

ICS 13.080.01
CCS B10

T/SSSC

中国土壤学会团体标准

T/SSSC 0 —2026

红壤旱地土壤健康评价和培育技术规程

Technical code of practice for soil health assessment and
improvement of upland red soil

(征求意见稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 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 综合评价流程	3
5 定向培育技术	7
附 录 A	9
附 录 B	10

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。

本文件由中国农业科学院农业资源与农业区划研究所提出。

本文件由中国土壤学会归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、江西省红壤及种质资源研究所、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、中国农业大学、郑州大学、江西省农业科学院土壤肥料与资源环境研究所、湖南省耕地与农业环境生态研究所、湖南农业大学、中国科学院亚热带农业生态研究所、中国水稻研究所、永州市农业综合服务中心。

本文件主要起草人：张会民、黄 晶、柳开楼、张 楚、孙 耿、张 洋、张均华、苏世鸣、陈 金、张振华、张艳峰、韩天富、陈永亮、翟丽梅、李冬初、刘淑军、蔡岸冬、刘立生、申哲、陈先茂、尹子旭、李亚贞、张仙梅、郭晓彬、夏银行、刘 佳、龙泽东、胡丹丹、宋惠洁、吴艳、艾 栋、刘泽弦、孙 梅、吴春虹、许欢、郭曦隆、胡议佳。

红壤旱地土壤健康评价和培育技术规程

1 范围

本文件规定了红壤旱地土壤健康评价指标体系和评价方法及定向培育技术，包括样品采集测试、土壤健康综合评分、作物健康综合评分、土壤-作物综合健康等级划分和定向培育技术。

本文件适用于中国南方红壤旱地的玉米、油菜、花生、大豆、甘薯、芝麻等粮油作物生产。

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 5009.5-2016	食品安全国家标准食品中蛋白质的测定
GB 5009.6-2016	食品安全国家标准食品中脂肪的测定
GB 5009.9-2016	食品安全国家标准食品中淀粉的测定
GB 5009.124-2016	食品安全国家标准食品中氨基酸的测定
GB 5009.168-2016	食品安全国家标准食品中脂肪酸的测定
GB 15618-2018	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB/T 17141-1997	土壤质量铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法
GB/T 22105.1-2008	土壤质量总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第1部分：土壤中总汞的测定
GB/T 22105.2-2008	土壤质量总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第2部分：土壤中总砷的测定
GB/T 22105.3-2008	土壤质量总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第3部分：土壤中总铅的测定
GB/T 39228-2020	土壤微生物生物量的测定 熏蒸提取法
GB/Z 41359-2022	土壤质量呼吸曲线法测定土壤微生物区系的丰度和活性

NY/T 523-2020	专用籽粒玉米和鲜食玉米
NY/T 889-2004	土壤速效钾和缓效钾含量的测定
NY/T 1121.1-2006	土壤检测 第1部分：土壤样品的采集、处理和贮存
NY/T 1121.2-2006	土壤检测 第2部分：土壤pH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：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 1209-2020	农作物品种试验与信息化技术规程 玉米
NY/T 3443-2019	石灰质改良酸化土壤技术规范
NY/T 3499-2019	受污染耕地治理与修复导则
HJ 491-2009	土壤总铬的测定 火焰原子吸收分光光度法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤健康 soil health

土壤作为一种生命系统，在维持自身生产力、保障农产品质量安全、维护生态环境健康等方面所具有的持续能力。在本文件中，特指红壤旱地在常规耕作条件下所表现出的综合状态。

3.2

土壤健康等级 soil health grade

根据土壤健康综合评分划分的土壤健康水平级别，用于表征土壤物理、化学、生物综合状况的优劣程度。

3.3

作物健康等级 crop health grade

根据作物品质指数划分的作物健康水平级别，用于表征作物产量和品质的综合表现优劣程度。

3.4

土壤健康综合等级 comprehensive soil health grade

综合考虑土壤健康等级和作物健康等级后，对红壤旱地土壤健康做出的综合分级评价结果。

3.5

红壤旱地土壤健康 soil health of red soil upland

在常规管理条件下，红壤旱地土壤具备维持合理结构、适宜酸碱度、良好养分供给能力和丰富生物多样性，并能够支撑作物丰产优质、维持生态功能及保障环境安全的综合状态。

3.6

土壤健康综合评分 soil health comprehensive score

评估土壤综合健康状况的指标，是当前纳入评价数据集中的土壤物理、化学、生物指标的权重与其主成分分析载荷值的乘积。

3.7

作物健康综合评分 crop health comprehensive score

评估作物产量和品质状况的综合指标，用作物品质指数（各品质指标归一化后均值）与相对产量（各样本的作物绝对产量占有所有样本作物最高绝对产量的百分比）乘积的平方根表示。

3.8

定向培育技术 targeted cultivation technology

优化土壤的物理、化学生物学特性以及土壤环境质量，以满足特定的农业需求，稳定耕地土壤健康状况的综合措施。

4 综合评价流程

按照土壤采样和测试的结果，计算土壤健康综合评分，并利用作物产量与作物品质指标进一步计算作物健康综合评分，从而对红壤旱地土壤进行综合健康等级划分，进而提出针对性的定向培育

技术。

具体流程见图 1。

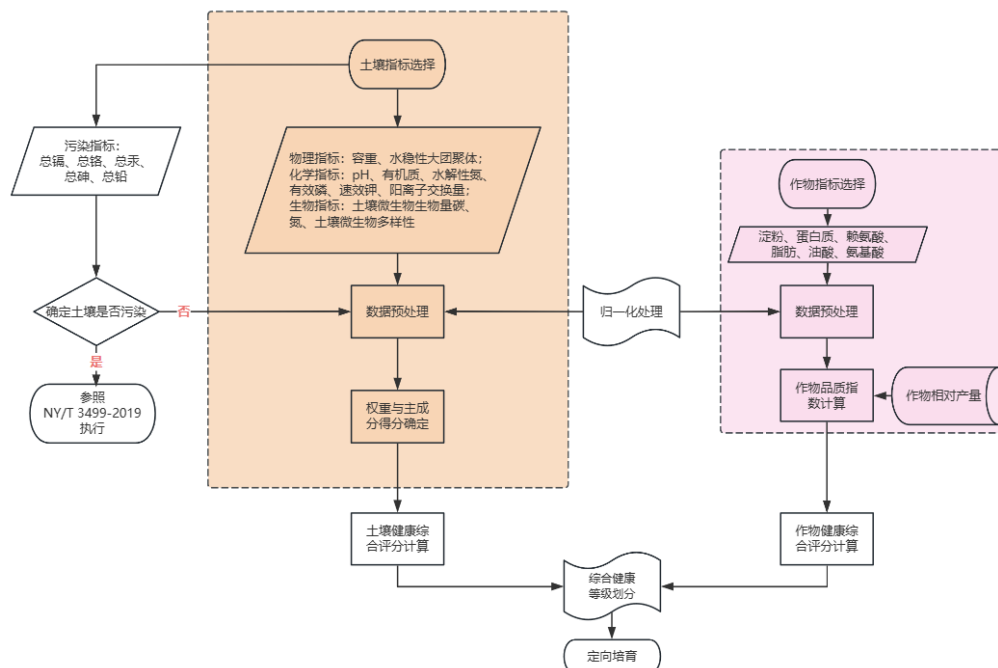


图1 红壤旱地土壤健康综合评价流程

4.1 土壤健康评价指标筛选、采样与分析

4.1.1 土壤健康指数评价最小数据集

- (1) 物理指标：>0.25 mm 水稳性团聚体占比
- (2) 化学指标：pH、有机质、有效磷、速效钾
- (3) 生物指标：微生物量碳、细菌 Shannon 指数
- (4) 环境指标（限制性）：Cd、Cr、Hg、As、Pb

4.1.2 土壤采样和分析

采样按NY/T 1121.1-2006 中规定执行。土壤水稳性大团聚体按NY/T 1121.19-2008中规定执行，土壤pH按NY/T 1121.2-2006中规定执行，土壤有机质按NY/T 1121.6-2006中规定执行，土壤有效磷按NY/T 1121.7-2014中规定执行，土壤速效钾按NY/T 889-2004中规定执行，土壤微生物生物量碳按GB/T 39228-2020中规定执行，土壤微生物多样性按GB/Z 41359-2022中规定执行土壤总镉按

GB/T17141-1997中规定执行，土壤总铬按HJ 491-2009中规定执行，土壤总汞按GB/T 22105.1-2008中规定执行，土壤总砷按GB/T 22105.2-2008，土壤总铅按GB/T 22105.3-2008。

4.1.3 作物采样和分析

玉米产量按NY/T 1209-2020执行，花生、油菜等其他作物产量测定按照实际收割面积进行。玉米品质按NY/T 523-2020，选择淀粉、蛋白质和赖氨酸作为表征玉米品质的指标。淀粉按GB 5009.9-2016中规定执行，蛋白质按GB 5009.5-2016中规定执行，赖氨酸按GB 4801-1984中规定执行。

花生、油菜等其他作物品质采样按照梅花形、棋盘形或对角线形等方法进行采样，每个采样点采集的样品量应不少于1kg，选择蛋白质、脂肪、油酸和氨基酸作为表征品质的指标。蛋白质按GB 5009.5-2016中规定执行，脂肪按GB 5009.6-2016中规定执行，油酸按GB 5009.168-2016中规定执行，氨基酸按GB 5009.124-2016中规定执行。

4.2 土壤健康评价

4.2.1 最小数据集指标标准化

正向指标采用：

$$X'_i = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

pH 采用：

$$X'_i = \begin{cases} \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} & (X_i < 5.5) \\ 1 & (5.5 \leq X_i \leq 6.5) \\ \frac{X_{max} - X_i}{X_{max} - X_{min}} & (X_i > 6.5) \end{cases} \quad (2)$$

式（1）（2）中： X_i 为土壤样本第*i*项土壤指标实测值，表示第*i*个采样点或地块的实际土壤指标测定值； X_{min} 为该指标下限阈值，表示实际土壤指标测定的最低值； X_{max} 为该指标上限阈值，表示实际土壤指标测定的最高值； X'_i 为该土壤指标标准化值，是经过计算后的输出值，取值范围是[0,1]，数值越大代表土壤越健康。

4.2.2 权重设置

各指标权重见表 1。

表1 各评价指标权重

指标 (i)	权重 (Wi)
>0.25mm 团聚体占比	0.15
pH	0.15
土壤有机质	0.20
土壤有效磷	0.15
土壤速效钾	0.10
土壤微生物量碳	0.15
细菌 Shannon 指数	0.10

4.2.3 土壤健康指数计算

$$SHI = \sum W_i X'_i \quad (3)$$

式 (3) 中: SHI 为土壤健康指数值; X'_i 为第 i 项土壤指标的标准化值, W_i 为第 i 项土壤指标的权重。

4.2.4 土壤健康等级

根据土壤健康指数划分等级 (表 2)。

表2 土壤健康等级划分

土壤健康指数 (SHI)	等级
≥ 0.70	1
0.50-0.70	2
≤ 0.50	3

4.3 作物健康评价

4.3.1 作物品质指标选择

根据种植作物类型选择代表性品质指标:

- (1) 粮食作物 (如玉米、甘薯): 蛋白质含量、淀粉含量、赖氨酸含量
- (2) 油料作物 (如油菜、花生、大豆、芝麻): 粗脂肪含量、蛋白质含量、油酸含量

4.3.2 作物品质指数计算

对各品质指标进行标准化处理后 (标准化步骤见附录A), 计算作物品质指数:

$$QI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'_i \quad (4)$$

式 (4) 中: QI 为作物品质指数, n 为作物指标个数, X'_i 为第 i 项作物指标标准化值。

4.3.3 作物健康等级

根据作物健康指数（附录A）划分作物健康等级（表3）。

表3 作物健康等级划分

作物健康指数（CHI）	等级
≥0.60	1
0.40-0.60	2
≤0.40	3

4.4 土壤健康综合评价

综合考虑土壤健康指数和作物健康指数，进行土壤健康综合等级划分（表4）。

表4 红壤旱地土壤健康综合等级划分

土壤健康指数	作物健康指数	土壤健康综合等级
≥0.70	≥0.60	1
	0.40~0.60	2
	≤0.40	3
0.50~0.70	≥0.50	4
	0.30~0.50	5
	≤0.30	6
≤0.50	≥0.40	7
	0.12~0.40	8
	≤0.12	9

5 定向培育技术

根据南方红壤旱地土壤综合健康等级推荐适宜的定向培育技术（表5）。

表5 红壤旱地土壤健康定向培育技术

综合健康等级	土壤管理技术	作物管理技术
1	参考附录 B 作物推荐施肥技术进行施肥； 秸秆粉碎全量还田； 有机肥替代 10%~20%的化肥。	发挥自然潜力：合理轮作；选用当地常规 优质品种；常规水分管理（雨养或浅灌， 避免涝渍）。
2		增强抗逆性：多样化种植。
3		应对环境波动：合理轮作。
4	参考附录 B 作物推荐施肥技术进行施肥，秸秆粉碎全量还田； 增施石灰等碱性材料（用量参考 NY/T 3443-2019）； 有机肥替代 20%~40%的化肥，中微肥拌种和喷施中微肥； 土壤深翻（深度 30cm）或深松（深度 40cm），每隔 3 年一次。	稳定生产力：强制轮作；引进耐瘠薄品 种。
5		修复土壤：种植超富集植物；停止种植高 耗地力作物，转为生态用地；仅保留保土 保水措施。

综合健康等级	土壤管理技术	作物管理技术
6		适应恶劣环境：引进耐逆品种（如耐酸玉米、油菜等）；设施栽培；人工辅助授粉/补光。
7	秸秆粉碎或炭化全量还田； 增施石灰等碱性材料（用量参考 NY/T 3443-2019）； 增施有机肥（500 kg/667m ² ~ 800 kg/667m ² ），中微肥拌种和喷施中微肥； 土壤深翻（深度 30cm）或深松（深度 40cm），每隔 3 年一次； 增施组合微生物菌剂（10 L/667m ² ~ 15 L/667m ² ）。	应对多重胁迫：间作套种（玉米-马铃薯-豆类，提高土地利用率）；覆盖栽培（秸秆/地膜覆盖，保水保土）；喷施抗逆制剂。
8		抗病种植：种子包衣（防病虫，如锈病、穗腐病、蚜虫）；合理轮作。
9		生态转型：放弃传统种植，种植修复植物；申请生态补偿。

附录 A

(资料性)

作物健康综合评分计算方法

A.1 作物健康相关指标选择及分类

玉米、甘薯等粮食作物：淀粉、蛋白质、赖氨酸；
花生、油菜等其他作物：蛋白质、脂肪、油酸、氨基酸。

A.2 计算方法

A.2.1 数据预处理

A.2.1.1 缺失值填补

处理数据中的缺失值，可以通过均值填补或插值等方法。

A.2.1.2 数据归一化

为消除不同指标量纲的影响，一般对数据进行线性归一化法，将数据归一化到区间[0, 1]。

$$X_{norm} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (A.1)$$

公式 A.1 中， X_{max} 和 X_{min} 分别是指标的最大值和最小值。

A.2.2 作物品质指数计算

按照上述不同作物类型选择的相关指标，计算其归一化处理后的平均值，即为对应的作物品质指数 (quality index, QI)。

$$QI = \text{avg}\{X_1, X_2, \dots, X_n\} \quad (A.2)$$

公式 A.2 中， $X_1, \dots, X_n$ 分别为需要评估的作物健康相关指标（淀粉、蛋白质、赖氨酸、脂肪、油酸、氨基酸）中的 n 个指标归一化后数值。

A.2.3 作物相对产量计算

作物的相对产量 (Relative yield, RY) 为各样本的作物绝对产量占有所有样本作物最高绝对产量的百分比（产量一般指籽粒产量，如果涉及到鲜食玉米或以采摘叶片等非籽粒部分为主的作物，比如叶菜类甘薯，则以收获部分的产量作为作物产量）。

$$RY = \frac{Y_x}{Y_{max}} \quad (A.3)$$

公式 A.3 中， Y_x 、 Y_{max} 分别为作物的绝对产量、最高绝对产量。

A.2.4 作物健康指数计算

根据各个样本的产量和品质，计算作物健康指数 (Crop health index, CHI)。

$$CHI = \sqrt{RY * QI} \quad (A.4)$$

公式 A.4 中， RY 是每个样本的相对产量， QI 是每个样本的作物品质指数。

附录 B

(资料性)

作物推荐施肥技术

B.1 概述

作物推荐施肥技术主要采用基于产量反应和农学效率的推荐施肥方法,该方法结合计算机技术,建立问答式界面,把复杂的施肥原理简化为农技推广部门和农民方便使用的养管理专家系统(Nutrient Expert),简称NE系统。NE系统可以通过了解过去3年~5年的产量水平和施肥历史完成施肥推荐,其既适合指导农户,也适合大面积区域推荐施肥,已在众多作物上广泛使用。目前,NE系统已经开发了手机微信版(图1),具体操作流程如下(图2-3):

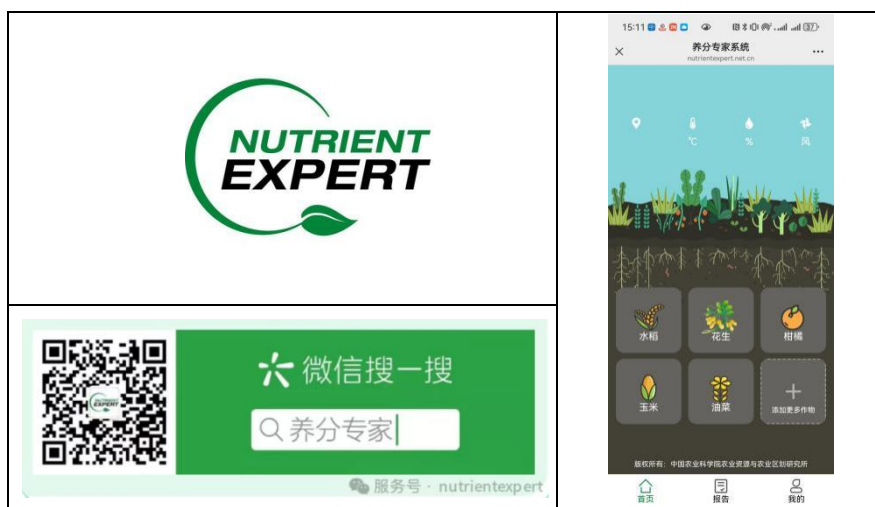


图1 NE系统标志、手机微信版二维码及登录界面

B.2 信息收集

The image shows two screenshots of the NE system user information collection interface. The left screenshot is the '地块信息' (Field Information) page, which includes fields for '地块位置' (Field Location), '是否有土壤测试' (Soil Test), '土壤质地' (Soil Texture), '土壤肥力' (Soil Fertility), and '土壤是否缺中微量元素' (Soil Missing Middle and Trace Elements). The right screenshot is the '本季信息' (This Season Information) page, which includes fields for '过去3-5年玉米平均产量' (Average Corn Yield), '季节类型' (Season Type), '本季玉米秸秆处理方式' (Corn Straw Management), '是否做过减量试验' (Reduced Fertilization Trial), and '施氮产量反应' (Nitrogen Yield Response).

图2 NE系统用户信息收集界面(以玉米为例)

B.3 推荐施肥

养分专家系统

nutrientexpert.net.cn

推荐施肥

1

2

3

地块信息 本季信息 推荐施肥

专家建议 (公斤/公顷)

氮 (N)	磷 (P ₂ O ₅)	钾 (K ₂ O)
170	60	69

计划用肥

有机肥

化肥

复合肥

肥料名称	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
15-15-15	15	15	15

单质肥

上一步

下一步

养分专家系统

nutrientexpert.net.cn

推荐施肥

1

2

3

地块信息 本季信息 推荐施肥

专家建议

具体方案如下:

您的1.0亩地块上建议施用: 15-15-15 (复合肥) 26.7公斤, 尿素 16.0公斤, 氯化钾 1.0公斤。

施肥次数	施肥时期	施肥种类	用量(公斤)
第1次	基肥	15-15-15	26.7
		尿素	6.1
		氯化钾	1.0
第2次	拔节期	尿素	9.9

建议

种肥或基肥: 播入种子下方10-20厘米。
追肥: 追肥深度10-20厘米; 追肥部位在植株行侧10-20厘米。
播种密度: 6.5-7.5万株/公顷或者4300-5000株/亩

上一步

提交

养分专家系统

nutrientexpert.net.cn

报告详情

地块信息

地块名称	玉米
地块大小	1亩
地块位置	江西省南昌市进贤县

本季信息

过去3-5年 季玉米 平均产量	420 公斤/亩
季节类型	春玉米
本季春玉米收获后秸秆还田方式	还田 90%

减氮试验

未在相近地块或本地块做过减氮试验。

根据土壤肥力得到如下分析

施氮产量反应	2.47 吨/公顷
施磷产量反应	1.39 吨/公顷
施钾产量反应	1.28 吨/公顷

图3 NE系统推荐施肥及报告详情界面（以玉米为例）