

基于高光谱技术的茶尺蠖危害程度研究

刘建雄¹, 李明^{1,2*}, 陶栋材^{1*}, 彭作南³, 刘仲华², 李麟¹, 黄南¹, 刘兴国⁴

(1.湖南农业大学工学院, 湖南 长沙 410128; 2.国家植物功能成分利用工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128;
3.湖南省农友机械集团, 湖南 双峰 411500; 4.现代农装株洲联合收割机有限公司, 湖南 株洲 412003)

摘 要: 对遭茶尺蠖啃食的茶园高光谱数据进行比较和分析, 发现在红边峰值区(690~790 nm)和蓝边峰值区(520~580 nm)的光谱特征参数变化明显, 建立了相应的茶尺蠖啃食程度拟合模型。结果表明: 遭茶尺蠖啃食的茶园部分光谱特征参数与叶面积指数存在相关性, 其中以红边峰区一阶导数积分值(SDr)的相对变化率最大, 能够有效反映出茶园遭茶尺蠖啃食的严重程度, 真实值与模型预测值的相关系数为 0.93, 相对误差的平均值为 4.46%。

关 键 词: 茶尺蠖; 高光谱; 叶面积指数; 高光谱参数; 预测

中图分类号: S431

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)03-0315-04

Tea geometrid damage based on hyperspectral technology

LIU Jian-xiong¹, LI Ming^{1,2*}, TAO Dong-cai^{1*}, PENG Zuo-nan³, LIU Zhong-hua², LI Lin¹, HUANG Nan¹

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.National Research Center of Engineering Technology for Utilization of Botanical Functional Ingredients, Changsha 410128, China; 3.Hunan Nong you MacDInery Group, Shuangfeng, Hunan 411500, China; 4.Agricultural Equipment Zhuzhou Combine Co. Ltd., Zhuzhou, Hunan 412003, China)

Abstract: Through comparison and analysis a series of hyperspectral data of tea garden which was different level eat by tea geometrid, found in red edge peak area (680–790 nm) and blue edge peak area (520–580 nm) of spectral characteristic parameters is quite obvious, and find out the spectral parameters change with tea leaf area index, established the corresponding degree of tea looper defoliation fitting model. Experimental results show that tea looper eating different level of tea and tea tree leaf area index exists significant correlation, of which the SDr (The red edge peak area integral value of a derivative) of the relative change rate maximum, it can effectively reflect the severity of the tea is tea looper defoliation, the real value and the correlation coefficient between the predicted values of the model is 0.93, mean value of relative error is 4.46%.

Key words: tea geometrid; hyperspectral; leaf area index; hyperspectral parameters; prediction

茶尺蠖是湖南、安徽、浙江等主产茶区为害的鳞翅目尺蛾科害虫, 虫情严重时, 茶丛被啃食呈扫帚状, 防治难度大, 对茶树长势和茶叶产量及品质的影响极大^[1-3]。传统的对茶尺蠖虫情测报方式有蛹期调查和幼虫期调查等^[4], 费时耗力, 受人为因

素影响较大, 且准确率不高^[5], 探索一种简便易行、准确、有效的预测茶尺蠖危害程度的检测方法, 对及时有效采取防治措施, 减少茶尺蠖为害对茶叶产量和品质造成的损失意义重大。

鉴于高光谱数据可高精度地估测植被的生长状

收稿日期: 2012-11-03

基金项目: 中国博士后特别资助基金项目(2012T50694); 中国博士后基金项目(20110491246); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20124320120005)

作者简介: 刘建雄(1985—), 男, 湖南新化人, 硕士研究生, 主要从事电子技术与自动控制研究, mango5230@sina.cn; *通信作者, limingcs@hotmail.com; hnnd_tdc@163.com

况,包含丰富的作物遭受病虫危害程度的信息^[6],笔者尝试使用便携式高光谱仪,采集茶树冠层光谱数据,并利用点接触法测定茶树的叶面积指数,从光谱数据中筛选出随叶面积指数变化明显的光谱特征参数,并构建相应的回归拟合模型,以相关系数最大的光谱特征参数的拟合模型作为茶尺蠖虫害指数模型,用以预测茶园茶尺蠖的为害程度。

1 材料与方法

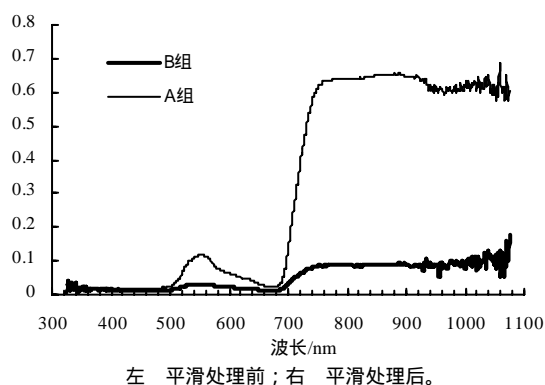
1.1 试验茶园取样

试验于 2012 年 4 月中下旬在湖南农业大学长安教学实习基地进行。试验区茶树长势较均匀,茶尺蠖第 1 代幼虫始发,大量啃食春茶。在园区中任意抽取 7 行,每行取 5 个点,共 35 个样点。

1.2 方 法

1.2.1 光谱测定

采用美国 ASD FieldSpec HandHeld 2 型便携式高光谱仪,选择无风、能见度好的晴天,10:00—14:00 测定茶树冠层光谱反射率。观测时,视场角为 25°,光谱仪的探头垂直向下,与茶树冠层顶端相距约 0.5 m,观测直径约为 0.22 m。为了减小误差,每次测定前对光谱仪进行白板校正,在每个样点区域内重复测量 30 次,结果取光谱反射率的平均值。



1.2.2 叶面积指数测定

采用点接触法^[7]测定样点茶树叶面积指数。

1.2.3 高光谱特征参数的选取

常见的高光谱数据特征参数可分为 3 个类型,共 19 个特征参数^[8-9],即从原始光谱、一阶导数光谱当中提取出来的基于高光谱位置变量、面积变量和植被指数变量。对这些高光谱特征参数与叶面积指数的相关性进行分析,从中选出相关性最高的高光谱参数作为茶尺蠖的危害指数 DI (disease index)。

1.2.4 高光谱数据处理

为了减小噪声,提高信噪比,利用 OriginPro8 数据处理软件,采用 Savitzky-Golay 方法对原始光谱数据进行平滑处理。

2 结果与分析

2.1 高光谱特征参数的分析

对试验区长势良好的茶树(A组)和遭受茶尺蠖啃食的茶树(B组)冠层光谱进行测定,其光谱反射率曲线如图 1 所示,发现正常生长与受茶尺蠖为害的茶树的高光谱反射率在 520~580 nm 和 690~790 nm 的变化非常明显,茶叶长势越好,其高光谱的反射率越大。

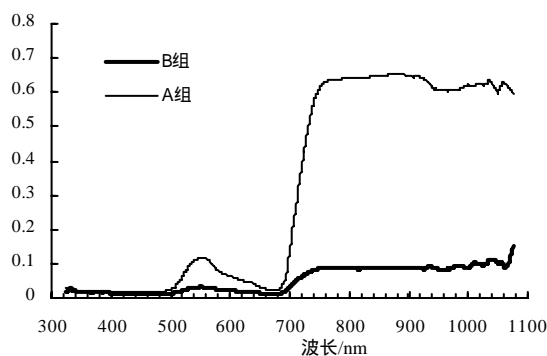


图 1 Savitzky-Golay 平滑处理前后茶园的高光谱反射率

Fig.1 Comparison between Savitzky-Golay smoothing before and after

通过对光谱数据的处理,发现光谱反射率及其对应的反射率一阶导数值受茶尺蠖危害程度的影

响非常明显,茶尺蠖为害程度越大,其反射率与其对应的反射率一阶导数值越小;在其红边范围内,

其反射率相对变化率为 86.3%，一阶导数值相对变化率为 85.8%，一阶导数总和相对变化率为 87.3%。其原因是茶树叶片被茶尺蠖啃食后，叶绿素含量减少，对红光和蓝紫光波段的吸收也随之减少，使得红光波段的总体吸收能力减小。与此同时，水分含量和叶面积指数也相应减少，使得近红外波段内的反射率减小，从而使近红外波段内的反射率减小。

表 1 茶尺蠖啃食茶园高光谱相关参数

Table 1 The control of the hyperspectra's parameters between the reference group and the experimental group										
高光谱参数	蓝边峰区反射率的最大值(<i>Rb</i>)	与蓝边峰区反射率最大值相对应的波长(λb)	蓝边峰区一阶导数的最大值(<i>Db</i>)	红边峰区一阶导数的积分值(<i>SDb</i>)	红边峰区(680~790nm)反射率最大值(<i>Rr</i>)	红边峰区反一阶导数射率最大值对应的波长(λr)	红边峰区一阶导数最大值(<i>Dr</i>)	红边峰区一阶导数积分值(<i>SDr</i>)	<i>SDr/SDb</i>	$(SDr - SDb)/(SDr + SDb)$
A 组	0.118	553.0	0.003	0.094	0.638	782.0	0.012	0.617	6.505	0.733
B 组	0.032	552.0	0.001	0.017	0.087	779.0	0.001	0.078	4.627	0.644
相对变化率/%	72.800	0.2	77.400	82.200	86.300	0.4	85.800	87.300	28.900	12.100

2.2 高光特征谱参数与叶面积指数的相关性

通过对试验区茶树冠层的高光谱相关参数与叶面积指数的关系的对比分析，发现高光谱参数中，*Rb*、*Db*、*SDb*、*Rr*、*Dr*、*SDr* 及 *SDr/SDb* 相对变化率均超过 20%，以高光谱特征参数 *x* 和叶面积指数 *y*，分别建立三项式拟合回归模型(表 2)。

结果表明，*SDb*、*Rr*、*Dr* 及 *SDr* 等 4 个高光谱参数与叶面积指数的相关性非常明显，以 *SDr* 的拟合回归模型的相关系数最高，为 0.995，故以 *SDr* 作为自变量，叶面积指数作为因变量，进行曲线估计，寻找最佳拟合模型。

表 2 叶面积指数与高光谱相关参数的非线性拟合回归模型

变量	非线性拟合模型	<i>R</i>	<i>Sig.</i>
<i>Rb</i>	$y = -20\ 226x^3 + 4\ 740.2x^2 - 285.87x + 5.529\ 6$	0.787	<0.001
<i>Db</i>	$y = -8 \times 10^8 x^3 + 5 \times 10^6 x^2 - 7\ 488.6x + 3.719$	0.804	<0.001
<i>SDb</i>	$y = -34\ 309x^3 + 6\ 116.2x^2 - 258.08x + 3.430\ 8$	0.875	<0.001
<i>Rr</i>	$y = -66.317x^3 + 71.673x^2 - 12.767x + 1.162\ 2$	0.898	<0.001
<i>Dr</i>	$y = -1 \times 10^7 x^3 + 237\ 745x^2 - 1\ 101.7x + 1.883\ 9$	0.969	<0.001
<i>SDr</i>	$y = -77.349x^3 + 80.467x^2 - 14.159x + 1.218\ 5$	0.995	<0.001
<i>SDr/SDb</i>	$y = -0.525\ 4x^3 + 8.429x^2 - 42.902x + 71.711$	0.736	<0.001

图 2 结果表明，*SDr* 的三项式回归模型相关系数最大，且标准误差最小，由此将 *SDr* 值进行比例变换，变换系数为 100，作为虫害光谱检测指数，则有 $DI=100SDr$ 。

从试验园区随机抽取 20 个样点，对其模型精度进行检验，用实际测得的叶面积指数值反推 *DI* 值，再利用已经建立的模型对这 20 个样点的 *DI* 进行预测分析，结果预测值与实际值的相关系数为 0.93，平均相对误差为 4.46%(图 3)，表明模型的预测大体上与真实值相当，能较好地估测茶尺蠖发生的严重程度。

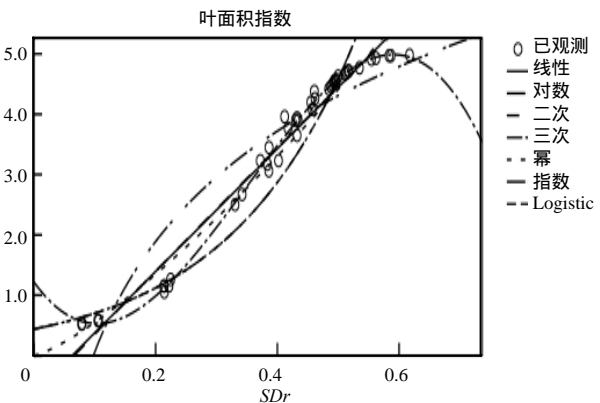


图 2 高光谱特征参数 *SDr* 的不同模型对比

Fig.2 Contrast among different model of *DI* spectral characteristic parameters

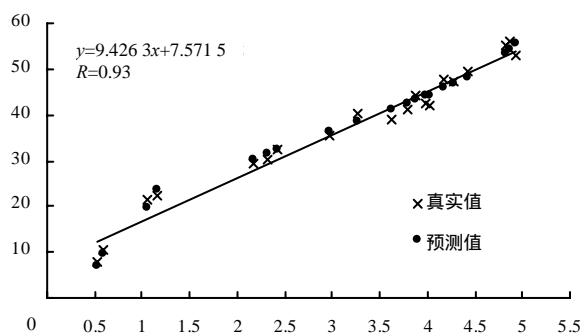


图3 真实值与高光谱模型预测值的误差分析

Fig.3 The error analysis between true value and DI spectral model prediction

3 结论与讨论

本研究通过采集茶园受茶尺蠖危害后的高光谱数据,建立与叶面积指数相应的数学回归模型,根据预测结果可以看出,预测值与实际值的相关系数为 0.93,相对误差平均值为 4.46%,表明对茶尺蠖的危害程度预测值与真实值大体相当,可以利用高光谱遥感技术对产业化和规模化茶园的茶尺蠖危害情况进行监测。

研究仅对 1 年内的虫害情况进行了分析,在后续研究中应采集多年的光谱信息,以排除气象因素对茶尺蠖危害程度的影响。当前,已有通过构建三维高光谱数据信息阵,采用多维偏最小二乘(NPLS)算法建立作物长势预测模型^[11],对农作物的不同生长时期的虫害危害程度进行全程监测的研究,在茶园虫害程度的监测上也可以借鉴引入多种高维数据模型,通过比较其模型在回归效果上的优劣,来确定最佳的高光谱监测模型。

参考文献:

- [1] 郭书普. 农业实用技术百科全书[M]. 北京: 中国致公出版社, 1996: 657-660.
- [2] 吕佩珂, 苏慧兰, 吕超, 等. 中国粮食作物、经济作物、药用植物病虫害原色图鉴(下册)[M]. 3 版. 北京: 远方出版社, 2007: 808-810.
- [3] 毛迎新, 刘明炎, 龚自明, 等. 茶尺蠖核型多角体病毒湖北分离株的分子鉴定[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 36(6): 685-689, 699.
- [4] 朱俊庆. 茶尺蠖等三种食叶性害虫的测报技术[J]. 茶叶, 2002, 28(2): 96-97.
- [5] 张春艳, 谭琳, 袁河清. 茶尺蠖防治研究进展[J]. 农林论坛, 2009(31): 1159-1160.
- [6] 卢辉, 韩建国, 张录达. 高光谱遥感模型对亚洲小车蝗危害程度研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2009, 29(3): 745-748.
- [7] 程武学, 潘开志, 杨存建. 叶面积指数(LAI)测定方法研究进展[J]. 四川林业科技, 2010, 31(3): 51-54, 78.
- [8] Zhang Liangpei, Zheng Lanfen, Tong Qingxi. The estimation of vegetation variable based on DIgh resolution spectra[J]. Journal of Remote Sensing, 1997(2): 111-114.
- [9] 浦瑞良. 高光谱遥感及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 信阳植保信息网. 茶尺蠖防治警报[EB/OL]. <http://www.hnzbw.com.cn/asp/detail.asp?id=8715>, 2008-04-23.
- [11] 王韬, 张录达, 劳彩莲, 等. 三维高光谱 NPLS 模型用于冬小麦估产的初步研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(10): 1915-1917.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维