土壤可以分为粗砂粒和细砂粒，但始终为砂粒质地。砂土很容易耕作，但不能保水，也不能储存养分。因此，砂土排水能力强，质地疏松，肥力低。如果将砂土揉成一团，砂土并不会粘在一起。砂土颜色通常较浅，从白色、黄色、橙色到深灰色不等。干旱地区通常为砂土。

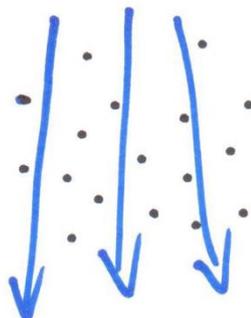


图 1.自由排水的砂土



**建议:**

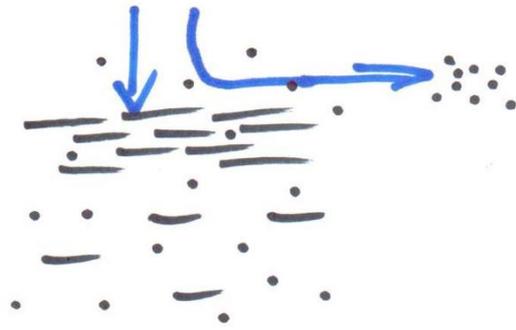
要改善砂土结构，必须施用大量堆肥或动物粪便。

**粘土:**

粘土主要由非常细的粘性矿物组成，容易板结压实，形成大块。粘土通常很重，很难耕作。水分不易入渗到重粘土中，因此积水和径流是典型问题。然而，粘土具有良好的养分保持能力，是一种天然肥沃的土壤。粘土颜色从浅灰色到深灰色、从黄色到红色不等。



图 2.压实板结粘土



雨水不能入渗到压实板结粘土中。  
径流会带走松散的土壤颗粒（侵蚀）。

**建议:**

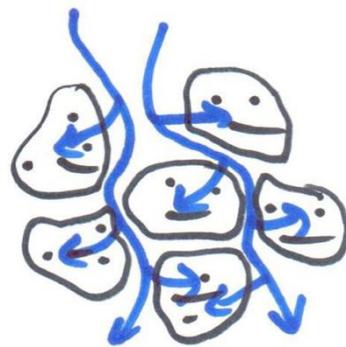
可以通过施用有机质或石灰来改善重粘土，这两种方法都可以改善土壤结构。

**壤土质地:**

土壤含有均衡数量的砂粒、粉砂粒和粘粒（以及有机质），具有壤土质地。壤土又黑又易碎，土粒能够很好地团聚并形成结构，其中有机质起着重要的作用。水可以很容易地入渗到土粒之间的空隙（排水），土壤团聚体内部的空间也具有好的保水能力。土壤表面粗糙，可降低风水的猛烈程度和速度，从而减少侵蚀。由于含有机质，壤土颗粒表面带负电，允许养分附着，这些养分很容易与植物根系交换。壤土是最理想的农业土壤，因为它们肥沃，易于耕作，并且提供足够的土壤生物群来保持植物健康。



图 3.深色易碎的壤土



水渗入土壤团聚体之间的空隙，然后被团聚体内部的空间吸收。

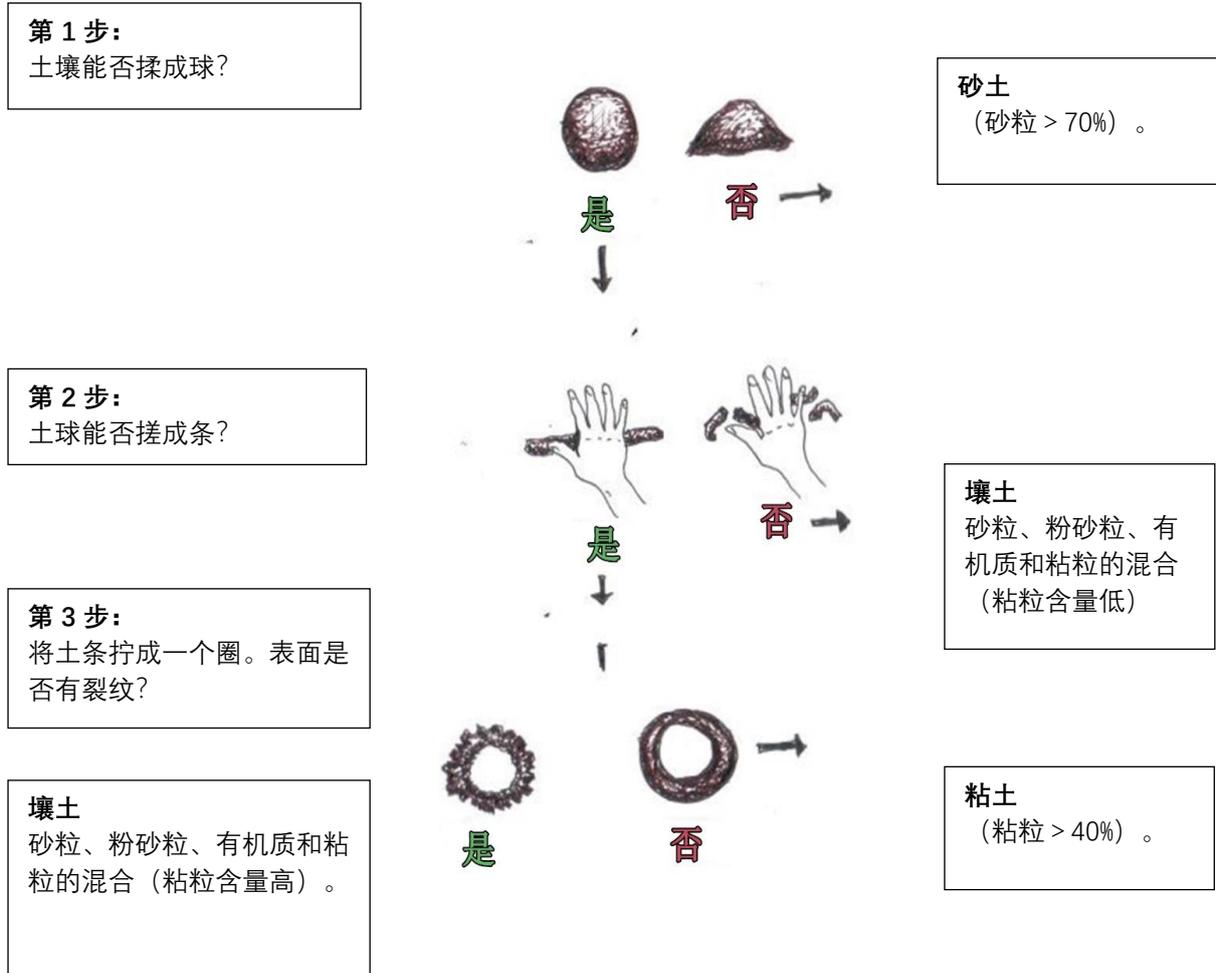


图 4. 确定土壤质地类型的简单测试方法:

### C) 土壤结构:

“土壤结构”是指土壤中土壤颗粒的排列和组成。有机质和钙颗粒将不同的土壤成分结合在一起，形成更大的结构单元，称为“团聚体”。结构良好的土壤通常有一个特点，即团聚体之间和团聚体内部的空间充满空气。由于存在这些空间，水入渗率高，表明内部排水良好。而且还能提供良好的土壤透气性和氧气，促进根系吸收养分。

当土壤有机质含量低、钙含量低时，或者当重型机械、动物踩踏、犁地等向潮湿/松软的土壤施加压力时，土壤结构会恶化。一旦土壤结构不良，入渗率将降低，板结和径流风险将增加。

当长期水饱和时，特别是在粘土和有机质含量高的土壤中，土壤会缺氧，从而使土壤变酸（pH 值低）。在缺氧时，氧化铁（Fe<sup>+++</sup>）变为还原态（Fe<sup>++</sup>），并释放出大量铝离子（Al<sup>+++</sup>）。此外，有机质可产生 H<sub>2</sub>S（臭鸡蛋味）。所有这些元素通常存在于粘土和有机质中。

这些情况会扰乱良好的颗粒结构，堵塞气孔，阻碍养分流动或使根系不能吸收这些养分。Al<sup>+++</sup> 占据土壤的养分储存系统，导致养分无法附着。Al<sup>+++</sup> 对大多数植物根部有毒。在土壤结构恶化的情况下，我们经常称之为不良土壤结构（或不良土壤）。



## 作物养分

我们在考虑土壤结构中良好和不良特征时，也要区分贫瘠和肥沃的土壤。

肥沃与贫瘠、良好与不良存在一定关联性，但并不相同。肥沃或贫瘠是指土壤中存在的作物可以吸收利用的化学品，即土壤的肥力/养分含量，这对农业生产效率而言非常重要。在几乎没有养分储存能力的地方（即结构不良的土壤中），养分储存量默认较低；但即使在结构良好的土壤中，也并不能保证养分可以（被作物）充分吸收。养分也应存在于土壤中。这一主题构成要求 4.4.4 土壤检测的一部分，具体可参见一般指导文件中对土壤的解释。

## 土壤评估步骤

### 步骤 1：评估有机质含量

如上所述，土壤的养分含量主要取决于土壤类型（土壤中的矿物质）以及土壤（上层）的有机质含量。土壤有机质（SOM）是再循环生物质的量，养分通过有机质返回土壤。

大部分有机物质存在于土壤的上层。我们称之为 0 层和 A 层。0 层是覆盖在土壤上的落叶层；A 层是土壤本身的顶层，在这里，有机质形成腐殖质并融入土壤结构中。这两层是大多数植物营养根生长发育所需的土壤部分；这些根通常与菌根菌（真菌）和细菌共生，并被很多种类微生物的活动而被不断地翻动（生物多样性!!!）：“耕作层”，是植物生长最肥沃的土层，也最容易受到外在因素的破坏。

有机质表面带负电荷，阳离子（带正电荷的养分）可以附着在土壤颗粒上，并松散地与土壤溶液和植物细根交换。因此，土壤有机质含量对土壤阳离子交换量（CEC）和养分有效性起着重要作用。有机质同时也是土壤微生物的食物来源，这些微生物负责分解过程、氮循环、土壤和植物健康等。此外，氮的有效性在很大程度上取决于碳的有效性，而碳是有机质的主要成分。

因此，评估土壤养分有效性的第一步是评估土壤有机质含量。如上所述，富含有机质的土壤具有易碎/颗粒状结构，通常颜色较深，具有良好的耕作性和保水能力。有机质的分解速率很大程度上取决于土壤温度和湿度。在热带低地条件下，土壤有机质的分解速度加快，有机质需要以大约 3 至 6 倍于较冷气候的速度进行补充。

在土地利用规划中，最需要关注的是这种土壤有机质层。根据有机质层的自然地理条件，可能需要混合种植特定的作物，并采取额外的措施来确保可持续利用和生产效率。如果发生长期干旱或经常性雨水过多，可以采取什么措施来避免造成影响所选作物健康的环境？换句话说，在所有农场和土地利用计划中，需要优先考虑维护这些上层土壤层。（另见步骤 5：易受侵蚀区域和坡地识别。）

#### ⇨ 建议：

为了保持土壤有机质水平，应尽可能循环利用作物和（枯死）杂草残茬，并将其融入土壤中。在可能的情况下，堆肥是一种有效的循环利用方式。在没有病原体或害虫交叉污染危险的情况下，作物和枯死杂草的残茬也可以用作覆盖物，或犁入土壤中。

### 第 2 步：了解该地区气候中有机质的特性

土壤中的分解过程可以加速氮循环过程，因此也需要施用氮肥。一般来说，在温暖潮湿的热带条件下，氮损失很高。在热带低地条件下，土壤有机质的分解速度加快，有机质需要以大约 3 至 6 倍于较冷气候的速度进行补充。但是，这在农业中通常很难实现。因此，缺氮是热带土壤最典型的特征。施用动物粪便和氮肥时，应尽可能确保作物对氮的吸收最大化，损失最小化



。要做到这一点，首先需要连续生产/施用新鲜有机质，而且最好是有机质的相对稳定（堆肥/腐殖质）。在可能的情况下，施用堆肥对作物生长非常有用。

⇒ **建议：**

农民可利用的所有有机质来源都应该用来养分循环和提高农场的有机质含量，包括生长在作物之间的植物（杂草）。

在可能的情况下，应种植固氮的覆盖作物，以减少有害杂草的生长，并在产生有机质的同时保护土壤。根据作物的不同，应种植不同树木提供绿荫（混农林业），而且这也有助于连续产生新鲜有机质（落叶）。

新鲜粪便（如有）应堆肥，而不是风干，而尿素、磷酸氢二铵（DAP）等氮肥应施用入土壤中，不暴露在土壤表面，这样它们可以更好地附着在土壤有机质中。

不鼓励使用除草剂：除草剂不仅会使农民失去有机质来源，而且对土壤微生物有害，而土壤微生物对保持土壤肥力而言至关重要。

**第 3 步：评估作物 pH 值及其对肥力的影响**

前面已经解释了 pH 值对土壤结构的影响。此外，pH 值还会影响土壤储存系统向作物释放养分。对于土壤评估（要求 4.4.1），我们只考虑这种影响可能是什么，目的是使农民能够预先确定土壤是否过酸或过碱。将根据要求 4.4.4“土壤检测”测量酸碱度（pH 值），从而确定土壤改良措施。

- a) 下面的 Truog 模型（图 5）显示了 pH（酸度）对养分有效性/养分固定的影响。可以看到，酸性和碱性环境对大多数必需养分的有效性都有负面影响。在碱性环境中，只有磷、钾和硫表现出良好的有效性，而在强酸性土壤中，只有铁表现出有效性。一般而言，pH 值在 5 到 7 之间应该是释放作物各种理想养分的最佳环境。
- b) 基质材料（地下）的影响：例如长石（在风化时释放养分的土壤成分）、钙、砂石和贫酸性土壤中存在过量  $Al^{+++}$  等。有时，地下也有完全惰性的物质，如纯白高岭土等。

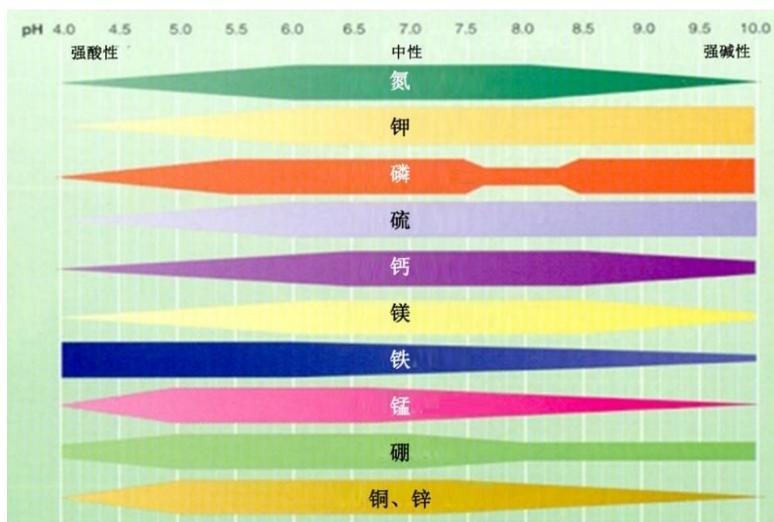


图 5.pH 值与养分有效性关系的 Truog 模型

在下文中，将提供一些引导，关于如何使用典型土壤示例来评估（土壤）酸度。

⇒ **建议：**

如果发现缺乏某种养分，在施用肥料之前，应首先分析酸碱度，必要时应采取的措施，使土壤达到中性状态。在下文中，我们给出了一些指标，以帮助识别酸性和碱性土壤类型以及可以采取的措施。



### 步骤 3a: 酸性土壤的一些典型特征

如果土壤氢 ( $H^+/H_3O^+$ ) 含量较高, 将导致土壤呈酸性, 即 pH 值低 ( $> 5$ )。在降雨量丰富的地区、在有机质含量低的土壤中以及连续施用尿素、磷酸氢二铵等铵肥后, 氢含量一般较高。在正常排水情况下, 这些土壤通常呈鲜艳的橙红色到黄灰色。

在这些典型的鲜红色和淡黄色土壤中, 另一个养分缺乏问题与氧化铁 (红色) 和氧化铝 (黄色到红色) 含量较高有关。特别是在酸性土壤中, 铁和铝变得更易移动, 因为它们的三个正电荷 ( $Fe^{+++}$  和  $Al^{+++}$ ) 与磷结合, 而磷具有三个负电荷 ( $PO_3^-$ ), 从而导致磷固定或事实上的缺磷。(参见图 5.) Truog 模型)。



图 6. 热带土壤的典型颜色 (酸性和磷固定的可能性较高)

#### ⇒ 建议:

在这些类型的土壤中, 最好在土壤 pH 值较低的情况下施用石灰, 并添加大量有机质。

### 步骤 3b: 土壤碱度

另一个问题是土壤 pH 值高 ( $> 7$ ), 土壤呈碱性。干燥地区的土壤大多呈碱性, 通常为白色或有白色层, 这是由于碳酸钙含量高造成的。这些土壤通常还具有相对较高的盐 (钠) 含量, 表现为土壤表面有一层白色外壳, 可能引起土壤电导率 (EC) 问题。当电导率较高时, 会引起根区养分和水分吸收问题。



图 7. 热带土壤的典型颜色 (碱性和高电导率的可能性较高)

#### ⇒ 建议:

关于土壤的 pH 值, 以及在 pH 值过低情况下施用石灰 (钙) 或在 pH 值过高情况下施用石膏/硫的潜在必要性, 可以通过 pH 值检测进行测量。



可以使用简单、便宜的工具定期测量农场土壤的 pH 值。可以从网上购买这些小工具，例如 Sonkir Soil MS02 三合一土壤湿度/光照/pH 测试仪、Coverly 三合一土壤测试仪、水分测试仪、光照和 pH 值测试仪、Gain Express 土壤 pH 值和湿度测试仪等。一旦发现土壤存在问题，应定期进行这些测量并保留记录，以便在选择土壤改良剂时提供信息。

#### 步骤 4：检查由于积水和排水条件造成的限制

当土壤中形成压实层或不透水层，阻止水以其在地表聚集的相同速度渗入更深层，且景观不允许通过径流排水时，就会发生积水和水饱和。一旦发生积水和水饱和，土壤中通常充满空气的空间将被水充满，从而造成土壤缺氧。在这种条件下（稻田除外），很少有植物能够存活。在种植水稻田时，还通常有意使用火山灰来堵塞（形成）不透水层。在大多数情况下，暂时性积水会导致根部腐烂和立枯病（真菌病）。

#### 潜育土：

当频繁发生水饱和时，通常是在自然积水条件下，土壤铁会从  $Fe^{+++}$  变为  $Fe^{++}$ （还原）；在这种情况下，通常会观察到灰色和蓝灰色斑点以及橙色、黄色或锈色斑点。这些颜色是由于缺乏空气和铁化合物减少造成的。这种土壤被称为“潜育土”。当水饱和和长期存在时，所有土壤的粘土将完全变成蓝灰色（如地下水层），被称为 G 层。这些潮湿土壤的径流风险更大，因为它们在饱和状态下不能吸收更多的水分。



*图 8.典型的潜育土。在顶层（有一些有机质）以下，可观察到一片灰色土壤，上面有黄色和灰色斑块，表明水位在波动。如果地下水是永久性的，则土壤完全是蓝色的（G 层）。*

#### ⇨ 建议：

排水能力良好的潜育土可用于耕种、奶牛养殖或园艺。如果太潮湿的土壤用于耕种，从长期来看将破坏土壤结构。在排水能力不理想的低洼地区，潜育土最好保存在永久性草地或沼泽森林下；或者也可以在与浅洼地相间的山脊上种植树木。一旦排水得到保证，可以在排水后对 pH 值低的潜育土进行石灰处理。在热带地区，在垄间形成淹没的水洼地，通常在这种类型的土壤中种植水稻。



### 泥炭土：

泥炭土是一种特殊的潜育土，其特征是有机质含量超过 20%（有时甚至超过 75%，即真正的泥炭）。泥炭土存在于低地沼泽和河谷或潮湿的高地；它们是饱和土壤，几乎无雨水吸收能力，且由于密度低、土壤结构松散，具有较高的径流和土壤侵蚀风险。泥炭土排水后容易氧化，即有机质中的碳发生矿化，释放出氮和二氧化碳气体。最初为了将泥炭土用于农业用途，对泥炭土进行了排水；然而，这样做也会造成毁灭性的负面影响，例如有机质损失（泥炭“浪费”）、排水太深时土壤的不可逆板结（在真正的泥炭中）、释放二氧化碳有助于气候变化、许多动植物物种栖息地丧失等。泥炭土 pH 值低，呈酸性。

#### ⇨ 建议：

泥炭地最好保持湿润，种植适应潮湿土壤条件的作物。这就是所谓的“沼泽农业”，可以保持泥炭地的有机质含量（如亚马逊河泛滥平原的阿萨伊棕榈）。为了保持高地下水位和保护泥炭地，泥炭地也可以用作牲畜的牧草地。

#### ⇨ 对水涝地和水饱和土壤的一般建议：

如果水涝、积水和水饱和只是偶尔发生，可能需要暂时改善排水条件。根据水涝和积水原因，可以采用以下几种不同的管理方案：

- 改善土壤结构，提高土壤吸收水分的潜力：有机质、深根性植物等。
- 打破硬层，让水渗入更深的地层。这可以通过种植树木和/或机械干预实现；
- 采用水管理措施保水：挖沟渠，筑水坝，抽取水库中多余的水，避免洪水泛滥到该地区；
- 排水：挖排水沟，将该地区多余的水引至地势较低的地区。
- 在（地势）凸起区域种植作物。

### 特殊案例：黑棉土：

黑棉土是一种特殊粘土，由于其质地原因，存在非常特殊的排水和淹水问题。黑棉土由极细的黑色粘质材料（称为蒙脱土）组成，以其吸水能力而闻名。一到雨季，黑棉土变得又粘又重，且极滑，难以耕作。黑棉土具有保水特性（接近饱和时除外），因此限制了许多作物的生长。但对于棉花而言，这些都不是问题，这也就解释了黑棉土名字的由来。吸水时，黑棉土膨胀惊人，然而一到旱季，黑棉土会收缩，变得异常坚硬，并开裂。这种膨胀和收缩对基础设施建设（道路、桥梁）是有害的，因为其内部排水并不充分。暴雨过后，表面积水频繁发生。

如果需要耕作（建议免耕），最好在第一场雨后土壤松动时立即进行。以后翻土会增加压实度（犁底层）。黑棉土 pH 值通常较高，但磷和有机质含量低。黑棉土主要分布在非洲的热带稀树草原地区、印度的古吉拉特邦、中央邦和马哈拉施特拉邦、澳大利亚的新南威尔士和昆士兰、南美洲的巴拉那地区和墨西哥/得克萨斯州。虽然被称为黑棉土，但它们并不总是黑色的，有时是深红色的。



图 9.典型的黑棉土开裂和雨后地表渍水



#### ⇨ 建议：

建议通过大量施用堆肥/有机质来改善土壤结构和内部排水。可以在黑棉土上种植棉花、小麦、亚麻、谷子和一些适合热带稀树草原的木本作物（阿拉伯橡胶树）。在适当灌溉下，也可以种植水稻和甘蔗。

#### ⇨ 建议：

保持较高的有机质含量，尽量减少耕作，采用覆盖物和种植覆盖作物，避免土壤干燥。保持养分水平，避免淋溶，否则可能导致 pH 值降低和磷固定增加。必要时，可以施用石灰。叶面喷施硼肥（喷洒）。

### 步骤 5：易受侵蚀区域和坡地识别

土壤表层的形成过程可被侵蚀所抵消。从广义上讲，土壤侵蚀是指最上层因水、风或耕作活动而加速流失。人们现在已经认识到，人类不良农业实践造成的严重表土流失成为了对世界土壤资源的最大威胁，因为在许多地区，土壤侵蚀速度远远快于土壤形成速度。通过识别易受土壤侵蚀地区，有助于制定和实施土壤保护的最好管理措施。

导致侵蚀加剧的因素即那些加速土壤颗粒从土层中分离和迁移的因素，包括：

- 猛烈程度，即水（雨）或风袭击该地区的强度；
- 速度，即水或风在该地区移动的速度；
- 土壤的持力（抗剪强度），即土壤抵抗风和水的力量。

当雨水冲击未受保护的土壤时，侵蚀会加剧（溅击侵蚀）。坡面如有雨水流过会加快流失速度（山丘侵蚀和沟壑侵蚀）。暴雨可导致河流泛滥（河岸侵蚀）。

水饱和的土壤，无法保持地下土层，并由于其重量增加而发生滑坡（滑坡和片蚀）。当细小松散的土壤颗粒暴露在强风中时，会加剧侵蚀（风蚀）。

为避免土壤侵蚀，重要的是要识别由于上述因素可能加剧侵蚀的地区，包括：

- 裸露的表土（无植被或有机质层覆盖）；
- 坡地；
- 水渗透减少和径流增加的封闭区域；
- 季节性高降雨量，或旱雨季差别大；
- 湍急的河流和溪流。
- （土层深度有限：）基岩或其他不透水层上相对较薄的表土层；
- 未团聚的土壤；
- 易受强风袭击的地区；
- 特别容易受到侵蚀的土壤类型（在后文解释）。

#### ⇨ 建议：

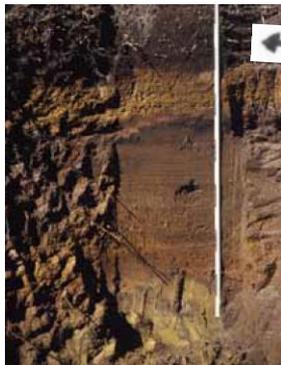
建议在农场地图上标出具有这些特征的区域，以指导土地利用和土壤管理决策。可以在手绘地图上完成，在地图上标出所有人为和自然的主要特征和地标（水体、道路和轨道、建筑物、突出岩石等）、坡地和坡度（%）、海拔和/或 GPS 读数、植被或作物类型、土壤类型变化、有侵蚀或滑坡迹象或风险、沟壑等的区域、问题区域（肥力低、病虫害问题等）、容易发生洪水或积水的区域以及可能的土壤取样地点。如果可以的话，这些特征也可以在官方区域地图或卫星图像中标出。该区域图应用于管理规划和决策，并定期更新。



关于加剧侵蚀的因素，可以通过良好的农业实践进行缓解：

- 通过种植树木，可以提供树冠覆盖，减少直接冲击土壤的雨水猛烈程度和数量。此外，树木具有强大的根系，可以大大提高土壤的持力，防止水土流失。通过种植不同根系的树木，如银合欢、盾柱、野牡丹和马占相思等，可有效保护坡地土壤。落叶勿清理或焚烧，而是作为覆盖层，保护土壤表面。
- 耕作过的土地不应暴露在风雨中，而应有植被（覆盖作物、草等）覆盖保护。尽量减少耕作，减少土壤暴露。
- 植被可减少径流，增加水渗入土壤的时间。植物根系也使土壤更加疏松，有助于水分更快地渗入土壤。
- 避免在邻近地区（特别是海拔较高的地区和溪流沿线）砍伐森林或实施一些加剧侵蚀的活动，如过度放牧。
- 避免坡地翻耕。即使是缓坡（ $< 3^\circ$ ），但如果坡地较长，且由于土壤类型原因，入渗速率较慢，也可能积聚大量的径流水和冲力。水会积聚在地势较低的区域/沿坡地山脊，造成河道侵蚀。
- 在坡度较大（坡度  $> 7^\circ/15\%$ ）的地区，可采用梯田（等高）耕作。如果等高线是通过多年生植物（如草障）固定，需要定期检查等高线是否可能断裂，以防水流通过这些断裂冲破等高线。
- 勿在易受侵蚀的区域修建道路，否则会加快径流速度，导致形成沟壑。
- 在修建建筑物和用混凝土表面封住土地之前，应先评估下游或下游地区集水、径流和水位上涨的增加风险；如有必要，通过修建排水区域来降低这些风险。
- 让河流和溪流蜿蜒流淌，而不是“拉直”河床，以降低河水流速。通过在堤岸种植树木，不仅可提高土壤持力，同时还打破了洪水淹没周边地区的速度和力量。在易受侵蚀区域，可能需求建造屏障来保护堤岸。
- 对于已开始形成的沟壑，需要在流出末端修建屏障和堤坝，并在沟壑边缘周围种植树木，以加固沟壑。
- 通过轮作、休耕、敷盖和土壤有机质含量管理，有助于更好地粘聚土壤，提高土壤的持力。
- 成排的树木或树篱作为防风林，保护土壤免受风蚀。

## 火山灰土



安第斯土火山灰土（有时称为暗色土）主要分布在世界各地火山成因山坡上的潮湿地区。是相对年轻的土壤，富含火山灰。通常很肥沃，富含钾和其他矿物质（长石），表土层多孔、易碎，有机质含量高；但磷和硼含量通常较低。由于pH值低，铝和铁含量较高，使得磷固定恶化。

尽管有机质含量高，但火山灰土仍然很容易受到侵蚀。在坡地地形上，排水不是问题。但在地下水位高的地方，形成了潜育层。在砍伐森林后，土壤变干并分散成小颗粒，在这些地方，侵蚀风险非常高，土壤颗粒很容易被径流和风带走。

图 10.火山灰土

### ⇒ 建议：

火山灰土适用于种植咖啡（阿拉比卡咖啡）、茶叶和蔬菜。



易受侵蚀意味着，在陡坡上耕种需要采用精心规划的坡地农业土地利用技术（SALT）：梯田等高耕作、建立植物屏障、种植深根树木遮荫、对地表水和/或地下水积聚地区给予特别关注、溪流沿岸种植保护性植被等。

## 土壤管理计划

根据土壤评估，确定土壤管理措施并将其纳入农场管理计划，以提高土壤有机质含量，防止侵蚀，加强农场养分循环，优化土壤水分。

**雨林联盟提供的土壤评估矩阵可以作为这些措施的指导。**

有效和成功的农场管理决策必须建立在准确信息的基础上。需要定期检查农场，并记录所有发现和变化，以便能够在未来的决策中利用这些信息。要保持土壤肥力，就要避免侵蚀和有机质流失。同样重要的是，还应要确保作物生长所需的各种养分充足。通过土壤检测可以确定作物的养分需求，土壤检测可提供土壤养分状况信息和投入需求建议（石灰和肥料；见土壤和肥力指导文件，2.4.4）。

### ⇒ 建议：

强烈建议农民定期评估土壤状况，包括易受侵蚀或易积水地区的状况、养分状况以及气候变化的影响。为了更好地了解土壤状况，鼓励农民采用一些简单的评估方法检查土壤性质，使用一些简单便宜的农用小工具定期测量土壤酸碱度。为确保季节性养分的可利用性，最好每3年进行一次土壤检测。

### 土壤深度评估方法参考：

上文已经描述了几种不同的土壤评估方法，农民可以无需使用昂贵的设备来使用这些方法。其中包括：Willamette Valley 土壤质量卡、Shelley McGuinness 土壤结构评估工具包、FAO 土壤目测评估工具等。关于如何检测土壤类型，请点击以下链接：<https://youtu.be/GWZwbVJCNec>



## 土壤评估矩阵

可使用以下矩阵简单快速地评估土壤状况。这个矩阵从决定土壤肥力/健康状况的各个方面简要描述了土壤的三种不同状态（差、一般、良好）以及可能需要采取的土壤肥力/健康管理措施。建议采取的措施在最后一栏，这些措施可作为指导农民改善土壤肥力状况的指南，也可作为检查员/审计员评估农场土壤肥力管理的指南。

指标	评级标准			改进措施建议
	1 (差)	2 (一般)	3 (良好)	
土壤是否具有良好结构和良好耕性？	压实土块或粉状土壤，无可见孔隙。	有一些可见的团粒结构，大小土块混合。	易碎，团聚成坚果大小的颗粒，有可见孔隙。	通过种植覆盖作物、使用动物粪便或堆肥、敷盖、减少耕作，提高有机质含量。
土壤是否无压实土层/硬土层？	植物根系弯曲，探针无法插入土壤和/或变弯。	探针很难插入土壤。	探针可以很容易地插入土壤，且插入深度超过 20 厘米。	避免用重型设备耕作或每年在同一深度翻耕土壤。尽量减少耕作，使用松土机代替耕犁。如果可能的话，用紫花苜蓿等根深植物覆盖土壤。
土壤的酸碱度是否适合作物生长？	土壤 pH 值比理想的作物酸碱度范围低 1 或高 1。	土壤 pH 值在 ±理想酸碱度范围的 0.5 范围内。	土壤 pH 值符合作物要求。	每 50 千克铵肥施用 50 千克石灰，以保持 pH 值稳定。pH 值偏低时，施用石灰，均匀撒施并翻入土壤中。pH 值偏高时，施用铵肥和硫酸盐肥料。
土壤表面是否无结壳？	有可见盐壳或地衣。表面非常光滑，无孔隙。	团粒表面光滑，有机质疏松并冲到土壤表面。	无可见结壳。团粒表面光滑，有可见孔隙和完整的有机质。	进行电导率检测，确定土壤盐含量。通过增加灌溉和施用石膏肥料改良盐碱土。提高土壤有机质含量/敷盖。
是否有蚯蚓（和其他微生物）？	无。	每平方米表土 1-5 条。	每平方米表层土壤 > 5 条。	提高土壤有机质含量，使用覆盖物，种植覆盖作物。



## 土壤肥力管理计划

农业的成功在很大程度上取决于农场的土壤肥力状况。最重要的是，农民应能够评估其土壤的肥力状况，能够识别有问题的区域并制定计划，这样不仅能避免因侵蚀和积水造成土壤肥力损失，而且还能改善有问题区域的土壤肥力，通过采取适当的土壤肥力管理措施和加强农场养分循环，长期保持土壤肥力。

### ⇒ 建议：

农民应能够评估其土壤的肥力状况，清楚应采取哪些土壤肥力管理措施来保持和提高土壤肥力。理想情况下，应在农场地图上标出土壤和景观细节，做好土壤检测和土壤肥力管理措施（施用石灰、堆肥或动物粪便、施用肥料、覆盖等）的记录。但是，如果无法做到这些，农民应至少了解其土壤的状况，特别是有问题的区域，并且应能够描述其采取的保持或提高土壤肥力的措施。

## 提高土壤有机质含量和加强农场养分循环

最重要的土壤肥力管理措施是保持土壤中的有机质（SOM）含量，因为有机质可以改善土壤的物理、化学和生物特性。有机质不仅有助于预防侵蚀和积水，而且还能通过微生物活动改善植物健康。有机质分解也是养分自然返回土壤的一种方式。随着每一次收获，养分从土壤中输出，需要补充。须避免焚烧或清除有机质，以防养分损失加快。

### ⇒ 建议：

应充分利用农场上的有机质来源，以堆肥、动物粪便、液体粪便或敷盖物形式循环利用。只有在携带病原体和不适合循环利用的情况下，才应焚烧。



黎豆作为覆盖作物，产生有机质并固定氮。



在旱季，黎豆作为敷盖物。



田篱间作。成行的树木产生有机质，减少风蚀



坡地上的植物屏障，产生有机质，减少径流侵蚀。



咖啡混农林业：豆科树木和覆盖作物（平托花生）。



咖啡多元化混农林业。



菠萝种植园大规模堆肥。



可可多元化混农林业。

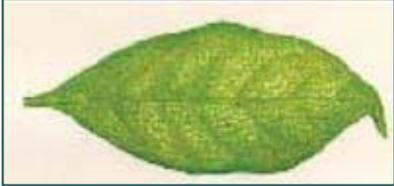


### 3. 关于特定作物的建议

#### 3.1 关于咖啡的建议

阿拉比卡咖啡和罗布斯塔咖啡		
pH 值 (H <sub>2</sub> O) 范围	5.5-6.0	
侵蚀控制措施	坡度小于 15%: 在斜坡上进行行式种植。种植地被植物。坡度大于 15%, 必须进行梯田等高种植。通过种植银合欢、盾柱木、野牡丹和马占相思等树木, 保护山体滑坡或沟蚀的易发区域。	
风力控制措施	仅在天然森林不足且受强风影响的区域, 沿边界种植防风林。	
土壤水分控制	用合适的材料覆盖咖啡树。覆盖物应远离植物底部, 以降低病害风险。应在每个雨季结束时重新铺设覆盖物。 应在树木之间种植豆类植物作为土壤覆盖物。 为了增强土壤的保水能力, 有机质水平应保持在 1-3%。	
积水控制	土壤为自由排水, 最小深度为 1m (最好是砂壤土)。应避免粉砂粒含量高的土壤和重粘土)。通过定期施用有机质维持土壤排水能力。	
生长环境 阿拉比卡	海拔	1000m 以上至 2000m (霜线)。
	温度	最佳日温: 15°-24°C。
	降雨量	年降雨量 > 1200 至 1500mm, 均匀分布于每年 7 个月内, 随后是干燥期, 有助于均匀开花。
	坡地	>15%.
生长环境 罗布斯塔	海拔	200 – 900m。
	温度	24 至 30°C。
	降雨量	年降雨量 1500 至 3000mm, 分布于每年 9 个月内。
	坡地	最小斜坡的坡度 > 7%。
养分控制	理想情况下, 每年在开花前进行一次土壤检测, 并施用建议的肥料类型和用量。 每从植物中收获 1 吨咖啡生豆, 每年必须补充约 40kg 氮、2.2kg 磷 和 53kg 钾。同时施用无机肥料和有机肥料可以提高养分吸收率。	
<b>避免中毒和 (土壤) 电导率干扰的阈值水平:</b> Na < 1.0 meq/100g Cl 250mg/kg EC < 0.2 dsm。 Al < 0.04 mmol dm <sup>-3</sup> (特别是在低 pH 值条件下产生的问题。可施用石灰解决。)		



缺素症状	缺乏的养分	土壤中最佳养分水平
 <p>整棵树木均匀黄化或叶脉间轻度黄化。</p>	<p><b>缺磷</b> 下部叶片（老叶）出现轻微黄化，幼叶呈深绿色；晚期老叶叶脉间出现微弱黄化；可能出现小的死斑。</p>	<p>P 60-80mg/kg。  在低 pH 值条件下，红土或黄土上通常会 出现磷固定。在这种 情况下，施用缓释磷 肥（矿石磷酸盐）和 石灰比 DAP 更有效。</p>
 <p>老叶/下部叶片叶脉间出现局部死亡组织 或黄化。</p>	<p><b>缺钾</b> 叶缘出现初期黄化， 随后出现死斑。死亡 组织增加，直至覆盖 整个叶缘。叶脉和中 脉呈绿色。</p>	<p>K &gt; 0.75mg/kg.</p>
	<p><b>缺镁</b> 老叶叶缘出现微弱黄 化，沿叶缘呈宽带状 出现黄褐色至浅褐色 凹陷死斑；受影响叶 片的叶脉间出现明显 黄化，特别是沿中脉 部分。</p>	<p>Mg &gt; 1.6meq/100g.</p>
	<p><b>缺锰</b> 老叶/下部或中部叶片 出现黄化；叶脉间出 现斑纹、斑点；沿主 脉出现坏死斑点。</p>	<p>Mn &lt; 50mg/kg.</p>
	<p><b>缺钼</b> 叶脉间出现明黄色斑 纹；叶片枯萎，卷曲 ，叶缘塌陷；叶片扭 曲，变窄；老叶最先 受到影响。</p>	<p>缺乏不常见。通常由 低 pH 值引起。建议 ：提高 pH 值和 SOM 水平。</p>



缺乏症状	缺乏的养分	土壤中最佳养分水平
 <p>从顶部开始，整个叶片均匀黄化。</p>	<p><b>缺氮</b> 从幼叶和嫩枝开始，叶片迅速呈淡绿色。新叶呈均匀淡黄绿色，伴有暗绿色。整株植物呈淡绿色，植被生长稀疏；下部叶片可能出现白色脉络。</p>	<p>N &gt; 20mg/kg。</p>
	<p><b>缺硫</b> 叶片呈淡绿色至黄绿色，叶脉间出现微弱黄化；缺乏叶片仍有光泽。整株植物出现症状。</p>	<p>S &gt; 20mg/kg。 硫缺乏通常在雨林土壤上并不常见。</p>
 <p>最幼叶叶脉间出现突然黄化。</p>	<p><b>缺铁</b> 叶片正常展开，叶脉呈绿色，在浅绿色至黄绿色叶片下清晰可见；叶片在急性期几乎呈乳白色。</p>	<p>Fe 2 -20mg/kg.</p>
	<p><b>缺锌</b> 叶片不能正常展开；狭窄，常呈带状；在黄绿色叶片下，叶脉清晰可见；节间不能适当伸长，导致植株致密。</p>	<p>Zn 2-10mg/kg.</p>
 <p>最幼叶呈古铜色、出现斑纹或死亡；顶芽枯死。</p>	<p><b>缺钙</b> 叶缘呈古铜色，向下凹陷；新叶枯死；最终茎尖枯死。</p>	<p>Ca 3-5 meq/100g.</p>



缺素症状	缺乏的养分	土壤中最佳养分水平
	<b>缺硼</b> 最幼叶呈淡绿色，出现斑纹，叶缘不平，形状不对称；新叶出现死斑或尖端。	B 0.5-1.0mg/kg。  硼缺乏是火山土壤的典型特征，通常出现在咖啡种植区。
 咖啡树枯萎、下垂。	<b>缺铜</b> 幼叶枯萎，出现萎黄病；叶片从底部开始呈S形向下弯曲。嫩枝无力且受限；可能呈莲座丛状。	Cu 0.3-10mg/kg  如果使用铜盐喷雾控制霉病、叶锈病或叶斑病，则铜缺乏并不常见。

### 3.2 关于茶的建议

茶（小叶种和阿萨姆种）		
pH 值 (H <sub>2</sub> O) 范围	4.5-5.0（茶偏好酸性土壤）。	
土壤类型	茶树在任何肥沃的土壤上都生长良好，特别是红土，因为它对高铝含量有很好的耐受性。土壤应自由排水，深度约为 1.0 至 1.5m，但全年应提供充足水分。通常种植在清理过的森林土壤上，这些土壤自然富含腐殖质。保持高土壤有机质水平是保证长期生产效率的关键。	
土壤水分控制	茶树对干旱很敏感。为了保持保水能力，土壤有机质水平需大于 3%。树木间必须用合适的材料进行覆盖。覆盖物应远离灌木丛底部，以降低病害风险。除非有病害，可以使用修剪后的植物枝叶作为覆盖物。只要茶树不会产生太多的阴影，就可以在茶树丛间种植豆科植物作为覆盖植物来代替其他覆盖物。	
积水控制	茶树对积水很敏感。排水能力不足的土壤更容易出现真菌病。常见做法是种植在斜坡上，以便进行排水。土壤有机质含量是良好排水的关键。林荫树的落叶可以提供足够的覆盖物，否则就需要施用动物粪肥或堆肥。	
树荫控制	最好种植在天然雨林附近，以便形成健康的微气候，并使其免受强风影响。茶叶是森林植物，需要高达 50%的树荫。建议将其与林荫树进行间种，以便获得健康优质的作物。以 4×4 至 6×6m 的面积种植较小的豆科植物，而在行种植的茶叶之间以 10×10 至 12×12m 的面积种植较高的成材木。在新茶园的建立初期，必须保护茶树免受日光伤害。	
生长环境 茶树	海拔	800-2000 米
	坡地	需要种植在有一定坡度的斜坡上，有助于排水。 15-25°=非常适合。 缓坡 (> 5-7°) =很适合。 非常陡峭斜坡” (> 35°) 不适合。
	温度	16-30°C，生长季节的平均温度为 21-22°C。



	降雨量	1250-2000mm, 均匀分布于每年 8 至 9 个月内。
养分控制	<p>理想情况下, 每年在主要雨季前进行一次土壤检测, 并施用建议的肥料类型和用量。</p> <p>根据产量/公顷计算, 平均生产出一吨成品干茶, 每年需要约 178.3kg 氮, 3.5kg 磷和 115.1kg 钾, 以及 10kg 硫, 41.4kg 钙和 11.5kg 镁, 分 4 至 6 次施用。<sup>7</sup>建议每公顷再施用 6-8kg 硫酸锌。同时施用无机肥料和有机肥料可以提高养分吸收率。从成品干茶 3 吨/公顷的产量来看, CEC 能力 (SOM) 是一个限制因素。</p>	
<p><b>避免中毒和电导率干扰的阈值水平:</b></p> <p>EC&lt;0.2dsm。</p> <p>茶树对土壤中高含量的铝具有耐受性。土壤中的高铝含量甚至可以防止氟中毒。</p>		

缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
 <p>磷缺素症状</p>	<p><b>磷缺乏</b></p> <p>植物生长迟缓, 老叶呈紫色。</p>	<p>P 17mg/kg。</p> <p>在低 pH 值的土壤上施用矿石磷酸盐更有效。</p>
 <p>钾缺素症状</p>	<p><b>钾缺乏</b></p> <p>成熟茶叶叶尖出现萎黄病和坏死导致的灼伤, 并沿叶缘延伸。常见症状是呈显性紫色/棕色, 叶片变小。</p> <p>增强对干旱的敏感性。</p>	<p>K &gt; 0.4-0.6meq/100g。</p> <p>在 pH&lt;4.0 的土壤中, H<sup>+</sup>和 Al<sup>3+</sup>离子会干扰 K 吸收。</p> <p>在使用茶叶修剪的残留枝叶作为覆盖物的地方, 钾缺素症状较轻。</p>
 <p>镁缺素症状</p>	<p><b>镁缺乏</b></p> <p>成熟叶片出现黄化, 并过早脱落。</p> <p>施用大量氮肥和钾肥导致镁吸收减少。</p> <p>高铝含量的低 pH 值土壤也会导致镁吸收减少。</p>	<p>Mg &gt; 4-8meq/100g。</p> <p>施用氮肥和钾肥应与施用镁肥相结合。如果树荫较少, 比如在树木新栽种时期, 则需要足够的镁。</p> <p>建议每年施用两次 100-150kg/ha 硫酸镁。</p>

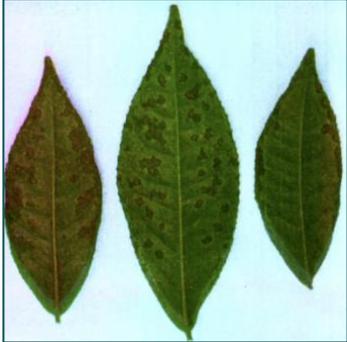
<sup>7</sup>施肥率需要通过考虑土壤类型、SOM 水平、土壤养分基础水平和平均损失率来计算。平均损失估计: 氮=30-70% (在较高温度下, 如果暴露在 O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 中, 则更高), 磷=50-100% (在低 pH 值、铝或铁含量高的土壤中更高), 钾=30%, 钙=10%, 镁、铜、铁、锌、硼=25%。



幼叶（树的上部）首先出现症状：

缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
	<p><b>氮缺乏</b> 幼叶黄化。叶片粗糙、变硬变小。</p>	<p><math>N &gt; 18\text{mg/kg}</math>。</p> <p>出现在干旱期或积水期之后。</p> <p>如果施用铵肥，则需用覆盖物进行覆盖，避免流失。只有在干扰表面根系的情况下，才建议进行耙地。</p>
	<p><b>硫缺乏</b> 又称为“茶树黄化病”。</p> <p>叶片呈明黄色，而叶脉呈深绿色。</p> <p>整株植物出现萎缩。严重缺乏时，叶片卷曲，叶缘和叶尖呈褐色。</p>	<p><math>S &lt; 30\text{mg/kg}</math>。</p> <p>施用硫酸铵肥料，占 20% 的全年需氮量。</p>
	<p><b>铁缺乏</b> 幼叶发黄；叶脉间出现萎黄病。</p> <p>这可能是由高浓度锌肥导致的。</p>	<p><math>\text{Fe} &gt; 30\text{mg/kg}</math>。</p> <p>高 pH 值的土壤上更常见。</p>
  <p>锌缺素症状</p>	<p><b>锌缺乏</b> 植株节间非常短。幼叶出现萎黄病，变小，呈镰刀状。侧枝生长不良。</p> <p>这可能抑制植株生长并减少嫩枝生长。</p> <p>这可能是由于过度施用磷肥引起磷的堆积而导致的。</p>	<p><math>\text{Zn } 4\text{-}8\text{mg/kg}</math>。</p> <p>锌缺乏相对来说更常见，特别是在红壤上。</p> <p>采摘后，叶面喷施硫酸锌。</p>



	<p><b>钙缺乏</b> 叶片向下卷曲，幼叶下表面出现小斑点。</p>	<p>Ca 5-10meq/100g。</p>
	<p><b>硼缺失</b> 新叶生长受阻，叶片扭曲，聚成一团。有时会伴有叶尖和叶缘坏死。</p>	<p>B &gt; 0.5-1.0ppm (叶片 0.1-0.5ppm)。</p> <p>由于硼在土壤中具有很强的流动性，且其缺乏和中度之间的范围很小，因此最好通过叶片分析来对其进行检测。 喷施硼酸叶面肥。</p>
	<p><b>铜缺乏</b> 幼叶呈淡黄色。</p> <p>土壤中铁含量高会导致铜缺乏。</p>	<p>Cu 1-2mg/kg。</p> <p>过量施用氮肥可能会导致铜缺乏。</p> <p>在叶面喷施硫酸铜。</p>

**图片来源：**

霍巴特塔斯马尼亚皇家植物园。  
植物保护，检疫和存储局；哈里亚纳邦法里达巴德 N.H.IV。  
国家植物健康管理研究所；特兰加纳 海得拉巴 拉杰恩德拉纳加尔。  
农业与合作部；印度政府农业部  
U.Pethiyagoda 和 S.Krishnapillai。

### 3.3 关于可可的建议

关于可可的建议	
<p><b>pH 值 (H<sub>2</sub>O) 范围</b></p>	<p>6.5-7.0。也可耐受 pH 值 4.5-8.0。</p>
<p><b>土壤类型</b></p>	<p>主要生长在红壤上，也可以在多种土壤上生长，但必须是硬土层且无石块，深度至少为 1.5m，以便可可的直根能够充分深入。</p> <p>通常种植在清理过的森林土壤上，这些土壤自然富含腐殖质。保持高土壤有机质水平是保证长期生产效率的关键。</p>



<b>土壤水分控制</b>	<p>可可植物对干旱和土壤缺水很敏感。为了保持土壤的保水能力，有机质水平需大于 3%。树木间必须用合适的材料进行覆盖。不得焚烧杂草，但可将其用作覆盖物。覆盖物应远离植物底部，以降低病害风险。应定期重新铺设覆盖物。只要树木没有投下太多阴影，就可以在树木之间种植豆科植物土壤覆盖层来代替覆盖物。</p>		
<b>积水控制</b>	<p>可可只能耐受短期积水。土壤有机质含量是排水的关键。在落叶达到足够水平前，需进行覆盖，并施用动物粪便或进行堆肥。</p>		
<b>树荫控制</b>	<p>自然情况下，可可生长在常绿雨林下层，因为那里有高大树木的树荫。在种植时需对其进行遮蔽。可以将可可与其他用材树种，如木瓜和香蕉，进行间种。3 至 4 年后可以减少树荫。防风林通常是有益的。</p>		
<b>生长环境 可可</b>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="418 723 576 757">海拔</td> <td data-bbox="576 723 1390 757">&lt;1200 米。</td> </tr> </table>	海拔	<1200 米。
	海拔	<1200 米。	
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="418 766 576 799">温度</td> <td data-bbox="576 766 1390 844">最佳日均温度：24°C。 最低 15°C；最高 35°C，但温度波动会降低产量。</td> </tr> </table>	温度	最佳日均温度：24°C。 最低 15°C；最高 35°C，但温度波动会降低产量。
	温度	最佳日均温度：24°C。 最低 15°C；最高 35°C，但温度波动会降低产量。	
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="418 853 576 887">降雨量</td> <td data-bbox="576 853 1390 967">&gt; 1500 到 2000mm，均匀分布于一年中。干旱期 (&lt;100mm/月) 不应超过三个月，否则需进行灌溉。相较于其他气候因素，可可产量受降雨的影响更大。</td> </tr> </table>	降雨量	> 1500 到 2000mm，均匀分布于一年中。干旱期 (<100mm/月) 不应超过三个月，否则需进行灌溉。相较于其他气候因素，可可产量受降雨的影响更大。	
降雨量	> 1500 到 2000mm，均匀分布于一年中。干旱期 (<100mm/月) 不应超过三个月，否则需进行灌溉。相较于其他气候因素，可可产量受降雨的影响更大。		
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="418 976 576 1010">相对湿度</td> <td data-bbox="576 976 1390 1050">80%-100% 炎热潮湿的环境对可可树的最佳发展至关重要。</td> </tr> </table>	相对湿度	80%-100% 炎热潮湿的环境对可可树的最佳发展至关重要。	
相对湿度	80%-100% 炎热潮湿的环境对可可树的最佳发展至关重要。		
<b>养分控制</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>理想情况下，每年在主要雨季前进行一次土壤检测，并施用建议的肥料类型和用量。</li> <li>根据产量/公顷计算，每收获 1 吨干可可豆，每年必须替换 25kg 氮、4-10kg 磷、40-60kg 钾、8-11kg 镁和 5-9kg 钙。如果将外壳堆肥后还田，可以大大降低对钾的需求。一般来说，同时施用无机肥料和有机肥料可以提高养分吸收率。</li> <li>施肥应分 2 至 3 次进行（主要雨季前后，或开花前施用磷肥，开花期施用 ½ 钾肥加其他养分，豆类生长期施用 ½ 钾肥）。</li> <li>可可叶片通过“发新芽”生长。一次发新芽的叶片会在下一次发新芽之前成熟，而一次新芽生长需要的养分则从老叶输送至上部。土壤肥力低可能导致树木下部脱叶。因此，可以将新芽生长期间的脱叶程度视为土壤肥力状况的指标。</li> </ul>		
<p><b>避免中毒和电导率干扰的阈值水平：</b> 可可对氯和盐度的耐受性较低。 EC&lt;0.2dsm。 Al&lt;0.7mmol/kg（特别是在酸性土壤的低 pH 值条件下。铝毒会降低产量。可施用石灰解决。）</p>			



缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
	<p><b>磷缺乏</b> 整棵树木生长不良、出现扁平 and 狭窄。</p> <p>从老叶叶尖和叶缘开始呈苍白色，随后所有叶片的叶脉间呈苍白色，有时伴有红色。随后叶尖和叶缘出现坏死，叶片可能会脱落。</p> <p>丛枝病在磷缺乏的土壤上似乎更常见。</p>	<p>P 20-60mg/kg。</p> <p>磷缺乏会导致根系不发达，从而加剧树木磷缺乏。</p> <p>在低 pH 值条件下，红土或黄土上通常会出现磷固定。在这种情况下，施用缓释磷肥（矿石磷酸盐）和石灰比 DAP 更有效。</p>
	<p><b>钾缺乏</b> 树木似乎已经停止生长。</p> <p>从叶尖和叶缘开始出现黄化，向叶基蔓延，叶缘的叶脉间黄化和坏死增加。后来出现褐色或坏死斑点。老叶过多，叶端枯死。</p>	<p>K &gt; 0.3meq/100g。</p> <p>钾缺乏在新清理的土壤上常见，需要施用高水平的钾肥。</p> <p>在外壳堆肥并还田的地方钾缺乏的情况不太严重。</p>
	<p><b>锰缺乏</b> 整棵树木都出现症状。叶脉间枯萎，呈浅绿色至黄色，叶脉呈深绿色。</p>	<p>Mn 4-20mg/kg。</p> <p>已证明锰肥也能促进钼吸收。</p>



### 老叶（树的下部）首先出现症状

缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
	<p><b>缺镁</b> 叶脉间出现黄化，叶脉呈绿色，形成鲜明对比。后来黄色区域变成棕色。症状可能与钾缺乏相混淆，但叶片不会像钾缺乏那样脱落。</p>	<p>Mg &gt; 1.5 meq/100g。</p> <p>大量施用钾肥（在钾缺乏的土壤上可能是必要的）会抑制镁吸收。因此，施用钾肥应施用镁肥相结合。</p> <p>如果树荫较少，比如在种植树木期间，则需要足够的镁。</p>
	<p><b>钼缺乏</b> 叶脉间出现明黄色斑纹；叶片枯萎，卷曲，叶缘塌陷；叶片扭曲，变窄；老叶最先受到影响。</p>	<p>缺乏不常见。通常由低 pH 值引起。建议：提高 pH 值和 SOM 水平。</p> <p>已证明锰肥也能促进钼吸收。</p> <p>不同作物种类的钼的临界缺乏水平从 0.1 到 1mg/kg 不等。</p>



## 幼叶（树的上部）首先出现症状

缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
	<p><b>氮缺乏</b></p> <p>树木下垂，生长不良。</p> <p>叶片（包括叶脉）呈均匀苍白色或黄色，较小，随后出现坏死迹象。</p>	<p>N &gt; 20mg/kg。</p> <p>出现在干旱期或积水期之后。</p> <p>如果施用铵肥，则需用覆盖物进行覆盖，避免流失。只有在不干扰表面根系的情况下，才建议进行耙地。</p>
	<p><b>硫缺乏</b></p> <p>整棵树木呈苍白色，但并未生长不良。</p> <p>所有叶片出现白色或黄色斑点，叶脉呈苍白色。</p>	<p>S 30-50mg/kg。</p> <p>硫缺乏通常在雨林土壤上并不常见。硫缺乏在可可中相当少见。</p>
	<p><b>铁缺乏</b></p> <p>幼叶发白，叶脉呈深绿色。</p>	<p>Fe &gt; 30mg/kg。</p> <p>高 pH 值的土壤上更常见。</p>
	<p><b>锌缺乏</b></p> <p>幼叶出现狭窄，呈波浪状，称为“小叶病”症状。</p> <p>叶片可能出现萎黄和斑点，仅沿叶脉呈绿色，叶脉可能呈微红色。</p> <p>叶片可能出现皱褶；节间缩短导致莲座式生长，细枝可能会枯萎。</p>	<p>Zn 2.5-4mg/kg。</p> <p>锌缺乏相对来说更常见，特别是在红壤上。</p>



	<p><b>钙缺乏</b> 幼叶出现斑纹，呈波浪状。</p> <p>从叶缘开始出现黄化，发展至幼叶出现均匀黄化，叶脉间出现坏死。</p> <p>叶片和豆荚最终脱落，芽尖和芽死亡。</p>	<p>Ca &gt; 7.5meq/100g</p> <p>充足的钙可以减少植物对病害的易感性。</p>
	<p><b>硼缺失</b> 新叶叶片扭曲，聚成一团。有时会伴有叶尖和叶缘坏死。</p>	<p>B &gt; 25ppm (在叶片中)。</p> <p>由于硼在土壤中具有很强的流动性，且其缺乏和中毒之间的范围很小，因此最好通过叶片分析来对其进行检测。 最好以叶喷方式施用硼肥。</p> <p>硼缺乏是火山土壤的典型特征，通常出现在咖啡种植区。</p>
	<p><b>铜缺乏</b> 叶尖出现萎黄、枯萎和扭曲。 幼叶通常较小，无明显黄化。</p>	<p>Cu 0.3-10mg/kg</p> <p>过量施用氮肥可能会导致铜缺乏。</p>

### 3.4 关于香蕉的建议

香蕉（芭蕉属栽培品种）	
pH 值 (H2O) 范围	5.5-6.5 也能耐受 pH 值 4.5-7.5
土壤类型	可在各种土壤上生长，但土壤应肥沃，且排水良好，保水能力良好。土壤还应富含钾和镁。土壤深度应大于 60cm。
土壤水分控制	香蕉对干旱和土壤水分波动非常敏感。 为了保持土壤的保水能力，有机质水平需大于 3%。植物周围的栽植穴必须用合适材料进行覆盖。应定期重新铺设覆盖物。 在每周修剪时，剪掉枯萎叶片并添加到覆盖物中。土壤含水量应不低于 60-70%。



积水控制	香蕉可耐受积水长达 48 小时。然而，长期积水，特别是如果再加上充足光照，会致使植物死亡。高含量的土壤有机质或粗土壤颗粒（如沙子、砾石）能够确保充分排水。在重粘土上，必须施用有机肥并进行覆盖。	
风力控制	由于香蕉很容易遭受风害，因此不应将其种植在无遮蔽的地方。否则就必须种植防风林对其进行保护。如果种植竹子用作防风林，那么竹竿也可以用作支撑桩。风速大于 40km/h 时，作物会严重受损。	
生长环境 香蕉	海拔	<1600 米。
	温度	叶片生长的最佳日均温度：27°C，最低温度 15°C，最高温度 38°C。一些栽培品种可耐受接近 0°C 的温度。果实发育的最佳温度：29-30°C。低温会影响开花。 如果将香蕉种植在避风的地方，那么香蕉可以在全日照下生长。高光强度加上高温会导致晒伤。
	降雨量	> 2,500mm，均匀分布于一年中。如果不能保证至少 200-220mm/月的稳定供水，则需要进行灌溉。
	相对湿度	60-90%.
养分控制	<p>理想情况下，每年在主要雨季前进行一次土壤检测，并施用建议的肥料类型和用量。</p> <p>还可以通过叶片分析来监测养分水平，对第三片最幼叶进行采样。认为以下水平的 DM% 是足够的：N 2.6，P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.45，K<sub>2</sub>O 4.0，CaO 1.40，和 MgO 0.60。</p> <p>根据产量/公顷计算，每收获 1 吨香蕉，卡文迪什香蕉每年必须补充 4-7kg 氮、0.9-1.6kg 磷、18-30kg 钾、1.2-3.6kg 镁，以及 3-7.5kg 钙和 0.4-0.8kg 硫；其他类型的香蕉每年必须补充多达 10kg 氮、3.5kg 磷、60kg 钾、1.2-3.6kg 镁、12kg 钙和 0.4-0.8kg 硫。</p> <p>如果在收获后将剩余的植物材料切碎并作为覆盖物用于栽植穴中，可以大大降低对钾的需求。一般来说，同时施用无机肥料和有机肥料可以提高养分吸收率。</p> <p>氮肥应每月施用一次，以确保充足持续的供应。80% 的钾肥应在开花前施用。通过叶片分析确定的氮钾比例应是 1: 1，以避免“花果脱落”。</p> <p>为给主茎提供充足养分，每隔 6-12 周就必须去除分蘖茎枝，每个栽植穴应不超过 3-4 根茎。</p>	
<p><b>避免中毒和电导率干扰的阈值水平：</b></p> <p>EC&lt;1.5dsm。 Na 100ppm； Cl&lt;1%</p>		



缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
 	<p><b>磷缺乏</b></p> <p>生长极缓。叶片呈蓝绿色，老叶沿中脉和叶缘出现坏死。花呈紫褐色。</p> <p>严重缺乏时，叶片卷曲，叶柄断裂。最终可能导致植物过早死亡。</p>	<p>P 25mg/kg (80ppm)。</p> <p>在低 pH 值条件下，红土或黄土上通常会出现磷固定。在这种情况下，施用缓释磷肥（矿石磷酸盐）和石灰比 DAP 更有效。</p> <p>如果磷缺乏的话，则每个栽植穴施用 50g 矿石磷酸盐。</p>
  	<p><b>钾缺乏</b></p> <p>生长减缓。叶缘出现坏死，叶片容易遇风断裂。最终整个叶片干枯。叶尖下垂，中脉断裂。球茎不是很牢固。</p> <p>果实较小，过早发黄。果束形状不好，且不饱满。</p>	<p>K 200-350mg/kg (0.5meq/100g)。</p> <p>钾缺乏在新清理的土壤上常见，需要施用高水平的钾肥。认为钾是香蕉生长中最重要的养分。</p> <p>如果在收获后将剩余的植物部分切碎，用作植物周围的覆盖物，那么钾缺乏的情况就没有那么严重。</p> <p>估计每年每公顷土壤因摘果造成损失：480 公斤 K<sub>2</sub>O（果实产量以 70 吨计算）。</p> <p>如果缺乏的话，则每周使用 2%氯化钾 (KCl) 进行叶面施肥。</p>



缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
	<p><b>磷缺乏</b></p> <p>生长极缓。叶片呈蓝绿色，老叶沿中脉和叶缘出现坏死。花呈紫褐色。</p> <p>严重缺乏时，叶片卷曲，叶柄断裂。最终可能导致植物过早死亡。</p>	<p>P 25mg/kg (80ppm)。</p> <p>在低 pH 值条件下，红土或黄土上通常会出现磷固定。在这种情况下，施用缓释磷肥（矿石磷酸盐）和石灰比 DAP 更有效。</p> <p>如果磷缺乏的话，则每个栽植穴施用 50g 矿石磷酸盐。</p>
	<p><b>缺镁</b></p> <p>叶片出现萎黄，沿叶缘和中脉呈典型的“带状”。叶柄出现紫色斑纹。</p> <p>果实未成熟，无味。</p>	<p>Mg 1-3meq/100g。</p> <p>（重粘土中 5meq/100g 即足够。）</p> <p>在整个生长期施用少量白云石石灰。</p> <p>如果缺乏的话，则施用 3 吨/公顷的白云石石灰。</p>



 <p data-bbox="360 1227 448 1261">锰缺乏</p>	<p data-bbox="635 611 722 645"><b>锰缺乏</b></p> <p data-bbox="635 651 991 763">幼叶叶缘出现萎黄，随后出现坏死。整个叶片呈苍白色，出现条纹。</p> <p data-bbox="635 808 999 882">果实出现黑色/棕色凸起斑点。</p>	<p data-bbox="1029 651 1283 685">Mn 160-2500 ppm。</p> <p data-bbox="1029 730 1382 842">如果缺乏的话，则每周使用2%硫酸锰 (MnSO<sub>4</sub>) 进行叶面施肥。</p>
<p data-bbox="204 1312 292 1346"><b>钼缺乏</b></p>	<p data-bbox="635 1312 1358 1379">缺乏不常见。通常由低 pH 值引起。建议：提高 pH 值和 SOM 水平。</p>	



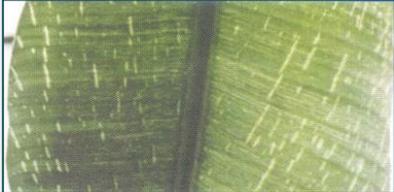
幼叶（树的上部）首先出现症状：

缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
 	<p><b>氮缺乏</b></p> <p>生长减缓，叶片减少、变小。叶柄薄，短，呈紫色。整株植物呈苍白色和淡黄色。由于叶面减少，分蘖条减少，果束变小。</p> <p>过量的氮（由于尿素施用率高）导致叶柄灼伤。</p>	<p>N 3.3-3.7mg/kg。</p> <p>植物和叶片的健康生长需要持续充足的氮供应。果束大小主要取决于前6个月生长的叶片数量和大小。</p> <p>如果缺乏的话，则每周使用2%尿素进行叶面施肥。</p>
 	<p><b>硫缺乏</b></p> <p>整株植物呈淡黄色，出现褶皱。叶心呈白色。叶组织非常柔软，容易撕裂。</p>	<p>S &gt; 0.25mg/kg。</p> <p>如果缺乏的话，则每个栽植穴施用 100g 硫酸铵 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>。</p>



缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
 	<p><b>铁缺乏</b></p> <p>幼叶呈苍白色，出现深绿色条纹（叶脉间出现萎黄）。</p>	<p>Fe &gt; 100ppm</p> <p>高 pH 值的土壤上更常见。</p> <p>如果缺乏的话，则每周使用 0.5% 硫酸铁 (FeSO<sub>4</sub>) 进行叶面施肥。</p>
 	<p><b>锌缺乏</b></p> <p>幼株出现缺素症状。叶片仍然较短，呈苍白色，窄而尖。</p>	<p>Zn &gt; 20ppm</p> <p>锌缺乏相对来说更常见，特别是在红壤上。</p> <p>在种植时，每株植物施用 50g 硫酸锌 (ZnSO<sub>4</sub>) 。</p>



缺素症状	缺乏养分	土壤中的最佳养分水平
 	<p><b>钙缺乏</b></p> <p>生长受阻。嫩叶出现稠密叶脉及萎黄。叶缘最终坏死。叶片从叶尖裂开并卷曲。</p>	<p>Ca 4-15meq/100g</p> <p>如果缺乏的话，则施用 250 公斤/公顷的农用石灰。</p>
 	 <p><b>硼缺失</b></p> <p>新叶叶片扭曲，聚成一团。叶片形成不完整，叶片未完全展开。叶片可能出现白色条纹。开花和结果均减少。果实也可能扭曲裂开。</p> <p>B 11ppm</p> <p>最好以叶喷方式施用硼肥。</p>	 <p>硼缺乏在火山土壤上很典型。</p> <p>如果缺乏的话，在种植后 4 个月和 5 个月时，每株香蕉使用 20g 硼砂（硼酸）进行叶面施肥。</p>



 A photograph of a plant showing signs of copper deficiency. The leaves are drooping and appear smaller and more yellowish-green than healthy plants. The stems are shorter and thicker.	<p><b>铜缺乏</b> 植物下垂，叶片较小，叶柄较短。</p>	<p>Cu 9ppm</p> <p>过量施用氮肥可能会导致铜缺乏。</p> <p>如果缺乏的话，则使用 2% 硫酸铜 (CuSO<sub>4</sub>) 进行叶面施肥。</p>
---	-----------------------------------	---

**图片来源：**

海法集团。

印度马哈拉施特拉邦 Mauli Agro。