

不同粒径土壤的光谱特征差异分析

马创¹, 申广荣^{1*}, 王紫君¹, 王哲²

(1. 上海交通大学 低碳农业研究中心, 上海 200240; 2. 上海市林业总站, 上海 200072)

摘要 通过野外采集土样, 研磨后获取不同粒径(2、1、0.5、0.25、0.15 和 0.05 mm)土壤, 在暗室内进行光谱测定。分别采用光谱数据微分变换和连续统去除的方法, 研究不同粒径土壤的光谱特征差异, 探索不同粒径处理对土壤光谱特征的影响。结果表明: 不同粒径土壤的平均光谱反射率在全波段、可见光、红外波段都随土壤粒径的减小而增加, 土壤光谱反射率与土壤粒径呈负相关关系。微分变换放大了某些在原始光谱数据中比较隐晦的信息。可见光、全波段平均反射率均在土壤粒径 < 0.25 mm 时, 呈现出更明显的增长趋势, 而红外波段则在土壤粒径 < 0.15 mm 时, 增长趋势更为明显。土壤光谱在 450 和 490 nm 处的吸收峰值随土壤粒径的减小呈多项式分布, 土壤全波段光谱反射率随着粒径的减小呈幂函数增长。

关键词 土壤粒径; 反射率; 连续统去除; 相关性; 光谱特征

中图分类号: TP7 文献标识码: A 文章编号: 0564-3945(2015)02-0292-07

马创, 申广荣, 王紫君, 王哲. 不同粒径土壤的光谱特征差异分析[J]. 土壤通报, 2015, 46(2): 292-298

MA Chuang, SHEN Guang-rong, WANG Zi-jun, WANG Zhe. Analysis of Spectral Characteristics for Different Soil Particle Sizes [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2015, 46(2): 292-298

地面观察、实验室及野外光谱测量数据表明, 土壤的光谱反射率和光谱特征受土壤矿物成分及其含量、土壤湿度、有机质、颜色以及土壤质地共同影响^[1,2]。土壤质地是根据土壤的颗粒组成划分的土壤类型。土壤质地一般分为砂土、壤土和黏土三类^[3]。土壤质地主要从粒径大小方面影响土壤的光谱反射率, 土壤颗粒粒径大小(比表面积)对土壤反射率有着显著影响: 颗粒越小, 比表面积越大, 反射率就越大^[4-6]。Bowers 和 Hank^[7]对颗粒组成和反射能量的研究结果显示, 土壤反射率随土壤颗粒的变小呈指数增长, 当土壤颗粒粒径小于 0.0004 mm 时, 这个规律更为明显。李硕^[8]对土壤的光谱曲线吸收位置也进行了研究, 发现 < 0.15 mm 粒径范围的土壤光谱反射率的吸收深度和宽度都明显较低。同一类型的不同土壤可能因其含有的粉、砂粒的多少不同而呈现反射率差异。实验室光谱测定中, 土壤预处理方法对土样的光谱有一定的影响, 土壤本身的大颗粒所形成的阴影也是重要的影响因素^[4], 最大光谱吸收值所对应的波段位置, 与物质本身的性质有关^[8]。土壤粒径大小在不同波段对土壤反射、吸收等光谱特征的影响和定量分析对基于土壤光谱快速诊断土壤特性具有重要的意义。

本研究基于采集的不同类型的土壤, 经过自然风干研磨至不同粒径, 分别对其进行实验室光谱测量, 探讨分析土壤粒径大小对不同波段光谱反射率及其

光谱曲线的特征吸收峰、位置的影响, 同时研究了光谱反射率与土壤粒径间的量化关系, 为光谱测量时进一步采取有效的土壤预处理提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 土样的采集与理化分析

本研究中供试土壤样本采自上海交通大学闵行校区, 采样考虑土壤类型、地表覆盖等因素, 根据蛇形原则采样。每个样地大小为 10 m × 10 m, 于样地内随机选取 25 个点, 采集 0 ~ 20 cm 表层土壤, 充分混匀, 最终得到 3 种不同类型(轻黏土、中壤土、重壤土)的供试土壤。将采集的土壤放置在通风干燥处自然风干, 充分混匀后进行研磨, 分别过 2、1、0.5、0.25、0.15 和 0.05 mm 筛, 能过 2 mm 筛且无法过 1 mm 筛的土壤为粒径为 2 mm 的土壤, 其他粒径土壤通过相同的原理得到, 每种粒径大小的土壤制备三份, 存放在干燥处, 共 54 个土样。一部分用于化学分析, 土壤 pH 用水浸提电位法, 电导率(EC)采用 5:1 水浸提电导法, 有机质(O.M.)含量采用重铬酸钾氧化-外加加热法, 质地分析采用比重计法, 有效磷(A-P)含量采用 0.5 mol L⁻¹ NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法, 速效钾(A-K)用 1 mol L⁻¹ NH₄Ac 浸提, 火焰光度法测定^[9]。各土壤样本相关理化性质见表 1(XT、ZK、ZW 表示不同类型的土壤)。

收稿日期: 2014-07-01, 修订日期: 2014-09-03

基金项目: 高分国土资源遥感应用示范系统(一期)项目(04-Y30B01-9001-12/15)资助

作者简介: 马创(1989-)男, 甘肃省民勤县人, 硕士研究生, 主要从事地物光谱响应及其相关特征建模反演研究。E-mail: machuangzj@163.com

* 通讯作者 E-mail: sgrong@sjtu.edu.cn

表 1 土壤理化指标

Table 1 Soil physical and chemical indicators

样号 Sample Nos.	地理坐标 Locations	pH	EC (ms cm^{-1})	有机质 OM (g kg^{-1})	有效 K 含量 Effective K content (mg kg^{-1})	有效 P 含量 Effective P content (mg kg^{-1})	质地 Texture
XT	121°25'7" E, 31°1'45" N	7.63	0.14	13.95	136.90	7.85	轻黏土
ZK	121°26'12" E, 31°2'4" N	8.33	0.14	21.04	166.15	12.79	中壤土
ZW	121°26'18" E, 31°2'6" N	8.58	0.16	17.53	162.87	16.66	重壤土

注 pH 水土比为 2.5 : 1

1.2 土壤光谱数据测试与处理

1.2.1 土壤样本光谱测试 实验室的光谱测量室内进行,光源是 1 台能够提供平行光的卤光灯,位于土样正上方 15 cm 处。探头视场角为 5°,探头垂直对准土样,距离约 15 cm,土样置于干净器皿中进行测量,器皿直径 10 cm,土样厚度 2 cm。光谱测量采用荷兰产的 AvaField-2 便携式高光谱地物波谱仪,其光谱响应范围 300 ~ 1700 nm,在 300 ~ 1040 nm 范围内采样间隔为 0.59 nm,在 1040 ~ 1700 nm 范围内采样间隔为 3.8 nm。每个土样采集 5 条光谱曲线,取平均值为土样的实际反射光谱数据。

2.2.2 光谱数据处理与分析 不同阶数的微分(差分)值可以帮助人们迅速确定光谱的拐点及最大最小反射率的波长位置。Clouti^[10]的研究表明,光谱的低阶微分处理对噪声影响敏感性较低,因而在实际应用中更为有效。虽然更为高阶的导数也有人研究过,但一阶或二阶导数往往更有用且包含了大部分的信息。在实际计算中,一般用光谱的差分作为微分的有限近似,计算公式如下:

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

$$R''(\lambda_i) = [R(\lambda_{i+1}) - 2R(\lambda_i) + R(\lambda_{i-1})] / (\Delta\lambda^2)$$

式中 λ_i 为每个波段的波长, $R'(\lambda_i)$ 和 $R''(\lambda_i)$ 分别为波长 λ_i 的一阶和二阶微分光谱, $\Delta\lambda$ 为波长 λ_{i-1} 到 λ_i 的间隔。

土壤光谱曲线吸收和反射特征随粒径的变化基于包络线去除法(Continuum Removed)进行分析。1984 年 Clark 和 Roush^[11]提出了连续统去除的方法,定义为使用直线逐点连接随波长变化的吸收或反射凸出的“峰”值点,并使折线在该点上的外角大于 180°^[12]。从直观上看光谱曲线的包络线相当于光谱曲线的“外壳”,由于实际的光谱曲线由离散的样本点组成,所以可以用连续的折线段来近似表示光谱曲线的包络线^[13,14]。通过包络线去除法可突出光谱曲线的吸收和反射特征。吸收峰值(P)是描述光谱吸收特征的一个重要参数,它指各个吸收处的光谱值,与物质本身的性质、纯度、颗粒大小、机械组成,背景基线噪音的大小等因素有关。

土壤光谱反射率随粒径变化的定量分析采用曲线

拟合的方法,以土壤平均光谱反射率为 Y 轴,土壤粒径为 X 轴,绘制土壤粒径与平均反射率的数据点图,然后对数据点进行曲线拟合,拟合效果最优的函数关系即为土壤光谱反射率随粒径变化的量化关系。

2.2.3 光谱曲线特征参数的提取方法 参照刘伟东(2002)^[15]提出的方法,选择了一些特征点,并设计一些特征参数来描述光谱的形状特征。特征位置的反射率表示为 $R_{400.11}$, $R_{600.23}$, $R_{800.21}$, $R_{1000.27}$, $R_{1099.55}$, $R_{1300.36}$, $R_{1649.15}$; 特征光谱段 400 ~ 600 nm、600 ~ 800 nm、800 ~ 1000 nm、1000 ~ 1100 nm、1100 ~ 1300 nm 和 1300 ~ 1650 nm 的趋势斜率依次表示为 S_A 、 S_B 、 S_C 、 S_D 、 S_E 和 S_F , 其中 $S_A = (R_{600.23} - R_{400.11}) / (600.23 - 400.11) \dots$; $S_F = (R_{1649.15} - R_{1300.36}) / (1649.15 - 1300.36)$ 。

2 结果与分析

2.1 不同粒径土壤光谱曲线特征

不同粒径土样的光谱曲线变化趋势大致相同,各条光谱曲线之间几乎呈平行关系(图 1)。所有光谱曲线均在 400、600、800、1100 和 1300 nm 处出现明显的拐点,光谱曲线的整体走势由这 5 个控制点所决定。整条光谱曲线反射率随着波长的增加一直保持上升趋势,但是上升程度逐渐趋于平缓,各段光谱曲线的反射率上升趋势的大小关系为 400 ~ 600 nm > 600 ~ 800 nm > 800 ~ 1100 nm > 1100 ~ 1300 nm > 1300 ~ 1650 nm。

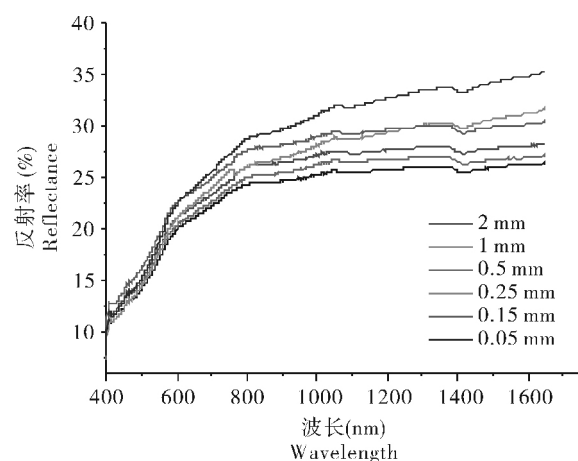


图 1 不同粒径土样的光谱曲线

Fig. 1 The spectral curves of different particle sizes

2.2 土壤光谱曲线特征参数分析

使用 2.2.3 中所述方法提取特征参数 结果如表 2 所示。3 种类型的土壤 其光谱曲线的控制点斜率随着粒径的减小而增加。所有土壤控制点斜率的最大值均出现在 ≤ 0.05 mm 土壤中, ≤ 0.05 mm 粒径的土壤反射率随波长增加上升的速率最快, 而控制点的斜率随着波长的增加逐渐下降, 这也充分说明了反射率的上

升速度逐渐变慢, 曲线逐渐趋于平缓, 很好的反映了光谱曲线的走势。不同类型的土壤, 各控制点的斜率都不相同, 说明 3 种类型的土壤之间存在着一定的差异, 而随着土壤粒径的减小, 各控制点斜率增加的规律并没有因为不同类型的土壤而表现出一定的差异性, 这也证明控制点的斜率对于区分不同类型的土壤具有重要的意义。

表 2 盐渍化土壤光谱曲线控制点的特征参数

Table 2 Characteristic parameters of control points of spectrum curves

土样 Samples	控制点斜率 The control point slopes	土壤粒径 Particle sizes					
		1 ~ 2 mm	0.5 ~ 1 mm	0.25 ~ 0.5 mm	0.15 ~ 0.25 mm	0.05 ~ 0.15 mm	≤ 0.05 mm
XT	SA × 100	7.36	7.79	7.29	7.06	7.65	8.44
	SB × 100	1.94	1.95	2.58	2.92	2.62	3.35
	SC × 100	0.28	0.40	0.69	0.92	0.51	1.16
	SD × 100	-0.04	0.21	0.36	0.47	0.24	0.72
	SE × 100	0.11	0.17	0.36	0.62	0.18	0.73
	SF × 100	-0.09	-0.05	0.12	0.36	-0.07	0.43
XY	SA × 100	5.62	7.36	7.39	7.44	7.54	8.01
	SB × 100	2.26	2.62	2.21	2.83	2.19	3.22
	SC × 100	0.64	0.76	0.54	1.06	0.33	1.21
	SD × 100	0.31	0.09	0.02	0.48	0.02	0.64
	SE × 100	0.42	0.10	0.23	0.65	0.12	0.73
	SF × 100	0.28	0.00	0.07	0.46	-0.01	0.52
ZW	SA × 100	4.76	4.47	4.08	5.48	4.03	5.40
	SB × 100	2.39	2.27	2.65	1.74	2.81	2.86
	SC × 100	0.43	0.65	0.33	0.97	0.98	1.08
	SD × 100	0.43	0.64	0.40	1.03	1.01	1.14
	SE × 100	0.31	0.41	0.30	0.75	0.69	0.89
	SF × 100	0.08	0.13	0.04	0.43	0.35	0.56

2.3 土壤粒径对光谱反射率的影响

对不同粒径的土壤反射率进行统计分析表明, 土壤平均光谱反射率在全波段 (400.11 ~ 1649.15 nm)、可见光 (400.11 ~ 760.74 nm)、红外波段、(761.31 ~ 1649.15 nm) 都随土壤粒径的减小而增加, 但增加的幅度各不相同(表 3)。在可见光波段, 平均反射率最大变化幅度出现在粒径从 0.25 mm 降到 0.15 mm 时, 达到了 7.23%; 在红外波段, 平均反射率最大变化幅度出现在粒径从 0.15 mm 降到 0.05 mm

时, 达到了 7.24%, 整个波段的平均反射率最大变化幅度出现在粒径从 0.25 mm 降到 0.15 mm 时, 整个波段的平均反射率变化情况与红外波段的平均反射率变化情况更接近, 因此, 土壤粒径变化对近红外波段平均反射率影响较大。

土壤的光谱反射率随着土壤粒径的变小而逐渐升高, 这是由于在粗粒径至细粒径下, 随着土壤颗粒的减小, 颗粒间的空隙减少, 面积增大, 表面更趋平滑, 从而增强了光的反射作用^[16]。

表 3 土壤光谱反射率的变化率(%)

Table 3 The change rates of soil spectral reflectance

土壤粒径 Particle sizes	波长 400.11 ~ 760.74 nm				波长 761.31 ~ 1649.15 nm				波长 400.11 ~ 1649.15 nm			
	Wavelength 400.11 ~ 760.74 nm				Wavelength 761.31 ~ 1649.15 nm				Wavelength 400.11 ~ 1649.15 nm			
	ZW	ZK	XT	平均 Average	ZW	ZK	XT	平均 Average	ZW	ZK	XT	平均 Average
2 ~ 1 mm	2.12	5.33	1.02	2.82	1.36	6.48	2.06	3.30	1.65	6.03	1.65	3.11
1 ~ 0.5 mm	2.89	3.85	1.82	2.85	3.79	0.45	8.33	4.19	3.45	1.19	5.75	3.46
0.5 ~ 0.25 mm	3.90	4.47	0.36	2.91	1.51	4.94	3.85	3.43	2.41	1.33	2.24	1.99
0.25 ~ 0.15 mm	1.21	12.53	7.96	7.23	8.51	0.27	1.05	3.28	5.73	4.81	3.62	4.72
0.15 ~ 0.05 mm	0.17	5.75	2.26	2.73	1.97	8.55	11.19	7.24	1.31	2.98	7.73	4.01

注 ZW、ZK、ZK 为土样编号。

2.4 相关性分析

为了进一步探究土壤粒径与反射率的关系,对土壤粒径与光谱反射率做了 Pearson 相关性分析(3 种不同类型土壤分别做相关性分析,相关系数曲线的趋势基本吻合,故求取 3 者平均值作为最终的相关系数),见图 2。

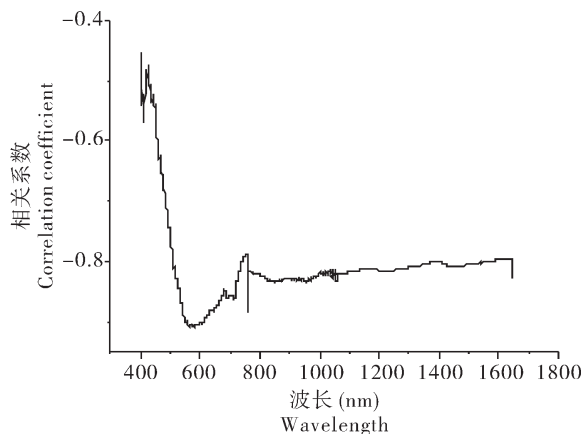


图 2 反射率与土壤粒径相关性系数

Fig. 2 Correlation coefficients of reflectance and soil particle sizes

由图 2 可知,土壤粒径与土壤光谱反射率呈负相关关系,在 560.91 nm 之前,相关系数绝对值随波长增加而增加,并在 560.91 nm 处达到最大值 0.909,560.91 ~ 1649.15 nm 波段相关系数的绝对值的整体变化趋势是随着波段数的增加而降低。整个波段范围内的最低值(0.25)出现在 400.11 nm 处。

反射率微分值与土壤粒径之间的相关关系缺乏规律性,微分变换增强了个别波段相关性,如在 453.63 nm 和 1411.9 nm 处反射率的一阶微分、二阶微分与土壤粒径的相关系数分别为 -0.951、-0.946,而原始反射率与土壤粒径的相关系数只有 -0.592、-0.803,说明经过微分变换后,某些在原始光谱数据中比较隐晦的信息会被放大,相关系数也有所提高,由此可见,处理土壤粒径光谱数据时,微分变化有助于提取隐晦的光谱信息。

2.5 粒径变化对光谱曲线特征影响分析

对不同粒径土壤光谱曲线进行连续统去除法后获得光谱曲线特征位置。如图 3 所示,去除包络线后光谱曲线呈现出 4 个比较明显的吸收峰,分别为 450 nm、490 nm、946 nm、1415 nm 处,不同粒径的土壤光谱曲线吸收峰完全一致,表明不同的粒径处理并没有改变光谱曲线的特征位置,仅仅表现出吸收深度有所差异。进一步对不同粒径的土壤光谱曲线吸收位置进行分析表明,吸收位置 450 nm、490 nm 处吸收峰值出现较为明显的变化。定量分析表明,3 种不同类型的土壤在

450 nm、490 nm 处吸收峰值随着土壤粒径的变化呈多项式变化趋势。其变化关系为 $y = ax^6 + bx^5 + cx^4 + dx^3 + ex^2 + fx + g$,其中 y 代表吸收峰值, x 代表土壤粒径。946 nm 附近的吸收带主要是由于针铁矿、蒸发盐矿物晶格中水及羟基、镁离子中的电子跃迁引起的^[15],而对于同一种类型的土壤,上述因素均一致,故 946 nm 附近的吸收峰值几乎没有变化。

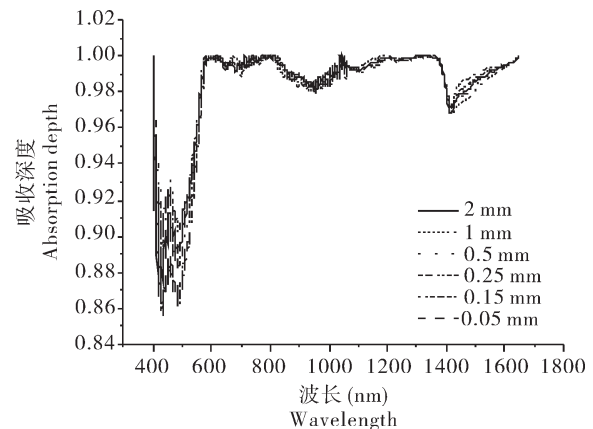


图 3 去包络线光谱曲线

Fig. 3 The spectrum curves after continuum removed

本研究对土壤样品经过风干处理,尽可能地控制土壤样品湿度保持一致,以排除因土壤水分不同对光谱的影响。另一个接近 1400 nm 的吸收峰 1415 nm 吸收峰值变化不明显,推断是受到了土壤湿度的影响,因为土壤光谱在 1400 nm、1900 nm 和 220 nm 处的吸收峰为水汽吸收带,其中在 1450 nm 处的吸收带与土壤中水分含量密切相关^[17-20],而峰值变化不明显也说明了土壤湿度基本控制在同一水平。494 nm 附近的吸收带主要是由于土壤有机质、铁及土壤机械组成引起^[21]。本研究不同粒径处理引发的光谱吸收峰及峰值的变化特点说明粒径大小没有改变土壤的光谱曲线特征,但在 450 nm、490 nm 处的峰值变化特征反映了粒径大小引发的土壤机械组成的变化,且粒径大小对土壤光谱水吸收带比较敏感。

2.6 土壤粒径对光谱反射率的影响

为进一步定量分析土壤粒径变化对其光谱反射率的影响,采用曲线拟合的方法,分析 3 种不同类型的土壤粒径变化与光谱反射率的函数表达式^[20],每种类型的土壤 6 个粒径梯度,共计 18 个样本。分析研究表明,本研究中 3 种不同类型的土壤,其粒径大小与土壤反射率的样本数据点分布大致呈指数和幂函数变化趋势。

如图 4 所示,以全波段平均反射率为因变量,土壤粒径为自变量。三种类型的土壤,其指数函数拟合曲线调整 R^2 分别为 ZW 0.85、ZK 0.85、XT 0.81,残差平方

和分别为 ZW :1.11 ZK :1.18 XT 2.93 幂函数拟合曲线调整 R^2 分别为 ZW 0.95 ZK 0.95 XT 0.97 残差平方和分别为 ZW 0.43 ZK 0.51 XT 0.59。指数函数和幂函数在三种不同类型的土壤中均有较好的调整 R^2 。相对而

言 幂函数的表达式均优于指数函数(调整 R^2 更大 残差平方和更小)。由此表明随着土壤粒径的减小 土壤光谱反射率呈幂函数增长 它们的量化关系可以用 $y = ax^b$ 来表示 其中 y 为平均反射率 x 为土壤粒径。

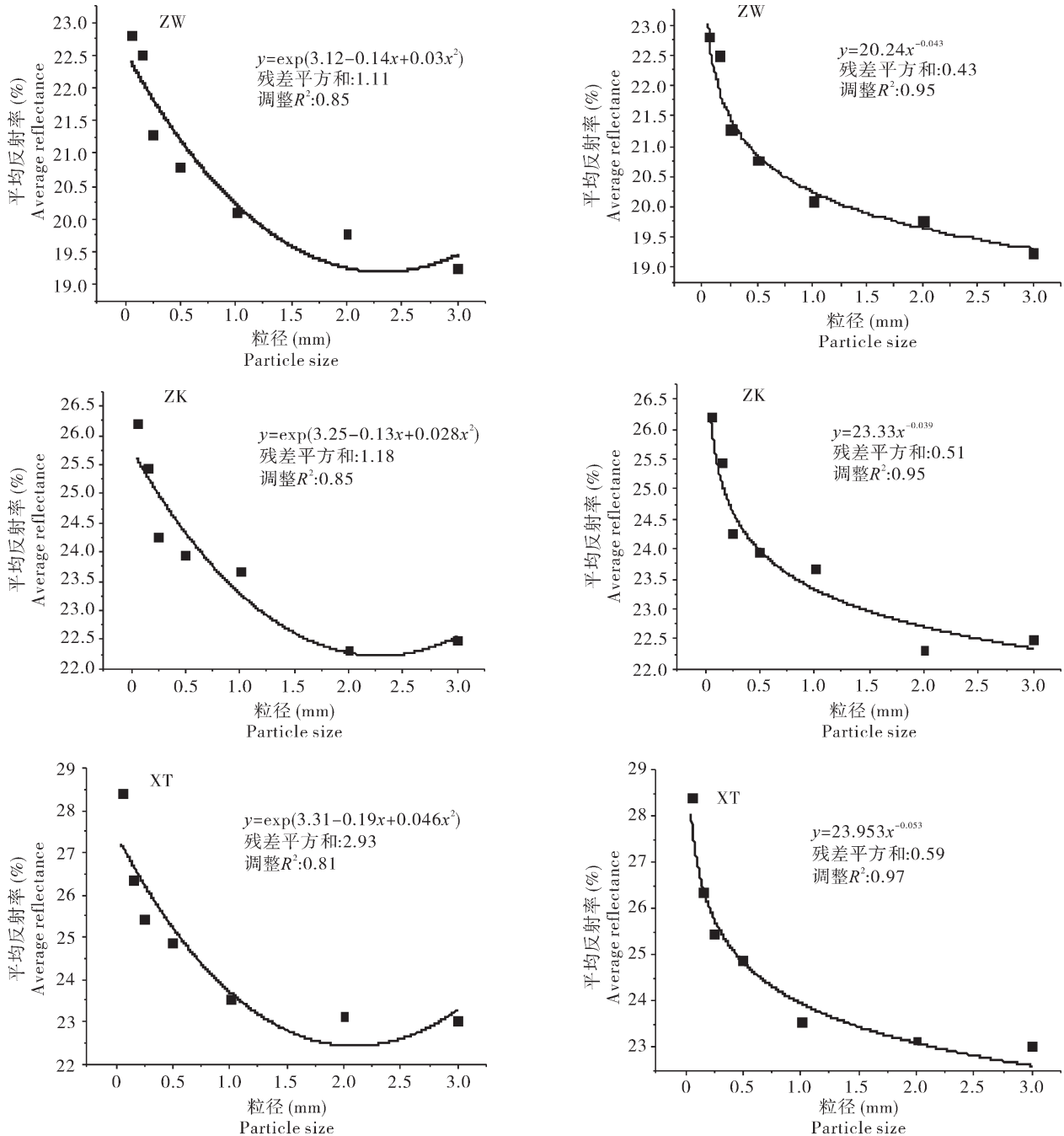


图 4 土壤反射率随土壤粒径的变化
Fig. 4 The change of soil reflectance with soil particle size

3 结论与讨论

(1)土壤粒径变化对红外波段的平均反射率影响较大。可见光、全波段平均反射率均在土壤粒径 <

0.25 nm 时,呈现出更明显的增长趋势,而红外波段则在土壤粒径 < 0.15 mm 时 增长趋势更为明显。在可见光波段、红外波段以及全波段 平均反射率最大变化幅度分别出现在粒径从 0.25 mm 降到 0.15 mm 时、从

0.15 mm 降到 0.05 mm 时和从 0.25 mm 降到 0.15 mm 时,分别达到了 7.23%、7.24%和 4.27%。

(2)土壤粒径与土壤全波段光谱反射率呈负相关关系,规律性较强。微分变换能增强个别波段相关性,放大原始光谱数据中某些隐晦的信息,可采用微分变换的方式提取光谱数据中的隐晦信息。

(3)不同粒径的处理并没有改变土壤的光谱曲线特征,经过不同粒径处理的土壤其光谱的 4 个特征吸收峰完全一致 450 nm、490 nm 处的吸收峰值随土壤粒径的减小呈多项式变化,结合刘焕军等^[21]研究结果,分析推断,此处吸收深度的变化是由土壤机械组成(也称作土壤质地)引起。

(4)以轻黏土、中壤土和重壤土三种不同类型土为例的土壤粒径对土壤光谱曲线特征的影响研究表明,不同类型的土壤,其粒径变化与土壤光谱反射率具有基本相同的变化规律,随着土壤粒径的减小,土壤光谱反射率均呈幂函数增长。

参考文献:

- [1] MEER F V D. Analysis of spectral absorption features in hyper spectral imagery [J]. International Journal of Applied Earth Observation and eoinformation, 2004, 5(1): 55 - 68.
- [2] KHAN NASIR M, RASTOSKUEV VICTOR V, SHALINA ELENA V. Mapping salt-affected soils using Remote sensing indicators-a simple approach with the use of GIS [C]. In Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 2001, 5: 9.
- [3] 曾庆猛,孙宇瑞,严红兵.土壤质地分类的近红外光谱分析方法研究[J].光谱学与光谱分析,2009,29(7):1759-1763.
- [4] 杨雪红.土壤粒径对土壤光谱特征的影响[J].科技信息,2011,25:390-391.
- [5] 张 飞.干旱区典型绿洲盐渍地地物光谱研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2011.
- [6] 闻兵工.地物光谱特征分析技术研究 [D].郑州:解放军信息工程大学,2009.
- [7] BOWERS S A, HANKS R J. Reflectance of Radiant Energy from Soils[J]. Soil Science 100, 1965: 130 - 138
- [8] 李 硕.基于 Vis/NIR 光谱不同粒径下土壤碳氮的预测研究[D].武汉:华中农业大学,2010.
- [9] 张万儒,杨光澄,屠星南.中华人民共和国林业行业标准——森林土壤分析方法[J].1999.
- [10] CLOUTIS E A. Hyperspectral geological remote sensing: evaluation of analytical techniques. Int. [J]. Remote Sensing, 1996, 17 (12): 2215 - 2242.
- [11] CLARK, R. N, SWAYZE G. A. Mapping minerals, amorphous materials, environmental materials, vegetation, water, ice, and snow, and other materials: The USGS Tricorder Algorithm: in Summaries of the Fifth Annual JPL Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication, 1995, 95- 1: 39 - 40.
- [12] 浦瑞良,宫 鹏.高光谱遥感及其应用[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [13] DEHAAN R.L, TAYLOR G.R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80: 406 - 417.
- [14] 戚浩平,翁永玲,赵福岳,等.茶卡—共和盆地土壤盐分与光谱特征研究[J].国土资源遥感,2010(86):4-8.
- [15] 刘伟东.高光谱遥感土壤信息提取与挖掘研究 [D].北京:中国科学院遥感应用研究所,2002.
- [16] 童庆禧,张 兵,郑兰芬.高光谱遥感—原理、技术与应用[M].北京:电子工业出版社,2006:129-159.
- [17] STONER E.R., BAULLGARDNER M.F. Characteristic Variations in Reflectance of Surface soil [J]. SOIL. SCI. SOC. AM. J., 1981, 45: 1161 - 116.
- [18] 何 挺,王 静,陈 烨.土壤水分光谱特征研究 [J].土壤学报,2006,43(6):1027-103
- [19] 陈 祯.基于近红外光谱分析的土壤水分信息的提取和处理[D].武汉:华中农业大学,2010.
- [20] 何文寿,刘阳春,何进宇.宁夏不同类型盐渍化土壤水溶盐含量与其电导率的关系 [J].干旱地区农业研究,2010,28 (1): 111 - 116.
- [21] 刘焕军,张 柏,张渊智,等.基于反射光谱特性的土壤分类研究 [J].光谱学与光谱分析,2008,28(3):624-628.

Analysis of Spectral Characteristics for Different Soil Particle Sizes

MA Chuang¹, SHEN Guang-rong^{1*}, WANG Zi-jun¹, WANG Zhe²

(1. SJTU Research Center for Low Carbon Agriculture, Shanghai 200240, China; 2. Shanghai Forestry Station, Shanghai 200072, China)

Abstract: Soil samples were taken from the field which were appropriately grinded and filtered into different particle sizes (2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.15 mm and 0.05 mm, respectively) and measured using spectrometry in a darkroom. Transformation and continuum removal were used to examine the variation of soil spectral characteristics and how this variation would be affected by different soil particles. The results showed that the average spectral reflectance of different soils increased with decreasing soil particle sizes in full-wave band, visible and infrared band, respectively. And soil particle sizes were negatively correlated with soil spectral reflectance. The differential transform detailed some obscure information in the original spectral data. Average reflectance in visible and full-wave band showed more remarkably increasing trend when soil particle sizes were lower than 0.25 mm, which also happened in infrared band when soil particle size was lower than 0.15 mm. Along with the decreasing soil particle sizes, soil absorption peak presented polynomial distribution at 450 nm and 490nm. The average reflectance of full-wave band increased in power-function.

Key words: Soil particle size; Reflectance; Continuum removed; Correlation; Spectral characteristics

[责任编辑 韩春兰]