

T/JAASS

江苏省农学会团体标准

T/JAASS XXXX—2026

水稻蛋白质含量无人机光谱遥感监测技术 规程

Technical for monitoring rice protein content using UAV-based spectral remote
sensing

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

江苏省农学会 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 原理	1
5 数据采集方法	1
5.1 水稻蛋白质含量数据	1
5.2 无人机高光谱图像	1
5.3 植被指数计算	1
6 蛋白质含量反演模型	2
6.1 多元逐步回归模型	2
6.2 BP 神经网络回归模型	3
6.3 模型选择建议	3
6.4 BP 神经网络模型的使用条件	3
7 品种筛选方法	3

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。

本文件由江苏省农学会提出并归口。

本文件起草单位：扬州大学、靖江市农业科学技术推广中心、苏州市农业科学院。

本文件主要起草人：孙成明、孙乾、陆桂清、严长杰、刘涛、乔中英、杨宜豪。

水稻蛋白质含量无人机光谱遥感监测技术规程

1 范围

本标准规定了基于无人机光谱遥感技术的水稻蛋白质含量监测的原理、数据采集方法、蛋白质含量反演模型、品种筛选方法。

本文件适用于江苏省稻麦轮作区水稻蛋白质含量无人机光谱遥感监测与品种筛选。

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 40038-2021 植被指数遥感产品真实性检验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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。

[GB/T 40038-2021 定义3.5]

3.2

光谱反射率 spectral reflectance

物体对某一波段电磁波的反射辐射通量与其入射辐射通量的比值。

4 原理

基于水稻品质形成的光谱响应规律，通过无人机光谱成像技术获取水稻冠层光谱空间分布数据，建立水稻蛋白质含量定量反演模型，实现稻米蛋白质含量的无损化、高通量监测，为水稻品种精准筛选提供科学依据。

5 数据采集方法

5.1 水稻蛋白质含量数据

采用BCA法蛋白试剂盒，测定实验室研磨粉碎后得到的稻米样品粉末中可溶性蛋白质含量。

5.2 无人机高光谱图像

通过航点规划，利用无人机搭载高光谱相机分别获取拔节期、孕穗期、抽穗期、灌浆期的水稻冠层高光谱图像。

5.3 植被指数计算

在数据分析阶段，从高光谱图像中提取以下四种植被指数：

1) *VOG2* 计算如公式（1）：

$$VOG2 = \frac{R_{734} - R_{746}}{R_{714} + R_{726}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

VOG2——Vogelmann红边指数2;
*R*₇₁₄ ——波长714 nm处的光谱反射率数值;
*R*₇₂₆ ——波长726 nm处的光谱反射率数值;
*R*₇₃₄ ——波长734 nm处的光谱反射率数值;
*R*₇₄₆ ——波长746 nm处的光谱反射率数值。

2) *MSAVI* 计算如公式 (2) :

$$MSAVI = \frac{2 \times R_{800} + 1 - \sqrt{(2 \times R_{800} + 1)^2 - 8 \times (R_{800} - R_{670})}}{2} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

MSAVI——改进土壤调整植被指数;
*R*₆₇₀ ——波长670 nm处的光谱反射率数值;
*R*₈₀₀ ——波长800 nm处的光谱反射率数值。

3) *DVI* 计算如公式 (3) :

$$DVI = NIR - R \dots\dots\dots (3)$$

式中:

DVI——差值植被指数;
R ——红光波段的光谱反射率数值;
NIR——近红外波段的光谱反射率数值。

4) *TVI* 计算如公式 (4) :

$$TVI = 60 \times (NIR - G) - 100 \times (R - G) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

TVI——三角植被指数;
G ——绿光波段的光谱反射率数值;
R ——红光波段的光谱反射率数值;
NIR——近红外波段的光谱反射率数值。

6 蛋白质含量反演模型

6.1 多元逐步回归模型

6.1.1 基于 *VOG2* 估测籽粒蛋白质含量的三次函数模型的训练集 *R*² 为 0.7472, 验证集 RMSE 为 0.7837; 回归方程如公式 (5) :

$$y = 48178x^3 + 9675.6x^2 + 545.45x + 12.553 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

y——籽粒蛋白质含量;
x——*VOG2*的数值。

6.1.2 基于 *MSAVI* 估测籽粒蛋白质含量的三次函数模型的训练集 *R*² 为 0.6235, 验证集 RMSE 为 0.8819; 回归方程如公式 (6) :

$$y = -309.47x^3 + 528.11x^2 - 251.56x + 39.589 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

y——籽粒蛋白质含量;
x——*MSAVI*的数值。

6.1.3 基于 *DVI* 估测籽粒蛋白质含量的三次函数模型的训练集 *R*² 为 0.6655, 验证集 RMSE 为 0.8178; 回归方程如公式 (7) :

$$y = 2988.4x^3 - 1722.2x^2 + 329.08x - 17.843 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

y ——籽粒蛋白质含量；

x —— DVI 的数值。

6.1.4 基于 TVI 估测籽粒蛋白质含量的三次函数模型的训练集 R^2 为 0.6315，验证集 RMSE 为 0.8726；回归方程如公式（8）：

$$y = -0.0018x^3 + 0.1649x^2 - 3.1598x + 20.263 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

y ——籽粒蛋白质含量；

x —— TVI 的数值。

6.2 BP 神经网络回归模型

使用BP神经网络回归模型，将植被指数中与籽粒蛋白质含量呈极显著相关的 $VOG2$ 、 $MSAVI$ 、 DVI 、 TVI 四种植被指数作为输入层的神经元，将籽粒蛋白质含量作为输出层的1个神经元，得到的模型结果为：训练集的 R^2 为 0.95163，RMSE 为 0.34926；测试集的 R^2 为 0.96193，RMSE 为 0.28121。

6.3 模型选择建议

选择BP神经网络模型估测水稻籽粒蛋白质含量。

6.4 BP 神经网络模型的使用条件

6.4.1 输入数据应来源于无人机高光谱影像，且植被指数需经过预处理（如标准化或归一化），以确保数据分布符合模型要求（通常数据服从正态分布）。

6.4.2 模型适用于样本量充足的情况（训练集样本数建议不少于 100 个），且数据应代表不同水稻品种、生长阶段和环境条件，以增强泛化能力。

6.4.3 训练过程中，应设置合理的模型参数：隐藏层中的最佳神经元数量为 5 个，最大训练迭代设置为 1000 次，最小训练率为 0.03，训练网络的目标误差设置为 0.00001。

7 品种筛选方法

以籽粒蛋白质含量 > 7% 的阈值筛选水稻品种。