

基于 ETM + 影像土壤有机质分布的研究

郭永龙^{1,2,3}, 刘友兆^{1,3}, 解毅²

(1. 南京农业大学农学院, 江苏南京 210095; 2. 山西农业大学资源环境学院, 山西太谷 030801; 3. 南京农业大学土地管理学院, 江苏南京 210095)

摘要 以山西省忻州市忻府区为例, 研究了 ETM + 影像 TN 值与土壤有机质含量的相关性, 确定与土壤有机质含量有相关性的波段, 运用回归分析方法建立基于 ETM + 影像的光谱定量反演模型。结果表明, 忻府区土壤有机质含量自北向南逐渐增加, 自西向东逐渐减少, 且中部地区小于四周。

关键词 ETM + ; 土壤有机质; 忻府区

中图分类号 TP301.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611 (2013) 07 - 02938 - 03

Study on Spatial Distribution of SOM Based on ETM +

GUO Yong-long et al (College of Agronomy, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095)

Abstract Taking Xinfu District in Xinzhou City, Shanxi Province as an example, through analyzing correlation between ETM + image TN value and soil organic matter (SOM), the related wavelength were obtained. The regression analysis method was adopted to establish spectral quantitatively regression model based on ETM + image. The results showed that SOM in Xinfu District are increasing gradually from the north to the south while reducing gradually from the west to the east, and the central region is less than the surroundings.

Key words ETM + ; Soil organic matter (SOM); Xinfu District

土壤有机质 (SOM) 含量是衡量土壤肥力的重要指标之一。传统的测定土壤有机质方法主要是在野外采集土样后回到实验室内应用各种仪器和药品进行测定。这不仅费时费力, 而且不能适应精准农业发展对测定土壤有机质所要求的大面积、实时、快速、准确的要求。目前, 在诸多土壤养分的快速测定方法中, 应用 NIR (近红外光谱分析) 技术测定土壤有机质是当前热点研究领域。

从 1965 年开始国外就有研究人员进行 NIR 技术的研究。Bowers 等^[1]指出, 影响土壤反射的因素主要有土壤质地、表面粗糙度、氧化铁含量、土壤水分含量和有机质含量。Gunsaulis 等^[2]进行了有关土壤质地和表面结构对土壤反射率的研究。Bendor 等^[3]对以色列干旱半干旱地区土壤的 1.0 ~ 2.5 μm 近红外反射曲线的光谱特性进行研究, 得出优化后的快速测定土壤各种物质的经验模型, 并认为 NIRA 是一种快速无限制测定土壤成分的技术。Bendor 等^[4]对生物有机质降解过程中有机质在 VIR-SWIR (400 ~ 2 500 nm) 波段的折射光谱进行研究, 认为 VIS-NIR-SWIR 波段的反射光谱是监测土壤有机质降解非常有效的工具。Chang 等^[5]使用 NIRS 技术在短时间快速、准确地测定多种土壤成分。Reeves 等^[6]研究表明, NIR 技术能够成功地探测低有机质土壤中养分含量。李民赞^[7]在对草地和玉米地块内土壤有机质与可见光谱之间关系进行研究时发现, 草地土壤的有机质含量与可见光之间具有较强的相关性, 而玉米地土壤有机质含量与可见光之间的相关性很弱。Chang 等^[8]研究表明, 应用近红外光谱分析能够准确测定土壤有机碳、无机碳 (DIC) 和全氮 (TN) 含量。Rossel 等^[9]发现, 联合使用可见光、近红外、中红外等反射光谱能够有效地探测土壤组分信息。Wang 等^[10]在实验室条件下应用 TM 和 ASTER 等 VNIR 波段数据对土

壤 N 含量进行研究, 并且建立 PLSR 模型, 发现 NIR 多波段的融合使用能够准确地测定土壤 N 浓度。Chodak^[11]认为, 近红外光谱能够有效地应用于土壤、垃圾、植物原料有机质成分的探测上。Kusumo 等^[12]在新西兰陶波、罗托鲁瓦等地区的牧场使用 ASD FieldSpecPro 便携式光谱探测仪迅速测定土壤 C、N 含量, 发现应用牧区光谱在原位评估土壤 C、N 有很广阔的空间。Lu 等^[13]应用 ASD2500 高光谱仪对我国东北黑土中的有机质含量进行研究, 发现黑土有机质含量与高光谱反射影像的一阶导数相关, 并通过对数据的逐步回归建立 PCR 模型。Zheng 等^[14]根据 NIR 光谱资料和 BP 神经网络建立了测定土壤有机质和土壤全 N 的模型, 模型校准后对土壤有机质含量的准确度可达 0.999, 有效精度达 0.854, 对土壤全 N 的校准精度接近 1, 有效精度为 0.808。Ludwig 等^[15]使用中红外光谱 (MIRS) 和部分近红外光谱 (7 000 ~ 400 cm⁻¹) 估算土壤和垃圾中有机质中的化学和生物含量, 发现 MIRS 能够较好地监测土壤和垃圾中有机质中的化学和生物含量, 但精度总体上不如近红外 (NIRS)。Rossel 等^[16]在法国不列塔尼使用高解析度的数码相机准确、快速测定土壤有机 C 和 Fe 的含量。Sun 等应用 NIR 实时快速、准确地测定 SOM 和 TN 值^[17]。总之, 近年来国内外科学家在利用 NIR 或者相近技术测定土壤有机质含量这一领域开展了大量卓有成效的研究。这为准确、快速测定土壤有机质奠定了坚实基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 忻府区位于山西省中北部的忻定盆地西半部, 辖 17 个乡镇, 394 个自然村。38°13' ~ 38°41' N, 112°17' ~ 112°58' E, 东西 55 km, 南北 43 km, 总面积 1 980 km², 东连定襄, 西邻静乐, 南靠阳曲, 北依原平。地形西高东低, 逐步倾斜, 北、西、南三面环山, 东部开阔平坦, 为忻定盆地的主体部分。忻府区属季风型大陆性气候, 年平均降水量为 462.5 mm, 降水集中于 7 ~ 9 月。平川区年平均气温 8 °C

作者简介 郭永龙 (1977 -), 男, 山西平遥人, 讲师, 从事资源环境信息、土地信息方面的研究, E-mail: 13787838@qq.com。

收稿日期 2013-02-16

以上,丘陵区 5~8℃,山区 5℃以下。该地区 1 月最冷,7 月最热。

1.2 研究方法 以山西省忻府区为研究对象,采用地统计学方法对 2007 年忻府区 500 多个土壤样品中的有机质等养分含量与 2007 年 10 月 ETM + 影像的 TN 值进行分析,生成含氮、磷、钾、有机质、灰度值及其地理坐标数据。应用 GS + 7.0 中对土壤有机质含量与 7 个波段的灰度值进行了相关性分析,建立数学模型(图 1),分析有机质分布情况及其影响因素。



图 1 基于 ETM + 影像土壤有机质分布研究技术路线

1.3 研究数据 忻府区行政区划图、ETM + 遥感影像系从美国联邦地址调查局(USGS)下载。样本点采用全球定位系统技术,对耕层(0~20 cm)进行 300 m × 300 m 的网格取样。在形状起伏、坡度较大、肥力不均的地方,网格为 200 m × 200 m;在土壤类型变化的地方,单独取样,检测土壤中有有机质含量。样点分布均匀,包含经纬度、海拔、pH、有机质含量等属性,而且该区每种土地类型均含有样本点。采样点分布如图 2 所示。

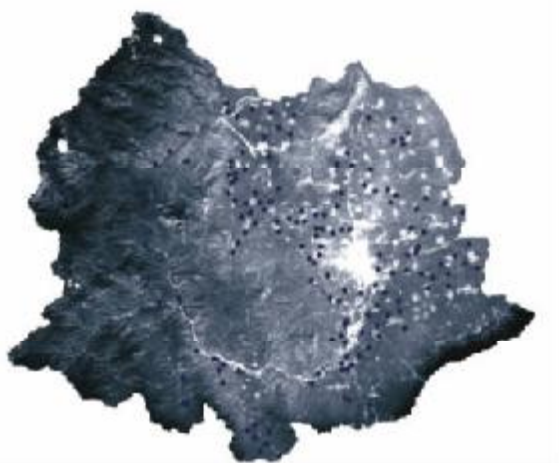


图 2 研究区采样点分布

2 结果与分析

通过栅格转矢量数据、空间连接等技术手段,将土壤采样点属性数据与 ETM + 影像进行连接,导出含有编号、乡镇名称、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质、坐标值、灰度值的数据,并导入 SPSS 中进行相关性分析。在 SPSS 中对有机质和 7 个波段影像的灰度值进行相关分析。由表 1 可知,有机质

与波段 1、波段 3、波段 4、波段 7 的相关性很大,相关系数分别为 -0.795、-0.575、-0.477 和 -0.507。

表 1 忻府区土壤养分分布 g/kg

养分	最小值	最大值	平均值	标准差
有机质	2.63	56.95	13.13	6.51
碱解氮	2.31	371.70	54.57	41.74
速效钾	16.09	396.70	100.42	42.70

SOM 与遥感变量组之间存在显著的相关性($r = 0.84, P < 0.01$)。具体来讲,有机质与 TM1 存在极显著的相关性($r = -0.75, P < 0.01, n = 1300$),而与 TM4 和 TM7 存在显著相关($P < 0.05, n = 1390$)。以 TM1、TM4、TM7 为自变量,以土壤采样点中有有机质含量为因变量,得到回归方程: $SOM = -1.255B1 + 0.189B4 - 0.214B7 + 96.146$ 。

方程的 F 为 1134.213, $P < 0.05, R^2 = 0.711$,模型的相关检验系数也达到显著的水平($P < 0.05$),模型的拟合度较好。通过采样点校验采样点对所得方程进行残差分析,发现模型预测结果可靠。

3 结论

研究表明,研究区土壤表层有机质含量具有明显的空间相关性,呈现自东向西、自北向南逐渐增加,中部地区有机质含量相对较少的特点。研究区耕地集中在东部四周,中部是人口相对密集的城区,交通发达,农垦历史长,土地利用强度相对较大,有机质含量相对较少。研究中采用的方法能够快速预测和绘制有机质含量信息,可为土地管理提供技术依据。

参考文献

- [1] SHONK J L, GAULTNEY L D. Spectroscopic Sensing for the Determination of Organic Matter Content [R]. ASAE Paper, 1988: 88 - 2142.
- [2] GUNSAULIS F R M F, KOCHER, GRIFFIS C L. Surface structure effects on close-range reflectance as a function of soil organic matter content [J]. Transaction of the ASAE, 1991, 34(2): 641 - 649.
- [3] BENDOR E, BANIN A. Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties [J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59: 364 - 372.
- [4] BENDOR E, INBAR Y, CHEN Y. The reflectance spectra of organic matter in the visible near-infrared and short wave infrared region (400 - 2500 nm) during a controlled decomposition process [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61: 1 - 15.
- [5] CHANG C W, LAIRD D A, MAUSBACH M J, et al. Near-infrared reflectance spectroscopy-principal components regression analyses of soil properties [J]. J Soil Sci, 2001, 65: 480 - 490.
- [6] REEVES J B, MCCARTY G W, MEISINGER J J. Near infrared reflectance spectroscopy for the analysis of agricultural soils [J]. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1999, 7: 179 - 193.
- [7] 李民赞. 基于可见光光谱分析的土壤参数分析 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(5): 25 - 26.
- [8] CHANG C W, LAIRD D A. Near-infrared reflectance spectroscopic analysis of soil C and N [J]. Soil Science, 2002, 167: 110 - 116.
- [9] ROSSEL R A V, WALVOORT D J J, MCBRATNEY A B, et al. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties [J]. Geoderma, 2006, 131: 59 - 75.
- [10] WANG L, JIA D, SHI H S, et al. Possibilities of multi-spectral data for the assessment of soil nitrogen content [J]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2006, 1/8: 3011 - 3014.
- [11] CHODAK M. Application of near infrared spectroscopy for analysis of soils, litter and plant materials [J]. Polish Journal of Environmental Stud-

ies,2008,17:631-642.

- [12] KUSUMO B H, HEDLEY C B, HEDLEY M J, et al. The use of diffuse reflectance spectroscopy for in situ carbon and nitrogen analysis of pastoral soils[J]. Australian Journal of Soil Research, 2008, 46:623-635.
- [13] LU Y L, BAI Y L, YANG L P, et al. Hyperspectral extraction of soil organic matter content based on principal component regression[J]. New Zealand Journal of Agricultural Research, 2007, 50:1169-1175.
- [14] ZHENG L H, LI M Z, PAN L, et al. Estimation of soil organic matter and soil total nitrogen based on NIR Spectroscopy and BP neural network[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28:1160-1164.
- [15] LUDWIG B, NITSCHKE R, TERHOEVEN-URSELMANS T, et al. Use of mid-infrared spectroscopy in the diffuse-reflectance mode for the prediction of the composition of organic matter in soil and litter[J]. Journal of

Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift, 2008, 171:384-391.

- [16] ROSSEL R A V, FOUAD Y, WALTER C. Using a digital camera to measure soil organic carbon and iron contents[J]. Biosystems Engineering, 2008, 100:149-159.
- [17] SUN J Y, LI M Z, ZHENG L H, et al. Real-time soil sensing with NIR spectroscopy[J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture, 2008, 2:1403-1406.
- [18] WANG B W, ZHOU W J, MA S, et al. Regression-kriging of soil organic matter using the environmental variables derived from MODIS and DEM[J]. Agricultural Science & Technology, 2012, 13(4):838-842.
- [19] 胡林, 丘耘, 周国民. 基于可见/近红外光谱的土壤有机质快速测定方法的研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(12):7123-7124, 7188.

(上接第 2911 页)

2.2 含量测定 由表 2 可知,不同来源的威灵仙药材齐墩果酸含量基本大于 0.30%;来源于两广的威灵仙品种粉灵仙中常春藤皂苷元含量较高,其他来源的威灵仙药材中常春藤皂苷元含量极低。

表 2 粉灵仙和其他商品威灵仙中常春藤皂苷元和齐墩果酸的含量

商品名	样品来源(产地)	含量/%	
		常春藤皂苷元	齐墩果酸
粉灵仙	北沙饮片厂(广东)	2.23	1.58
	广东广州(广东)	1.59	0.50
	广东广州(广东)	0.95	0.65
	广西玉林(广西)	1.44	0.76
	广西玉林(广西)	1.35	0.50
	致信药业(广西)	1.13	0.59
	北沙饮片厂(广东)	2.03	1.53
	致信药业(广西)	1.21	0.51
	广东广州(广东)	0.98	0.53
	广东广州(广西)	1.53	0.52
威灵仙	中智药业(河南)	0.02	1.13
	源和堂(东北)	0.06	1.32
	广东广州(广西)	0.01	0.60
	广西玉林(河北)	0.19	0.41
	广西玉林(广东)	0.03	0.53
	广东广州(广东)	0.01	0.64
	广东广州(安徽)	0.02	1.08
	广东广州(广西)	0.02	0.89
	广东广州(安徽)	0.01	0.02
	广东广州(安徽)	0.02	0.94

3 讨论

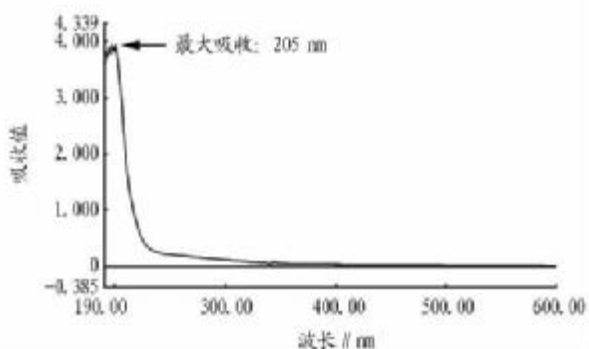


图 2 全波长扫描结果

(1) 试验采用紫外-分光光度仪扫描常春藤皂苷元和齐

墩果酸混合对照品在 190~600 nm 间的吸收光谱,最大吸收值在 205 nm,故选择 205 nm 作为检测波长。

(2) 试验考察比较了无水甲醇、浓度 70% 甲醇、浓度 50% 甲醇、无水乙醇、浓度 70% 乙醇和稀乙醇的提取率,发现以浓度 70% 乙醇的提取率最佳。而且,比较了回流 1 h、回流 2 h、超声提取 60 min 和超声提取 2 次(每次 30 min)的提取率,表明回流提取的提取率较高,且回流 1 h 即可提取完全。试验还比较了水解 1.0、1.5、2.0 和 2.5 h 的常春藤皂苷元和齐墩果酸的含量,发现 1 h 即可水解完全。因此,最终采用浓度 70% 乙醇回流提取 1 h,取滤液蒸干后水解 1 h。

(3) 除了《中国药典》收录的 3 个品种外,全国各地用作威灵仙的药用植物品种繁杂,仅铁线莲属就有 20 多种,包括小木通(*C. arandii* Franch.)、柱果铁线莲(*C. uncinata* Champ.)和毛柱铁线莲(*C. meyeniana* Walp.)等,还有其他科属的植物^[2]。各个品种间化学成分差异较大,有报道东北铁线莲中无常春藤皂苷^[3-7],棉团铁线莲中无齐墩果酸性三萜和常春藤皂苷^[7]。试验结果表明,粉灵仙药材中常春藤皂苷元和齐墩果酸的含量均大于 0.3%,威灵仙其中 9 批药材的齐墩果酸含量大于 0.3%,符合《中国药典》2010 版的规定。但 10 批商品威灵仙药材中常春藤皂苷元的含量在 0.01%~0.19% 之间,均不符合《中国药典》2010 年版规定的限度 0.3%。说明粉灵仙与其他商品威灵仙在《中国药典》规定的指标性成分含量的方面存在较大区别。

参考文献

- [1] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典:2010 年版一部[S]. 北京:中国医药科技出版社,2010:234-235.
- [2] 徐涛,杨永建,赵汝能. 威灵仙的植物来源及主要伪品[J]. 兰州医学院学报,1995,21(1):12-13.
- [3] SHI S P, JIANG D, ZHAO M B, et al. Preparative isolation and purification of triterpene saponins from *Clematis mandshurica* by high-speed current chromatography coupled with evaporative light scattering detection[J]. Journal of Chromatography, B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences, 2007, 852(1/2):679-683.
- [4] SHI S P, JIANG D, DONG C X, et al. Triterpene Saponins from *Clematis mandshurica*[J]. Journal of Natural Products, 2006, 69(11):1591-1595.
- [5] DONG F Y, CUI G H, ZHANG Y H, et al. Clematomandshurica saponin E, a new triterpenoid saponin from *Clematis mandshurica*[J]. Journal Asian Natural Research, 2010, 12(12):1061-1068.
- [6] SUN F, CAI Z, YANG D P, et al. Determination of Triterpenoid Saponins in Radix Clematidis and Related *Clematis* Species by High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2010, 38(9):1293-1298.
- [7] 杨军. 水红木及威灵仙的化学成分研究[D]. 开封:河南大学,2010.