

# 芒果叶片反演方法探究及其生化组分分析

张 凤

泰国格乐大学 泰国曼谷 10220

**摘 要:** 芒果叶反演方法涉及光谱数据获取与处理、特征提取与选择以及反演模型建立与验证三个关键步骤。遥感数据采集包括卫星成像和无人机测量, 经过预处理后, 光谱特征提取涉及常见指数和先进技术。反演模型通常基于光谱测量与生化浓度的经验关系, 而传统方法正被机器学习和深度学习技术所取代。

**关键词:** 芒果叶片; 反演方法; 生化组分

## 引言:

芒果叶反演方法在农业生产和生态环境监测中发挥着重要作用。光谱数据的获取与处理、特征提取与选择以及反演模型建立与验证是该方法的核心步骤。随着遥感技术的不断发展和机器学习算法的应用, 对芒果叶生化组分的准确估计和分析能力将不断增强, 为农业管理和生态保护提供可靠支持。

## 一、芒果叶片反演方法

### (一) 光谱数据获取与处理

芒果叶逆光谱数据的采集和处理涉及关键步骤, 以确保所获得信息的准确性和可靠性。遥感数据采集是芒果叶反演方法的基础, 有助于从目标区域收集光谱信息。各种遥感技术, 例如卫星成像和无人机测量, 被用来捕捉多光谱或高光谱数据。配备多个光谱波段的卫星传感器具有覆盖范围广的优势, 可以对大型农业区进行全面分析。另一方面, 无人机提供高分辨率图像, 可以详细检查单棵树甚至树叶的特定部分。数据预处理对于提高遥感数据质量并为后续分析做好准备是必不可少的。此步骤涉及一系列旨在纠正错误、降低噪声和提取相关信息的过程。最初, 从远程传感器获得的原始光谱数据经过校准, 以纠正特定于传感器的偏差和不一致。该校准过程确保采集的数据准确反映芒果叶的真实光谱特征。

随后, 应用大气校正和几何校正等数据预处理技术来减轻由地形变化或传感器视角引起的大气干扰和几何畸变的影响。大气校正算法通过补偿大气散射和吸收来调整光谱反射率值, 从而产生更准确的表面特性测量。同样, 几何校正技术可以纠正影像中的空间扭曲, 确保像素被准确地地理定位并与相应的地理坐标对齐。此外, 还可以采用降噪技术, 如平滑滤波器或主成分分析, 来抑制随机变化并增强频谱数据的信噪比。这些预处理步骤对于提高反光谱数据的可靠性和可解释性至关重要, 有助于更精确地分析和解释芒果叶中的生化成分<sup>[1]</sup>。

### (二) 特征提取与选择

光谱特性是指芒果叶在不同波长上反射或发射的独特电磁辐射模式。这些光谱特征提供了有关叶片生化组成、生理状态和结构特性的宝贵信息。在逆向分析的背景下, 研究人员从获取的遥感数

据中提取光谱特征, 以表征特定波长下叶片的反射率或吸收特性。常见的光谱指数, 如归一化差异植被指数 (NDVI)、增强植被指数 (EVI) 和叶绿素指数 (CI), 通常用于量化各种植被特性, 包括叶绿素含量、叶片含水量和冠层结构。这些指数利用了对叶绿素吸收、吸水及冠层结构敏感的特定光谱带, 使研究人员能够对芒果叶的生理和生化特征获得有意义的见解。

此外, 先进的光谱分析技术, 如光谱解混合和光谱衍生物分析, 允许将复杂的光谱特征分解为成分成分, 从而增强与不同生化成分相关的细微变化的检测和定量。通过提取相关的光谱特征和模式, 研究人员可以有效地区分健康和受胁迫的植被, 并量化芒果叶中关键生化化合物的浓度<sup>[2]</sup>。

除了光谱特征外, 芒果叶的反向分析还涉及考虑光谱特性与特定生化成分之间的关系。各种生化化合物, 如叶绿素、类胡萝卜素、水、淀粉和蛋白质, 表现出不同的光谱特征, 可用于估计它们在叶子中的浓度。例如, 叶绿素是负责光合作用的主要色素, 在可见光和近红外光谱区域表现出特征性的吸收峰。通过将些吸收特征与叶绿素浓度相关联, 研究人员可以开发基于光谱测量量化芒果叶中叶绿素含量的经验模型或算法。同样, 其他生化成分, 如含水量、淀粉和蛋白质, 表现出可用于定量分析的特定光谱响应。通过了解与这些生化成分相关的光谱特征, 并与光谱指数或特征建立经验关系, 研究人员可以有效地估计它们在芒果叶中的浓度, 为植物的生理和营养状况提供有价值的见解。

### (三) 反演模型建立与验证

传统的反演模型基于光谱测量值与通过统计分析或物理建模建立的生化浓度之间的经验关系。这些模型通常涉及回归技术, 其中光谱特征用作输入变量来预测目标生化成分的浓度。一种常用的传统反演模型是基于光谱指数的方法, 它利用预定义的数学公式或光谱波段的组合来估计生化浓度。例如, 在叶绿素估计的情况下, 应用叶绿素含量指数 (CCI) 或修正叶绿素吸收比指数 (MCARI) 等模型从光谱数据中得出叶绿素浓度。线性回归模型, 如多元线性回归 (MLR) 或偏最小二乘回归 (PLSR), 通常用于建立光谱反射率和生化浓度之间的定量关系。这些模型利用多个波长的光谱信息

来预测各种生化成分的浓度，包括叶绿素、含水量和营养水平。

传统反演模型的验证通常涉及对独立数据集的验证或在实验室环境中进行的生化分析。决定系数 ( $R^2$ )、均方根误差 (RMSE) 和偏差等性能指标用于评估模型预测的准确性和可靠性。

近年来，机器学习和深度学习技术因其从高维数据中提取复杂模式和非线性关系的能力而在遥感领域获得了突出地位。这些方法为构建能够捕获复杂光谱-生化相互作用的反演模型提供了强大的工具。机器学习算法，如支持向量机 (SVM)、随机森林 (RF) 和神经网络 (NN)，通常用于开发用于估计芒果叶生化成分的反演模型。这些算法从训练数据中学习，以建立光谱特征和生化浓度之间的预测关系，从而实现灵活和数据驱动的建模方法。

## 二、生化组分分析

### (一) 叶绿素含量分析

光谱反演方法依靠叶绿素独特的光谱特征来估计其在芒果叶中的浓度。叶绿素主要在电磁波谱的蓝色和红色区域吸收光，同时反射绿光，使叶子具有特有的绿色。光谱指数，如叶绿素指数 (CI) 或归一化差异植被指数 (NDVI)，利用对叶绿素吸收敏感的特定波长来推导叶绿素含量。这些指数是使用从遥感平台或现场光谱仪获得的光谱反射率测量值计算的。通过分析芒果叶在不同波长下的光谱响应，光谱反演方法可以根据与叶绿素分子相关的吸收特征的大小来推断叶绿素浓度。通常开发校准模型来建立光谱指数和叶绿素浓度之间的经验关系，从而能够定量估计芒果叶中的叶绿素含量。

生化分析可作为参考标准，用于验证通过光谱反演方法获得的叶绿素估计的准确性。实验室技术，如高效液相色谱 (HPLC) 或分光光度法，通常用于量化叶组织提取物中的叶绿素浓度。为了验证光谱反演方法的结果，收集芒果叶样本并进行生化分析，以确定其实际叶绿素含量。然后将测得的叶绿素浓度与光谱反演技术得出的估计值进行比较。统计指标，包括相关系数、均方根误差 (RMSE) 和偏差，用于评估两组数据之间的一致性<sup>[9]</sup>。

### (二) 水分含量分析

红外反演法利用近红外 (NIR) 光谱区域的吸水原理来估计芒果叶片中的含水量。由于 OH 键的存在，水分子吸收近红外光谱中的辐射，从而产生特征性吸收特征。光谱指数，如归一化差分水分指数 (NDWI) 或水带指数 (WBI)，利用这些吸收特征来推导含水量。配备红外传感器的遥感平台捕获光谱数据，然后使用反演算法对其进行处理，以估计芒果叶中的水分含量。这些算法利用光谱反射率和吸水率特征之间的数学关系来计算叶片组织中水分的比例。开发校准模型以建立光谱指数与含水量之间的经验相关性，便于定量估计。

生化分析可作为验证工具，用于验证红外反演方法得出的含水量估计值的准确性。采用实验室技术，如重量法或光谱法，直接测量芒果叶样品中的水分含量。为了验证红外反演法获得的结果，收集芒果叶样品并进行生化分析以确定其实际含水量。然后将测得的

含水量值与红外反演技术得出的估计值进行比较。统计分析 (包括相关系数和误差指标) 用于评估两个数据集之间的一致性。生化分析验证不仅验证了红外反演方法的可靠性，而且揭示了含水量估计技术的准确性和局限性。通过整合光谱和生化分析，研究人员可以改进反演模型并增强其预测性能，以准确评估芒果叶中的水分含量。

### (三) 其他生化组分分析

淀粉是植物的主要储存碳水化合物，在能量代谢和生长中起着至关重要的作用。分析芒果叶中的淀粉含量可以深入了解碳水化合物储备和对环境条件的生理反应。为了量化淀粉含量，通常采用生化方法，例如酶法测定法或比色法测定法。这些方法包括从叶片组织中提取淀粉并将其酶水解成葡萄糖，然后使用葡萄糖特异性测定进行定量。或者，碘染色技术可用于根据蓝黑色复合物的形成直观地评估叶片组织中的淀粉积累。近红外光谱 (NIRS) 和傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 等光谱技术也被探索用于芒果叶中淀粉含量的无损估计。这些技术利用与淀粉分子相关的独特光谱特征来开发淀粉定量的预测模型。

芒果叶中的蛋白质含量表明了它们的氮状况和生长潜力。蛋白质在各种生理过程中起着至关重要的作用，包括酶催化、结构支持和防御机制。生化测定，如布拉德福德测定或凯氏定氮法，通常用于测定叶片样品中的蛋白质含量。这些方法涉及蛋白质提取，然后基于比色法或基于滴定法的测定进行定量。Bradford 测定法利用蛋白质-染料结合相互作用来估计蛋白质浓度，而凯氏定氮法涉及将蛋白质消化成氮化合物，然后通过滴定进行定量。分光光度法技术，如紫外-可见光谱法，也可用于通过测量蛋白质键特定波长特征下的吸光度来定量蛋白质。此外，红外光谱技术，如衰减全反射傅里叶变换红外光谱 (ATR-FTIR)，为基于与蛋白质官能团相关的光谱特征的芒果叶蛋白质分析提供了无损替代方案。

## 三、结语

本研究系统探讨了芒果叶反演方法的关键步骤与技术应用。未来可进一步结合先进算法提高模型预测性能，促进农业精准管理与生态环境监测。

## 参考文献:

- [1]姚令, 吴石平, 陈小均, 黄海, 陈文. 贵州芒果炭疽菌种类鉴定及表型特征分析[J]. 现代园艺, 2023, 46 (16): 1-3.
- [2]莫佳佳, 黄玉清, 靳佳, 闫妍. 芒果叶片水分含量估算光谱指数模型的建立[J]. 西南农业学报, 2023, 36 (08): 1677-1685.
- [3]闫超, 辜柳霜, 刘志军, 叶火春, 朱发娣, 张静, 冯岗. 助剂380对杀菌剂在芒果叶片上展着能力的影响[J]. 热带作物学报, 2022, 43 (08): 1646-1653.

作者简介: 张凤; 单位: 泰国格乐大学; 出生年月: 1986年04月12日; 籍贯: 广西贵港市覃塘区; 学历: 硕士研究生; 研究方向: 工程技术管理。