

琯溪蜜柚叶片氮浓度高光谱遥感监测初探

朱晓铃, 黄正清, 高建阳, 黄德华

(福建省地质遥感中心, 福州 350011)

摘要: 以福建省平和县琯溪蜜柚为研究对象, 利用星载 Hyperion 高光谱遥感数据对蜜柚叶片进行氮浓度估测。在分析 Hyperion 数据特征的基础上进行大气校正、几何纠正等预处理, 从而得到图像反射率; 结合地面光谱测量和蜜柚叶片采样分析, 通过逐步回归分析法研究叶片氮浓度与高光谱图像反射率及其衍生量的关系, 最终建立其遥感定量监测模型。结果表明, 图像反射率的对数变换更有利于氮浓度的定量反演, 入选的波段是 983 nm、1 245 nm、1 316 nm 和 1 457 nm, 其中 1 245 nm 波段对氮浓度影响最大, 1 457 nm 波段最小。利用该模型对氮浓度进行估算的值域与地面调查结果一致, 说明利用高光谱进行氮浓度定量反演具有一定的可行性。

关键词: 高光谱遥感; 琯溪蜜柚; 氮浓度; 逐步回归

中图分类号: TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2007)02-0071-04

0 引言

营养元素是影响作物生长发育及产量的关键因素, 而氮是影响其生长结果最强有力、最直接的元素之一。氮元素在氨基酸、蛋白质及核酸等物质的生物合成, 提高蜜柚的光合作用, 增加产量等方面起着重要作用。氮施用适量时, 叶色浓绿, 树势生长健壮, 有利于提高坐果率, 还有利于果实的膨大和品质的提高^[1]。植物营养元素含量的多少、缺乏与否都会在叶片的光谱特性上有所反映, 这是通过光谱手段获取生化参量信息的理论基础, 这不仅使田间非破坏性、快速、简易的诊断营养状况有了可能, 而且随着高光谱遥感技术的日趋完善和高光谱航天时代的到来, 使得大面积监测植物的营养状况成为可能^[2]。前人利用不同的统计方法建立了叶片或植株含氮量与光谱反射率或其衍生量的关系, 通过模型实现了氮素浓度的估算^[3-6]。一些敏感波段或波段组合已经成功地应用到氮素的诊断^[7,8], 但是很难找到一个恒定的指数来实现全生育期生理生化参数的预测, 这是由于一个特定的指数在某一生长阶段是很实用的, 但在其它生长阶段未必有效。

本文以 EO-1 Hyperion 高光谱遥感图像为基础, 以图像光谱分析为着眼点, 进行了从高光谱遥感图像直接获取蜜柚氮素浓度分布的方法探索和可行性分析, 目的是为蜜柚丰产优质的田间管理提供依据。

1 研究区简介

平和县位于福建省南部, 北纬 24°02' ~ 24°35', 东经 116°54' ~ 117°31' 之间, 属南亚热带季风气候, 年平均气温 21.3°C, 降雨量约 1 700 mm, 无霜期 318 d。是我国最大的柚类商品基地县, 被誉为“中国琯溪蜜柚之乡”, 产量约占全国总量的 25%。

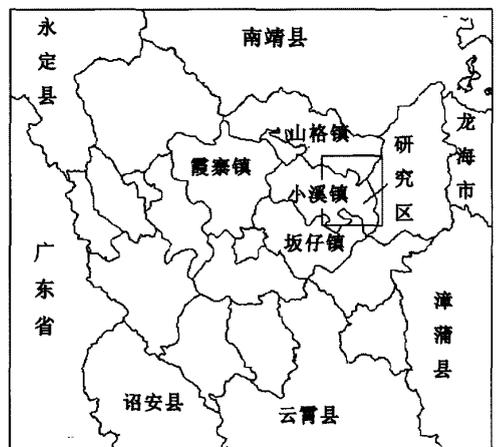


图1 平和蜜柚研究区位置

2 数据源

2.1 Hyperion 高光谱遥感数据

采用 EO-1 (Earth Observing-1) 卫星成像的 Hyperion 高光谱数据, 时相为 2006 年 2 月 11 日。EO-1

是美国 NASA 研制的新型地球观测卫星,于 2000 年 11 月 21 日发射升空,其卫星轨道为太阳同步轨道,与 Landsat 7 基本相同,轨道高度为 705 km,倾角 98.7°,通过赤道时的当地时间与 Landsat 7 仅差 1 min。

2.2 地面光谱测量

地面光谱测量采用 ISI 921-512 野外地物光谱辐射计。辐射计波长范围为 380~1 050 nm,光谱通道 512 个,光谱分辨率为 2 nm,波长准确性为 0.7 nm。研究中将 40 cm × 40 cm 的聚四氟乙烯白板布置在相对平坦的空地上,进行辐射值到反射率的转换。地面数据获取时天气晴朗,能见度好,光谱测量和生化分析采样都在预设的 GPS 定位点进行。地面光谱测量时间为 2006 年 1 月 13~15 日,虽然与 Hyperion 数据获取时间(2 月 11 日)不同步,但在 1 月和 2 月蜜柚的生长特征类似,该时期地面光谱测量结果能作为星载高光谱研究的参考。

2.3 叶片全氮分析数据

依据研究区内蜜柚栽培的密集程度布置点位,使点位分布既满足区域遥感生物地球化学研究的需要,又同时兼顾不同类型土壤(红壤、水稻土、冲积土)和海拔。在地面光谱测量的同时进行蜜柚叶片采样,将树上采摘的新鲜叶片用保鲜袋装盛,并及时

送往实验室进行目标参量分析,以保证分析数据的准确性和有效性。

3 高光谱数据预处理

预处理过程包括波段预选、大气校正及几何纠正。通过预处理可降低噪声,减少大气的影 响,提高图像的数据质量;另外,将无价值的波段从图像中去除,从而减少波段,并减少计算量,提高图像的空间数据处理效率。

在 Hyperion 图像的 242 个波段中,有未进行辐射定标和受水汽影响较大的波段,这些波段需在预处理时先进行剔除。

进行植被参量反演时,对遥感数据进行大气校正是十分必要的,其目的是消除大气和光照等因素对地物反射的影响,获取地表真实物理模型参数,如地物反射率、辐射率和地表温度等。本文利用 ENVI FLAASH 的纠正模块进行了大气校正。图 2 是大气校正前后各地物光谱曲线的比较,从图中可以看出大气校正效果明显,经校正后可获得地面反射率数据,为遥感定量研究和应用奠定基础。

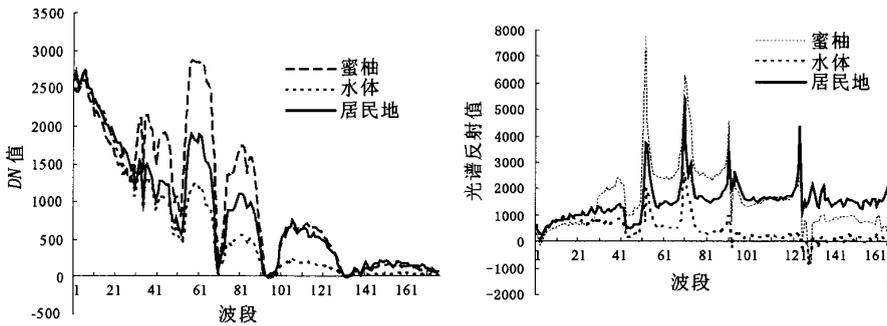


图 2 Hyperion 图像大气纠正前后地物光谱曲线
(左:大气纠正前图像光谱曲线;右:大气纠正后图像光谱曲线)

4 数据分析

建立各种从高光谱遥感数据中提取各种生物物理参数(叶面积指数、生物量、植物种类、冠层结构、净生产率等)和生物化学参数(叶绿素等多种色素、各种糖类、淀粉、蛋白质和各种营养原色等)的分析技术,在植物生态系统研究中十分重要。较常用的分析方法有光谱位置分析和逐步回归分析。逐步回归分析方法是在高光谱植被研究中最为普遍采用的技术,它以光谱数据或其变换形式(原始光谱反射率、一阶微分、对数变换和各种植被指数等)作为自变量,生物化学参量为因变量,建立估计模型。用逐

步回归方法可以选择并确定对于某种化学成分敏感的波长位置,从而利用这些确定的波长位置来估算某种化学成分的浓度。

利用地面测量的光谱进行光谱位置分析实验,实验证明该研究不适宜基于光谱位置分析法;同时由于氮含量相对变化幅度较小,本次研究中利用逐步回归方法开展研究。

在逐步回归之前,对反射率数据进行一阶微分和对数变换处理,对 Hyperion 图像反射率数据及其衍生数据与实测氮浓度的关系进行逐步回归,结果如图 3 所示。从图中可以看出,经过对数变换后,相关性好于原始反射率和一阶微分。这是由于光谱反射率经对数变换后,可以减少因光照条件变化引起

的乘性因素影响。因此,本次研究建立的统计模型是利用光谱反射率对数变换的结果。

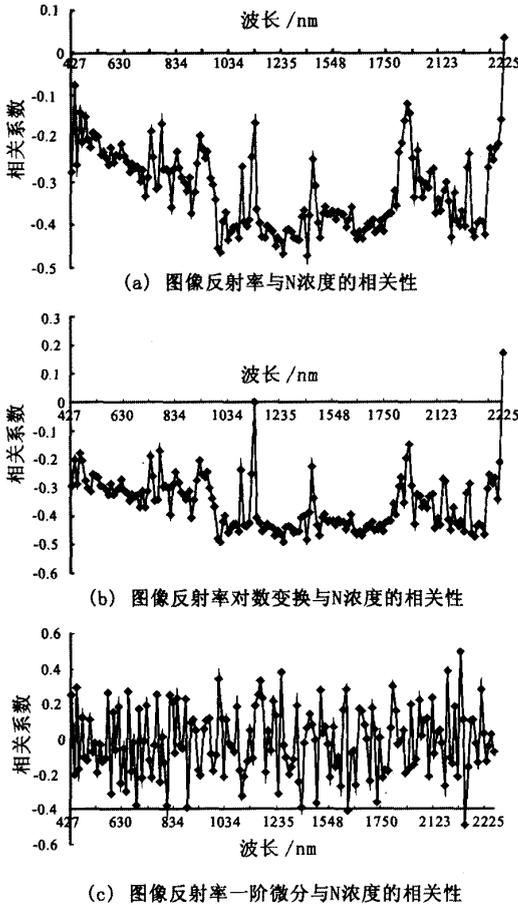


图3 图像反射率及变换形式与N浓度相关关系

利用逐步回归的方法,使对因变量贡献大的因子可随时进入方程,贡献小的因子也可随时剔除。在回归分析结果可信度达95%时,结合浦瑞良^[3]和Curran^[2]研究成果,确定本次研究N吸收特征的光谱位置,如表1所示。

表1 入选光谱特征位置

波长/nm	解 释
983	淀粉(1 020 nm)
1 245	木质素、纤维素相关(1 200 nm)
1 316	木质素相关
1 457	木质素相关、N吸收

在确定吸收波段的基础上,采用多元线性回归模型进行拟合,回归分析的结果如表2所示。模拟

表2 多元线性回归分析结果

吸收波段/nm	模拟值	t
常量	0.526	0.276
983	4.215	3.526
1 245	-12.384	-5.675
1 316	8.978	4.453
1 457	-0.452	-3.163

值的绝对值表征各因子对氮浓度的贡献和影响,波长为1 245 nm对应的绝对值为5.675,最大,表明其对氮浓度的贡献或影响最大;而波长为1 457 nm的对应绝对值为3.163,最小,说明其对氮浓度的影响最小。该模型的F值为12.495,大于由F分布表查得的结果(波长为2.65), $R^2=0.581$,可知该多元回归模型所得的参数可靠。其回归表达式为

$$N = 0.526 + 4.215 \lg \lambda_{983} - 12.384 \lg \lambda_{1245} + 8.978 \lg \lambda_{1316} - 0.452 \lg \lambda_{1457} \quad (1)$$

插页彩片27是利用式(1)求出的研究区蜜柚叶片N浓度分布图。谢志南^[9]研究认为平和蜜柚叶片N浓度的适宜量是2.5%~3.1%,估测结果显示,在适宜区间范围外,以过量为主,与地面的分析结果一致,这在一定程度上说明估算方程的有效性。

5 结论

本文分析了研究区图像反射率及其衍生量与氮浓度之间的相关关系,并做了逐步回归分析,结果表明,图像反射率的对数变换形式更有利于氮浓度的定量反演,入选波段分别是983 nm、1 245 nm、1 316 nm和1 457 nm,其中1 245 nm处对氮浓度影响最大,1 457 nm处最小。利用高光谱遥感数据估算平和蜜柚叶片氮浓度时,采用图像反射率对数变换方法处理数据较为有效。

本研究基于少量的地面辅助数据,探讨直接从图像光谱定量反演氮浓度的方法,这对于大面积营养元素浓度监测及实施田间精细管理有着实际的意义。

对果树营养元素遥感估测的研究尚处于尝试阶段,果树具有它本身的物候期,所以选择合适的遥感图像时相尤为重要。病虫害的预测同样受果农关注,例如黄龙病,若能依靠遥感手段进行果树黄龙病的预测,果农利用有利时机对黄龙病进行防治,这样将大大提高果农的主动性。这些都将是今后研究的方向。

致谢:福建省空间信息工程研究中心陈芸芝助理研究员和福建省林业科学研究院罗彩莲硕士在地面数据获取和高光谱数据处理上提供帮助,在此深表谢意。

参考文献

[1] 吴坤用. 沙田柚早结丰产栽培[M]. 广东:广东科技出版社, 2001.

[2] Curran P J, Dungan J L, Peter D L. Estimating the Foliar Biochemical Concentration of Leaves with Reflectance Spectrometry - testing the Kokaly and Clark Methodologies[J]. Remote Sens. Environ., 2001, 76(3):349-359.

[3] 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.

[4] 张 霞,刘良云. 利用高光谱遥感图像估算小麦氮含量[J]. 遥

感学报,2003,7(3):176-181.

[5] 王秀珍,王人潮,等. 不同氮素营养水平的水稻冠层红边参数及其应用研究[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001,27(3):301-306.

[6] Fernandez S, Vindal D, Simon E, et al. Radiometric Characteristics of Triticum Aestivum cv. Astrak under Water and Nitrogen Stress[J]. International Journal of Remote Sensing,1994,15(9): 1867-1884.

[7] Blachmer T M, Schepers J S, et al. Nitrogen Deficiency Detection Using Shortwave Radiation from Irrigated Corn Canopies [J]. Agron, J.,1996,88:1-5.

[8] Sembiring H, Raun W R, Johnson G V, et al. Detection of Nitrogen and Phosphorus Nutrient Status in Winter Wheat Using Spectral Radiance[J]. J. Plant Nutri., 1998,21:1207-1233.

[9] 谢志南. 福建亚热带果园土壤 pH 与有效态养分含量的相关性[J]. 园艺学报,1997,24(3):209-214.

A PRELIMINARY STUDY OF HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING MODEL FOR ESTIMATION OF NITROGEN CONCENTRATION IN POMELO FROM GUANXI

ZHU Xiao - ling, HUANG Zheng - qing, GAO Jian - yang, HUANG De - hua
(Geological Remote Sensing Center, Fuzhou 350011, China)

Abstract: EO - 1 Hyperion data is used to estimate nitrogen concentration of Guanxi pomelo in this study. Based on analyzing the data characteristics, the Hyperion preprocessing includes such means as atmospheric correction and geometric correction. Using the linear stepwise regression method, this paper established the correlation between the reflectance spectra / derivative spectra and the concentration of nitrogen on the basis of the sampling data in the field. The results show that reflectance spectra derivative of logarithm is fairly good in estimating nitrogen concentration. The absorption features around 1 003 nm, 1 245 nm, 1 336 nm and 2 264 nm are selected. The values of nitrogen concentration through estimation are quite consistent with those of field measurements. The authors have thus concluded that it is feasible and time - saving to estimate nitrogen concentration of pomelo by using hyperspectral remote sensing images.

Key words: Hyperspectral remote sensing; Guanxi - pomelo; Nitrogen concentration; Stepwise regression

第一作者简介: 朱晓铃(1979 -), 女, 硕士, 主要从事环境与资源遥感的研究。

(责任编辑: 李 瑜)

=====

(上接第 67 页)

THE DETECTION OF REE MINE EXPLOITATION SITE CHANGE BASED ON MULTI - TEMPORAL REMOTE SENSING IMAGES

WANG Ping, LIU Shao - feng

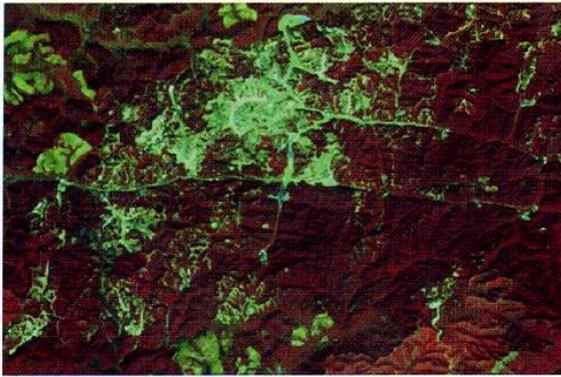
(State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: To investigate the REE mine site exploitation in some places, the authors made remote sensing change detection by using Landsat ETM⁺ (1999) and SPOT (2005) dataset. Based on the results of unsupervised classification, this paper used the "post - classification comparison" change detection technique to analyze the change details, and formulated an accurate "From - to" change matrix. The increased parts of mine sites class were detected, which resulted from the decrease of other classes. Then the distribution of the change parts was delineated on the map. Before change detection, a radiometric normalization method, i. e., "Scattergram - Controlled Regression", was introduced to correct the spectral difference of the two temporal datasets. The accuracy assessment was also used to guarantee the acceptability of the classification results. All of these procedures could enhance the accuracy of the final results and lead to satisfactory result.

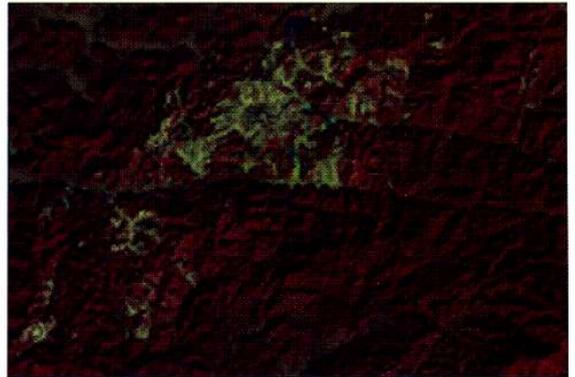
Key words: REE; Change detection; Radiometric normalization; "From - to" change matrix

第一作者简介: 王 平(1981 -), 男, 博士研究生. 主要从事遥感地质应用、数字图像处理方面的研究。

(责任编辑: 李 瑜)



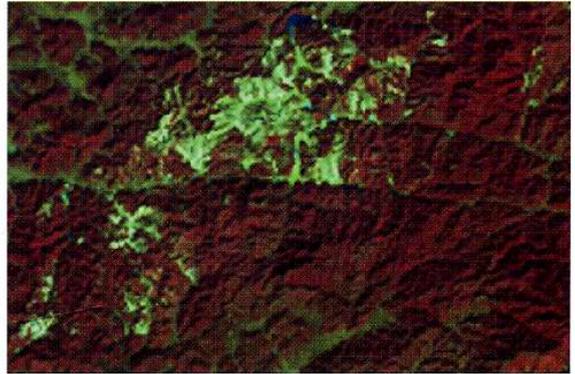
(a) 2005年SPOT原始图像



(b) 1999年ETM原始图像



(c) NC掩模图像



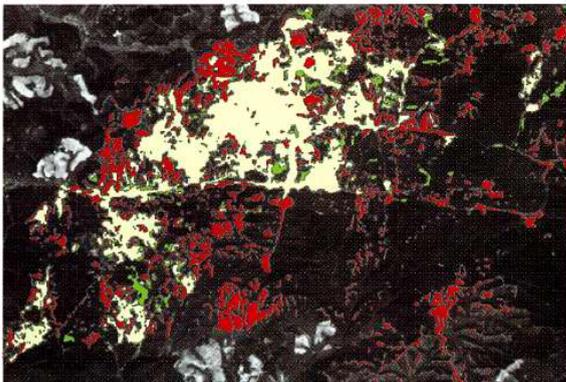
(d) 直方图匹配后的1999年ETM图像

彩片24 原始图像与处理后图像对比



水池 林地 火烧地 耕地 果园 矿区

彩片25 分类结果(左: 2005/10/20; 右: 1999/12/16)



未变化 减少 增加

彩片26 矿区范围变化
万方数据



图例
N浓度分布
背景
不足
适量
过量

彩片27 研究区蜜柚氮浓度估测结果示意图

(背景是1769 nm影像)

(彩片27见朱晓铃一文)