

# 泸西县烤烟面积遥感监测最佳时相的选择

彭光雄<sup>1</sup>, 沈蔚<sup>2,3\*</sup>, 郭继发<sup>1</sup>

(1 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2 大洋生物资源开发与利用上海市高校重点实验室, 上海海洋大学, 上海 201306;

3 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室(上海海洋大学), 上海 201306)

**摘要:** 烤烟与玉米的叶片光谱特征非常相似, 不利于烤烟的遥感识别。烟苗移栽后的烟田地膜可作为烤烟识别的特征标志。基于泸西县烤烟与玉米物候特征的差异, 以他们的植被覆盖度和地膜可视度的时间演变规律为依据, 分析得知 5月下旬至 6月初是烤烟面积遥感监测的最佳时段。在此基础上选择两个时相的 TM 影像, 综合利用自动分类和人工判读的方法, 对泸西县的烤烟面积进行了遥感监测。并采用烤烟面积的统计数据检验了遥感监测的精度, 结果表明各个乡镇中烤烟面积遥感监测的最高偏差率为 12.4%, 最低偏差率为 5.6%, 平均偏差率为 9.7%, 能够满足实际应用的需要。研究结果对于烤烟种植条件相似的地区有一定的参考指导作用。

**关键词:** 烤烟; 遥感监测; 最佳时相; 地膜

**中图分类号:** TP75

**文献标识码:** A

卫星遥感图像包含波谱、空间和时间三方面的信息内容, 植物的物候学特征导致在不同生长发育阶段表现为迥然不同的光谱特性, 并且这种季相节律在不同植物类型之间又存在差异<sup>[1]</sup>。根据物候特点, 选择地物影像特征差异较大的时相, 有利于去除其他地物的干扰信息, 实现农作物的遥感识别<sup>[2]</sup>。国内外已进行了较多关于小麦、棉花、水稻等农作物最佳时相选择的研究。干怀隧根据作物光谱的种间差异、作物物候的种间差异、太阳高度角的变化等信息, 分析了我国主要粮食遥感估产最佳时相的选择方法<sup>[3]</sup>; 李存军等根据春夏季作物的物候特点探讨了冬小麦和苜蓿遥感监测和面积提取的方法<sup>[4]</sup>; 韩立建等基于多时相 IRS-P6 卫星 AWFS 影像研究了水稻种植面积提取方法<sup>[5]</sup>; 国外 Moran<sup>[6]</sup>、Tso<sup>[7]</sup>、Blaes<sup>[8]</sup>等利用多时相遥感影像对地物的遥感识别和分类也进行了研究。烤烟是重要的经

济作物, 鉴于吸烟对人体的危害, 其种植面积和产量受到国家的严格监控。同时烤烟面积遥感监测面临烤烟空间分布破碎分散, 烤烟与其它作物普遍混种或间种, 以及烤烟与玉米等农作物的光谱特征比较相近等难点<sup>[9]</sup>。但目前关于烤烟遥感最佳时相选择的研究还很缺乏, 因此急需对各地烤烟遥感的最佳时相进行选择 and 分区, 以弱化相关因子的干扰, 降低信息处理的难度, 推进烤烟遥感的进程。

本文根据云南红河地区烤烟种植的特点, 以泸西县为例阐述了烤烟面积遥感监测最佳时间的选择方法和烤烟遥感识别的一般规律, 为相似地区的烤烟面积遥感监测提供参考。

## 1 研究区概况

以云南省泸西县为研究区, 其地形地貌特征和

收稿日期 (Received date): 2008-10-20; 改回日期 (Accepted): 2009-02-03。

基金项目 (Foundation item): 中国博士后科学基金 (20080430586); 大洋生物资源开发与利用重点实验室开放基金 (B-8208-07-0001-1); 中国科学院王宽诚博士后工作奖励基金。[China Postdoctoral Science Foundation funded project; K. C. Wong Education Foundation Hong Kong Open Foundation of The Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation.]

作者简介 (Biography): 彭光雄, (1978-), 男, 湖南永州人, 中国科学院遥感应用研究所博士后, 主要从事资源环境遥感等研究。[Peng Guangxing (1978-), male, a native of Yongzhou of Hunan Province, Postdoctoral of CAS, specialized in remote sensing of environment.]  
E-mail: pgx457600@gmail.com

\* 通讯作者: 沈蔚。Author for correspondence: wshen@shu.edu.cn

烤烟空间分布情况见图 1所示。泸西县位于红河州的东北部, 位于  $103^{\circ}30' \sim 104^{\circ}04'E$ ,  $24^{\circ}15' \sim 24^{\circ}45'N$  间, 总面积  $1\,674\text{ km}^2$ , 是云南省的烤烟种植大县, 年产烤烟  $1500 \times 10^4\text{ g}$  是云南烤烟种植的典型地区。属亚热带季风气候, 光照充足、昼夜温差大, 常年平均气温  $15.2^{\circ}\text{C}$ , 年均日照  $2\,122\text{ h}$  无霜期  $270\text{ d}$  年平均降雨量  $966\text{ mm}$ 。地处滇东高原, 山区和丘

陵占总面积的  $82.4\%$ , 最高海拔  $2\,459\text{ m}$ , 最低海拔  $821\text{ m}$ , 山地立体气候明显。泸西县的烤烟移栽时间一般在 4月底开始到 5月中旬全部结束。烤烟移栽均采用地膜增温技术, 以抢抓有效积温、实现早生快发、提高烟叶内在质量。所产烟叶色泽金黄, 组织疏松, 油润丰满, 烟碱适中, 内在品质好, 香气量足, 余味舒适纯净。

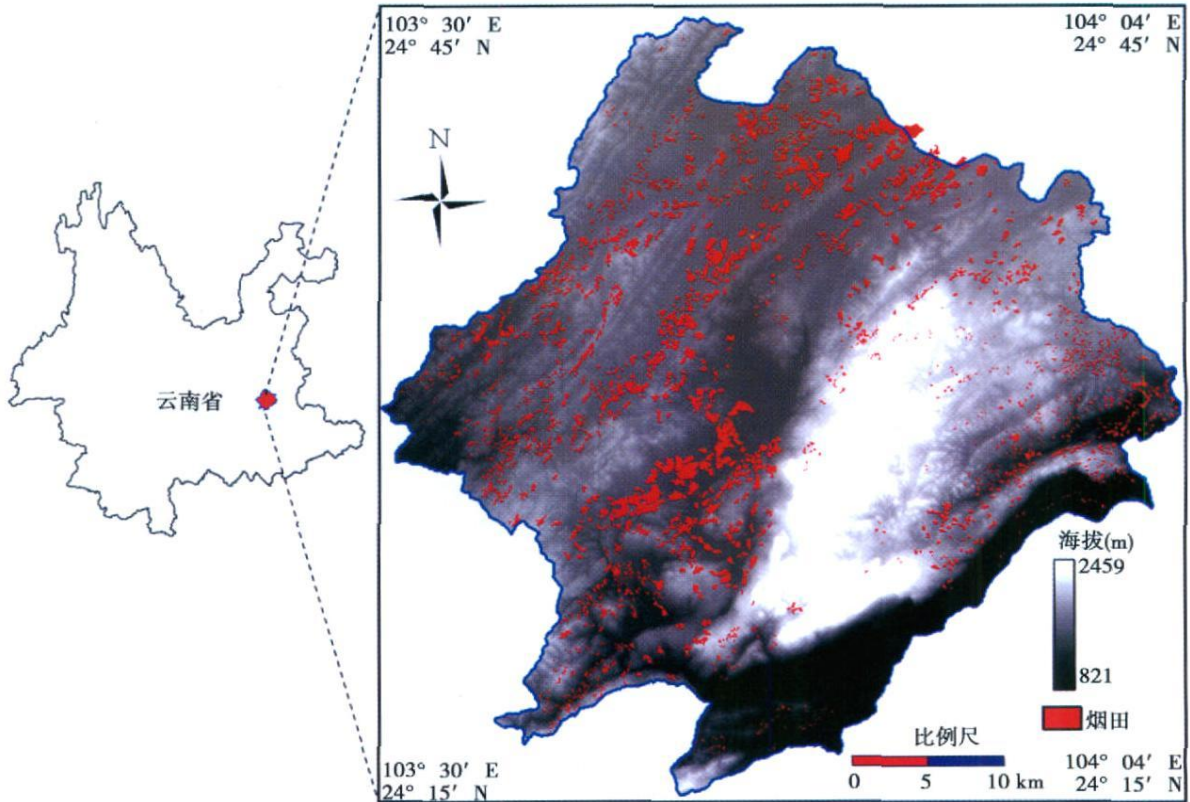


图 1 研究区地理位置及地形特征

Fig 1 The location and topographical features of study area

## 2 物候及光谱特征分析

### 2.1 物候特征

玉米与烤烟的光谱特征十分相似, 是与烤烟最难区分的农作物。在旺长期的遥感影像上玉米与烤烟的光谱曲线基本一致, 不利于两者的区分。然而烤烟和玉米的物候存在较大差异, 基于物候的差异利用多时相遥感影像可以比较容易区分玉米和烤烟。研究区内春玉米播种时间为每年 3月下旬到 4月上旬, 一般采用先播种后覆膜的方式, 于 8月底 9

月初成熟; 夏玉米播种时间为每年 5月下旬到 6月上旬, 此时气温较高, 一般不需覆盖地膜, 于 10月底 11月初成熟; 烤烟移栽时也覆盖地膜, 但与春玉米的地膜覆盖时间存在近一个月的时间差。烤烟移栽时间一般在 4月底开始到 5月中旬结束, 于 8月初烟叶成熟采收烘烤, 玉米和烤烟的物候历见表 1 所示。

### 2.2 光谱特征

5月下旬泸西县的烤烟烟苗全部移栽到烟田, 并全部覆盖地膜, 以抢抓有效积温。图 2是烤烟等地物的实测光谱曲线。由图 2中  $d$  与  $e$  可知道, 烤

表 1 研究区烤烟和玉米的物候历

Table 1 The phenological calendars of tobacco and com in study area

月份	3月			4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月		
旬	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
烤烟	烟苗培育			移栽			伸根期			旺长期			成熟期											
春玉米	播种			三叶			拔节			抽穗			乳熟			收获								
夏玉米	播种									三叶			拔节			抽穗			乳熟			收获		

烟与玉米的光谱特征十分接近。旺长期的烤烟和玉米的空间纹理特征也比较类似, 因此在不使用高光谱遥感影像的情况下识别两者非常困难。而覆盖于烟田地表的膜属于人工合成树脂, 其光谱特征与其他地物存在明显差异(如图 2 中 *b*), 有利于辅助识别烟田地块。TM 影像是最常用的遥感数据源之一, 其空间分辨率为 30 m, 这个尺度下所得到的地物光谱多为混合光谱。烤烟移栽后, TM 采集到的烟田光谱主要是由地膜、烤烟烟苗和土壤组成的混

合光谱。光谱仪模拟测量得到的其混合光谱曲线如图 2 中 *f* 所示。由此可知, 该混合光谱与裸地和玉米等地物的光谱特征均存在较大差异, 因此可作为识别烤烟地块的特征光谱。尽管烟田地膜与玉米田地膜之间光谱也十分相似, 但玉米田地膜出现在 3 月底, 而烟田地膜出现在 5 月中旬, 两者存在很长一段时间差, 可以消除这种不利因素。虽然夏玉米的播种时间与烤烟移栽时间比较接近, 但是夏玉米不需要覆盖地膜, 因此也不会与烟田地膜产生混淆。

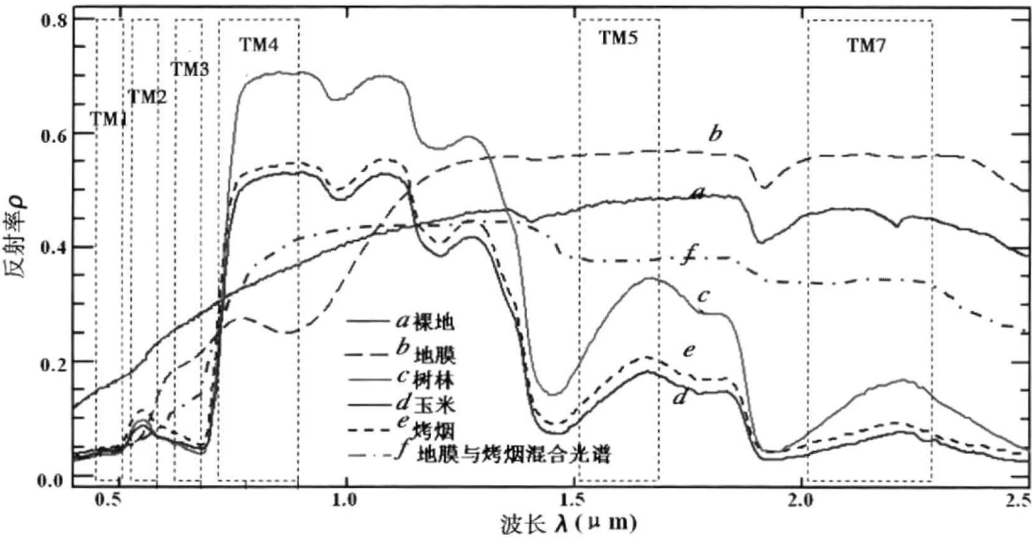


图 2 主要地物光谱曲线

Fig 2 The spectral curve of typical land covers

3 时相选择

3.1 物候特征演变

利用地膜作为烟田识别标志时, 遥感影像的时间选择非常重要。烤烟移栽和春玉米播种时均覆盖地膜, 由于两者的地膜覆盖时间存在较长一段时间差, 为烟田与玉米的区分提供了条件。为了便于说

明, 需要定义地膜可視度。植被覆盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在单位面积内的垂直投影面积所占百分比<sup>[10 11]</sup>。参考植被覆盖度的定义方法, 地膜可視度定义为沿垂直方向从上往下所观察到的地膜面积所占单位面积百分比, 如图 3a 所示。

烟田和玉米的植被覆盖度及地膜覆盖度随着时间的推移是逐渐演变的, 根据其演变规律选择适宜的遥感监测时间成为区分烟田和玉米的关键。根据

泸西县烤烟和春玉米的生长物候期模拟得到它们的植被覆盖度和地膜可视度的演变趋势曲线, 如图 3 所示。烤烟和玉米的地膜可视度随着时间推移逐渐变小, 而植被覆盖度则先增大后减小。5月下旬至 6 月初这一时段, 烤烟和玉米的植被覆盖度与地膜可视度的大小和比例关系比较恰当, 是适宜于遥感区分的最佳时段。若早于这个时段, 则烤烟和玉米的地膜可视度均比较大, 遥感影像主要反映为地膜的

光谱, 引起烤烟地膜与玉米地膜之间的光谱混淆; 若晚于这个时段, 则烤烟和玉米的植被覆盖度比较大, 遥感影像主要反映为植被的光谱, 引起烤烟与玉米叶片之间的光谱混淆; 唯有 5 月下旬至 6 月初这一时段, 遥感影像上烤烟主要表现为地膜特征, 而玉米则表现为植被特征, 从而有利于它们的区分, 是适宜于烤烟面积遥感监测的最佳时段。

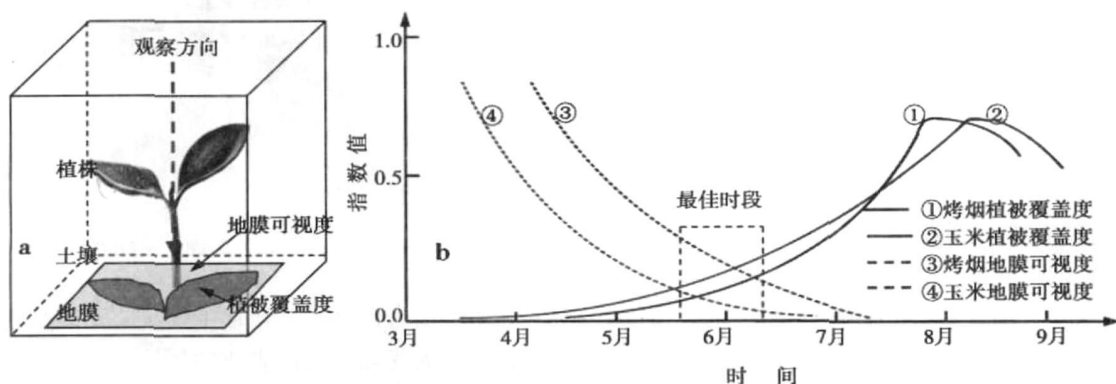


图 3 植被覆盖度和地膜可视度示意图及其演变趋势

Fig 3 The diagram and evolution trend of vegetation coverage and field film visibility

### 3.2 影像特征演变

选取 6 月初 (6 月 9 日) 和 7 月初 (7 月 11 日) 的 TM 影像各一幅, 以验证分析烤烟和玉米的物候特征的演变规律。在影像上采集得到的烤烟和玉米两个不同时相的 TM 光谱曲线见图 4 所示, 影像特征见图 5 所示。7 月初的烤烟和玉米的 TM 光谱曲线基本是一致的 (见图 4 曲线 c 和 d), 这时烤烟和玉米的植被覆盖度均很高, 表现为 TM 3 到 TM 4 光谱曲线的斜率都很陡, 而地膜可视度接近于 0 影像特征如图 5b 所示。而 6 月初的烤烟和玉米的 TM 光谱曲线存在较明显的差异 (见图 4 曲线 a 和 b), 此时烤烟和玉米的地膜可视度分别约为 0.22 和 0.02 烤烟和玉米的植被覆盖度分别约为 0.09 和 0.23 这时的 TM 影像中烟田表现为土地、地膜和烟苗的混合光谱, 而玉米地则主要表现为植被光谱特征, 玉米的 TM 3 到 TM 4 光谱曲线斜率大大高于烟田的曲线斜率, 影像特征如图 5a 所示。上述分析也进一步说明, 5 月下旬至 6 月初是区分烤烟和玉米的最佳时段, 而烟田地膜是最有利于烤烟识别的特征标志。

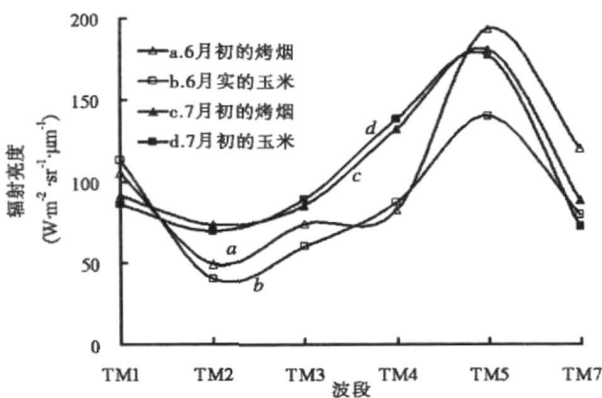


图 4 不同时相地物的 TM 光谱曲线

Fig 4 TM spectrum of different temporal phase

## 4 烤烟种植面积监测

关于地表类型遥感自动分类的方法多种多样, 具体应用时根据实际需要来选择<sup>[12 13]</sup>。目视解译广泛地应用于对精度要求较高的分类中, 尤其适用于米级高分辨率遥感影像的分类<sup>[14 15]</sup>。泸西县的烤

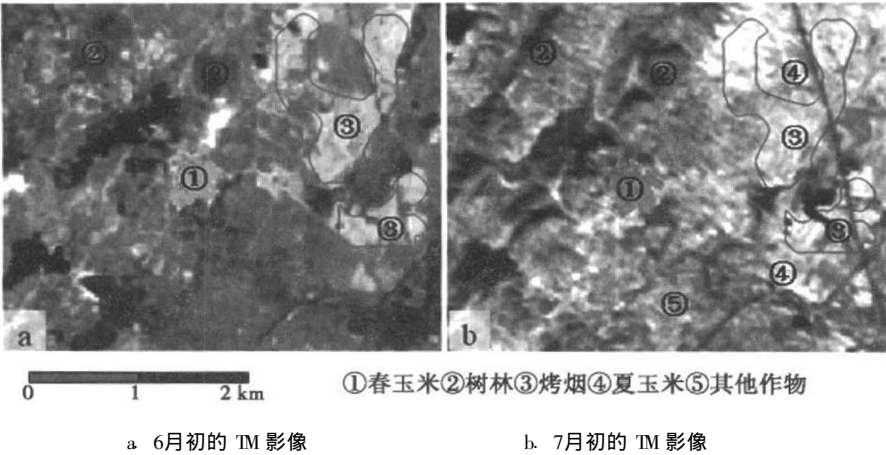


图 5 不同时相遥感影像农作物特征比较

Fig.5 The comparisons of agricultural crops feature in different temporal images

烟面积遥感监测采取自动分类和目视判读相结合的方法,基本流程如图 6 所示。在自动分类的基础上再结合目视判断来核查和修改烟田分类结果。目视解译时,在对比分析多时相遥感数据的同时,还利用 TM 与资源一号卫星 2.36 m 分辨率全色波段的融合影像作为基础地理底图以准确描述烟田地块的准确位置,结合一定数量的 GPS 野外实地采样数据,并利用土地利用现状、烟田适宜区分布、土壤类型、烟田轮作、道路水渠等相关烟田基础矢量数据等作为判别分析和空间定位的辅助数据,以便准确地获取烤烟的空间分布图。基于图 7 的流程,选择 2008-06-09 和 07-11 两幅 TM 影像,获得了泸西县

2008 年的烤烟种植面积遥感监测的结果,如表 2 所示。

烟苗分发面积是指根据烟草公司向烟农分发用于移栽的烤烟秧苗换算成的烤烟面积。该数据能够比较全面真实的反映烤烟种植的实际面积,用以分析烤烟面积遥感监测的结果。偏差率 =  $100\% \times (\text{遥感监测面积} - \text{烟苗分发面积}) / \text{烟苗分发面积}$ 。永宁乡的偏差率最高,为 12.4%;旧城镇的偏差率最低,为 5.6%;泸西全县的偏差率为 10.1%;各个乡的平均偏差率为 9.7%;说明烤烟面积遥感监测能够达到较高的精度,能够满足实际应用的需要。

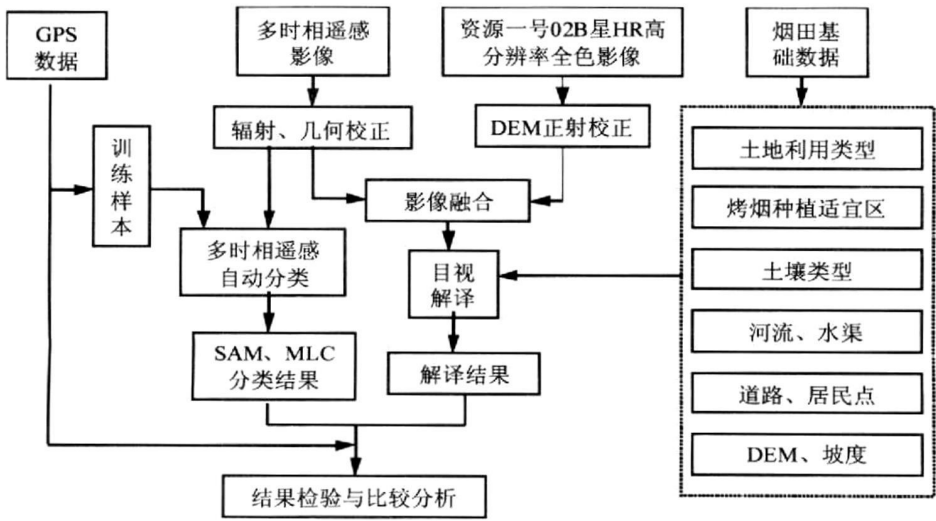


图 6 烤烟种植面积遥感监测流程图

Fig 6 The flow chart of flue-cured tobacco remote sensing monitoring

表 2 烤烟种植面积遥感监测结果统计表

Table 2 The statistics of tobacco remote sensing monitoring

乡 镇	烟苗分发面积 (hm <sup>2</sup> )	遥感监测面积 (hm <sup>2</sup> )	偏差率%
泸西县	9 045	9 964	10.1
向阳乡	787	838	6.5
三塘乡	273	296	8.3
永宁乡	740	832	12.4
逸圃镇	1453	1674	12.2
白水镇	1685	1879	11.5
舞街镇	1 333	1 449	8.7
金马镇	1 147	1 259	9.8
旧城镇	467	493	5.6
三河镇	207	237	11.6
中枢镇	953	1 449	10.9
平均值			9.7

5 结论与讨论

由于烤烟与玉米的光谱特征十分相似, 在烤烟旺长期单时相遥感影像上提取烤烟信息比较困难。而基于烤烟和玉米物候特征的差异, 利用多个时相遥感影像, 进行烤烟面积的遥感监测是可行的。烤烟面积遥感监测的关键在于掌握烤烟与其他农作物的物候特征, 并且选取多个恰当时相的遥感图像以反映出各个时期的土地覆盖特征。烟田地膜是识别烤烟最有效的地物标志。利用植被覆盖度和地膜可视度的时间演变规律, 能有效判定烤烟遥感监测的最佳时段, 从而选择最有利于烤烟识别的遥感影像。泸西县的烤烟面积遥感监测最佳时段是 5 月下旬至 6 月初之间。烤烟面积遥感监测的平均精度偏差约 9.7%, 能够满足实际应用的需要。该方法对于烤烟种植条件相似的地区具有良好的参考指导作用, 有助于相邻地区烤烟遥感工作的开展。

参考文献 (References)

[ 1 ] Qi L, Liu L Y, Zhao C J, et al Selection of Optimum Periods for Extracting Winter Wheat Based on Multi-temporal Remote Sensing Images[ J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2008, 23 ( 2): 154~ 160[ 齐腊, 刘良云, 赵春江, 等. 基于遥感影像时间序列的冬小麦种植监测最佳时相选择研究[ J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(2): 154~ 160]

[ 2 ] Peng G X, Gong A D, Cui W H, et al Study on methods comparison of typical remote sensing classification based on multi-temporal images [ J]. *Journal of Geo-information Science*, 2009, 11(2): 20~ 26[ 彭光雄, 宫阿都, 崔伟宏, 等. 基于多时相影像的典型遥感

分类方法比较研究[ J]. 地球信息科学, 2009, 11(2): 20~ 26]

[ 3 ] Qian H S Selection of Optimum Temporal for Crop Estimation Using Remote Sensing Data—Main Food Crops in Chinese[ J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(1): 48~ 55[ 千怀隧. 农作物遥感估产最佳时相的选择研究—以中国主要粮食作物为例[ J]. 生态学报, 1998, 18(1): 48~ 55]

[ 4 ] Li C J, Wang J H, Liu L Y, et al Land Cover Mapping of Winter Wheat and Clover Using Multi-temporal Landsat NR Band in a Growing Season [ J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21( 2): 96~ 101[ 李存军, 王纪华, 刘良云, 等. 利用多时相 Landsat 近红外波段监测冬小麦和苜蓿种植面积[ J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 96~ 101]

[ 5 ] Han L J, Pan Y Z, Jia B. Acquisition of paddy rice coverage based on multi-temporal RS—P6 satellite AWIFS RS-data[ J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2007, 23 ( 5): 137~ 143[ 韩立建, 潘耀忠, 贾斌, 等. 基于多时相 RS—P6 卫星 AWIFS 影像的水稻种植面积提取方法[ J]. 农业工程学报, 2007, 23(5): 137~ 143]

[ 6 ] Moran M S, Houe Y, Barnes E M. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management[ J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, ( 61): 319~ 346

[ 7 ] Tso B, Mather P M. Crop discrimination using multi-temporal SAR imagery [ J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, ( 12): 2443~ 2460

[ 8 ] Blaes X, Vanhale L, Defoumy P. Efficiency of Crop Identification Based on Optical and SAR Image Time Series[ J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 96(3): 352~ 365

[ 9 ] Peng G X, Cui W H, Liu D H, et al Feasibility Study on Monitoring Tobacco Cultivation Area Using CBERS—02B Data [ J]. *Spacecraft Engineering*, 2008, 17(Suppl.): 144~ 149 [ 彭光雄, 崔伟宏, 刘东晖, 等. 利用资源一号 02B 卫星数据监测烟草种植面积的可行性研究[ J]. 航天器工程, 2008, 17(增刊): 144~ 149]

[ 10 ] Gitelson A A, Kaufman Y J, Star R, Rundquist D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[ J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80: 76~ 87

[ 11 ] Qu Y, Liu S H, Xie Y. Computer Simulation Model of Fractional Vegetation Cover and Its Parameters Sensitivity[ J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(11): 1964~ 1969[ 瞿瑛, 刘素红, 谢云. 植被覆盖度计算机模拟模型与参数敏感性分析[ J]. 作物学报, 2008, 34(11): 1964~ 1969]

[ 12 ] Li S, Qian L X, Ding S Y. Study on Methods for Extracting Land Cover Thematic Information from Remote Sensing Image[ J]. *China Land Science*, 2002, 16(2): 30~ 33 [ 李爽, 钱乐祥, 丁彦彦. 遥感影像土地覆盖 (LC) 专题信息提取方法研究[ J]. 中国土地科学, 2002, 16(2): 30~ 33]

[ 13 ] Wang Y Y, Li J C. Classification Methods of Land Use/Cover Based on Remote Sensing Technology [ J]. *Remote Sensing Information*, 2007, 11(2): 221~ 227 [ 王圆圆, 李京. 遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究综述[ J]. 遥感信息, 2004, 1: 53~ 60]

[ 14 ] Zhu G L, Liu N. The Experimental Research to Accuracy Assessment of Land use Automatic Classification in Haining City of Zhejiang Province. [ J]. *Journal of Remote Sensing*, 1999, 3(2): 144~

150[朱光良, 刘南. 浙江省海宁市 TM 图像土地利用自动分类精度评价方法的试验研究 [J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 144~ 150]  
 [15] Li X L, Pan Y Z, Yang M C, et al. Accuracy Assessment of Thematic Classification Based on Point and Cluster Sample [J]. *Journal*

*of Remote Sensing*, 2006, 10(3): 366~ 373[刘旭 拔, 何春阳, 潘耀忠, 等. 遥感图像分类精度的点、群样本检验与评估 [J]. 遥感学报, 2006, 10(3): 366~ 373]

## Selection of the Optimal Temporal Phase for Flue-cured Tobacco Remote Sensing Monitoring in Luxi County

PENG Guangxiong<sup>1</sup>, SHEN Wei<sup>2 3</sup>, GUO Jifa<sup>1</sup>

(1 *Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*  
 2 *The Key Laboratory of Shanghai Education Commission for Oceanic Fisheries Resources Exploitation, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;* 3 *The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources(Shanghai Ocean University), Ministry of Education, Shanghai 201306, China)*

**Abstract** The leaves of flue-cured tobacco and corn have very similar spectral characteristics. It is not conducive to the remote sensing identification of flue-cured tobacco. Field film after tobacco seedlings transplanting can be used as significant sign to identify tobacco. Based on the different phenological characteristics between flue-cured tobacco and corn, the evolution curve of vegetation coverage and field film visibility can be calculated. This curve indicates that the period from late May to early June is the optimal temporal phase for flue-cured tobacco remote sensing monitoring. Using two-phase TM images of Landsat-5, flue-cured tobacco coverage in Luxi County is extracted with the ways of comprehensive utilization of automatic classification and manual interpretation. Statistical materials of flue-cured tobacco area are used to evaluate the result of the remote sensing monitoring. Among all the towns, the highest deviation rate between monitoring results and statistical materials is 12.4%, the lowest one is 5.6%, and the averaged one is 9.7%. It can arrive the level of practical applications. This study has a reference guide for whose flue-cured tobacco planting conditions is similar to Luxi County.

**Key words** flue-cured tobacco; remote sensing monitoring; optimal temporal phase; field film