

# 团体标准《旱地农田黑土健康评价方法》编制说明

一、工作简况：包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组成员及其所做的主要工作等；

## 1. 任务来源

项目任务来源于中国科学院战略性先导科技专项（A类）“黑土地保护与利用科技创新工程（黑土粮仓）”项目“黑土地健康和保育技术”课题“黑土地健康评价”（XDA28020100）。

## 2. 协作单位

课题任务由中国科学院生态环境研究中心牵头，南京土壤研究所和中国科学院东北地理与农业生态研究所共同参与合作完成。各单位的分工如下：

中国科学院生态环境研究中心：组织项目实施、土样采集和分析、土壤健康评价方法构建；负责标准起草、组织研讨和标准修改等。

中国科学院南京土壤研究所：项目总体设计和指导；参加标准起草、研讨，提出修改建议。

中国科学院东北地理与农业生态研究所：参与项目总体设计和指导、土壤样品采集和分析测定；参加标准起草、研讨，提出修改建议。

## 3. 主要工作过程

旱地农田黑土健康评价方法团体标准的编制过程如下：

（1）调查和实验阶段：2021年7月至2024年12月，项目组历时3年，在我国东北黑土区（黑龙江、吉林和辽宁）主要农田分布区

进行大尺度田间调查和取样分析，共获得 768 个旱地土壤样本，开展了土壤物理、化学和生物学性质分析。

(2) 数据分析和验证阶段：在以上研究开展的同时，团队成员对国内外土壤健康和耕地质量评价相关的方法体系和行业标准进行了调研，综合了多种评价方法对本项目获得的数据进行土壤健康评价指标的筛选和方法体系构建；整理和总结试验结果，编制综述报告，邀请多位专家对土壤健康评价指标、评价方法和结果报告进行了咨询和研讨，根据专家的意见对评价指标和方法进行了优化和验证。

(3) 起草阶段：2025 年 1 月至 6 月，基于验证结果和总结报告编写了团体标准草案。

(4) 技术审查和修订：2025 年 7 月至 8 月，提交草案至中国土壤学会立项，对草案进行技术审查和修订，并进一步撰写征求意见稿及方法编制说明。

(5) 征求意见阶段：2025 年 8 月至 12 月，向 8 家单位的专家进行意见征集，共收集到专家反馈意见 72 项。其中，采纳：62 项；部分采纳：4 项；未采纳：5 项。

#### 4. 起草组成员及其所做的主要工作：

标准起草组成员包括张丽梅、贾仲君、田春杰、张佳宝、韩丽丽、宋晓桐、乔敏、陈卫平、刘四义、黄斯韵、张雅博、丁龙君、朱永官。其中，张丽梅、贾仲君负责项目整体实施和组织协调、样品采样、数据分析和标准的起草；田春杰、张佳宝、朱永官设计制定了项目整体研究方案，并指导评价方法构建并参与标准起草和修订；韩丽丽、宋

晓桐、乔敏、陈卫平、刘四义、黄斯韵、张雅博、丁龙君承担样品采集、指标测定、数据分析和评价方法构建及标准修改等工作。

**二、 标准编制原则和确定标准主要内容(如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等)的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比；**

**1. 实地调研：**依托中国科学院先导 A 项目之“黑土地健康评价”课题，历时 3 年，在我国东北黑土区进行大尺度网格化田间调查和取样，共获得 768 个旱地土壤样本，测定分析了土壤物理、化学和生物多项指标。

**2. 充分的资料收集和方法比对：**团队成员需查阅国内外有关土壤健康和耕地质量评价，以及土壤物理、化学和生物学指标分析相关的方法、标准、规范、专著和文献，对标准中涉及的测试分析方法和相关技术指标的选择规定等进行充分了解。本标准遵循国际通行的土壤健康评价理论框架—康奈尔土壤健康评价体系（Comprehensive Assessment of Soil Health, CASH）。该体系是目前国际上应用最为广泛、实践验证最充分的农田土壤健康定量评价方法，已在不同气候区和农业系统中得到长期应用和不断完善，具有良好的科学基础和可比性。本标准在总体流程、指标筛选逻辑、赋分方式和综合评价方法上与该体系保持一致，确保评价结果具有科学性和国际可比性。

**3. 严格的试验论证：**在试验论证各个环节严格把关，按需要选择合适的试验方法和设备，统一取样和分析测定方法，进行实验和验证，确保团体标准中技术指标的准确性和可行性。如在田间取样环境，采

用统一的样点布设方案，统一采样方法，在作物同一生长时段进行样品采集与保存。在指标测定和筛选方面，参照国标、行标规定采用统一方法和仪器平台进行土壤物理、化学和生物学指标测定，并运用多种统计方法进行数据分析，并邀请专家参与决策，反复验证指标筛选的合理性和科学性，建立最小数据集。最小数据集指标选择遵循敏感性、主导性、独立性和实用性等原则。采用累积概率分布函数，对指标测定值进行标准化评分。通过计算各指标得分均值，得到土壤健康指数。土壤健康评价结果形成后，邀请专家和农户对评价结果再次进行意见反馈，对最小数据集指标选取及评分函数进行修订，并对土壤健康指数进行迭代计算与优化。

### 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果；

#### （一）主要试验（或验证）的分析和综述报告

##### 1. 田间调查与取样

2021 年至 2023 年 8 月中旬（作物旺盛生长期），在黑龙江、吉林、辽宁和内蒙主要农田分布区按  $40 \times 40 \text{ km}$  网格进行田间调查和取样，每个网格根据作物类型分布选取 6-9 个样点，每个样点间相距 3-5 千米左右。采用五点采样法采样，于作物行内两株作物之间采集土壤样本，取样深度统一为 15 cm。记录样点地理信息（包括经纬度、海拔、坡度等）、土壤类型、作物类型、长势、病害情况等，并向当地农户了解施肥和耕作管理、种植历史等信息。共获得 768 个旱地土壤样本，作物主要类型为玉米和大豆，另有少量小麦和杂粮。土壤样品

涵盖了该区域主要土壤类型，包括黑土、黑钙土、风沙土、草甸土、栗钙土、盐土、碱土、白浆土、暗棕壤等 15 种土壤类型。样品经去除可见根系和石砾、过 2 mm 筛后，分装为三份：一份（约 500 g）于 4°C 冷藏，供土壤理化和生物性质测定；一份（约 100 g）于 -80°C 冷冻，用于 DNA 提取；其余部分（约 200 g）进行风干保存。

## 2. 土壤健康最小数据集备先指标库构建和分析测定

项目基于美国康奈尔土壤健康评价体系、我国耕地质量评价方法以及土壤健康评价相关的文献资料，筛选出与土壤健康评价相关的 46 项指标作为备选指标库（表 1）。进一步根据相关的国家、行业、团体标准进行土壤物理、化学和生物学指标的分析测定，土壤微生物多样性分析方法参考 Bio-protocol 和重要文献进行。

表 1 旱地农田黑土健康评价备选指标

指标属性	具体指标
物理	容重、田间持水量、质地（粘粒、粉粒、砂粒含量）、电导率
化学	酸碱度、总碳、有机碳、总氮、碳氮比、可溶性有机碳、铵态氮、硝态氮、阳离子交换量、微量元素含量（铁、镁、铝、钙、钠、锰）、总磷、总钾、有效磷、速效钾
生物	微生物量碳、微生物量氮、微生物量碳氮比、基础呼吸速率、呼吸熵、土壤酶活性（ $\beta$ -葡萄糖苷酶活性、磷酸酶活性、脲酶活性、固氮酶活性）、硝化潜势、反硝化潜势、细菌、真菌及原生生物群落的 $\alpha$ -多样性指数（Shannon、Chao1）和 $\beta$ -多样性（NMDS1）

## 3. 最小数据集指标筛选和数据分析过程

由于样本量较大和备先指标较多，首先选择了 108 个代表不同区域和不同土壤类型的样本进行 46 项指标的分析测定，通过主成分分析、相关分析等多元统计分析方法并结合文献资料，初步筛选出了

32 项指标(表 2)。在此基础上, 扩大样本量, 对 345 个样品的 32 项指标进行分析测定, 进一步通过主成分分析和相关分析等, 最终筛选出了 13 项黑土区土壤健康评价最小数据集指标, 包括容重(BD)、最大持水量(WHC)、有机碳(SOC)、全氮(TN)、可溶性有机碳(DOC)、可溶性有机氮(DON)、酸碱度(pH)、电导率(EC)、微生物量碳(MBC)、微生物氮(MBN)、微生物量碳氮比(MBC/MBN)、呼吸速率(Respiration) 和呼吸熵(qResp 或 qCO<sub>2</sub>)。具体数据分析过程如下:

根据独立性、稳定性、最小数据集等原则选择合适的指标, 通过主成分分析结合综合载荷值(Norm 值)法, 以及相关分析, 筛选最小数据集指标。首先, 对上述测定指标的数据做主成分分析, 选出特征值 $\geq 1$  的主成分(图 1)。统计各指标在每个主成分的载荷, 选出载荷绝对值 $\geq 0.5$  的指标。计算各指标在全部主成分的综合载荷(Norm 值), 选出综合载荷最大及前 40% 以内的指标。Norm 值即计算该指标在各成分组成的多维空间中的矢量常模的长度, 长度越长, 则表明该指标在所有主成分中的综合载荷越大, 所含信息量就更全面(公式 1)。通过计算参评指标的 Norm 值, 可以避免因指标筛选所造成的信息丢失问题。进一步, 分析各指标与综合载荷最大指标的相关性, 去掉与综合载荷最大指标相关性较强的指标。最终各主成分下剩余指标为筛选进入最小数据集的指标(表 3)。

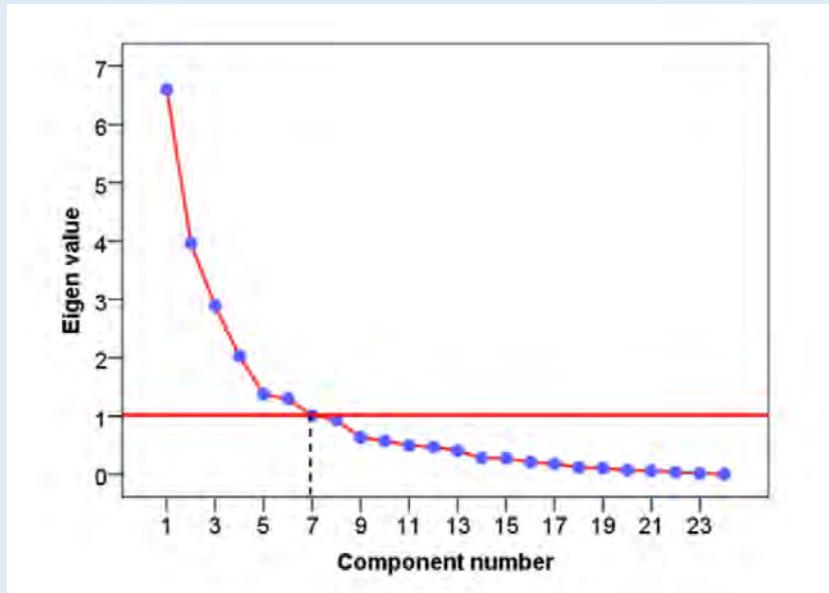


图 1. 各主成分特征值

指标综合载荷 (Norm 值) 计算公式:

$$N_{ik} = \sqrt{\sum_{l=1}^k (U_{ik}^2 \lambda_k)} \quad (\text{公式 1})$$

式中:  $N_{ik}$  是第  $i$  个变量在特征值  $\geq 1$  的前  $k$  个主成分上的综合载荷值;

$U_{ik}$  表示第  $i$  个变量在第  $k$  个主成分上的载荷;  $\lambda_k$  是第  $k$  个主成分的特征值。

表 2. 对 345 个土壤样品 32 项数据集指标的主成份分析结果

Parameter	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	Norm
pH	<b>0.84</b>	-0.29	-0.15	-0.07	0.19	-0.14	0.09	0.00	-0.23	2.30
EC	0.34	0.50	<b>-0.61</b>	0.19	0.25	-0.04	0.10	-0.02	-0.07	1.85
SOC	<b>0.59</b>	<b>0.76</b>	0.30	-0.25	0.21	0.03	-0.21	-0.09	-0.02	2.36
TN	0.15	0.54	0.39	-0.12	0.15	0.11	0.04	-0.01	-0.07	1.46
C/N	<b>0.74</b>	-0.07	-0.03	-0.21	0.16	-0.09	-0.38	-0.14	0.06	2.01
MBC	0.25	0.16	0.36	0.21	0.11	<b>-0.56</b>	0.02	-0.03	0.45	1.40
MBN	0.40	0.41	-0.41	-0.05	0.04	-0.30	-0.04	-0.15	0.25	1.64
MBC/MBN	-0.35	-0.27	<b>0.60</b>	0.22	-0.03	-0.18	0.07	0.29	0.35	1.68
DOC	0.48	0.29	-0.46	-0.32	-0.12	0.07	-0.19	0.09	-0.04	1.73
DON	-0.30	<b>0.66</b>	<b>-0.53***</b>	0.27	0.08	0.06	0.16	0.06	0.06	1.95
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0.22	0.42	-0.50	0.14	0.09	-0.07	0.07	0.29	0.29	1.51
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.33	0.62	<b>-0.51***</b>	0.27	0.03	0.02	0.19	0.00	0.02	1.90
PNR	<b>0.52</b>	0.17	0.13	0.20	0.41	-0.11	0.42	0.09	-0.27	1.68
Nitrogenase	0.32	-0.06	0.30	0.04	0.36	0.10	0.08	<b>0.58</b>	-0.04	1.34
Resp	<b>0.54</b>	-0.02	-0.01	-0.31	0.08	<b>0.50***</b>	0.08	0.30	0.28	1.70
qCO <sub>2</sub>	0.36	-0.02	-0.11	-0.37	0.03	<b>0.71</b>	0.06	0.30	0.09	1.55
DEA	0.07	0.20	0.11	0.02	0.44	-0.25	0.04	0.18	0.30	0.99
Phosphatase	-0.47	0.48	0.40	0.05	0.02	0.30	-0.18	-0.16	0.21	1.83
Glucosidase	-0.06	<b>0.60</b>	0.34	0.17	0.18	0.23	0.12	-0.25	-0.15	1.57
Urease	<b>0.60</b>	0.23	-0.07	-0.30	0.13	-0.11	-0.48	-0.17	0.15	1.82
CEC	-0.15	<b>0.62</b>	0.46	0.04	0.13	0.17	0.06	0.05	-0.12	1.66
BD	-0.23	0.02	-0.01	<b>-0.70</b>	-0.20	-0.02	<b>0.50</b>	-0.22	0.17	1.49
WHC	0.05	-0.16	-0.02	<b>0.67***</b>	0.22	0.04	-0.49	0.23	-0.19	1.39
Clay	0.05	0.10	-0.29	-0.04	<b>-0.51</b>	-0.31	-0.02	0.46	-0.12	1.20
Silt	0.06	<b>0.60</b>	0.34	-0.20	-0.49	-0.17	-0.12	0.19	-0.13	1.69
Sand	-0.07	<b>-0.57</b>	-0.23	0.19	<b>0.59</b>	0.24	0.11	-0.29	0.15	1.69
Bacterial_chao1	<b>0.84***</b>	-0.15	0.03	0.16	-0.21	-0.04	0.23	-0.02	0.02	2.23
Bacterial_shannon	<b>0.78***</b>	-0.29	0.13	-0.03	-0.04	-0.15	0.27	0.03	0.08	2.14
Fungal_chao1	0.62	0.24	0.09	0.44	-0.44	0.11	0.09	-0.16	0.07	1.96
Fungal_shannon	0.59	0.14	0.26	0.16	-0.05	-0.17	0.26	-0.12	-0.18	1.70
Protist_chao1	<b>0.51</b>	0.04	0.01	0.49	-0.42	0.35	-0.03	-0.07	0.27	1.76
Protist_shannon	0.43	-0.15	0.04	0.49	-0.34	0.34	0.02	-0.11	0.10	1.57
Eigen value	6.52	4.58	3.39	2.67	2.27	2.00	1.53	1.41	1.15	
Variation	0.20	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	
Cumulative variation	0.20	0.35	0.45	0.54	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	

注：每个主成分下加粗划线载荷代表同时满足载荷绝对值 $\geq 0.5$  及综合载荷值排前 10%。红色指标为选入最终最小数据集的指标。

#### 4. 最小数据集指标评分函数建立和土壤健康指数计算

基于土壤属性在数据库具有足够代表性的情况下符合高斯(正态)分布的原则，采用高斯分布的累积概率分布函数计算。获取每个指标

全部测定数据的高斯分布参数（平均值和标准差），以得到其累积概率分布函数（Cumulative Normal Distribution, CND）。累积概率分布是一个 S 函数曲线，高斯分布的均值处于概率为 0.5 的地方（即均值决定了获得 50 分的点），高斯分布的标准差决定了曲线的陡峭程度（即分数增长快慢）。观测值对应的概率值 ( $p$ ) 乘以 100 即为得分值，由此将测定值转换为无量纲得分值，代表等于或低于该测定值的百分比（公式 2）。

累积概率分布计算公式：

$$p=f(x, \mu, \sigma)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (\text{公式 2})$$

式中： $p$ （介于 0 到 1）为一个观测变量值  $x$  落在区间内  $(+\infty, -\infty)$  某一位置的概率值， $\mu$  为指标平均值， $\sigma$  为指标标准差。

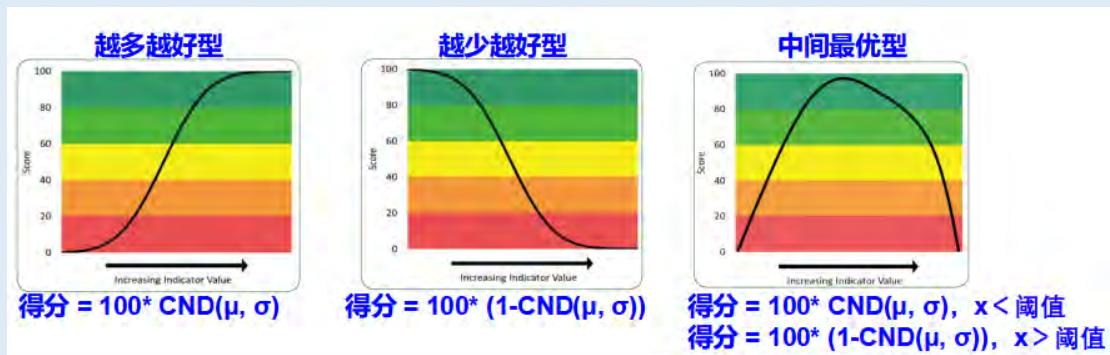


图 2 旱地农田黑土健康评价指标评分函数类型

进一步依据文献和康奈尔土壤健康评价方法体系确定每个指标的评分函数类型，即“越多越好型”、“越少越好型”或“中间最优型”（图 2 和表 3），建立最小数据集各指标的评分函数如图 3 所示。

表3 旱地农田黑土健康最小数据集指标评分函数类型

土壤健康指标	评分函数类型	公式
<b>物理指标</b>		
容重(BD)	中间最优型	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma), x < \text{阈值};$ 得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)], x > \text{阈值}$
田间持水量(WHC)	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
粘粒含量 (Clay) (< 40%)	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
粘粒含 量 (Clay)(> 40%)	越少越好	得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)]$
砂粒含量(Silt)	越少越好	得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)]$
电导率 (EC) < 200 us·cm <sup>-1</sup>	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
电导率 (EC) > 200 us·cm <sup>-1</sup>	越少越好	得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)]$
<b>化学指标</b>		
酸碱度(pH)	中间最优型	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma), x < \text{阈值};$ 得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)], x > \text{阈值}$
有机碳含量(SOC)	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
<b>生物指标</b>		
微生物量碳(MBC)	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
基础呼吸速率 (respiration)	越多越好	得分 = $100 * \text{CND}(\mu, \sigma)$
呼吸熵(Metabolic quotient)	越少越好	得分 = $100 * [1 - \text{CND}(\mu, \sigma)]$

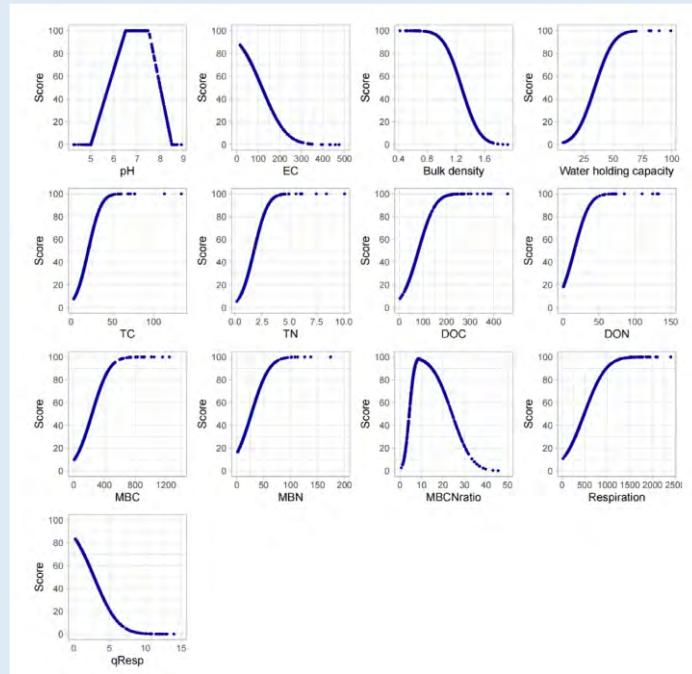


图 3. 本研究中建立的 13 项最小数据集指标得分曲线

邀请专家对以上指标筛选过程和最小数据集指标进行征求意见，根据专家意见和指标筛选的独立性、易操作性等原则，最终确定本研究中的最小数据为 10 项，包括黑土区土壤健康评价最小数据集指标，包括容重、最大持水量、黏粒、砂粒、电导率、酸碱度、有机碳、微生物量碳、基础呼吸和呼吸熵。根据上述公式 3 再次计算土壤健康指数。

在此基础上，采用等权重法计算土壤健康指数(Soil health index)，即各指标得分均值为土壤健康指数(Fine et al., 2017, 公式 3)。

$$\begin{aligned}
 \text{Soil health index} = \\
 \frac{\Sigma(\text{Score}_{BD} + \text{Score}_{WHC} + \text{Score}_{Clay} + \text{Score}_{Sand} + \text{Score}_{EC} + \text{Score}_{pH} + \text{Score}_{SOC} + \text{Score}_{MBC} + \text{Score}_{Resp} + \text{Score}_{qCO_2})}{10}
 \end{aligned}
 \quad (\text{公式 } 3)$$

式中：Soil health index 为土壤健康指数，Score<sub>BD</sub> 为土壤容重得分，Score<sub>WHC</sub> 为土壤田间持水量得分，Score<sub>Clay</sub> 为土壤黏粒含量得分，

$\text{Score}_{\text{Sand}}$  为土壤砂粒含量得分,  $\text{Score}_{\text{EC}}$  为土壤电导率得分,  $\text{Score}_{\text{pH}}$  为土壤酸碱度得分,  $\text{Score}_{\text{SOC}}$  为土壤有机碳含量得分,  $\text{Score}_{\text{MBC}}$  为土壤微生物量碳得分,  $\text{Score}_{\text{Resp}}$  为土壤基础呼吸速率得分,  $\text{Score}_{\text{qCO}_2}$  为土壤呼吸熵得分。

## 5. 旱地农田黑土健康指数空间分布特征和影响因子

本研究 768 份样品土壤健康指数介于 21-86 分, 20-30、30-40、40-50、50-60、60-70、70-80、80-90 分的样本分别占 2%、18%、31%、26%、17%、5%、1%, 中等土壤健康程度占比最多 (40-50 和 50-60 分占 57%) (图 4)。统计检验表明, 研究土壤的健康指数呈较好的正态分布 ( $-0.5 < \text{偏度} < 0.5$ ), 平均为 51 分, 标准差为 11。

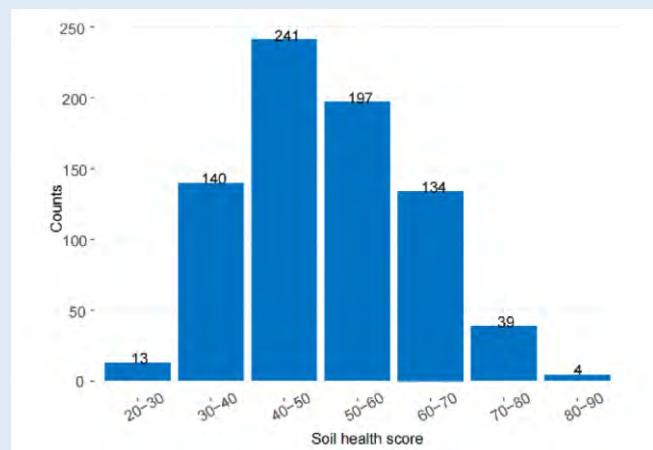


图 4. 旱地农田黑土土壤健康指数统计结果

在区域尺度上, 土壤健康指数呈现较大的空间差异 (图 5)。基于 ArcGIS 的空间分布方向性分析 (标准差椭圆算法) 表明, 土壤健康指数空间分布趋势为西南低东北高。

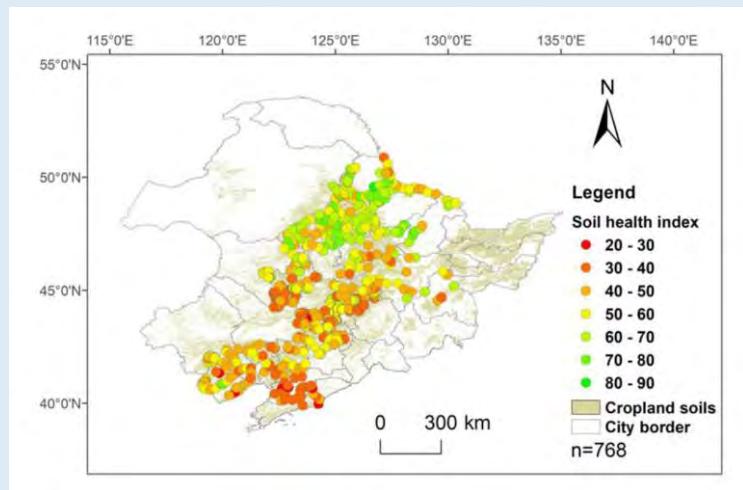


图 5. 旱地农田黑土土壤健康指数空间分布特征

为探究土壤健康指数空间分布差异的原因，分析了地区、土壤类型、气候和土壤属性对土壤健康指数的影响。结果表明，黑龙江地区土壤健康指数明显高于 吉林和辽宁，吉林和辽宁之间无显著差异(图 6,  $P < 0.05$ )。土壤健康指数与年均温 (MAT) 呈显著负相关关系，而与年降水量 (MAP) 无显著相关关系 (图 7)。不同土壤类型间土壤健康有显著差异，黑土、黑钙土、暗棕壤、栗钙土和草甸土健康指数总体较高，碱土、冲积土健康指数最低。基于 10 项最小数据集指标对不同土壤类型进行的层次聚类分析结果显示，15 个土壤类型被聚为 3 簇，分别对应土壤健康指数高中低聚为三类，表明性质更接近的土壤其健康程度也更一致 (图 6)。这些结果表明，影响土壤形成和发育过程的重要因素—气候和土壤母质是影响旱地农田黑土自然健康得分的关键因素。

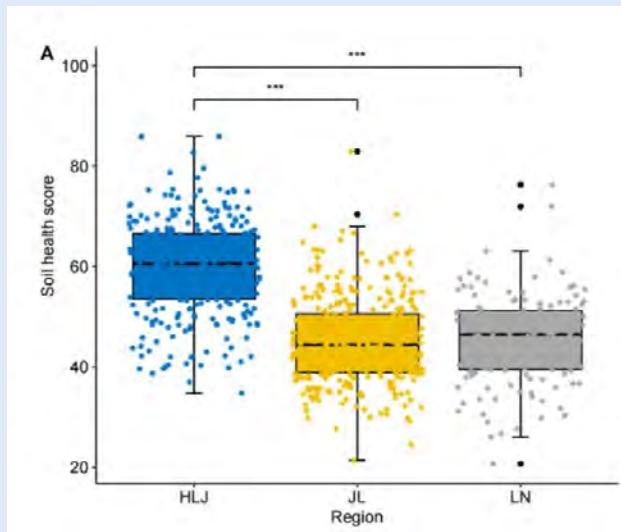


图 6. 旱地农田黑土土壤健康指数空间分布特征 (HLJ: 黑龙江; JL: 吉林; LN: 辽宁)

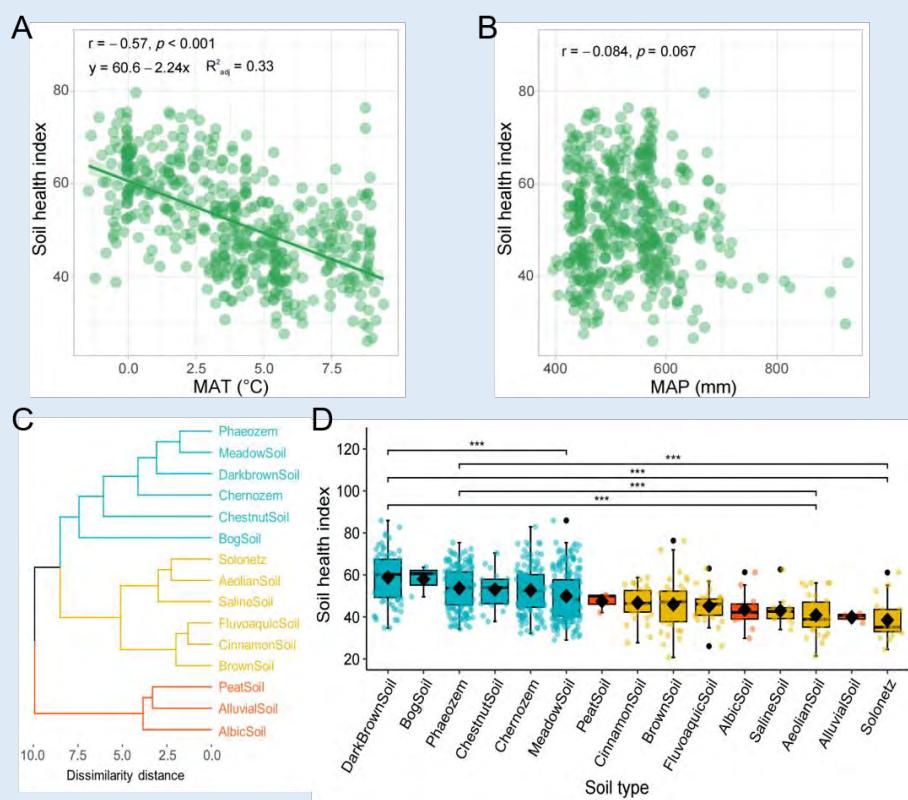


图 7. 年均温、年降雨量及土壤类型与土壤健康指数的关系  
不同土壤类型最小数据集指标得分雷达图分析表明，土壤健康指  
数较高的土壤类型，包括黑土、黑钙土、暗棕壤和草甸土，普遍具有  
较高的养分(即高的 TC、TN、DON、DOC)、较高的微生物量(MBC、

MBN)、较高的代谢活性 (qResp)、较高的持水能力和较疏松的结构 (WHC 和 BD) (图 8)。健康指数较低的土壤类型，其各项指标出现不同程度的降低，整体呈现得分面积收缩 (图 8)。

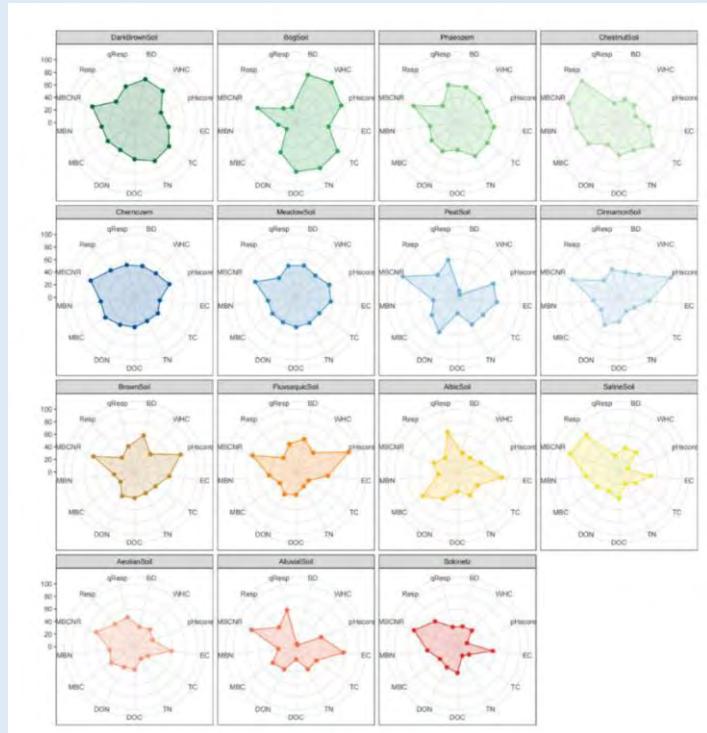


图 8 不同土壤类型最小数据集指标得分雷达图

## 6. 土壤健康等级划分和健康评价报告

根据全部样本的土壤健康指数分布情况，对土壤综合健康状况给予定性评级 (等级从低到高分别为：十级、九级、八级、七级、六级、五级、四级、三级、二级、一级)。

表 4 土壤健康等级划分

土壤健康指数	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
等级	十级	九级	八级	七级	六级	五级	四级	三级	二级	一级

为便于农田管理者需要，对每个样品制定土壤健康评价报告，报告内容包含各土壤健康指标的测量值、赋分值、土壤健康综合指数和

等级，以及该土壤存在的主要问题和障碍。具体说来，包含以下 3 部分内容：

(1) 土壤背景信息栏：包括农场所名、联系方式、土样编号、采样日期、作物类型、耕作方式、排水状况、农田地表坡度和土壤质地等信息；

(2) 土壤健康指标栏：包括测定的土壤健康指标的名称、土壤健康指标测定值、土壤健康指标分值（0~ 40 分为低分值，40~60 分为中分值，60~100 分为高分值）、低分值指标反映的土壤受限功能、土壤健康指标值对应的累积频率；

(3) 土壤健康状况综合评价栏：包括土壤健康总分和土壤健康等级。

土壤健康报告示例如下。

表 5 土壤健康报告示例

土壤健康报告				
编号：DA21Z028-② 地点：通榆县新兴乡 G1015 铁科高速林水村 经纬度：122.747474, 44.835123 海拔：160 m 坡度：<2° 土壤类型：深位苏打盐化碱土 土壤质地：粘粒 5.7%，粉粒 13.4%，砂粒 80.8% Loamy sand 作物：玉米 田间观察情况：沙土，土壤较干。 土壤健康状况：土壤化学、物理、生物性质均存在限制因	土壤健康指标	测量值	赋分值（百分制）	土壤受限功能
	物理指标			
	容重(g/cm <sup>3</sup> )	1.39	82	土壤通气、入渗、根系生长
	田间持水量 (%)	28.06	51	土壤保水性
	粘粒含量(%)	5.72	38	土壤结构稳定性
	砂粒含量(%)	69.85	0	土壤结构稳定性
	电导率(μm/cm)	79.56	33	
	化学指标			
	酸碱度	8.66	10	碱胁迫与作物营养有效性
	有机碳(g/kg)	5.74	8	
	生物指标			
	微生物量碳(mg/kg)	80.29	20	土壤生物活性
	土壤呼吸速率(pmol/g*s)	1.15	39	土壤生物活性

子，主要为土壤肥力低、作物养分供应能力差、保水性差、生物活性低。	呼吸熵(pmol/g*h)	6.17	16	土壤生物活性（碳利用效率低）
	土壤健康总分	—	29.7	八级（低）健康程度

## （二）技术经济认论证及预期效果

技术角度看，本标准采用成熟的评价框架和统计分析方法，指标筛选、赋分和综合评价过程具有明确的理论基础和可重复性，所选指标均可通过现有常规实验室检测方法获得，不涉及复杂仪器或高成本新技术，技术实现路径清晰。

从经济角度看，通过最小数据集方法，将备选指标数量从 46 项缩减至 10 项，在保证评价信息完整性的前提下，大幅降低了样品检测和数据处理成本。与全指标测定相比，检测费用和时间成本显著下降，有利于在区域尺度和长期监测中推广应用。标准采用等权重和概率分布赋分方法，避免了复杂权重确定和主观调整过程，减少技术人员培训和应用成本，适合在农业科研、技术推广和基层管理中应用。

此外，标准土壤健康评价结果报告直观明了，明确了各样本的土壤健康指标测定值、土壤健康指标分值、土壤受限功能等信息，实用性强，便于农田管理者因地制宜制定土壤健康保育计划和生产目标。实施基于土壤健康评价的精准管理措施，有望提高肥料利用率，降低投入成本和环境影响，长期应用有助于提升土壤健康和土地可持续利用。

## 四、标准涉及的相关知识产权说明：

无。

## 五、采用国际标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规

**和强制性标准的关系；**

本标准在编制过程中，主要基于公开发表的科学文献、国际通行的土壤健康评价理论框架以及标准编制团队承担的科研项目成果，未涉及国际标准的采用。

标准制定过程遵循《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国农业法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》《中华人民共和国黑土地保护法》等法律法规。标准中计量单位采用法定计量单位；标准的格式，编制和表达方法，按国家标准的要求制订。

本标准的制定主要是描述了土壤健康、土壤自然健康的术语和定义，提出了旱地农田黑土健康评价指标筛选和评价方法等。土壤健康物理、化学和生物学指标的测定方法参考了多个国标、行标和团体标准，做到了与现有相关标准的有效衔接。本标准适用于旱地农田黑土的自然健康评价、障碍因子识别与土壤健康管理。标准与现行的法律、法规和强制性标准无冲突。

## **六、重大意见分歧的处理经过和依据；**

无

## **七、其他应予说明的事项。**

标题修改相关说明：本标准初次申请提交的标题为“黑土自然健康评价标准（Soil Health Assessment Standard for the Black Soil）”，在对外征求专家意见过程中，多位专家对原标题提出修改意见，认为原标题中“黑土自然健康”的意义不明确，且未体现是

农田还是自然土壤，是旱地还是水田，并存在中英文题目不对应等问题。根据专家的意见，我们最终将标题修改为“旱地农田黑土健康评价方法（Soil health assessment methodology for upland black soil）”，并在术语和定义中对“土壤健康”的定义及本标准中土壤健康评价的范畴进行了说明。具体如下：

“土壤健康是指土壤作为一个动态生命系统持续维持植物、动物和人类生命活动功能的能力。

本标准中土壤健康评价主要针对土壤自然健康（Soil attribute health）而言，指在现有土地利用和管理背景下，由土壤固有的物理、化学和生物等自然属性所体现的土壤健康状况，不包括对人为耕作和管理等的评价。