

ICS 65.020.01

CCS B10

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 034—2026

## 亚热带坡耕地土壤培育技术规范

Technical Specification for Soil Cultivation in Sloping Farmland of Subtropical  
Regions

2026-07-01 发布

2026-07-01 实施

中国土壤学会 发布

# 目 次

前 言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 总则 .....	3
5 水土保持措施 .....	5
6 土壤有机质提升措施 .....	8
7 土壤养分均衡管理措施 .....	11
8 酸化土壤改良措施 .....	13
9 改善土壤团粒结构措施 .....	15
10 种植制度配置 .....	16
11 实施记录与跟踪监测 .....	17
附录 A .....	19
附录 B .....	19



# 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国土壤学会提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院南京土壤研究所、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、湖北省农业科学院植保土肥研究所。

本文件主要起草人：吴永红、蔺兴武、赵洪猛、张帅、张志毅、刘俊琢、孙朋飞。

# 亚热带坡耕地土壤培育技术规范

## 1 范围

本文件规定了亚热带坡耕地土壤培育的总体要求、实施流程、水土保持、土壤有机质提升、土壤养分均衡管理、酸化土壤改良、改善土壤团粒结构、种植制度配置和实施记录与跟踪监测等技术要求。

本文件适用于秦岭—淮河以南亚热带区域，整治前或原始坡度为 $5^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ 的旱作坡耕地及其梯田化治理地块的土壤培育与土壤质量提升。坡地水田及水旱轮作地块可结合实际参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 16453.1—2008 水土保持综合治理技术规范 坡耕地治理技术

GB/T 33469—2016 耕地质量等级

GB 20287—2006 农用微生物菌剂

NY/T 496—2010 肥料合理使用准则 通则

NY/T 889—2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定

NY/T 1118—2006 测土配方施肥技术规范

NY/T 1121.2—2006 土壤检测 第2部分：土壤pH的测定

NY/T 1121.4—2006 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

NY/T 1121.6—2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

NY/T 1121.7—2014 土壤检测 第7部分：酸性土壤有效磷的测定

NY/T 1121.19—2008 土壤检测 第19部分：土壤水稳性大团聚体组成的测定

NY/T 1121.24—2012 土壤检测 第24部分：土壤全氮的测定自动定氮仪法

NY/T 1868—2021 肥料合理使用准则 有机肥料

NY/T 4159—2022 生物炭

NY/T 525—2021 有机肥料

NY 609—2022 有机物料腐熟剂

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### **亚热带坡耕地 Subtropical sloping farmland**

分布于我国秦岭—淮河以南亚热带区域丘陵山地，整治前或原始坡度为 $5^{\circ}$ ~ $25^{\circ}$ ，受季节性强降雨影响、水力侵蚀风险较高的坡面耕地及其梯田化治理地块。

#### 3.2

##### **土壤培育 Soil cultivation**

综合运用农艺、生物及工程等措施，改善土壤物理、化学及生物学性状，持续提升耕地质量的过程。

#### 3.3

##### **水土保持措施 Soil and water conservation measures**

为防治土壤侵蚀、调控坡面径流，在坡耕地上布设的工程、生物和农艺等技术措施的总称。

#### 3.4

##### **土壤酸化 Soil acidification**

在自然或人为因素作用下，土壤胶体交换位上的 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^{+}$ 等盐基离子被 $\text{H}^{+}$ 与 $\text{Al}^{3+}$ 等致酸离子置换，导致土壤pH下降与交换性酸含量升高的土壤退化过程。

#### 3.5

##### **土壤调理剂 Soil conditioners**

施入障碍土壤中，用于改善土壤物理性质、化学性质或生物活性的物质。该物质可能含有少量植物必需矿质养分，但其主要功能并非提供植物营养。

#### 3.6

##### **土壤团粒结构 Soil aggregate structure**

由土壤颗粒经胶结作用形成的团聚体，及其在土体中的空间排列方式和孔隙网络的总称。

## **4 总则**

### **4.1 总体要求**

#### **4.1.1 多维度治理**

土壤培育措施应统筹兼顾水土保持、地力提升、养分均衡、酸化治理和结构改善等多个维度。应突出亚热带坡耕地坡面径流强、表土易迁移、有机质和养分易随径流流失等特点，优先控制水土流失，再开展培肥、养分调控和障碍改良。

#### **4.1.2 安全合规**

有机肥、生物炭、土壤调理剂、腐熟剂等投入品应符合相应国家或行业标准的质量要求与安全限量。来源复杂、污染风险不明确的材料不应直接施用于坡耕地。

#### **4.1.3 因地制宜**

各项培育措施的选择应结合当地气候条件、坡度坡长、土壤类型、种植制度、机械化水平及主要障碍类型确定。对侵蚀风险高的地块，应优先配置水土保持措施；对有机质偏低、酸化明显、养分失衡或结构退化的地块，应分别配置有机质提升、酸化改良、养分调控和结构改善措施。

### **4.2 技术实施流程**

亚热带坡耕地土壤培育宜按照“基础控蚀—有机培肥—养分调控—酸化改良—结构改善—跟踪调整”的流程组织实施。实施前宜识别地块侵蚀风险、土壤主要障碍和种植制度特点，并据此选择适宜技术组合。技术实施流程见图 1。不同障碍类型坡耕地宜根据主导限制因素选择适宜技术组合，典型应用场景与培育模式示例见附录 B。

#### **4.2.1 基础控蚀**

对存在明显径流和侵蚀风险的地块，应根据坡度、降雨强度和侵蚀敏感性，优先配置梯田工程、排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱、地表覆盖和保护性耕作等措施，控制坡面径流和表土流失。

#### **4.2.2 有机培肥**

土壤培育过程中，应持续增加有机物投入，提升耕层土壤有机质含量。宜根据土壤有机质水平、侵

蚀风险和投入品来源条件，合理配置秸秆还田、有机肥施用、冬闲绿肥翻压和生物炭施用等措施。

#### **4.2.3 养分调控**

在实施有机培肥的同时，应根据测土结果和作物需求合理确定氮、磷、钾及中微量元素投入，宜采用分次施用、沟施、穴施、缓控释肥和有机无机配合施肥等方式，减少养分随径流或淋溶损失。

#### **4.2.4 酸化改良**

当土壤 pH 偏低或存在铝毒风险时，应根据土壤酸化程度选择石灰、石膏、生物炭等改良材料，并与有机质提升和施肥结构优化措施配套实施。

#### **4.2.5 结构改善**

土壤培育过程中，应以改善耕层物理结构、促进团粒结构形成与稳定为重要目标。当土壤存在板结、容重偏高、渗透性差或侵蚀敏感性高等问题时，宜优先采用增加有机质投入、保护性耕作与控制水土流失等措施的组合配置。当存在犁底层或明显压实层时，宜结合条件开展深松等措施以改善耕层结构。

#### **4.2.6 跟踪调整**

土壤培育措施实施后，宜按 11 的规定开展实施记录与跟踪监测，并根据地块表现和必要的检测结果适时调整技术组合。

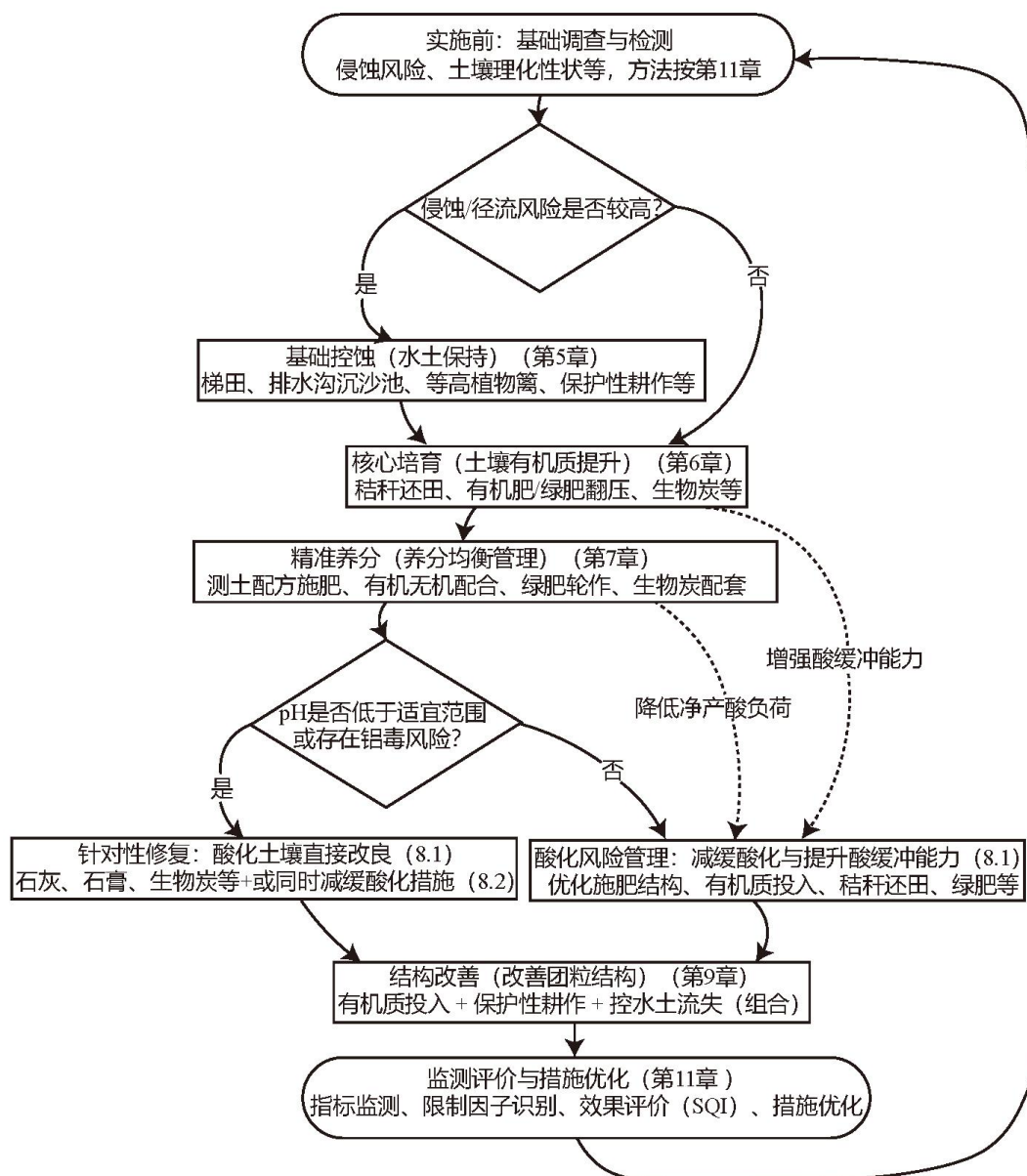


图1 亚热带坡耕地土壤培育技术实施流程与逻辑框架

注：本图为示意图，实施时应结合地块诊断结果选择适用措施。流程以“地块诊断—分环节措施配置—实施记录与跟踪调整”为主线。当侵蚀风险较高时，应优先配置水土保持措施；当土壤 pH 低于 5.5 或存在酸化危害风险时，宜启动酸化土壤改良措施。

## 5 水土保持措施

### 5.1 一般规定

水土保持措施应以减少坡面径流、土壤侵蚀和表土养分损失为主要目标，兼顾坡面生态稳定性和土

壤保持能力提升。宜根据坡度坡长、降雨强度、土壤质地、地表覆盖度和汇流路径，合理配置工程、生物和农艺措施，协同控制径流、泥沙和养分流失。

水土保持措施宜与生态沟、植被缓冲带、覆盖作物和等高种植等措施协同配置，在控制径流和泥沙的同时，增强养分截留和坡面生态稳定性。必要时，可结合土壤侵蚀模数、径流系数等指标跟踪水土保持措施实施效果。

## 5.2 梯田工程

在坡度  $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$  且地质条件稳定的坡耕地，宜通过梯田工程降低坡长、减缓坡度并控制地表径流，相关设计与施工应符合 GB/T 16453.1 的规定。坡度  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$  的地块，可根据地形条件、施工能力及机械化水平采用坡式梯田、隔坡梯田等形式；坡度  $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$  的地块，宜优先采用水平梯田或配套完善的蓄排设施。梯田应配套田间蓄排沟，并与 5.3 规定的排水沟系统衔接。

## 5.3 排水沟、生态沟与沉沙池

排水沟、生态沟与沉沙池应符合下列规定：

a) 在存在地表径流汇集与泥沙输移风险的坡耕地，应布设排水沟、生态沟与沉沙池，形成分级汇流、减速消能、拦沙排水和生态拦截相结合的系统。

b) 排水沟宜结合坡面汇流路径、等高布设要求和安全排水出口布设，并与天然沟道、蓄排设施或安全排水出口衔接，避免形成集中冲刷。断面可采用梯形，沟底宽度宜为 30 cm~50 cm，深度宜为 20 cm~40 cm。

c) 坡度  $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$  或暴雨频发区域，排水沟间距宜为 5 m~10 m；坡度  $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$  或降雨相对较少区域，间距宜为 10 m~20 m。

d) 生态沟宜布设于坡面径流汇集通道、田块边界、排水沟下游或入沟入渠前端，可采用植草沟、植被缓冲沟、植物—基质复合沟等形式，宜配置耐湿、耐冲刷、根系发达的草本植物或乡土植物，以降低径流流速、促进泥沙沉降、截留养分并减少沟岸冲刷。

e) 各级排水沟和生态沟应逐级汇流，并在末端或汇流关键节点设置沉沙池。沉沙池应定期清淤，暴雨后应及时检查沟岸稳定性、植被覆盖状况和沉沙池淤积情况，并修复损坏部位。

## 5.4 等高植物篱

等高植物篱应符合下列规定：

a) 在坡耕地存在径流冲刷与泥沙输移风险的地块，宜沿坡面等高线布设等高植物篱，用于拦截泥沙、削减径流能量并稳定坡面。

b) 等高植物篱宜选择根系发达、耐修剪的多年生植物，包括多年生禾本科（香根草、狗牙根等）、豆科（紫花苜蓿、紫穗槐等）及其他适宜的多年生固土植物（黄花菜、香椿、构树等）。

c) 植物篱宽度宜为 30 cm~50 cm；相邻植物篱带间距宜根据坡度和降雨量确定：坡度较陡、降雨量大的区域，间距宜为 3 m~5 m；坡度较缓、降雨量小的区域，间距宜为 5 m~8 m。

d) 植物篱应保持连续完整，并定期修剪与补植；发生缺株断带时应及时补栽修复。

## 5.5 行间覆盖与绿肥间作

行间覆盖与绿肥间作应符合下列规定：

a) 在坡耕地主作物生育期内，宜在行间采用覆盖作物、豆科绿肥间作或带状混播，增加地表覆盖，减少雨滴击溅、坡面径流和泥沙输移。

b) 绿肥或覆盖作物宜沿等高线方向配置，带宽和带距应结合坡度、主作物行距、光照条件和机械作业条件确定。

c) 绿肥管理可采用刈割覆盖或翻压还田。以水土保持为主要目的时，宜优先采用刈割覆盖或保留残茬覆盖，减少雨季裸露。

d) 绿肥品种、播期、播种量、翻压时期和翻压方式按 6.4 和 7.3 的规定执行。

e) 采取间作时，应合理控制密度与播期，避免与主作物明显争光、争水、争肥。

## 5.6 保护性耕作

### 5.6.1 一般规定

在坡耕地水土流失风险较高或土壤结构较弱的地块，宜实施保护性耕作，并采取少耕、免耕、秸秆（残茬）覆盖与合理耕作制度等措施。保护性耕作实施过程中，应结合作物类型、土壤墒情与农机条件确定作业方式与作业时机，并避免在土壤过湿条件下作业。当存在犁底层或压实层时，宜在适宜墒情下采用深松（松土）等作业改善耕层通透性，并防止重复碾压造成二次压实。

### 5.6.2 免耕或少耕

免耕或少耕应符合下列规定：

- a) 免耕：前茬作物收获后，不进行翻耕，直接使用免耕播种机在残茬覆盖的地表上开沟播种。
- b) 少耕：通过旋耕机进行浅层松土（深度小于 15 cm），降低耕作强度；采用免耕与传统翻耕交替进行的方式，每隔 2~3 年翻耕一次，减少耕作频次。

### 5.6.3 深松耕作

深松耕作应符合下列规定：

- a) 对存在紧实犁底层或压实问题的地块，宜实施深松耕作，在作物收获后或播种前采用深松机械进行深层松动，松动深度宜大于 30 cm，且不翻转土层。
- b) 深松作业应结合土壤墒情与机具条件确定作业时机，避免在土壤过湿条件下进行。
- c) 深松耕作宜每隔 3 年实施 1 次；具体频次可根据土壤紧实程度与产量响应适当调整。

### 5.6.4 秸秆覆盖

秸秆覆盖应符合下列规定：

- a) 作物收获后，将秸秆粉碎并均匀撒铺至地表，秸秆覆盖率应达到 70%以上，覆盖厚度宜为 2 cm~5 cm，且应分布连续、均匀。
- b) 在大风、暴雨等易造成覆盖物移位的地块，宜采取压埋、条带铺设等方式提高稳定性。

## 6 土壤有机质提升措施

### 6.1 一般规定

土壤有机质提升措施应以增加稳定有机物投入、减少表土和有机质流失、提升耕层保水保肥能力为主要目标。

亚热带坡耕地表层 0 cm~20 cm 土壤有机质含量宜稳定提升，一般宜达到 20 g/kg 以上；土壤质地、海拔、种植制度和区域背景值差异较大的地块，可结合按 GB/T 33469 开展的耕地质量等级评价或当地地力评价结果确定适宜目标值。

对退化严重或有机质明显偏低的地块，可分阶段提升：先将有机质含量由低于 15 g/kg 提升至 15 g/kg~20 g/kg，再逐步向区域适宜水平提升。

亚热带坡耕地土壤有机质提升宜结合气候、土壤类型和水土流失风险分区实施：

a) 暖湿区宜重点配置水土保持、秸秆还田、绿肥翻压、有机肥施用、生物炭施用和酸化改良等措施。

b) 偏干区宜重点采取秸秆覆盖保墒、有机肥施用、绿肥培肥和保护性耕作等措施。

c) 冷凉区宜选择适应性强的绿肥和抗逆作物，合理安排轮作、间作，兼顾地力培育与侵蚀防控。

秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田和生物炭施用应分别按 6.2、6.3、6.4 和 6.5 的规定执行。

## 6.2 秸秆还田

### 6.2.1 还田方式选择

在亚热带坡耕地开展土壤有机质提升时，宜根据作物类型、坡面侵蚀风险、土壤墒情、机械条件和土壤有机质含量，选择秸秆翻压还田、腐熟还田或覆盖还田方式。侵蚀风险较高或雨季裸露期较长的地块，宜优先采用覆盖还田或覆盖后浅混还田。

秸秆还田策略宜按表 1 确定。

表1 秸秆还田策略

土壤有机质含量	推荐策略	配套要求
<15 g/kg	宜提高秸秆还田比例，优先全量还田	配合补施氮肥或腐熟剂，防止前期争氮
15 g/kg~20 g/kg	宜稳定开展秸秆还田	保持连续投入，不宜随意减少
>20 g/kg	可结合病虫害防控、作物需肥和机械条件调整还田量	不宜长期取消秸秆还田

### 6.2.2 翻压还田

秸秆翻压还田时，宜将秸秆粉碎至 5 cm~15 cm，均匀撒施于地表，并通过旋耕或翻耕混入 0 cm~20 cm 土层。为促进秸秆腐解，可随翻压补施氮肥 30 kg N/ha~45 kg N/ha。

坡度较大、侵蚀风险高或强降雨来临前，不宜进行大面积裸地翻压作业。

### 6.2.3 腐熟还田

秸秆腐熟还田时，宜将粉碎秸秆堆积发酵后施入土壤。每吨秸秆可添加 10 kg~20 kg 尿素或等氮量速效氮肥，并配合符合 GB 20287 和 NY 609 要求的腐熟剂。堆体含水量宜保持在 60%~70%，腐熟周期宜为 15 d~30 d。腐熟后物料应均匀撒施并混入耕层。坡度较大或径流风险较高的地块，不宜在强降雨前进行地表撒施。

### 6.2.4 覆盖还田

秸秆覆盖还田宜在作物收获后实施，秸秆应粉碎并均匀覆盖于地表。侵蚀风险较高地块，秸秆覆盖率宜达到 70%以上，覆盖厚度宜为 2 cm~5 cm。

在大风、暴雨或坡面径流明显的地块，宜采取条带铺设、浅混、压埋或与覆盖作物配合等方式提高覆盖物稳定性。

### 6.3 有机肥施用

在亚热带坡耕地土壤有机质提升过程中，宜施用腐熟有机肥料补充土壤有机质与养分；农家肥、堆肥等应充分腐熟后方可施用。腐熟判定宜符合下列规定之一：

- a) 堆体温度完成高温期后降至接近环境温度且不再明显回升。
- b) 物料无明显氨臭等刺激性气味，呈腐殖土气味。
- c) 质地疏松，原料形态难以辨认。有机肥产品质量应符合 NY/T 525 的规定，施用应符合 NY/T 1868 的规定。

农家肥宜主要作为基肥一次性施入，施用量宜为 15 t/ha~30 t/ha。商品有机肥多作基肥，施用量宜为 1.5 t/ha~7.5 t/ha（或参照产品说明书）。生物有机肥可做基肥或追肥，施用量和方法可参照产品说明。坡度较大或径流风险较高的地块，有机肥宜采用沟施、穴施、条施或撒施后及时混入 0 cm~20 cm 耕层，不宜在强降雨前进行地表撒施。

### 6.4 绿肥翻压还田

在具备冬闲期或适宜茬口条件的坡耕地，宜种植绿肥作物并适时翻压还田，用于增加有机物投入、改善土壤结构和提升耕层土壤有机质。

绿肥作物宜选择紫云英、苕子、箭筈豌豆、草木樨等豆科植物，也可根据当地气候和种植制度选择适宜绿肥作物。

冬闲绿肥翻压还田宜符合下列规定：

- a) 宜在 10 月中旬至 11 月上旬播种，播种量宜为 15 kg/ha~22 kg/ha。
- b) 宜在翌年 3 月中旬至 4 月上旬，或绿肥现蕾期至盛花期翻压还田。
- c) 翻压深度宜为 0 cm~20 cm，翻压后应与后茬作物播种或移栽期相协调。
- d) 土壤有机质含量低于 15 g/kg 的地块，宜提高绿肥种植比例并保证翻压量；土壤有机质含量为

15 g/kg~20 g/kg 的地块，宜稳定保持绿肥制度；土壤有机质含量高于 20 g/kg 的地块，可结合种植制度适度优化绿肥面积和翻压量。

绿肥用于间作、轮作和养分协同时，按 7.3 的规定执行。

## 6.5 生物炭施用

生物炭施用宜作为亚热带坡耕地土壤有机质提升和土壤改良的配套措施。施用于农田的生物炭产品质量应符合 NY/T 4159 的规定。

生物炭施用方式宜分为下列两类：

- a) 逐年改良：适用于土壤肥力逐步提升，施用量宜为 3 t/ha~5 t/ha。
- b) 快速修复：适用于退化明显或障碍较重地块，施用量宜为 10 t/ha~30 t/ha。

生物炭宜均匀撒施于土壤表面，并通过旋耕或翻耕混入 0 cm~20 cm 土层。

当土壤有机质含量低于 15 g/kg 时，可在推荐范围内选取较高施用量；当土壤有机质含量为 15 g/kg~20 g/kg 时，宜采用逐年改良方式；当土壤有机质含量高于 20 g/kg 时，不宜高剂量、短周期重复施用。

生物炭用于养分增效时，按 7.4 的规定执行；用于酸化土壤改良时，按 8.1.2 和附录 A 的规定执行。

## 7 土壤养分均衡管理措施

### 7.1 测土配方施肥

测土配方施肥应按土壤养分测试结果与作物目标产量（或需肥规律）确定氮、磷、钾等养分施用量与配比。土壤样品采集应按 NY/T 1118 执行。土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾的测定分别按 NY/T 1121.6、NY/T 1121.24、NY/T 1121.7、NY/T 889 的规定执行。氮、磷、钾肥的施用量根据土壤养分状况和作物需求，按 NY/T 1118 进行计算。肥料施用方法与安全环保应按 NY/T 496 的规定执行。

在满足测土配方施肥确定的施用量与配比前提下，坡耕地宜采用缓控释肥料或分次施用、沟施、穴施等方式，减少养分随径流或淋溶流失。

### 7.2 有机无机配合施肥

有机无机配合施肥宜将有机肥的长效与改土作用与无机肥的速效供肥作用相结合，并在测土配方施

肥结果基础上优化养分投入结构。有机无机配合施肥应遵循“先定需求、再算供给、差额补足”的原则，并应符合下列规定：

- a) 应先确定作物目标产量对应的总养分需求量。
- b) 应核算有机肥可提供的养分量。
- c) 应以无机肥补足养分差额，并与测土配方施肥确定的施用量与配比相协调。
- d) 当土壤肥力较低时，宜以无机肥保障当季养分供给，有机肥配合改良土壤；当土壤肥力较高时，宜以有机肥维持地力并适度减少无机肥用量。

有机无机配合施肥中，宜以折纯氮（N）投入量计，有机肥提供的氮素投入量可占总氮投入量的20%~50%，应根据有机肥养分含量和当季养分释放特征进行调整；其余氮素由无机肥补足。磷、钾及中微量元素应根据测土配方施肥结果同步平衡。有机肥替代比例宜根据土壤肥力水平或表层0 cm~20 cm土壤有机质含量，按下列规定分档确定：

- a) 土壤肥力较低或土壤有机质含量小于15 g/kg的地块，有机肥替代比例可提高至30%~50%。
- b) 土壤肥力中等以上或土壤有机质含量不小于15 g/kg的地块，有机肥替代比例不宜低于20%。
- c) 具体替代比例与实施方案应按当地土壤养分状况、作物类型、肥料来源与施用条件等因素，在测土配方施肥结果基础上综合确定。

### 7.3 豆科绿肥间作/轮作

在亚热带坡耕地，宜采用豆科绿肥与主作物间作、套作或轮作，发挥生物固氮、地表覆盖、有机物料补充和养分循环作用。

豆科绿肥间作/轮作应符合下列规定：

- a) 冬季绿肥宜选用紫云英、苕子、箭筈豌豆等，宜在10月中下旬至11月上旬播种，播种量宜为15 kg/ha~22 kg/ha。
- b) 夏季绿肥宜选用田菁、草木樨、豇豆、大豆等，可在主作物收获后或行间空隙播种，播种量宜为12 kg/ha~20 kg/ha。
- c) 间作方式宜采用行间条播、带状混播或等高带状配置，绿肥带宽可根据主作物行距、坡度和光照条件确定。

d) 绿肥宜在现蕾期至盛花期刈割覆盖或翻压还田，翻压还田要求按 6.4 的规定执行。

e) 坡度较大或雨季侵蚀风险较高的地块，宜优先采用刈割覆盖、留茬覆盖或带状覆盖方式，减少地表裸露。

f) 采取间作时，应合理控制密度和播期，避免与主作物明显争光、争水、争肥。

#### 7.4 生物炭养分增效技术

生物炭施用应符合 6.5 的规定。在养分均衡管理中，宜发挥生物炭对矿质养分的吸附、固持和缓释作用，提高肥料利用效率。

生物炭宜与化学肥料、有机肥混合施用，或采用炭基肥形式。以养分保蓄为主要目标时，生物炭施用量宜为 1.5 t/ha~3.0 t/ha。

生物炭宜作为基肥在作物播种前施入，并结合翻耕均匀混入耕层。用于酸化土壤改良时，施用量按 8.1.2 和附录 A 的规定执行。

### 8 酸化土壤改良措施

#### 8.1 直接改良土壤酸化措施

土壤 pH 低于 5.5 或存在铝毒风险时，宜采取直接改良措施。直接改良措施应根据土壤酸化程度、土壤缓冲性能、作物类型和改良材料特性确定。

亚热带坡耕地土壤酸化程度与推荐措施宜按表 2 确定。

表2 土壤酸化程度与推荐改良措施

土壤pH范围	酸化程度	推荐措施
5.5~6.0	酸化风险或维护性调理	优化施肥结构，增加有机质投入；可配合生物炭或少量石灰类材料
4.5~5.5	中度酸化	宜施用石灰类材料，必要时配合石膏、有机肥或生物炭
<4.5	重度酸化	宜采用石灰类材料与石膏配合，并结合有机肥、生物炭等措施提升酸缓冲能力

##### 8.1.1 施用石灰与石膏

石灰与石膏宜作为酸化土壤直接改良的无机调理剂，并按其作用机制分别选用或配合施用。

石灰类材料宜用于土壤 pH 低于 5.5、需快速中和土壤酸度的地块；石膏宜用于中度至重度酸化且存在铝毒风险的地块，可与石灰类材料配合施用。

施用前，调理剂应均匀撒施于土壤表面，并通过翻耕混入 0 cm~20 cm 土层。石灰类材料不宜与铵态氮肥、未腐熟有机物料集中混施。

石灰与石膏的推荐施用量可参考附录A。

### **8.1.2 施用生物炭**

生物炭施用应符合 6.5 和 NY/T 4159 的规定。用于酸化土壤改良时，宜选用 pH 大于 9.0 的碱性生物炭产品，其质量应符合 NY/T 4159 的规定。

生物炭宜用于酸化风险地块和中度酸化地块的缓冲调理；用于重度酸化地块时，宜与石灰、有机肥等措施配合，不宜作为唯一改良措施。

生物炭用于酸化土壤改良的推荐施用量可参考附录 A。

### **8.1.3 其他土壤调理材料**

采用其他碱性或含钙镁类土壤调理材料时，应具有明确的产品质量标准、地方应用依据或田间验证结果，并符合农用投入品安全限量要求。来源复杂、重金属或有机污染物风险不明确的材料，不应直接用于坡耕地土壤酸化改良。

工业副产物、矿物源材料或其他地方性改良材料用于农田前，应开展安全性和适用性确认。

## **8.2 减缓土壤酸化与提升酸缓冲能力措施**

酸化土壤改良宜采用“直接调酸+有机质培育+施肥结构优化”的综合调理方式。土壤 pH 偏低时，可采用石灰类材料、生物炭等进行直接调理；同时应通过秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压和有机无机配合施肥等措施提升土壤有机质和酸缓冲能力，减少再次酸化风险。

### **8.2.1 优化施肥结构**

优化施肥结构应符合下列规定：

a) 施肥结构调整应以降低净产酸负荷、减少铵态氮长期过量投入为目标，并与测土配方施肥结果相衔接。

b) 长期或过量施用硫酸铵、氯化铵等生理酸性氮肥的地块，宜降低其施用比例，合理选用硝态氮肥、酰胺态氮肥或缓控释肥，并与有机肥配合施用。

c) 宜增加有机肥投入，利用有机质及腐殖化产物对酸度与铝离子的缓冲络合作用，提高土壤酸缓

冲能力。

d) 推广有机无机配合施肥时，配施原则、替代比例与分档要求应符合 7.2 的规定。

### **8.2.2 秸秆还田**

秸秆还田宜作为提升土壤有机质和酸缓冲能力的配套措施。秸秆还田方式、还田量和配套管理要求按 6.2 的规定执行。

### **8.2.3 豆科绿肥间作/轮作**

豆科绿肥间作或轮作宜用于增加地表覆盖、补充有机物料、减少盐基离子淋失并提升土壤酸缓冲能力。在酸性较强或铝毒风险较高的地块，宜选用耐酸性较强的绿肥品种。绿肥间作/轮作技术要求按 7.3 的规定执行，绿肥翻压还田要求按 6.4 的规定执行。

## **9 改善土壤团粒结构措施**

### **9.1 一般规定**

改善土壤团粒结构应以增加有机质投入、减少耕作扰动和控制水土流失为主要途径。对存在板结、容重偏高、入渗性差、表层结皮或侵蚀敏感的地块，宜采取有机质提升、保护性耕作和水土保持等组合措施。

必要时，可检测土壤水稳性大团聚体含量，检测方法按 NY/T 1121.19 执行。

### **9.2 增加土壤有机质投入**

持续增加土壤有机质投入应作为改善团粒结构的基础措施。秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田和生物炭施用分别按 6.2、6.3、6.4 和 6.5 的规定执行。

侵蚀风险较高的地块，应与水土保持措施协同实施，减少有机质和细颗粒随径流流失。

### **9.3 保护性耕作**

保护性耕作宜用于减少耕作扰动对土壤团粒结构的破坏。少耕、免耕、深松和秸秆覆盖等措施按 5.6 的规定执行。

保护性耕作应避免在土壤过湿条件下作业，防止造成二次压实和结构破坏。

### **9.4 控制水土流失**

控制水土流失应作为团粒结构改善的重要保障措施。对侵蚀敏感或径流汇集明显地块，应配置梯田工程、排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱、地表覆盖和保护性耕作等措施。

水土保持措施按 5 的规定执行。

## 10 种植制度配置

在亚热带坡耕地土壤培育过程中，应根据地形坡度、土壤类型、侵蚀敏感性和水热条件，因地制宜配置作物种类和种植制度。

### 10.1 作物类型选择

在坡度较大、侵蚀风险较高或雨季裸露期较长的地块，宜优先选择覆盖度高、根系发达、固土能力强或可形成连续覆盖的作物类型。

宜选择玉米、高粱、甘薯、豆类、杂粮、饲草、绿肥等适宜坡耕地种植的作物。坡度较小、土壤条件较好的地块，可实行粮食作物、经济作物和饲草作物合理搭配。

轻、中度退化坡耕地宜适当提高豆科作物和豆科绿肥在轮作或间作体系中的比例。

### 10.2 种植制度配置

种植制度配置宜减少雨季裸地期，提高坡面覆盖度和土壤抗侵蚀能力。宜推广粮—绿肥、粮—豆、粮—饲、粮—油、粮—经—绿肥等种植制度。

在条件允许的地区，可采用“主栽作物+间作豆科绿肥或覆盖作物”模式。冬闲期宜因地制宜种植紫云英、苕子、箭筈豌豆等冬季绿肥，并按 6.4 或 7.3 的规定进行管理。

### 10.3 与土壤培育措施协同

作物种植与土壤培育措施应协同配置，并符合下列规定：

a) 已实施梯田、等高植物篱、排水沟、生态沟或沉沙池等水土保持措施的地块，宜安排覆盖度高、根系发达的作物或绿肥作物。

b) 侵蚀风险较高的地块，应避免顺坡种植和顺坡排水，宜采用等高种植、带状间作、覆盖作物或行间覆盖。

c) 实施有机质提升措施的地块，宜通过秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压和豆科作物轮作等方式

保持连续有机物投入。

d) 实施酸化改良措施的地块，宜增加豆科作物和绿肥比例，优化氮肥品种和施肥方式，减少土壤持续酸化风险。

## 11 实施记录与跟踪监测

### 11.1 实施记录

土壤培育措施实施过程中，宜记录下列内容：

- a) 地块位置、坡度坡长、坡位、土壤类型和土地利用方式。
- b) 主要障碍因素，包括侵蚀风险、有机质偏低、酸化、养分失衡、板结或压实等。
- c) 作物类型、种植制度、耕作方式和覆盖状况。
- d) 采取的水土保持、有机质提升、养分管理、酸化改良、结构改善和种植制度配置措施。
- e) 投入品种类、用量、施用时期和施用方式。
- f) 暴雨、冲刷、田坎损坏、沟渠淤积等异常情况。

### 11.2 跟踪监测

土壤培育措施实施后，宜结合生产管理需要，对坡面径流、侵蚀迹象、地表覆盖、作物长势和耕层状况进行跟踪监测。

必要时，可对土壤 pH、有机质、主要养分、容重或水稳性大团聚体等进行检测。检测方法按 NY/T 1121.2、NY/T 1121.4、NY/T 1121.6、NY/T 1121.7、NY/T 1121.19、NY/T 1121.24 和 NY/T 889 的规定执行。

### 11.3 措施调整

当出现下列情形之一时，宜结合地块条件调整培育措施：

- a) 坡面径流增强、细沟侵蚀、沟蚀或坡脚淤积明显。
- b) 土壤酸化持续或作物出现酸害、铝毒相关表现。
- c) 土壤有机质提升不明显或地表覆盖不足。
- d) 作物养分供应不足、养分失衡或肥料利用效率低。

e) 土壤板结、容重偏高、入渗性下降或机械压实明显。

措施调整宜遵循“控蚀优先、培肥为本、养分协同、酸化调理、结构改善”的原则。

## 附录 A

(资料性)

### 酸化土壤改良材料推荐施用量

表A.1 石灰/石膏推荐施用量

土壤酸化程度	土壤 pH 范围	推荐施用量
酸化风险或维护性调理	5.5~6.0	熟石灰 1.5 t/ha~3.0 t/ha, 可根据土壤状况选用
中度酸化	4.5~5.5	熟石灰 3.0 t/ha~4.5 t/ha, 必要时配施石膏粉 2.0 t/ha~3.0 t/ha
重度酸化	<4.5	熟石灰 4.5 t/ha~6.0 t/ha, 必要时配施石膏粉 3.0 t/ha~5.0 t/ha

表A.2 酸化改良时生物炭推荐施用量

土壤酸化程度	土壤 pH 范围	推荐施用量
酸化风险或维护性调理	5.5~6.0	5 t/ha~10 t/ha
中度酸化	4.5~5.5	10 t/ha~20 t/ha
重度酸化	<4.5	20 t/ha~30 t/ha

注：生物炭用于土壤有机质提升时按6.5的规定执行；用于养分保蓄增效时按7.4的规定执行。

## 附录 B

(资料性)

### 典型应用场景与培育模式示例

#### B.1 高侵蚀风险坡耕地“综合控蚀—培肥协同”模式

##### B.1.1 适用条件

适用于坡度较大、坡长较长、暴雨期坡面径流明显，或出现细沟侵蚀、沟蚀、坡脚淤积、田块外排浑水等现象的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 坡度为 15°~25°、水力侵蚀风险较高的坡耕地。

- b) 雨季地表裸露时间较长、径流冲刷明显的坡耕地。
- c) 表土层变薄、有机质和养分随径流流失明显的地块。
- d) 排水系统不完善，田块内部或边界易形成集中汇流的地块。

#### B.1.2 培育目标

通过工程、生物和农艺措施协同配置，减少坡面径流和泥沙流失，稳定耕作层，在控制水土流失的基础上提升土壤有机质、保水保肥能力和作物生产稳定性。

#### B.1.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 水土保持措施：配置排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱、行间覆盖和保护性耕作等措施。
- b) 地表覆盖措施：采用秸秆覆盖、绿肥覆盖、覆盖作物或留茬覆盖，减少雨滴击溅和径流冲刷。
- c) 有机质提升措施：实施秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田或生物炭施用。
- d) 养分管理措施：结合测土配方施肥和有机无机配合施肥，减少养分随径流流失。
- e) 种植制度措施：采用等高种植、带状间作、粮—豆轮作、粮—绿肥轮作或经作—绿肥配置模式。

#### B.1.4 管理要点

- a) 水土保持措施应优先实施，避免在未控蚀条件下单独开展大剂量施肥或翻耕作业。
- b) 排水沟、生态沟和沉沙池应形成连续排导与拦截系统，避免出现集中出流缺口。
- c) 雨季前应提高地表覆盖度，减少裸露坡面。
- d) 秸秆、有机肥、绿肥和生物炭等有机物料宜与耕层土壤充分混合或采取覆盖方式稳定保留。
- e) 坡度较大地块不宜顺坡耕作、顺坡种植和顺坡排水。

#### B.1.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 坡面径流、细沟侵蚀、沟蚀和坡脚淤积变化。

- b) 排水沟、生态沟、沉沙池的淤积和损坏情况。
- c) 地表覆盖度和覆盖物稳定性。
- d) 表土厚度、土壤有机质、土壤 pH 和作物长势变化。
- e) 暴雨后田坎、沟岸和排水出口稳定性。

## B.2 梯田化坡耕地“工程控蚀—覆盖培肥”模式

### B.2.1 适用条件

适用于经坡改梯、等高整治或其他工程措施形成的梯田化坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 梯田田面基本形成，但田坎、排水沟或沉沙设施维护不足的地块。
- b) 坡改梯后耕层扰动明显、表土厚度不均或局部心土外露的地块。
- c) 梯田田面有机质偏低、保水保肥能力不足的地块。
- d) 田坎坍塌、串水、漫流或排水不畅风险较高的地块。

### B.2.2 培育目标

维护梯田工程稳定性，完善排水和拦沙系统，恢复并提升扰动耕层质量，增加土壤有机质和团粒结构稳定性，提高梯田化坡耕地持续生产能力。

### B.2.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 工程维护措施：开展田面平整、田坎维护、排水沟疏通、生态沟建设和沉沙池清淤。
- b) 覆盖控蚀措施：在田面和田坎裸露部位采取秸秆覆盖、植草护坡、绿肥覆盖或覆盖作物等配置。
- c) 耕层培育措施：实施有机肥施用、秸秆还田、绿肥翻压还田和生物炭施用。
- d) 结构改善措施：对耕层浅薄、板结或压实地块，采取深松、少耕、秸秆还田和有机肥配施等

措施。

e) 种植制度措施：采用粮—绿肥、粮—豆、粮—油、粮—饲等轮作模式，提高田面覆盖度和有机物料投入连续性。

#### B.2.4 管理要点

- a) 梯田田坎应保持稳定，田坎裸露部位宜采取植草护坡或乡土植物固土措施。
- b) 排水沟和生态沟应与田面排水方向、沉沙池和安全排水出口衔接。
- c) 坡改梯初期应加强耕层培育，优先补充有机肥、秸秆、绿肥等有机物料。
- d) 田面不宜长期裸露，冬闲期宜种植绿肥或覆盖作物。
- e) 机械作业应避免破坏田坎和沟渠系统。

#### B.2.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 田坎稳定性、田面平整度和排水通畅性。
- b) 田坎坍塌、串水、漫流和局部冲刷情况。
- c) 耕层厚度、土壤有机质、土壤结构和作物长势变化。
- d) 排水沟、生态沟和沉沙池运行状况。
- e) 坡改梯后表土恢复和耕层熟化情况。

### B.3 有机质偏低地块“持续有机输入—保土保墒”模式

#### B.3.1 适用条件

适用于土壤有机质含量偏低、耕层瘠薄、保水保肥能力弱或作物生长不稳的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 表层 0 cm~20 cm 土壤有机质含量低于 15 g/kg 的地块。
- b) 土壤质地偏砂、保水保肥能力较差的地块。

- c) 长期单一施用化肥、有机物料投入不足的地块。
- d) 坡面径流造成表土和有机质流失明显的地块。
- e) 坡改梯后耕层扰动明显、熟化程度不足的地块。

### B.3.2 培育目标

通过连续增加有机物料投入，提升耕层土壤有机质含量，改善土壤保水保肥能力和团粒结构，降低表土流失风险，提高作物产量稳定性。

### B.3.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 秸秆还田：根据作物类型和坡面侵蚀风险，选择秸秆翻压还田、腐熟还田或覆盖还田。
- b) 有机肥施用：施用符合质量安全要求的商品有机肥、堆肥或充分腐熟农家肥。
- c) 绿肥翻压还田：冬闲期或适宜茬口种植紫云英、苕子、箭筈豌豆等豆科绿肥作物，并适时翻压。
- d) 生物炭施用：在退化明显或有机质提升较慢地块，可配合施用生物炭。
- e) 覆盖保墒措施：采用秸秆覆盖、绿肥覆盖、留茬覆盖或覆盖作物，减少地表裸露和水分蒸发。
- f) 水土保持措施：对侵蚀风险较高地块，配套排水沟、生态沟、沉沙池和等高植物篱等措施。

### B.3.4 管理要点

- a) 有机质提升应坚持连续投入，不宜短期施用后停止。
- b) 土壤有机质低于 15 g/kg 的地块，宜提高秸秆、有机肥和绿肥投入比例。
- c) 强降雨来临前，不宜进行大面积裸地翻耕和地表撒施有机物料。
- d) 秸秆覆盖应保持适宜覆盖率，防止覆盖物被径流冲走。
- e) 有机肥施用应结合养分含量和作物需肥量，防止磷、盐分或其他风险因子累积。

### B.3.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 土壤有机质含量变化。
- b) 耕层颜色、结构、疏松度和保水能力变化。
- c) 地表覆盖度和覆盖物保留情况。
- d) 作物出苗、根系发育和产量稳定性。
- e) 径流冲刷和表土流失情况。

#### B.4 养分失衡地块“测土配方—有机无机协同”模式

##### B.4.1 适用条件

适用于氮、磷、钾或中微量元素供应不平衡，肥料利用率偏低，或长期施肥结构不合理的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 长期偏施氮肥，磷、钾或中微量元素供应不足的地块。
- b) 土壤速效养分偏低或养分比例失衡的地块。
- c) 长期单施化肥、有机肥投入不足的地块。
- d) 降雨径流造成养分流失明显的地块。
- e) 作物出现缺素、生长不齐或产量波动较大的地块。

##### B.4.2 培育目标

根据土壤养分状况和作物需肥规律，优化有机肥与化肥投入比例，协调大量元素和中微量元素供应，提高肥料利用效率，减少养分径流和淋溶损失。

##### B.4.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 测土配方施肥：根据土壤检测结果和目标产量确定氮、磷、钾及中微量元素施用量。
- b) 有机无机配合施肥：将有机肥、秸秆、绿肥等有机物料与化学肥料配合施用。

- c) 分次施肥：氮肥宜分次施用，减少一次性大量施肥造成的流失风险。
- d) 局部施肥：坡耕地宜采用沟施、穴施、条施或机械深施，提高肥料利用率。
- e) 生物炭养分增效：可采用生物炭或炭基肥，提高养分固持和缓释能力。
- f) 豆科绿肥间作/轮作：利用豆科绿肥生物固氮和养分循环作用，改善养分供应结构。

#### B.4.4 管理要点

- a) 施肥方案应根据测土结果、作物类型、目标产量和有机肥养分含量确定。
- b) 坡度较大或径流风险高的地块，不宜在强降雨前表施速效肥料。
- c) 氮肥宜少量多次施用，磷肥宜适当深施或条施。
- d) 有机肥施用应与化肥减量、秸秆还田和绿肥利用协同。
- e) 酸化明显地块应同步优化氮肥品种和施肥方式，减少继续酸化风险。

#### B.4.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 土壤碱解氮、有效磷、速效钾和中微量元素变化。
- b) 作物叶色、长势、缺素症状和产量表现。
- c) 肥料施用后径流、流失和作物吸收情况。
- d) 土壤 pH 变化，尤其是长期施氮地块。
- e) 有机肥和化肥配合施用的连续性。

### B.5 酸化土壤“直接调酸—缓冲提升”模式

#### B.5.1 适用条件

适用于土壤 pH 偏低、酸化趋势明显，或存在铝毒、钙镁供应不足和作物根系生长受限风险的亚热带坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 土壤 pH 低于 5.5 的酸化坡耕地。
- b) 长期施用生理酸性肥料，土壤 pH 持续下降的地块。
- c) 红壤、黄壤、赤红壤等酸性或潜在酸性土壤分布区。
- d) 作物根系发育不良、缺钙缺镁或疑似铝毒风险较高的地块。
- e) 酸化与有机质偏低、养分失衡叠加的地块。

#### B.5.2 培育目标

通过石灰、石膏、生物炭等材料进行直接调酸，并配合有机质提升和施肥结构优化，降低土壤酸度和铝毒风险，提升土壤酸缓冲能力，减缓再次酸化。

#### B.5.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 直接调酸措施：根据土壤 pH 和酸化程度，选择石灰类材料、石膏或生物炭等调理材料。
- b) 有机质提升措施：配合秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田和生物炭施用，提高土壤缓冲能力。
- c) 施肥结构优化：减少长期偏施生理酸性肥料，采用有机无机配合施肥和缓控释肥等方式。
- d) 钙镁补充措施：对钙镁缺乏地块，可结合土壤检测结果补充钙、镁类肥料或调理材料。
- e) 覆盖控蚀措施：采取秸秆覆盖、绿肥覆盖、生态沟和沉沙池等措施，减少盐基离子和养分随径流流失。

#### B.5.4 管理要点

- a) 酸化改良应根据土壤 pH、土壤质地、作物类型和酸缓冲能力确定材料种类和施用量。
- b) 石灰类材料宜均匀撒施并混入 0 cm~20 cm 耕层，不宜与铵态氮肥、未腐熟有机物料集中混施。
- c) 重度酸化地块宜采用石灰类材料与有机肥、生物炭等措施配合，不宜单独依赖一种措施。
- d) 采用其他碱性或含钙镁类调理材料时，应符合产品质量标准和安全限量要求。

e) 酸化改良后应继续优化施肥结构，避免土壤再次快速酸化。

### B.5.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 土壤 pH 变化。
- b) 作物根系生长、苗期长势和酸害表现。
- c) 钙、镁供应状况及铝毒风险变化。
- d) 石灰、石膏、生物炭等材料施用后的土壤反应。
- e) 酸化改良措施与有机质提升措施的连续性。

## B.6 结构退化地块“有机投入—保护性耕作—控蚀协同”模式

### B.6.1 适用条件

适用于土壤板结、容重偏高、入渗性差、表层结皮、耕层浅薄或团粒结构稳定性不足的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 长期旋耕、浅耕或机械碾压导致耕层变浅、犁底层明显的地块。
- b) 土壤容重偏高、通气性和入渗性较差的地块。
- c) 雨后易形成表层结皮或径流冲刷的地块。
- d) 土壤有机质偏低、团粒结构发育不足的地块。
- e) 坡改梯后耕层扰动较大、土壤结构恢复不足的地块。

### B.6.2 培育目标

通过持续有机物料投入、减少耕作扰动、改善耕层结构和控制水土流失，提升土壤团粒结构稳定性、入渗能力、蓄水保肥能力和根系生长环境。

### B.6.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 有机质提升措施：实施秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田和生物炭施用。
- b) 保护性耕作措施：采用少耕、免耕、深松、秸秆覆盖或留茬覆盖等措施。
- c) 深松改土措施：对压实层或犁底层明显的地块，可适时开展深松作业。
- d) 水土保持措施：配置排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱和行间覆盖等措施。
- e) 种植制度措施：增加豆科作物、绿肥作物和根系发达作物比例，促进土壤结构改善。

#### B.6.4 管理要点

- a) 结构退化地块应以增加有机质投入为基础，不宜单纯依靠机械深松。
- b) 深松宜在土壤墒情适宜时进行，避免过湿作业造成二次压实。
- c) 少耕、免耕措施宜与秸秆覆盖、绿肥覆盖和水土保持措施配合实施。
- d) 坡度较大地块开展机械作业时，应避免破坏田坎、沟渠和地表覆盖层。
- e) 对表层结皮明显地块，宜通过覆盖、增加有机物料和减少雨滴直接击溅进行改善。

#### B.6.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 土壤容重、耕层厚度和压实层变化。
- b) 土壤入渗性、表层结皮和雨后积水情况。
- c) 土壤团粒结构、疏松度和根系分布变化。
- d) 保护性耕作后地表覆盖度和作物出苗情况。
- e) 径流冲刷和结构性退化是否减轻。

### B.7 多障碍叠加地块“控蚀优先—多因子协同”模式

#### B.7.1 适用条件

适用于同时存在水土流失、有机质偏低、酸化、养分失衡、结构退化等两个或两个以上障碍因素的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 侵蚀风险高且土壤有机质偏低的地块。
- b) 酸化、有机质不足和养分失衡同时存在的地块。
- c) 坡改梯后耕层扰动、结构退化和肥力不足叠加的地块。
- d) 长期不合理耕作和施肥导致土壤综合质量下降的地块。
- e) 作物产量低而不稳、土壤障碍因素不单一的地块。

#### B.7.2 培育目标

按照“控蚀优先、培肥为本、养分协同、酸化调理、结构改善”的原则，综合配置多项土壤培育措施，逐步降低主要障碍限制，提升坡耕地土壤质量和持续生产能力。

#### B.7.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 控蚀优先：首先配置梯田维护、排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱、行间覆盖和保护性耕作等措施。
- b) 有机培肥：持续实施秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压还田和生物炭施用。
- c) 养分协同：根据测土结果开展有机无机配合施肥，优化氮、磷、钾和中微量元素供应。
- d) 酸化调理：对 pH 偏低地块，施用石灰、石膏、生物炭等材料，并配合有机质提升和施肥结构优化。
- e) 结构改善：采用深松、少耕、免耕、覆盖和有机质提升等措施，改善耕层结构。
- f) 种植制度优化：采用粮—豆、粮—绿肥、经济作物—绿肥等制度，增加地表覆盖和有机物料投入。

#### B.7.4 管理要点

- a) 多障碍叠加地块应先识别主导障碍因素，优先解决水土流失和耕层稳定问题。
- b) 不宜将多项措施简单叠加，应根据地块条件、作物制度和投入能力分阶段实施。

- c) 酸化明显且有机质偏低的地块，宜采用“直接调酸+有机质培育+施肥结构优化”组合措施。
- d) 侵蚀风险高的地块，施肥、有机物料投入和耕作措施应避开强降雨前集中实施。
- e) 应保持措施连续性，避免短期治理后停止维护。

#### B.7.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 主导障碍因素是否减轻。
- b) 坡面径流、侵蚀、沟渠淤积和地表覆盖变化。
- c) 土壤有机质、pH、主要养分和耕层结构变化。
- d) 作物长势、产量稳定性和根系发育情况。
- e) 各项措施之间的协同性和后续维护情况。

### B.8 轻中度退化坡耕地“轮作间作—覆盖培肥”模式

#### B.8.1 适用条件

适用于土壤退化程度较轻或中等，尚未出现严重侵蚀、重度酸化或明显耕层破坏，但存在有机质下降、覆盖不足、养分消耗加快等问题的坡耕地。

该模式适宜用于以下地块：

- a) 坡度为 5°~15°、侵蚀风险中等的旱作坡耕地。
- b) 长期单一种植导致地力下降的地块。
- c) 冬闲期较长、地表裸露时间较长的地块。
- d) 适宜发展粮—豆、粮—绿肥、粮—油、粮—饲等轮作模式的地块。

#### B.8.2 培育目标

通过优化种植制度，增加豆科作物、绿肥作物和覆盖作物比例，提升地表覆盖度和有机物料输入，改善养分循环和土壤结构，延缓土壤退化。

### B.8.3 技术组合

宜采用以下技术组合：

- a) 轮作制度：采用玉米—豆类、薯类—豆类、粮食作物—绿肥、粮食作物—油菜等轮作模式。
- b) 间作套作：采用主作物与豆科作物、绿肥作物或覆盖作物间作、套作。
- c) 冬闲覆盖：冬闲期种植紫云英、苕子、箭筈豌豆、油菜或其他适宜覆盖作物。
- d) 有机物料还田：将秸秆、绿肥、作物残体和有机肥等作为连续有机输入来源。
- e) 测土配方施肥：根据作物轮作制度和养分消耗特点优化施肥。
- f) 简易水土保持：根据坡度和径流情况配置行间覆盖、等高种植、生态沟或沉沙池等措施。

### B.8.4 管理要点

- a) 种植制度配置应减少雨季裸地期，提高坡面覆盖度。
- b) 豆科作物和豆科绿肥比例宜根据土壤肥力、气候条件和主作物需求确定。
- c) 绿肥翻压或刈割覆盖应与后茬作物播种、移栽时期协调。
- d) 秸秆和绿肥还田宜与养分管理配合，防止前期争氮或腐解不充分。
- e) 坡地种植宜采用等高种植或带状配置，减少顺坡径流。

### B.8.5 跟踪要点

宜重点关注以下内容：

- a) 作物轮作和间作制度执行情况。
- b) 冬闲期和雨季地表覆盖度。
- c) 土壤有机质、主要养分和 pH 变化。
- d) 作物长势、产量稳定性和病虫害变化。
- e) 坡面径流和轻度侵蚀是否减轻。

## B.9 典型模式选择参考

不同障碍类型坡耕地可参考表 B.1 选择适宜培育模式。实际应用时，可根据地块主导障碍因素进行组合使用。

**表 B.1 典型应用场景与培育模式选择参考**

地块主要特征	优先推荐模式	配套关键措施
坡面径流明显、细沟侵蚀或坡脚淤积	B.1 高侵蚀风险坡耕地“综合控蚀—培肥协同”模式	排水沟、生态沟、沉沙池、等高植物篱、覆盖措施
坡改梯后耕层扰动、田坎不稳或排水不畅	B.2 梯田化坡耕地“工程控蚀—覆盖培肥”模式	田坎维护、田面平整、沟渠疏通、有机质提升
土壤有机质低、耕层瘠薄、保水保肥能力弱	B.3 有机质偏低地块“持续有机输入—保土保墒”模式	秸秆还田、有机肥施用、绿肥翻压、生物炭施用
养分比例不协调、肥料利用率低	B.4 养分失衡地块“测土配方—有机无机协同”模式	测土配方、有机无机配合、分次施肥、局部施肥
土壤 pH 偏低、酸化或铝毒风险较高	B.5 酸化土壤“直接调酸—缓冲提升”模式	石灰、石膏、生物炭、有机质提升、施肥结构优化
土壤板结、容重偏高、入渗性差	B.6 结构退化地块“有机投入—保护性耕作—控蚀协同”模式	有机物料投入、深松、少耕免耕、覆盖控蚀
多种障碍因素叠加	B.7 多障碍叠加地块“控蚀优先—多因子协同”模式	先控蚀，再培肥、调酸、养分协同和结构改善
轻中度退化、覆盖不足或种植制度单一	B.8 轻中度退化坡耕地“轮作间作—覆盖培肥”模式	粮—豆、粮—绿肥、冬闲覆盖、等高种植

#### B.10 模式应用说明

B.1~B.8 所列模式为典型应用场景示例。实际应用时，宜根据地块坡度坡长、土壤类型、侵蚀风险、土壤有机质、土壤 pH、养分状况、耕层结构、种植制度和机械作业条件等因素进行选择 and 组合。

同一地块存在多个障碍因素时，宜优先控制水土流失和耕层不稳定问题，再实施有机质提升、养分调控、酸化改良和结构改善措施。

各模式中的技术措施应与正文相关章节衔接执行：

- a) 水土保持措施按 5 的规定执行。
- b) 土壤有机质提升措施按 6 的规定执行。

- c) 土壤养分均衡管理措施按 7 的规定执行。
- d) 酸化土壤改良措施按 8 的规定执行。
- e) 改善土壤团粒结构措施按 9 的规定执行。
- f) 种植制度配置按 10 的规定执行。
- g) 实施记录与跟踪监测按 11 的规定执行。