

基于包络线法对土壤光谱特征的提取及其分析*

谢伯承^{1,2} 薛绪掌¹ 刘伟东³ 王纪华¹ 王国栋²

(1 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089)

(2 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西杨凌 712100)

(3 中国气象局北京城市气象研究所, 北京 100089)

HULL-CURVE-METHOD-BASED EXTRACTION AND ANALYSIS OF SOIL SPECTRAL CHARACTERISTICS

Xie Bocheng^{1,2} Xue Xuzhang¹ Liu Weidong³ Wang Jihua¹ Wang Guodong²

(1 National Engineering Research Centre for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China)

(2 College of Resource and Environment Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

(3 Institute of Urban Meteorology, China Meteorological Administration, Beijing 100089, China)

关键词 褐潮土; 光谱反射; 包络线

中图分类号 S153.2 文献标识码 A

土壤的光谱反射率是土壤内在的理化特征之光谱行为的综合反应^[1]。Stoner^[2]比较详细地描述了五大类土壤光谱反射曲线类型及其与土壤性质、土壤发生分类的关系。戴昌达等^[3]根据 360~2 500 nm 的土壤光谱反射率, 将我国主要土壤的光谱反射特性曲线划分为平直型、缓斜型、陡坎型和波浪型四类。王深法等^[4]对浙江省石灰土光谱特征进行分类研究, 对起源不同、发育程度不同的石灰土, 利用石灰土的心土层的光谱特征量为参数, 进行判别归类, 取得了满意的结果。吴豪翔等^[5]对南方山地丘陵的砖红壤、红壤、黄壤、水稻土和紫色土的光谱特征进行了分析, 为土壤的发生分类研究提供了光谱的定量指标。黄应丰等^[6]对代表我国南方主要土壤的砖红壤、赤红壤、红壤、黄壤、水稻土和火山灰土的光谱特征进行研究, 与戴昌达等^[3]的研究结果相类似。以上的研究只是对南方的土壤光谱特性进行了描述和分类, 然而对褐潮土的研究甚少。

本文对褐潮土不同发生层次进行了光谱反射率的测定, 挖掘不同光谱信息, 阐明褐潮土光谱特性及其变化规律, 并对土壤光谱的反射特征进行定量分

析, 试图为土壤的系统分类提供光谱的定量指标。

1 材料与方法

1.1 土样采集与制样

供试土样采自北京市小汤山国家精准农业示范区。土壤为潮土类褐潮土, 共 50 个剖面, 剖面的冲积层分明, 构成多种砂、壤、粘相间的不同土体构型, 剖面中下部出现锈纹锈斑或豆粒状铁锰结核。土壤结构较脆弱, 全剖面有强烈的石灰反应, 剖面构型主要为 Ap(耕作层)-Ab(埋藏表层)-Bk(姜石层)-Bg(潜育层)-母质层。在不同的土层取样, 样品经风干、研磨通过 0.25mm 孔筛。四分法取样 200g, 分两份, 一份用于实验室化学分析, 另一份用于土壤光谱的测量。

1.2 分析测试

1.2.1 化学分析 有机质采用丘林法测定^[7], 粘粒含量测定采用吸管法^[8]。

1.2.2 光谱仪 ASD FR2500 便携式光谱仪光谱范围为 350~2 500 nm。在 350~1 000 nm 范围内采

* 北京市科技新星计划(H020821340130)

作者简介: 谢伯承(1976~), 男, 湖南岳阳人, 硕士研究生, 主要从事土壤信息光谱遥感获取研究和精准农业研究

收稿日期: 2004-01-11; 收到修改稿日期: 2004-06-11

样间隔为 1.4 nm, 在 1 000~2 500 nm 范围内为 2 nm。输出波段数为 2 150(重采样间隔为 1 nm)。

1.2.3 土壤反射率测量⁽¹⁾ 将处理好的土样置于直径 10cm、深 1.5cm 的容器中, 进行室内光谱反射率的测量, 在四周漆为黑色的实验室进行, 8° 视场角的光纤探头在天顶距土壤样本表面 40cm, 光源为距土壤表面 70cm 的能够提供平行光的 1 000 W 卤光灯。光源的天顶角为 15°, 以白色参考板获取绝对反射率。由于光谱仪波段间对能量的响应上的差异, 使光谱曲线存在一些噪声, 因此对其进行了 3 次三点 121 加权移动平均光滑, 消除噪声。

1.3 数据处理

1.3.1 去包络线法提取特征参数 包络线法作为光谱分析方法, 最早由 Clark 和 Roush 提出, 定义为逐点直线连接随波长变化的吸收或反射凸出的

“峰”值点, 并使折线在“峰”值点上的外角大于 180°^[9]。它可以有效地突出光谱曲线吸收和反射特征, 并将其归一到一个一致的光谱背景上, 有利于和其他光谱曲线进行特征数值比较, 从而提取出特征波段进行分类识别。以包络线作为背景, 去掉包络线后即为本光谱的特征吸收带。具体算法为⁽¹⁾:

$$R_c(\lambda) = R_{cr}(\lambda) - R(\lambda) \quad (1)$$

其中 R_c 、 R_{cr} 和 R 分别是去包络(特征吸收)、包络线和光谱反射率值, λ 是波长。经过对光谱反射率曲线去包络后, 能够清晰地看到特征吸收峰。在获取光谱吸收带后, 对吸收带的中心位置、光谱特征吸收面积和光谱吸收的深度进行了计算。吸收深度为吸收位置去包络线后的相对高度(以 H 表示), 特征吸收面积是所包含区域的积分面积(以 S 表示)。

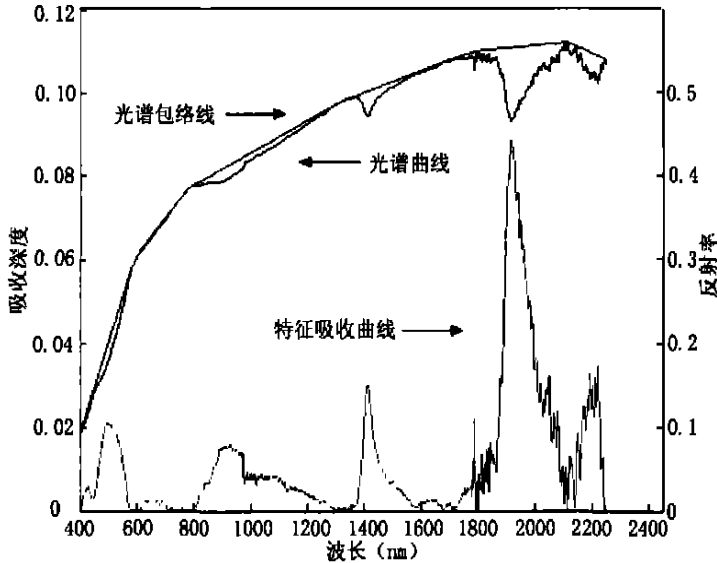


图1 光谱包络线与光谱特征吸收曲线

1.3.2 基于统计的相关分析 用已经获取的光谱特征吸收面积, 与土壤的有机质含量进行相关分析。

$$r_i = \frac{\sum_{n=1}^N (R_n - R_i)(P_n - P)}{\sqrt{\sum_{n=1}^N (R_n - R_i)^2 \sum_{n=1}^N (P_n - P)^2}} \quad (2)$$

此处, r_i 为光谱吸收面积与有机质含量的单相关系数, R_n 为第 n 个土壤样本的光谱吸收面积, R_i 为 N

个土壤样本光谱吸收面积平均值, P_n 为实测的第 n 个土壤有机质含量, P 为实测的 N 个土壤有机质的平均值, N 是样本的数目。

2 结果与讨论

2.1 土壤光谱反射率变化特征

如图 2 所示, 成土母质一致, 不同剖面层次的土壤光谱曲线基本相似, 但土壤反射率有明显的差异。

(1) 刘伟东. 高光谱遥感土壤信息的提取与挖掘. 中国科学院遥感应用研究所博士学位论文, 2002

反射率曲线的主要特征, 在可见光区曲线总体变化比较平缓, 呈上升趋势, 但斜率增高的程度不等, 形成几个波折。进入红外波段后, 在 1 400 nm、1 900 nm、2 200 nm 附近有强烈的吸收谷, 即水分吸收带, 通常认为是与粘土矿物中所含的 OH^- 有关^[10]。这里主要是蒙脱石富含层间水故以最强的 1 900 nm

水分吸收带为特征, 而 1 400 nm 和 2 200 nm 处的吸收相对较弱, 表明 2: 1 型蒙脱石的膨胀性和吸湿力强, 含层间水最多^[10]。由图 2 可以看出, 在波段 1 900~ 2 500 nm 内 Ab 层土壤反射率低于 Ap 层土壤反射率, 其主要原因 Ab 层结构较好, 粘粒含量较多, 土壤持水能力增强, 反射率降低^[10, 11]。

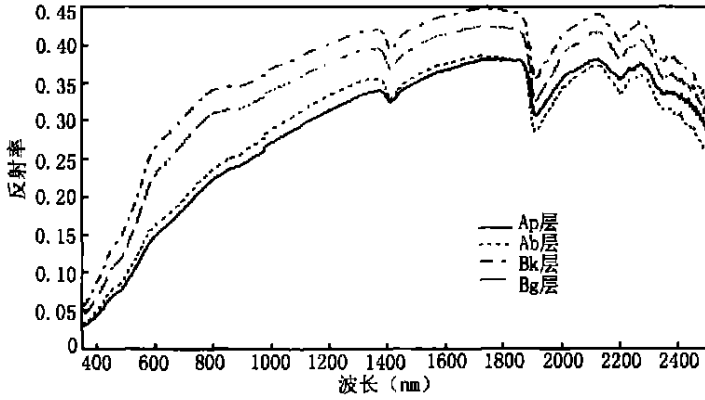


图 2 不同发生层次光谱反射率变化特征

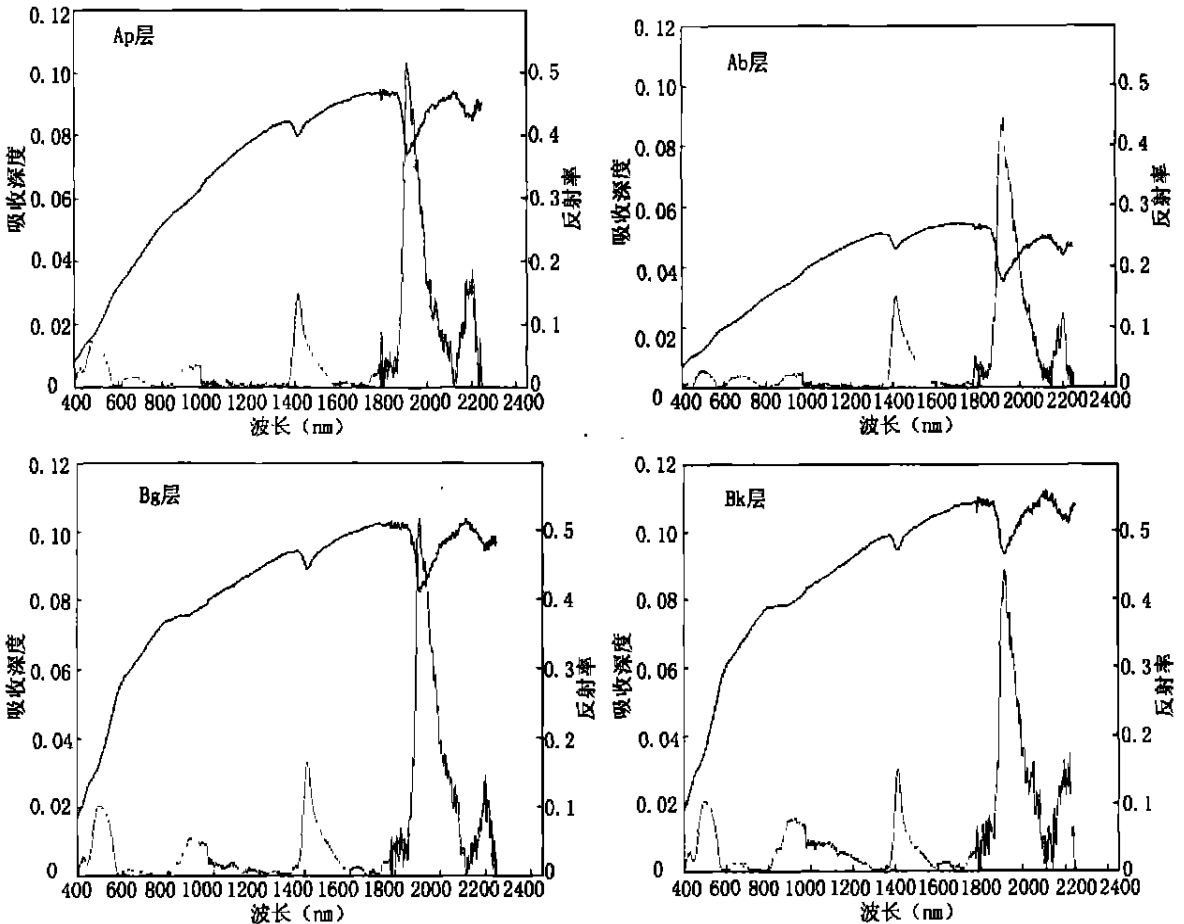


图 3 不同发生层次光谱特性曲线比较

Bk 层土壤有机质含量最低, 结构紧实, 砂姜含量均在 30% 以上, 反射率一直保持最高。B_g 层的反射率较高, 因 B_g 层本身富含有一定量氧化铁。氧化铁对光谱反射率贡献较大。根据戴昌达等^[3]对我国主要土壤的光谱反射特征曲线的划分, 本地区的光谱反射曲线应属于陡坎型。在 350~ 600nm 波段范围内曲线斜率较大, 而在 600~ 2 400 nm 范围内, 反射率曲线趋于平缓。

2.2 不同发生层次的包络线分析

2.2.1 不同发生层次包络线的特征

土壤的包络线是去除了土壤中由于特定物质内化学键内电子跃迁引起的特征吸收带以后的吸收特征, 相当于土壤在不受内在矿物晶体与有机成分吸收情况下所引起的吸收特征, 对土壤样本的吸收特征分析有重要的意义⁽¹⁾。而且吸收峰的特征与土壤的组成成分有密切的关系。

从图 3 可以看出, 在不同的发生层次土壤反射率不同, 而且不同发生层特征吸收峰的强弱更加明显地表示出来, A_p 和 A_b 层在 400~ 1 300 nm 波段间, 没有强烈的吸收峰, 曲线比较平缓, 而 B_g 和 B_k 层均有较大的起伏, 这仍然与土壤质地有密切的关系, 上述四个不同的发生层中发现, 在 560 nm、900 nm、1 420 nm、1 900 nm 和 2 200 nm 附近均有强烈的特征吸收峰, 但是不同层次的光谱吸收深度明显不同, 所以从 400~ 2 250 nm 之间吸收带所包含的面积

也不同, 由此我们定义光谱吸收带的面积, 即

$$S = \sum_{i=400}^n d_i \Delta \lambda \quad n = 400, 401, \dots, 2250 \quad (3)$$

此处, S 为吸收带面积, d 为吸收深度, Δλ 为波长增量。不同的土壤样本有不同的光谱响应, 土壤有机质含量是精准农业所需要的重要信息之一, 也是影响土壤光谱特性的敏感因素之一。从图 3 可以看出, A_p、A_b 层在 600~ 800 nm 波段范围内有较弱的吸收峰, 而 B_k、B_g 层则在 600~ 800 nm 之间表现非常弱且平缓。这与土壤样本有很大的关系, 在耕作层 A_p 和埋藏表层 A_b 都有较高含量的有机质, 随着取样深度的增加, 有机质基本分解完全, 所以 B_k、B_g 层很难表现出吸收峰的特征。因此, 基于上述方法对土壤光谱特征吸收面积与有机质含量、粘粒含量之间的关系作了初步的探讨。

2.2.2 土壤光谱特征吸收面积与有机质含量的关系

Baumgardner 等^[12]和徐彬彬^[10]指出有机质影响波段范围在 600~ 800 nm 之间。故选用 600~ 800 nm 波段范围内的特征吸收面积来评价与有机质的关系, 得出光谱特征吸收面积与有机质含量有较好的相关, 达到 0.01 显著水平, 随着有机质含量的增加, 特征吸收带的面积增大(图 4)。因此, 用有机质敏感的 600~ 800 nm 波长, 采用包络线法提取特征吸收面积来定量评价、预测土壤有机质含量具有普遍意义。

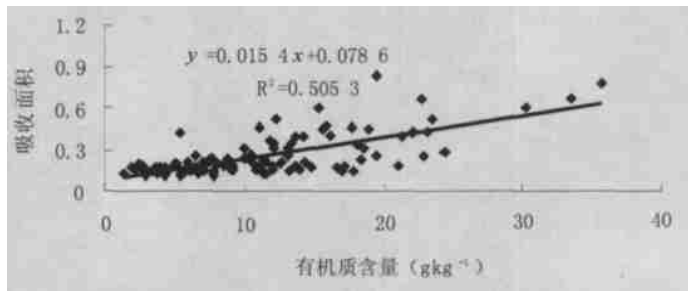


图 4 600~ 800 nm 波段吸收面积与有机质含量的关系

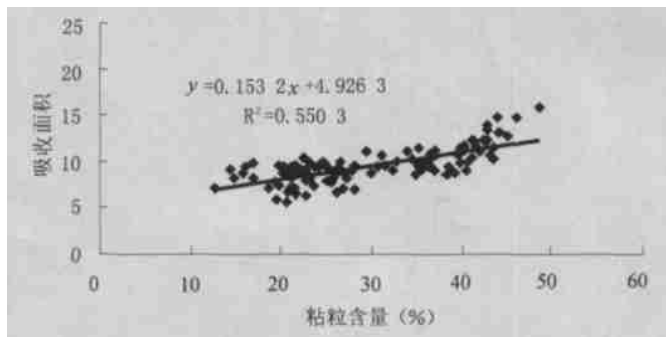


图 5 1 800~ 2 100 nm 波段吸收面积与土壤粘粒含量的关系

2.2.3 土壤光谱特征吸收面积与土壤粘粒含量的关系 如图 5 所示, 选取 1 800~ 2 100 nm 范围的波段特征吸收面积与土壤粘粒含量的关系, 表明了粘粒含量的多少直接影响了光谱的吸收强弱, 粘粒含量越高, 持水性能则越强, 特征光谱吸收的面积越大。因此, 通过建立的直线回归模型, 可以对土壤质地进行初步预测。

3 结 论

1) 从获得的褐潮土的光谱曲线来看, 除了有本身光谱特征外, 还兼有南方湿热条件下发育的红壤类的光谱特征, 在可见光区曲线陡峻, 斜率剧增, 进入红外波段后, 一般在 1 400 nm、1 900 nm、2 200 nm 附近有强烈的吸收谷, 通过去包络线后, 吸收特征能更好地反映出来。

2) 从土壤光谱特征吸收面积与土壤有机质含量的相关性来看, 在 600~ 800 nm 波段的吸收面积与有机质含量有较好的直线相关。

3) 1 800~ 2 100 nm 波段范围内的特征吸收面积与土壤粘粒含量也有较好的线性相关, 通过建立的模型可初步预测土壤中的粘粒含量。

参 考 文 献

- [1] Bowers S A, Hanks R J. Reflection of radiant energy from soil. *Soil Science*, 1965, 100(3): 130~ 138
- [2] Stoner E R, Baumgardner M F. Characteristic surface reflectance of variation in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1981, 45: 1 161~ 1 165
- [3] 戴昌达, 等. 中国主要土壤光谱反射特性分类与数据处理的初步研究. 遥感文献. 北京: 科学出版社, 1981. 315~ 323
- [4] 王深法, 蒋亨显, 王人潮. 浙江省石灰土光谱特征及其自动识别分类技术研究. *土壤学报*, 1994, 31(3): 312~ 321
- [5] 吴豪翔, 王人潮. 土壤光谱特征及其定量分析在土壤分类上的应用研究. *土壤学报*, 1991, 28(2): 177~ 185
- [6] 黄应丰, 刘腾辉. 华南主要土壤类型的光谱特性与土壤分类. *土壤学报*, 1995, 32(1): 58~ 67
- [7] 南京农业大学主编. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1988. 29~ 36
- [8] 华孟, 王坚. 土壤物理学. 北京: 北京农业大学出版社, 1993
- [9] Clark R N, Roush T L. Reflectance spectroscopy: Quantitative analysis techniques for remote sensing application. *Journal of Geographical Research*, 1984, 89(7): 6 329~ 6 340
- [10] 徐彬彬. 土壤剖面的反射光谱研究. *土壤*, 2000, 32(6): 281~ 287
- [11] Bedidi A, Cervelle B, Madeira J, *et al* . Moisture effects on spectral characteristics (visible) of lateritic soils. *Soil Science*, 1992, 153: 129~ 141
- [12] Baumgardner M F, Silva L F, Biehl L L, *et al* . Reflectance properties of soils. *Advances in Agronomy*, 1985, 38: 1~ 44