

团 体 标 准

T/CAGDRS XX—2025

盐碱地小麦遥感监测技术规范

Technical specification for remote sensing monitoring of wheat in
saline-alkali land

征求意见稿

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施



中国农业绿色发展研究会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 遥感影像获取与处理 2

6 缺苗率监测 3

7 长势监测 4

8 产量监测 5

9 监测成果 6

附 录 A （资料性） 小麦生育时期..... 7

附 录 B （资料性） 植被指数计算公式..... 8

参考文献 9

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。

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。

本文件由北京派得伟业科技发展有限公司提出并组织实施。

本文件由中国农业绿色发展研究会归口。

本文件起草单位：北京派得伟业科技发展有限公司、北京市农林科学院信息技术研究中心、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

本文件主要起草人：卢闯、董士伟、李银坤、武雪萍、潘瑜春、刘玉、顾晓鹤、余强毅、李文娟、陆苗、郜允兵、李存军、单东方、任艳敏、李淑华。

盐碱地小麦遥感监测技术规范

1 范围

本文件规定了利用无人机多光谱影像进行盐碱地小麦缺苗率、长势、产量监测的处理流程、技术方法以及成果报告编写等要求。

本文件适用于滨海盐碱地区小麦无人机遥感监测。

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 42828.3 盐碱地改良通用技术 第3部分：生物改良
- GB/T 30115 卫星遥感影像植被指数产品规范
- GB/T 37804 冬小麦苗情长势监测规范
- GB/T 20257.1 国家基本比例尺地图图式 第1部分：1:500 1:1 000 1:2 000地形图图式
- NY/T 4151 农业遥感监测无人机影像预处理技术规范
- NY/T 4373 面向主粮作物农情遥感监测田间植株样品采集与测量
- NY/T 2419 植株全氮含量测定 自动定氮仪法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

盐碱地 saline-alkali land

土壤中含有较多的可溶性盐分而使非耐盐性植物不能正常生长的土地。

[来源：GB/T 42828.3—2023，3.1]

3.2

多光谱影像 multispectral image

多光谱相机通过摄影或扫描的方式，在同一时间内获取相同目标若干谱段信息的数字图像。

[来源：NY/T 4151—2022，3.2]

3.3

植被指数 vegetation index

一种利用遥感影像不同谱段数据的线性或非线性组合而形成的能反映绿色植物的生长状况和分布的特征指数。

[来源：GB/T 30115—2013，3.11]

3.4

缺苗率 seedling deficiency rate

作物单位面积或单位行长中，无苗区域所占的比例。

3.5

长势 growth conditions

作物生长状况及变化趋势。

3.6

产量 wheat yield

作物籽粒产品的单位面积收获量。

3.7

生育时期 growth stage

作物在生长发育过程中，按照器官形成顺序和生长发育特征，植株外部形态特征呈现显著变化的几个时期。

[来源：GB/T 37804—2019，5.3]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

RTK 实时动态差分测量系统（Real Time Kinematic）

SDR 缺苗率（Seedling Deficiency Rate）

CGI 综合长势指数（Comprehensive Growth Index）

LAI 叶面积指数（Leaf Area Index）

AGB 地上生物量（Aboveground Biomass）

NC 植株含氮量（Nitrogen Content）

5 遥感影像获取与处理

5.1 监测设备

无人机多光谱影像获取系统由飞行器、云台、RTK定位、多光谱传感器、电池、遥控器等部件组成，多光谱传感器应至少具备蓝波段、绿波段、红波段、红边波段、近红外波段。

5.2 监测时期与频次

5.2.1 在易受土壤盐分影响的小麦关键生育时期获取无人机多光谱影像，至少应包括小麦分蘖期、返青期、拔节期、孕穗期、开花期、乳熟期，小麦的生育时期参照附录A。

5.2.2 监测频率为每个关键生育时期至少监测1次，在春季返盐高峰期（如拔节期）以及田间灌水前、灌水后应适当加密监测。

5.3 监测要求

监测要求如下：

a) 根据空域管理部门相关规定，在非禁飞区申请空域后进行监测；

- b) 选择平坦开阔、有代表性的地块，同时避免高大树木、电线杆等障碍物对监测工作的影响，在晴朗、光照稳定、无云层遮挡、风力不超过 4 级的天气条件下开展监测；
- c) 监测时间为北京时间 10:00 至 14:00 之间；
- d) 多光谱影像地面分辨率至少达到 2 cm，飞行高度应根据地面分辨率要求进行设置，航向重叠率和旁向重叠率至少达到 75%；
- e) 无人机起飞前需采集黑白灰三色辐射定标板数据；
- f) 在同一个监测区，多期监测所布设的航线、航高、飞行速率及飞行姿态应保持一致。

5.4 多光谱影像获取与处理

- 5.4.1 无人机多光谱影像获取与处理应按照 NY/T 4151 的规定执行。
- 5.4.2 基于处理后的无人机多光谱影像计算植被指数，常用植被指数计算公式参见附录 B。

6 缺苗率监测

6.1 监测指标及监测时期

基于小麦分蘖期至返青期获取的无人机多光谱影像监测小麦缺苗率，数值越大表示缺苗比例越高。

6.2 监测模型构建

6.2.1 植被指数筛选

基于遥感图像处理软件筛选植被指数，基于Jeffries-Matusita距离法（J-M距离）评估各植被指数对小麦与土壤的区分能力，选择J-M距离值大于1.0且数值最大的植被指数。

6.2.2 小麦行提取

采用最大类间方差法确定小麦与土壤的分割阈值，使用霍夫变换方法检测小麦行直线，角度容差± 2°，以行中心线为基准，按实际行距生成平行缓冲区。

6.2.3 缺苗检测

沿小麦行中心线以像元间隔（即影像地面分辨率）采样植被指数值，连续10 cm长的植被指数值高于或低于分割阈值则记为缺苗。

6.2.4 缺苗率计算

监测区域缺苗率的计算公式按（1）计算：

$$SDR = l / L \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- SDR ——小麦缺苗率，%；
- L ——统计单元内小麦缺苗长度，cm；
- L ——统计单元内小麦行总长度，cm。

6.3 精度验证

应用网格化抽样方法，在监测区内选取不少于30个样方进行地面调查，网格大小应按照无人机影像覆盖大小确定。地面调查时间与无人机多光谱影像获取时间前后相差不超过2天，在每个样方内按照GB/T 37804 规定的方法调查小麦缺苗率，并使用RTK定位记录样方位置。

选择决定系数（ R^2 ）作为精度评价指标，按照公式（2）计算，决定系数 R^2 应 ≥ 0.6 ，精度验证不合格则应优化指数筛选和缺苗检测方法，直至满足精度要求。

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R^2 ——决定系数；

n ——地面调查样方数量；

y_i ——第*i*个样方的地面调查值；

\hat{y}_i ——第*i*个样方的无人机监测值；

\bar{y} ——地面调查值均值。

7 长势监测

7.1 监测指标及监测时期

7.1.1 小麦长势监测指标包括叶面积指数、地上生物量、植株含氮量，基于长势指标监测结果构建综合长势指数 CGI，以综合反映小麦的生长状况。

7.1.2 长势监测时期为小麦拔节期至开花期，每次监测需同步获取 3 项监测指标。

7.2 长势监测指标模型构建与精度验证

7.2.1 地面样品采集与测试

7.2.1.1 应用网格法均匀布设样方进行地面样品采集与测试，样方数量应满足模型构建和验证计算要求，一般不少于 30 个，网格大小应按照无人机影像覆盖大小确定。地面测试时间与无人机多光谱影像获取时间前后相差不超过 2 天。

7.2.1.2 每个样方分别按照 GB/T 37804、NY/T 4373、NY/T 2419 中规定方法测试小麦叶面积指数、地上生物量、植株含氮量，并使用 RTK 定位记录样方位置。

7.2.1.3 将地面测试数据按 7:3 比例划分为训练样本和验证样本，训练样本应用于构建模型，验证样本应用于检验模型精度。

7.2.2 植被指数筛选

根据地面测试样方位置信息提取多种植被指数作为备选，运用相关性分析分别筛选出与小麦叶面积指数、地上生物量、植株含氮量相关系数高于0.5的敏感植被指数。

7.2.3 反演模型建立

以敏感植被指数为自变量、长势指标地面测试数据为因变量，根据样本量、数据维度选择多元线性回归、随机森林、极端梯度提升、神经网络等机器学习方法，分别建立小麦叶面积指数、地上生物量、植株含氮量的反演模型。

7.2.4 精度验证

基于验证样本，采用6.3中的方法进行模型精度验证，决定系数 R^2 应 ≥ 0.6 ，精度验证不合格则应重新筛选敏感植被指数，更换或重新训练反演模型，直至满足精度要求。

7.3 综合长势指数构建与分级

7.3.1 综合长势指数构建

利用敏感植被指数及训练好的反演模型对整个监测区域进行长势指标监测。叶面积指数、地上生物量、植株含氮量对于表征小麦长势的贡献度均等，按照公式（3）构建小麦综合长势指数 CGI ：

$$CGI = (LAI + AGB + NC) / 3 \dots\dots\dots (3)$$

式中：

CGI ——小麦综合长势指数；

LAI ——经过归一化处理后的小麦叶面积指数无人机多光谱影像监测结果；

AGB ——经过归一化处理后的小麦地上生物量无人机多光谱影像监测结果；

NC ——经过归一化处理后的小麦植株含氮量无人机多光谱影像监测结果。

其中，监测指标归一化处理使用最小值—最大值线性归一化方法，按公式（4）计算。

$$GI_n = (GI - GI_{min}) / (GI_{max} - GI_{min}) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

GI_n ——归一化处理后的小麦长势监测指标；

GI ——模型反演的小麦长势监测指标；

GI_{max} ——模型反演的小麦长势监测指标最大值；

GI_{min} ——模型反演的小麦长势监测指标最小值；

7.3.2 长势分级

基于综合长势指数，参考表1进行小麦综合长势分级。

表1 小麦综合长势分级

小麦综合长势 分级	好（1级）	较好（2级）	正常（3级）	较差（4级）	差（5级）
小麦综合长势 指数区间	[0.80, 1.00]	[0.60, 0.80)	[0.40, 0.60)	[0.20, 0.40)	[0.00, 0.20)

8 产量监测

8.1 监测指标及监测时期

基于小麦开花期至乳熟期获取的无人机多光谱影像进行产量遥感监测。

8.2 监测模型构建

8.2.1 按照 7.2.1 中的方法布设地面测产样方并划分训练样本和验证样本，地面测产时间为小麦成熟期，测产方法按照 NY/T 4373 规定执行。

8.2.2 根据地面测产样方位置信息提取开花期至乳熟期的多种植被指数作为备选，运用相关性分析筛选出与小麦产量相关系数高于 0.5 的敏感植被指数。

8.2.3 以敏感植被指数为自变量、地面测产数据为因变量，根据样本量、数据维度选择多元线性回归、随机森林、极端梯度提升、神经网络等机器学习方法，建立小麦产量的反演模型。

8.3 精度验证

基于验证样本，采用6.3中的方法进行模型精度验证，决定系数 R^2 应 ≥ 0.6 ，精度验证不合格则应重新筛选敏感植被指数，更换或重新训练反演模型，直至满足精度要求。

9 监测成果

9.1 专题制图

9.1.1 制作小麦缺苗率、长势、产量的遥感监测空间分布专题图以及综合长势分级图。

9.1.2 基本地图要素应按 GB/T 20257.1 的要求确定，要素应包括图例、指北针、经纬度坐标、比例尺和图名等。

9.2 监测报告

9.2.1 监测报告内容应包括监测时间、监测区域、无人机飞行参数、传感器参数、监测技术流程、模型构建和精度评价等信息。

9.2.2 监测结果宜采用统计表格和图片等形式呈现，统计表格包括监测区小麦缺苗率、长势、产量的统计信息。

9.2.3 图片信息应包括地面实测样方照片和小麦缺苗率、长势、产量的遥感监测空间分布专题图。

附 录 A
(资料性)
小麦生育时期

参照GB/T 37804，小麦生育时期划分见表A.1。

表 A. 1 小麦生育时期

序号	小麦生育时期	形态特征
1	出苗期	监测区50%以上的植株第1片真叶露出地表2 cm~3 cm
2	三叶期	监测区50%以上的植株第3片真叶伸出2 cm
3	分蘖期	监测区50%以上的植株第一分蘖露出叶鞘2 cm
4	越冬期 ^a	冬前连续5日平均气温稳定降至0 ℃、麦苗停止生长
5	返青期 ^a	监测区50%以上的植株叶片由青紫色转为鲜绿色、心叶长出1 cm~2 cm
6	起身期	监测区50%以上的植株由匍匐转为直立生长、基部节间开始伸长0.2 cm~0.5 cm
7	拔节期	监测区50%以上单茎的茎基部第一节间露出地面1.5 cm~2 cm
8	孕穗期	监测区50%以上的旗叶抽出叶鞘并完全展开，旗叶叶鞘包着的幼穗明显膨大
9	抽穗期	监测区50%以上麦穗由叶鞘中露出穗长的1/2
10	开花期	监测区50%以上麦穗中上部小花的内外颖张开、花丝伸长、花药外露
11	乳熟期	开花后10 d左右，籽粒开始沉积淀粉，胚乳呈炼乳状
12	成熟期	茎、叶、穗发黄，胚乳呈蜡质状，籽粒开始变硬，基本达到该品种固有色泽
注： ^a 指冬小麦		

附 录 B
(资料性)
植被指数计算公式

常用植被指数计算公式见表B.1。

表 B.1 常用植被指数计算公式

指数名称	计算公式
归一化差值植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)	$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$
增强植被指数 (Enhanced Vegetation Index, EVI)	$EVI = 2.5 \times (NIR - Red) / (NIR + 6 \times Red - 7.5 \times Blue + 1)$
归一化差异红边指数 (Normalized Difference Red Edge, NDRE)	$NDRE = (NIR - Red\ Edge) / (NIR + Red\ Edge)$
绿色归一化差异植被指数 (Green Normalized Difference Vegetation Index, GNDVI)	$GNDVI = (NIR - Green) / (NIR + Green)$
叶绿素吸收比率指数 (Modified Chlorophyll Absorption Ratio Index, MCARI)	$MCARI = [(Red\ Edge - Red) - 0.2 \times (Red\ Edge - Green)] \times (Red\ Edge / Red)$
土壤调整植被指数 (Soil-Adjusted Vegetation Index, SAVI)	$SAVI = (NIR - Red) \times (1 + L) / (NIR + Red + L)$
注：NIR、Red Edge、Red、Blue、Green分别为近红外波段、红边波段、红光波段、蓝光波段、绿光波段的反射率，L为调整因子	

参 考 文 献

- [1] 第三次全国土壤普查技术规程规范（修订版）
(http://www.moa.gov.cn/ztzl/dscqgtrpc/zywj/202307/t20230720_6432535.htm)
- [2] DB 37/T 3446—2018 基于无人机的小麦群体长势大面积智能监测技术规程
-