

成土母质对水稻土高光谱特性及其有机质含量光谱参数模型影响的初步研究*

周清^{1,2} 周斌¹ 张杨珠² 王人潮¹

(1 浙江大学农业遥感与信息技术应用研究所, 杭州 310029)

(2 湖南农业大学资源环境学院, 长沙 410128)

摘要 以青紫泥(Blue clayey Paddy soil, BP) 和红黄泥(Red Paddy soil, RP) 为例, 研究发育于不同母质的水稻土高光谱和 SOM 含量光谱参数模型的差异性。结果表明, 发育于河湖沉积物的 BP 的反射系数总体上高于发育于第四纪红色粘土母质的 RP, 在与铁的氧化物有关的吸收波段, RP 的吸收特性较 BP 强; RP 的一阶微分的变化趋势总体上也比 BP 剧烈, 特别是与铁的氧化物相关的波段及 2 200 nm 处; BP 与 RP 的 SOM 的光谱参数模型所包含光谱波段的个数和位置有较大的差异, 水稻土 SOM 含量光谱参数模型具有母质的独特性。

关键词 水稻土; 高光谱; 土壤有机质; 光谱参数模型; 多元线性逐步回归

中图分类号 S153.6 文献标识码 A

土壤有机质(Soil Organic Matter, SOM) 能为作物提供所需的营养元素(如氮、磷等), 对土壤结构的形成、改善土壤物理性状有决定性作用, SOM 含量的多少, 是土壤肥力高低的一个重要指标。近 40 年的研究表明, SOM 在可见光和近红外区域有独特的光谱特性^[1~7], 但由于 SOM 成分复杂, 功能团多样, 因而其在近红外光谱区的光谱特性与其所含的功能团对应解释的难度很大, 一般体现为降低整个谱线的反射率^[1,3,8]; SOM 中不同的成分光谱特性也不一样^[9~11]; 土壤光谱反射系数与 SOM 含量呈显著负相关, SOM 含量可以从土壤反射光谱中得到一定程度上的反应^[1~3,7,12~15]。

以上研究结果多数是以多种土壤类型光谱特性分析为基础的, 由于土壤的物质组成与形成土壤的基础物质(成土母质) 有密切关系, SOM 的光谱特性不仅因 SOM 含量而变化, 而且在很大程度上依赖于成土母质^[5,12]。因而用基于多种土壤类型光谱数据得到的 SOM 光谱参数模型用于预测某一类型的土壤的 SOM 时, 必然产生一定的偏差, 有时这个偏差会较大。所以, 研究由不同母质发育而成的同一类型土壤的光谱特性及其 SOM 光谱参数模型的差异性, 对于提高预测精

度、适应精确农业对田间养分数据的要求十分必要。本文以河湖沉积物发育的青紫泥(Blue clayey Paddy soil, BP) 和第四纪红色粘土母质发育的红黄泥(Red Paddy soil, RP) 为研究对象, 比较研究两种水稻土光谱特性变化规律和 SOM 含量光谱参数模型及其差异性。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验用水稻土采自浙江湖州市织里镇发育于河湖沉积物的青紫泥(Blue clayey Paddy soil, BP) 和湖南农业大学校内农业资源系土壤肥力演变长期定位试验基地由第四纪红色粘土母质发育的红黄泥(Red Paddy soil, RP) 0~15 cm 表层。土壤采集后, 风干、磨细, 分别过 1 mm 标准筛和 0.15 mm 标准筛, 供土壤理化性质测定之用, 另将适量过 1 mm 标准土壤筛的土样在 40 °C 条件下烘 24 h 后, 在干燥器中干燥 24 h, 备光谱测试之用。供试土壤的 SOM 性质见表 1, SOM 用重铬酸钾加热法测定^[16]。

* 国家自然科学基金(编号 40101014)、浙江省科委重点项目(编号 001110445) 和湖南省教育厅重点项目(编号 03A015) 资助

作者简介: 周清(1968~), 男, 湖南永顺人, 副教授, 在职博士研究生, 主要从事农业遥感与信息技术方面的研究。E-mail: zhouqing@sc.hu.com

收稿日期: 2004-01-13; 收到修改稿日期: 2004-04-27

表1 供试水稻土的 SOM 性质

Table 1 SOM characteristics of the studied paddy soils

土壤类型 Soil genus	样本数 Sample number	平均 Average value (g kg ⁻¹)	标准差 Standard error (g kg ⁻¹)	变化范围 Range (g kg ⁻¹)
青紫泥 BP	18	45.1	7.9	26.4~ 52.9
红黄泥 RP	18	26.4	3.7	20.5~ 35.1

1.2 光谱测试

土壤光谱用美国 ASD (Analytical Spectral Device) 公司生产的 ASD FieldSpec Pro FR™ 型光谱仪测试, 光谱仪每次扫描时间为 0.1 s, 输出的光谱线为 10 条原始扫描光谱自动平均所得, 所需时间为 1 s (10 × 0.1 s), 光谱反射系数经专用平面白板标准化^[17]。测试土样光谱时, 使用光谱仪配套的功率为 50W 的卤素灯的光源和 8° 视场角的探头, 探头垂直于土样表面, 光源照射方向与垂直方向夹角 15°, 探头到土样表面距离 15 cm, 光源到土样中心的距离为 30 cm (图 1)。把适量经处理的 1 mm 土壤样品倒入盛样皿中, 用玻璃稍稍压实, 使其表面尽量平整; 考虑到由土壤表面平整状况和土样本身组成物质的结构而引起土样光谱各向异性的情况, 测量时转动盛有土样的盛样皿三次, 每次转动角度约 90°, 测试土样的 4 个方向的光谱曲线 (每个方向取 5 条样本线, 一共 20 条样本线), 算术平均后得到该土样的反射光谱数据; 光谱测试方法按光谱测试手册的具体要求操作^[17]。

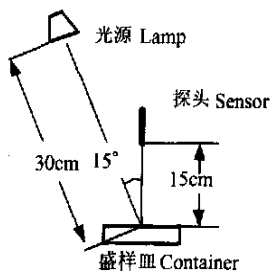


图1 光谱测试几何条件示意图

Fig. 1 Geometric conditions for spectral test

1.3 数据处理方法

有资料表明, 土壤反射系数及其一阶微分都能定量反映 SOM 含量, 但不同研究中二者的精度有所差异^[1~4, 7, 9, 15], 本研究以反射系数及其一阶微分分别作为源数据。在进行数据分析前, 先从 350~2 500 nm 波段范围内去除外界噪音影响较大的 350~399 nm 和 2 451~2 500 nm 两段数据, 再根据光谱仪

在不同波长的分辨率, 对 400~1 000 nm 和 1 000~2 450 nm 两个波段范围内的数据分别以 3 nm 和 10 nm 为间隔进行算术平均运算。反射系数一阶微分 (以下简称一阶微分) 是反射系数经 (1) 式运算得到^[18]:

$$\rho'(\lambda) = [\rho(\lambda_{i+1}) - \rho(\lambda_{i-1})] / 2\Delta\lambda \quad (1)$$

式中, λ 为波长, $\rho'(\lambda)$ 为反射系数在波长 λ 处的一阶微分, $\rho(\lambda_i)$ 为波长 λ_i 处的光谱反射系数; $\Delta\lambda = \lambda_{i+1} - \lambda_i$, 在 400~1 000 nm, $\lambda_i = 351, 354, \dots, 999$ nm, $\Delta\lambda = 3$ nm; 在 1 000~2 450 nm, $\lambda_i = 1 005, 1 015, \dots, 2 445$ nm, $\Delta\lambda = 10$ nm。

分别在两种土壤的 18 个样本中随机选取 12 个样本作为原始样本, 其余 6 个样本作为检验样本, 采用多元线性逐步回归 (逐个变量选入) 法^[19] 对原始样本光谱数据及其一阶微分进行分析, 建立 SOM 含量光谱参数模型; 用检验样本光谱数据对模型进行检验。多元线性逐步回归具体过程由 SPSS10.0 的 Analyze Regression Linear (Forward) 功能模块实现。

2 结果与分析

2.1 红黄泥与青紫泥高光谱特性比较

图 2 是不同 SOM 含量 RP 和 BP 在 400~2 450 nm 波段范围内的反射系数及对应的一阶微分曲线。

RP 的反射系数总体上高于 BP。在可见光范围 (400~800 nm), 两种土壤的反射系数都随着波长的增加而增大, 但 RP 的增长速度较快, 曲线形状相对较陡, 而 BP 的增长较慢, 曲线形状相对较平直。近红外范围 (800~2 450 nm) 除几个吸收谷波段范围外, 两种水稻土的反射系数总体上随波长增长而缓慢增大, RP 的增长趋势较 BP 更缓, 在 2 150 nm 左右反射系数达到最大值后, 开始下降。两种水稻土在 1 400、1 900、2 200 nm 附近都有明显的与土壤水分子三种基础振动相关的吸收谷, 其中 1 400 nm 处的吸收谷是由 OH 离子共振产生, 1 900 nm 附近的吸收谷是由 H-O-H 与弯曲拉伸振动和 OH 产生的共振引起, 2 200 nm 附近的吸收谷是由金属与 OH 的弯曲拉伸振动和 OH 的拉伸振动所产生的复合振动导致的^[6, 20]。在 490、700 和 900 nm 附近表现出由土壤中铁的氧化物引起的吸收特性, RP 的吸收特性较 BP 明显, 特别是 900 nm 附近的吸收谷, SOM 含量低的 RP 很清晰。

同一土属内的两个土样比较, 反射系数与 SOM 的关系因母质而有很大差异。BP 反射系数随着

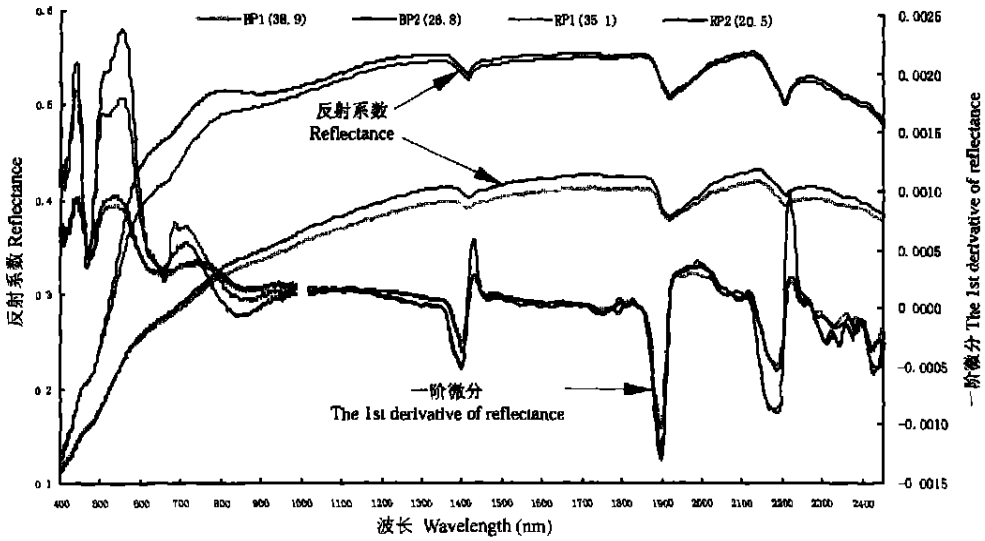


图2 RP和BP反射系数及一阶微分曲线(图例括号中的数字为SOM含量,单位: g kg^{-1})

Fig. 2 Hyperspectra and the first derivatives of the reflectance of tested paddy soils within 400~2450 nm

SOM含量的增加而降低,图3a中BP反射系数与SOM相关曲线表明,除400 nm附近的波段范围外,反射系数与SOM呈极显著负相关,并且近红外波段范围(800~2450 nm)的相关系数与可见波段范围相比相对较高。从RP两条不同SOM土样反射系数曲线可以看出,在500 nm以上的波段,反射系数随

SOM的增大而减小,其中550~950 nm范围内相差较大;图3a中RP与SOM的相关系数曲线显示,400 nm附近,反射系数与SOM正相关,但不显著,其他波段均负相关,但只在500~900 nm较窄波段范围内达到极显著水平;近红外范围相关系数总体低于可见光范围,与BP情况相反。

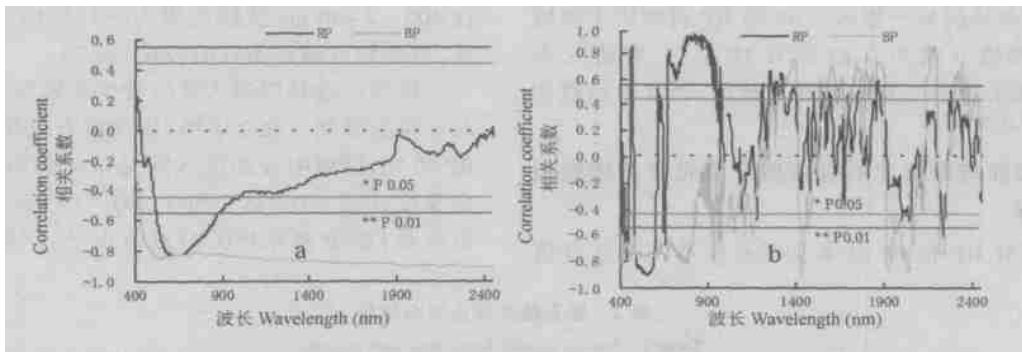


图3 RP与BP的反射系数(a)及一阶微分(b)和SOM的相关关系($n=18$)

Fig. 3 Correlation coefficients between reflectance (a), the first derivatives of the reflectance (b) and SOM of tested paddy soils within 400~2450 nm ($n=18$)

两种水稻土的一阶微分在研究波段内的相对起伏较大。可见光范围内由于反射系数曲线上升较快,所以一阶微分曲线较高,对应于490和700 nm两个吸收波段位置附近的一阶微分,RP明显高于BP;近红外波段范围内,一阶微分随着反射系数曲线上升减缓而下降,在对应于反射系数曲线900、1400、1900和2200 nm四个吸收特性波段处的起伏较大,RP一阶微分在900、1400和2200 nm三个

吸收特性波段的变化比BP都要剧烈,其余波段的两种水稻土的一阶微分曲线几乎是缠绕在一起,难于区分,说明在这些波段RP与BP的反射曲线走势相近;RP及BP一阶微分与SOM含量之间的相关性在400~950 nm波段范围内差异较大(图3b),首先是相关趋势,RP的一阶微分在450、1250、1850 nm附近波段和680~950 nm波段范围内与SOM极显著正相关,而在430、670、2250 nm附近和480~600 nm

波段范围内极显著负相关,而BP在400~950 nm波段范围与SOM含量成负相关,其中400~820 nm左右波段范围内的相关性极显著;其次是相关系数极值,RP的相关系数极值要比BP高;950 nm后两种土壤的一阶微分与SOM的相关性都随波段变化呈相近趋势的变化,但BP呈极显著的波段数及波段范围要多,相关系数的极值也相对较高。

土壤中粘土矿物组成不同是造成两种水稻土光谱差异的主要原因。BP的粘土矿物以伊利石、绿泥石和蛭石为主^[21],RP的粘土矿物组成一般以高岭石为主,或以水云母、高岭石或高岭石、水云母、14 Å

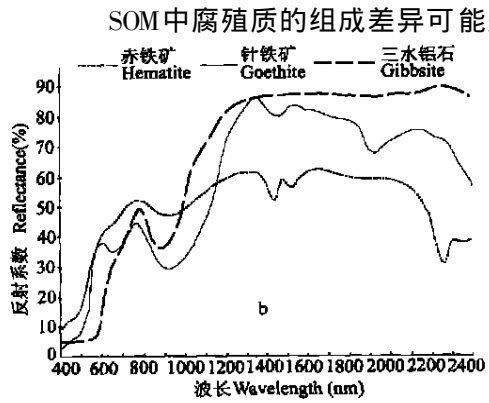
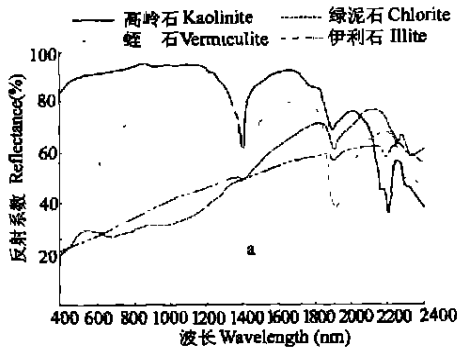


图4 某些粘土矿物反射系数曲线(参见文献[24])

Fig 4 Reflectance of some clays, such as kaolinite, vermiculite, chlorite and illite etc. (Refer to reference [24])

稻土光谱差异的另一原因。BP和RP腐殖质中胡敏酸/富啡酸值分别为0.73和0.37左右,有研究表明,胡敏酸的颜色比富啡酸相对较深,而反射系数相对较低^[11, 23, 24]。

2.2 红黄泥与青紫泥的有机质含量光谱参数模型差异

分别对RP和BP样本反射系数及一阶微分值

过渡矿物为主,并多含铁氧化物^[22]。图4显示,这些粘土矿物中,高岭石在400~2000 nm范围内的反射系数明显高于绿泥石、伊利石和蛭石(图4a),2000 nm以后,因高岭石中存在的铝的氢氧化物的吸收特性而下降较快,但在1200 nm以后,氧化铁的反射系数较高(图4b),从而使得RP在整个研究波段范围内的反射系数总体上比BP高。RP在近红外波段范围内的高反射系数使得SOM对土壤光谱反射系数的影响相对减弱,造成SOM与土壤反射系数的低相关性(图3a)。

SOM中腐殖质的组成差异可能是造成两种水

在400~2450 nm波段范围内进行线性逐步回归运算,得到相应满足条件的波段(表2)。

模型的选择以选入波段较少而模型决定系数相对较高为原则。表2表明,用反射系数作自变量时,BP和RP模型中分别选入满足条件的所有波段,决定系数分别为0.915^{**}和0.951^{**}(*表示因变量与自变量F检验概率达0.01显著水平,下同)。用一阶

表2 多元线性逐步回归结果

Table 2 Results of multi linear regression analysis

自变量 Independent variables	土样 Sample	入选波段及顺序 The bands selected in models in order	对应模型决定系数(R_p^2) coefficients of determination corresponding to models
反射系数 Reflectance	BP	2 295, 2 215	0 823, 0.915
	RP	612, 966, 960, 543	0 681, 0.820, 0 923, 0.951
一阶微分 The 1st derivative of reflectance	BP	1 435, 2 285, 2 275, 1 445, 2 215, 1 995, 2 095, 1 015, 960, 2 415	0 811, 0.915, 0.953, 0.979, 0.990, 0.993, 0.997, 0 999, 0.999, 1.000
	RP	828, 963, 2 265	0 887, 0.942, 0 962

注: n= 12, 回归运算时, 选入和剔除自变量的概率参数 P_E 和 P_D 分别设置为 0.05 和 0.10; R_p^2 为选入依次选入前 p 个波段时对应模型的决定系数, 各个多元线性模型均达到 0.01 显著水平 Note: n= 12, 0.05 and 0.10 are selected as the values of two parameters P_E selecting independent variable into model and P_D deleting independent variable from model respectively in regression process. R_p^2 are the coefficients of determination of the models including the p bands orderly. The significance of all multi-linear regression models are 0.01

微分作自变量时, BP模型中随着依次选入波段的增多, 决定系数增大, 当选入模型的波段达到5个时, 决定系数达到0.99^{**}, 之后再在模型中依次增加波段时, 决定系数增大不显著, 故BP模型中选入前5个波段, RP模型中选入满足条件的3个波段, 决定系数达到0.962^{**}。表3是两种水稻土SOM含量预测多元模型的统计量。

从表2和表3的数据可以看出, 不论以反射系数或者一阶微分为自变量, BP和RP两种水稻土SOM光谱参数模型在模型包含波段的个数及位置、

表3 BP及RP各SOM含量光谱参数模型统计量

Table 3 Statistics index of BP and RP SOM prediction models with different independent variables

统计量 Statistics index	反射系数 Reflectance		一阶微分 The 1st derivative of reflectance	
	BP	RP	BP	RP
β_0	152.51	17.46	110.67	22.25
β_1	-3 559.00	-403.65	-544 563.49	69 091.33
β_2	3 321.69	9 664.82	-111 418.50	46 517.34
β_3		-9 465.97	-136 143.53	-19 180.70
β_4		222.71	305 004.48	
β_5			-40 527.48	
SSE	30.89	5.56	4.70	4.03
MSE	4.41	0.79	0.67	0.58
R^2	0.92	0.95	0.99	0.96

注: 表中统计量 β_i 为模型常数项和依次选入波段的反射系数(或一阶微分)的系数, 如: 对于以反射系数为自变量模型中, BP模型的 $i=0, 1, 2$; SSE为模型残差平方和, MSE模型均残差; R^2 为模型决定系数 Note: β_i are the constant terms of the models and the coefficients of the reflectance (or the first derivative) of the bands selected into the models orderly. For examples, in the models of BP, the values of i are 0, 1, 2 respectively when reflectance is selected as independent variable of models. SSE is the abbreviation for sum of squares of residues of the models, MSE is the abbreviation for mean residual of the models. R^2 are the coefficients of determination of the models

表4 模型检验及交叉检验MSPR值

Table 4 MSPR values of test and cross test

统计量 Statistic index	反射系数 Reflectance				一阶微分 The 1st derivative of reflectance			
	检验 Test		交叉检验 Cross test		检验 Test		交叉检验 Cross test	
	BP	BP	BP _c	RP _c	BP	BP	BP _c	RP _c
MSPR	4.94	0.70	84.41	2 663.82	0.28	0.61	90.30	4 176.07

注: 表中BP代表用BP检验数据对BP模型进行检验, BP_c代表用BP检验数据对RP模型进行交叉检验, RP和RP_c与BP和BP_c的含义相同 Note: In this table, BP is a symbol of testing the models of BP with BP test data, and BP_c is a symbol of testing the models of RP with RP test data. RP and RP_c have the similar meanings with BP and BP_c respectively

模型的各个统计量等方面都有很大的差别。以反射系数作为自变量时, BP模型中只包含2个波段, 波段位置在2 200~ 2 300 nm之间, RP模型中则包含4个波段, 波段位置在500~ 1 000 nm之间, 且首个入选模型的612 nm波段在可见光范围; BP模型的残差平方和及平均残差与RP相比都相对较大。以一阶微分作为模型自变量时, BP模型中包含5个波段, 位置都在1 000 nm以后, RP模型包含3个波段, 其中只有2 262 nm 1个波段在2 000 nm以后, 其余2个波段都在1 000 nm以前; 模型的残差平方和、平均残差及决定系数都是BP相对较大。两种水稻土模型的差异产生的原因在于本文3.1节中所分析的BP与RP模型的自变量在各个波段上随SOM的变化规律不同。

2.3 讨论

用BP及RP的检验数据分别对BP和RP的相应模型进行检验, 并用BP及RP的检验数据分别对RP和BP的模型进行交叉检验, 并用均方预报残差(Mean Squared Prediction Residual, MSPR)作为模型预测能力的统计量, MSPR相对原样本数据的MSE的变化越小, 模型的预报能力越好, MSPR由(2)式计算:

$$MSPR = \frac{1}{n^*} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2)$$

式中, n^* 是检验样本数, Y_i 是检验样本中因变量第 i 个观测值, \hat{Y}_i 是基于原样本数据所建立的回归模型对检验样本数据中 Y_i 的预报值^[19]。

表4是检验的MSPR结果。表中MSPR的数值表明, 检验各项的MSPR与表3中相应各项的值相近, 而交叉检验各项的MSPR的值与表3中的MSE相应各项差别很大, 说明基于某一水稻土数据的SOM光谱参数模型只适合预测该种土壤类型的SOM含量, 而不适合预测不同类土壤的SOM含量。

3 小结

起源于不同母质的 BP 和 RP 的反射系数和一阶微分有明显差异。RP 的反射系数总体上高于 BP, 在与铁的氧化物有关的吸收波段, RP 的吸收特性较 BP 强; RP 的一阶微分的变化趋势总体上也比 BP 剧烈, 特别是与铁的氧化物相关的波段及 2 200 nm 处。

BP 与 RP 的 SOM 含量高光谱模型所包含波段的个数和位置都有明显的差异, 不同母质发育的水稻土的 SOM 含量预测模型因粘土矿物类型的不同而选择不同光谱参数模型。

参考文献

- [1] Al- Abbas A H, Swain P H, Baumgardner M F. Relating organic matter and clay content to the multispectral radiance of soils. *Soil Sci.*, 1972, 114(6): 477~ 485
- [2] 徐彬彬, 戴昌达. 新疆土壤光谱反射特性与有机质含量的相关分析. *科学通报*, 1980, 6: 282~ 284. Xu B B, Dai C D Relationship between soil reflectance characteristics and SOM content in south area of Xinjiang Province (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 1980, 6: 282~ 284
- [3] Krishnan P, Alexander J D, Butler B J *et al.* Reflectance technique for predicting soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1980, 44: 1 282~ 1 285
- [4] Stoner E R, Baumgardner M F. Characteristic variations in reflectance of surface soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1981, 45: 1 161~ 1 166
- [5] 王人潮, 苏海萍, 王深法. 浙江省主要土壤光谱反射特性及其模糊分类在土壤分类中的应用研究. *浙江农业大学学报*, 1986, 12(4): 464~ 471. Wang R C, Shu H P, Wang S F. Studies on spectral reflectance of typical soils and its fuzzy category in soil classification in Zhejiang (In Chinese). *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 1986, 12(4): 464~ 471
- [6] Dalal R C. Simultaneous determination of moisture, organic carbon, and total nitrogen by near infrared reflectance spectrophotometry. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1986, 50: 120~ 123
- [7] Henderson T L, Baumgardner M F, Franzmeier D P, *et al.* High dimensional reflectance analysis of soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1992, 56: 865~ 872
- [8] Chang C W, Laird D A. Near~ infrared reflectance spectroscopic analysis of soil C and N. *Soil Sci.*, 2002, 167(2): 110~ 116
- [9] Dematê J A M, Garcia G J. alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1999, 63: 327~ 342
- [10] 牛灵安, 郝晋珉. 盐渍土熟化过程中腐殖质特性的研究. *土壤学报*, 2001, 38(1): 114~ 122. Niu L A, Hao J M. Characteristics of humus in maturing salt affected soil (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2001, 38(1): 114~ 122
- [11] 李震宇, 朱荫澍. 西湖沉积物有机质特征. *环境化学*, 1999, 18(2): 122~ 126. Li Z Y, Zhu Y M. Characteristics of sediment in west lake (In Chinese). *Journal of Environmental Chemistry*, 1999, 18(2): 122~ 126
- [12] Sudduth K A, Hummel J W. Soil organic matter, CEC, and moisture sensing with a portable NIR spectrophotometer. *Transaction of the ASAE*, 1993, 36(6): 1 571~ 1 582
- [13] Ben~ dor E, Banin A. Near~ infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1995, 59: 364~ 372
- [14] Mccarty G W, Reeves III J B, Reeves V B, *et al.* Mid~ infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurement. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2002, 66(2): 640~ 646
- [15] Li M Z. Evaluating soil parameters with visible spectroscopy. *Transactions of the ASAE*, 2003, 19(5): 36~ 41
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999. 106~ 109. Lu R K. Methods of Soil Agrochemistry Analysis (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Science and Technology Press, 1999. 106~ 109
- [17] Analytical Spectral Devices, Inc. (ASD). Technical Guide 3rd Ed. . Boulder USA: Analytical Spectral Devices, Inc, 1999, section 13: 1~ 10
- [18] 浦瑞良, 宫鹏. 高光谱遥感及其应用. 北京: 高等教育出版社, 2000. 115~ 120. Pu R L, Gong P. Hyperspectral remote sensing and its applications (In Chinese). Beijing: High Education Press, 2000. 115~ 120
- [19] 梅长林, 周家良. 实用统计方法. 北京: 科学出版社, 2002: 37~ 48. Mei C L, Zhou J L. Applied Methods of Statistics Analysis (In Chinese). Beijing: Science Press, 2002. 37~ 48
- [20] 季耿善, 徐彬彬. 土壤粘土矿物特性及其在土壤学中的应用. *土壤学报*, 1987, 24(1): 67~ 76. Ji G S, Xu B B. Reflectance of soil clay minerals and its application in pedology (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1987, 24(1): 67~ 76
- [21] 浙江省土壤普查办公室. 浙江土壤. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1994: 359~ 376. Office in Zhejiang Province of General Survey on Soil. The soils in Zhejiang Province (In Chinese). Hangzhou: Zhejiang Sci. & Tech. Press, 1994. 359~ 376
- [22] 湖南省农业厅. 湖南土壤. 北京: 农业出版社, 1989. 221~ 224. Agriculture Department of Hunan Province. The soils in Hunan Province (In Chinese). Beijing: Agriculture Press, 1989. 221~ 224
- [23] 季耿善, 徐彬彬. 遥感波段的土壤解译特性. *土壤专报*. 北京: 科学出版社, 1987. 114~ 128. Ji G S, Xu B B. The soil interpretation characteristic of remote sensing bands (In Chinese). *Soil Special Issue*. Beijing: Science Press, 1987. 114~ 128
- [24] 季耿善, 徐彬彬. 土壤主要粘土矿物近红外反射特性. *土壤专报*. 北京: 科学出版社, 1987. 77~ 88. Ji G S, Xu B B. The reflectance characteristic of the main clay minerals in the soils within near infrared wave bands (In Chinese). *Soil Special Issue*. Beijing: Science Press, 1987. 77~ 88

INFLUENCE OF PARENT MATERIALS ON PADDY SOIL HYPERSPECTRAL CHARACTERISTICS AND SOM SPECTRAL-PARAMETER MODELS

Zhou Qing^{1,2} Zhou Bin¹ Zhang Yangzhu² Wang Renchao¹

(1 *Institute of Agricultural Remote Sensing and Information Technology Application, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China*)

(2 *College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China*)

Abstract Blue clayey paddy (BP) soil and red paddy soil (RP) were selected as a case study of differences in hyperspectral and soil organic matter (SOM) spectral-parameter-models of paddy soils derived from different parent material. The results show that the reflectance of BP derived from the sediments is higher than that of RP derived from the Quaternary red earth within the studied bands as a whole, and the absorption characteristics of RP is more evident than that of BP within the absorption bands related to iron oxide. The variation of the first derivatives of reflectance of responsibility, on the whole, also tends to be more vigorous than that of BP, and it is more significant at the bands related to iron oxide and 2 200 nm especially. The number and wavelength of bands included in SOM content spectral-parameter-models differ drastically between BP and RP. The SOM content spectral-parameter-models of the paddy soils are shown to have unique characteristics related to the parent materials.

Key words Paddy soil; Hyperspectral; Soil organic matter (SOM); Spectral-parameter model; Multiple linear stepwise regression