

# 基于图像分析技术的烤烟叶片含氮量诊断模型

马献发<sup>1</sup>,焦玉生<sup>2</sup>,张继舟<sup>1</sup>,曹宏杰<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省科学院 自然与生态研究所,黑龙江 哈尔滨 150040;2. 牡丹江烟草科学研究所,黑龙江 牡丹江 140035)

**摘要:**为了给叶片颜色特征参数与全氮的预测模型研究提供理论依据,利用图像处理技术提取生长关键期烟叶的颜色特征参数 RGB,同时测定叶片全氮,采用线性拟合和多元回归分析方法,建立了烤烟旺长期叶片全氮含量估算模型,并对其精度进行了评价和验证。结果表明:RGB 颜色系统的 G、B 可以作为叶片全氮含量估算的主要颜色特征参数,全氮含量的预测值与实测值的决定系数为  $R^2=0.649$  ( $P<0.01$ );直线斜率为 1.022 9,接近 1,模型精度高,预测可靠。进而为烟株氮素快速诊断提供理论基础。

**关键词:**烤烟;叶片;RGB;含氮量;诊断模型

**中图分类号:**S572

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2011)11-0023-03

在烤烟栽培技术生产中,氮肥施用不当仍然是其中的一个重要因素<sup>[1]</sup>。氮素供应过高,烟叶不易落黄,烟叶颜色过深、劲头过大,甚至无法使用<sup>[2-4]</sup>。在目前生产条件下,氮肥施用已经成为制约我国烤烟品质和产量提高的技术瓶颈之一<sup>[5-6]</sup>。传统的缺氮诊断方法,是采用一系列的化学分析方法,包括植物分析、组织化学和生物化学方法以及土壤分析法等<sup>[7]</sup>,这些方法费时、费力且费用高。合理控制氮肥用量和施肥时期对烤烟生产至关重要,需要及时、快速对烤烟植株氮素状况做出诊断。氮素是叶绿素的主要组分,因而,烟株氮素的盈缺反映在叶绿素的含量上,有学者应用叶片颜色特征参数预测叶片叶绿素含量,其结果精度较高<sup>[8-10]</sup>。这为研究叶片颜色特征参数与全氮的预测模型提供理论依据。

随着计算机技术的发展,图像分析的技术方法越来越成熟,而且计算机图像有比人眼精细的分辨能力,因此计算机图像处理和图像分析的方法也逐步被用于作物长势监测<sup>[11-12]</sup>和营养诊断<sup>[13-14]</sup>。记录图像颜色的方式分为:RGB 模式、CMYK 模式、HSB 模式、Lab 颜色模式、位图模式和灰度模式等。其中 RGB 模式是面向硬件的模式,简单直观<sup>[15-17]</sup>。已往研究图像的采集多采用数码相机获取,在图像采集过程中,常受到光照变

化、拍摄的高度和角度影响,往往会淹没处理间的差异<sup>[18]</sup>。因而,现采用扫描仪获取图像 RGB 特征参数,通过线性拟合与逐步回归,建立颜色特征参数与烤烟叶片含氮量预测模型,以期为烤烟氮素诊断技术提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试烤烟品种为龙烟 911。供试肥料为硝酸铵(35% N)、重钙(46%  $P_2O_5$ )和硫酸钾(54%  $K_2O$ )。

### 1.2 试验时间及试验地概况

试验于 2009 年 5~9 月在牡丹江烟草科学研究所试验场(宁安市)进行,土壤有机质 23.0  $g \cdot kg^{-1}$ ,碱解氮 105.6  $mg \cdot kg^{-1}$ ,速效磷 43.70  $mg \cdot kg^{-1}$ ,速效钾 240.0  $mg \cdot kg^{-1}$ 。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 保证磷、钾(70  $kg \cdot hm^{-2}$   $P_2O_5$ , 145  $kg \cdot hm^{-2}$   $K_2O$ )固定的情况下,设置 6 个氮肥处理(见表 1)。磷肥与钾肥基施,氮肥基施和追肥(1:1)。株距 0.5 m,行距 1.1 m,行长 6.0 m,小区面积 39.6  $m^2$ ,3 次重复。

表 1 各个处理施肥量

处理	氮施用量/ $kg \cdot hm^{-2}$		
	总氮	移栽期	旺长期
N0	0	0	0
N1	15	7.5	7.5
N2	30	15.0	15.0
N3	45	22.5	22.5
N4	60	30.0	30.0
N5	75	37.5	37.5

收稿日期:2011-07-13

基金项目:黑龙江省科学院青年创新基金资助项目(CX08Ex)。

第一作者简介:马献发(1978-),男,黑龙江省克山县人,博士,助理研究员,从事土壤改良和植物营养方面的研究。E-mail:mx7856@163.com。

1.3.2 样品采集及测定 烤烟移栽后,旺长期采集每个小区的不同叶位的展开叶片各 15 片(随机选取 10 片建模,另 5 片用于模型检验),烟叶图片提取后,烘干,分别测出对应每片叶片全氮含量。

烟叶图片的获取与颜色特征值的提取:扫描仪获取:用扫描仪(Cano Scan 9000F)进行扫描,获得烟叶图像,图像分辨率为  $2\,550 \times 3\,504$  像素,以 JPG 格式存储;图像分析与颜色特征值的提取采用 Adobe Photoshop 7.0 图形软件。首先通过工具面板的魔术棒工具选择叶片部分,然后再选择“窗口”下拉菜单的直方图(Histogram)程序读取红(R)、绿(G)和蓝(B)3 个通道的图像均值。

烟叶全氮的测定:采用浓  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消煮,靛酚兰比色测定烤烟叶片含氮量。

用 DPS 7.0 和 Excel 2003 对数据进行统计分析和作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 烤烟叶片颜色特征值与氮素的相关性

由表 2 颜色特征参数与叶片含氮量的相关性分析可知,R、B、G 与叶片含氮量之间达到了极显著的负相关。颜色特征值转换参数中,B/(R+G+B)与叶片含氮量之间达到了极显著的正相关,而 R/(R+G+B)、R/(G+B)和 G/(R+B)与叶片

含氮量之间相关性不显著。从颜色特征值与叶片含氮量的相关系数可知,G 与叶片含氮量之间相关性最为显著。

表 2 叶片颜色特征参数与含氮量的相关系数

颜色特征参数	线性方程	相关系数
R	$y = -0.056x + 5.816$	-0.85**
B	$y = -0.084x + 5.486$	-0.71**
G	$y = -0.0536x + 6.273$	-0.91**
G/(R+G+B)	$y = -10.67x + 6.1757$	-0.20
R/(R+G+B)	$y = 15.793x - 1.071$	-0.24
B/(R+G+B)	$y = -12.635x + 7.722$	0.36**
R/(G+B)	$y = -4.1413x + 4.666$	-0.19
B/(R+G)	$y = 9.945x - 0.402$	0.36**
G/(R+B)	$y = -4.175x + 5.439$	-0.23

注: \*\* 表示  $P < 0.01$  的极显著水平, \* 表示  $P < 0.05$  显著水平。

### 2.2 颜色特征参数与叶片全氮逐步回归分析

烤烟叶片颜色特征值 R、B、G 和叶片全氮通过 DPS 软件进行多元逐步回归分析。分别将 R、B、G 引入,不同叶片颜色特征值与全氮量建立回归模型(见表 3),其相关系数差异均达到极显著水平。其中回归模型  $Y = 6.197 - 0.057 G + 0.009 B$ , F 值最大,剩余标准差 S 较小,Durbin-Watson 统计量  $d = 2.335$  最接近 2。因而,该模型相对精度较高。

表 3 颜色特征参数与叶片全氮逐步回归模型

回归模型	相关系数(r)	F 值	剩余标准差(S)	Durbin-Watson 统计量(d)
$Y = 6.197 - 0.057 G + 0.009 B$	0.9072	132.49	0.1621	2.335
$Y = 5.867 - 0.053 R - 0.005 B$	0.8547	77.25	0.2001	1.956
$Y = 6.283 + 0.009 R - 0.061 G$	0.9068	131.89	0.1624	2.357
$Y = 6.216 + 0.007 R - 0.062 G + 0.008 B$	0.9077	87.33	0.1632	2.352

### 2.3 烤烟叶片氮素含量预测模型的精度分析

用未参加建模的 30 组数据进行精度检验,验证回归模型  $Y = 6.197 - 0.057 G + 0.009 B$ (见图 1),模拟值与实测值的决定系数  $R^2 = 0.649$  ( $P < 0.01$ ),达到极显著水平;直线斜率为 1.0229,接近 1。说明该数学模型可以较准确地通过叶片的颜色特征参数来预测叶片全氮。

## 3 结论

利用图像分析技术获取 RGB 颜色特征参数,R、G 和 B 与叶片含氮量呈极显著负相关,其相关系数分别为 -0.85、-0.91 和 -0.71。颜色特征值转换参数中,除 B/(R+G+B)与叶片含氮量显著正相关外,其它转换参数与叶片含氮量相关性不显著。通过线性逐步回归分析,建立烤烟关键期颜

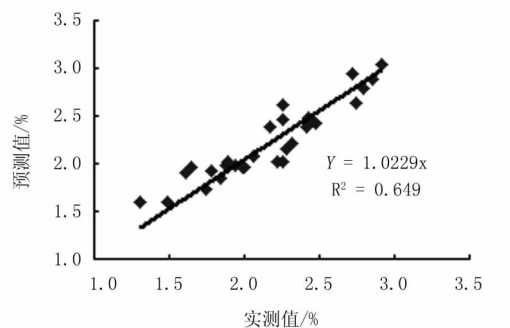


图 1 烤烟叶片氮素含量预测值与实测值比较

色特征参数与叶片全氮模型,其模型应用可靠性高。研究表明,烤烟叶片颜色特征参数 G、B 与全氮的估算模型,适用于烟草关键期利用叶片颜色特征参数指示叶片氮素状况,其模型具有较高的

精度,精度检验决定系数达到 0.649,为下一步烤烟氮素诊断技术研究奠定理论基础。

#### 参考文献:

- [1] 李春俭,张福锁,李文卿,等.我国烤烟生产中的氮素管理及其与烟叶品质的关系[J].植物营养与肥料学报,2007,13(2):331-337.
- [2] Karaivazoglou N A, Tsotsolis N C, Tsadilas C D. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco[J]. Field Crops Research, 2007, 100(1-4): 52-60.
- [3] Krishna S Kasturi, Krishna Reddy S V, Singh K Deo, et al. Yield, quality and economics of FCV tobacco (Nicotiana tabacum) in relation to preceding crops and nitrogen fertilization in Vertisols[J]. Indian Journal of Agronomy, 2007, 52(3): 336-341.
- [4] Ju Xiaotang, Chao Fengchun, Li Chunjian. Yield and nicotine content of flue-cured tobacco as affected by soil nitrogen mineralization[J]. Pedosphere, 2008, 18(2): 227-235.
- [5] Wang Xiaofeng, Zou Chunqin, Zhao Zhengxiong, et al. Growth and accumulation of nitrogen and potassium in flue-cured tobacco as affected by calcium nitrate and ammonium nitrate[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2009, 40(11-12): 1873-1888.
- [6] Marchetti R, Castelli F, Contillo R. Nitrogen requirements for flue-cured tobacco[J]. Agronomy Journal, 2006, 98(3): 666-674.
- [7] 徐光辉,虎晓红,熊淑萍.烤烟叶片叶绿素含量与颜色特征的关系[J].河南农业大学学报,2007,41(6):600-604.
- [8] Liu Jingbo, Yin Yongguang. The 5<sup>th</sup> International Conference on food science and technology [C]. Beijing: China Books Publishing House, 2003: 20-22.
- [9] 王克如,李少昆,王崇桃,等.用机器视觉技术获取棉花叶片叶绿素浓度[J].作物学报,2006,32(1):34-40.
- [10] 孙钦平,李吉进,邹国元,等.应用数字图像技术对有机肥施用后玉米氮营养诊断研究[J].光谱学与光谱分析,2010,30(9):2447-2450.
- [11] Mayer G E, Davison D A. An electronic image plant growth measurement system[J]. Transactions of the ASAE, 1987, 30(1): 242-248.
- [12] Humphries S, Simonton W. Identification of plant parts using color and geometric image data. Transaction of the ASAE, 1993, 36(5): 1493-1500.
- [13] 张彦娥,李民赞,张喜杰,等.基于计算机视觉技术的温室黄瓜叶片营养信息检测[J].农业工程学报,2005,21(8): 102-105.
- [14] CHEN Yudren, CHAO Kuanglin, Moon S Kim. Machine vision technology for agricultural applications[J]. Computers and Electronics Agriculture, 2002, 36(2-3): 173-191.
- [15] Ibarra J G, Tao Y, Newberry B L, et al. Learning vector quantization for color classification of diseased air sacs in chicken carcasses [J]. Transaction of the ASAE, 2002, 45(5): 1629-1635.
- [16] 李恭,杨学友,王卓.基于 RGB 三基色原理的手持式色度仪的设计[J].电子技术应用,2006(6):92-95.
- [17] CHEN Chiehli. Adaptive fuzzy color segmentation with neural network for road detections[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2010, 23(3): 400-410.
- [18] 郭峰,曹其新.全方位高速瓜果图像采集系统的研究[J].农业工程学报,2004,20(2):148-151.

## Diagnostic Model of Nitrogen Content in Tobacco Leaf by Image Analysis

MA Xian-fa<sup>1</sup>, JIAO Yu-sheng<sup>2</sup>, ZHANG Ji-zhou<sup>1</sup>, CAO Hong-jie<sup>1</sup>

(1. Natural Resources and Ecology Institute of Heilongjiang Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150040; 2. Mudanjiang Institute of Tobacco Science, Mudanjiang, Heilongjiang 157011)

**Abstract:** In order to provide theory basis for the research of leaf color characteristic parameters and total nitrogen forecasting model, using image processing technique to extract parameters (RGB) of the leaf color in the key growth period, simultaneous determination of leaf nitrogen, a tobacco leaf nitrogen content estimation model was set up by linear regression and multiple regression analysis method, and the accuracy was evaluated and validated. The results showed that G and B of RGB color system could be used as the main color feature parameters to estimate leaf total nitrogen content. Total nitrogen content of the simulation and observed values were highly significant positive correlation, the determination coefficient reached 0.649, which would provide a theoretical basis for tobacco nitrogen rapidly diagnosing.

**Key words:** tobacco; leaves; RGB; content of nitrogen; diagnostic model