

一种基于图像特征值算法的叶面积测定方法

于峰¹ 林杉² 张峻峰¹ 陶红斌² 季秀¹

(1. 北京市农林科学院 农业科技信息研究所, 北京 100097; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100094)

摘要 提出一种基于图像特征值算法的叶面积测定简化方法。应用扫描图像 RGB 三原色灰度值分离理论, 根据植物叶片扫描图像像素点的分布特征, 选用蓝色灰度值作为特征值, 以扫描图像灰度中间值 127 作为叶面积图像与背景图像灰度值的判读指标, 通过叶片像素点的分布比例计算叶片面积。将已知面积的矩形绿纸片分别随机裁剪成多个碎片, 用本文方法测定碎片面积, 并分别计算每个叶片的碎片面积之和进行系统精度验证, 测定结果与标准面积的相对误差小于 0.5%。采集 60 个水稻叶片分别采用本文方法和复印称重法测定叶片面积, 对本文方法进行进一步验证, 相关性分析结果表明, 二者相关系数 $r = 0.9971$, 达极显著水平。本文方法具有较高测定精度, 满足叶面积测定要求。

关键词 计算机图像技术; 叶片面积; RGB 三原色; 扫描法; 复印称重法

中图分类号 TP 391

文章编号 1007-4333(2007)04-0067-03

文献标识码 A

Measurement of leaf area based on algorithm of image characteristic value

Yu Feng¹, Lin Shan², Zhang Junfeng¹, Tao Hongbin², Ji Yuexiu¹

(1. Institute of Information on Science and Technology of Agriculture, Beijing 100097, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract A new method for leaf area measurement based on the algorithm of image characteristic value was studied in this research. Leaf area was measured based on the distribution of the scanning picture pixels and the histogram of the picture gray value. RGB tricolor gray value was separated from the picture and blue was selected as image characteristic value. And then the leaf area was determined by measuring the proportion of every leaf pixel. When green shredding units, with known total area, was measured by this method, the relative error of the results between the calculated area and the actual one was less than 0.5%. The correlation coefficient of leaf area measured by the traditional copy method and the scanning method was extremely high ($r = 0.9971$).

Key words image processing technique; leaf area; RGB; scanning method; copy method

叶面积的测定方法很多, 目前国内常见的方法主要有方格法、称重法、求积仪法、叶面积仪法、回归方程法等^[1-5]。这些方法操作程序、仪器设备简单, 但是操作过程繁琐, 计算复杂, 耗时耗力。国外普遍使用图像处理法和叶面积仪测量叶面积, 这些方法速度快、精度高, 省时省力, 但是叶面积仪价格昂贵, 维修困难, 不利于在我国科研和生产上广泛应用^[6], 所以无需购置专门测定设备, 利用计算机、扫描仪或数码照相机进行叶面积测定的图像处理成为目前研究的热点。目前大部分图像法都采用专

用图像处理软件切割叶面积图像的方法获取图像^[3-8], 操作比较麻烦。为此, 笔者提出一种新的测定叶面积的图像特征值算法, 旨在使图像法测定叶面积更为简单、方便。

1 设备与材料

采用分辨率 1 200 × 2 400 dpi 扫描仪 (AFGA) 完成图像的采集和数字化工作, 利用计算机 (Pentium (R) 4 CPU 2.60 GHz, 512 MB 内存) 完成图像处理工作。

收稿日期: 2006-10-17

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目 (2001AA242031)

作者简介: 于峰, 助理研究员, 主要从事图像识别技术在农业领域的应用研究, E-mail: yuf@agri.ac.cn

采用根据本研究算法编写的色素诊断系统软件(VC++语言编制)进行图像处理,主要完成24位图像RGB 3原色的分离、灰度值的统计、扫描图像与真实叶片大小的换算以及叶面积的计算。

2 原理与方法

2.1 测定算法原理

图像学理论认为,自然界中的图像都是连续的模拟(analog)图像,任何颜色都可由红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色按照一定比例混合而成;因此,二维坐标系中24位真彩色图可用函数描述为

$$f(x, y) = \{f_R(x, y), f_G(x, y), f_B(x, y)\}$$

式中: $f_R(x, y)$, $f_G(x, y)$, $f_B(x, y)$ 分别表示在坐标 (x, y) 点的R、G、B三原色分量。在二维坐标系中,每一个点都有一个精确的RGB值与之对应,因此自然界中真实叶片的信息可以用扫描得到的24位真彩色图像的信息代替,其中叶片图像包含了图片的分辨率以及像素点的分布信息。

利用图像特征值算法进行叶面积测定时,需要在一定条件下采集图像特征值。由于得到的叶片图像像素的灰度值与背景像素点的灰度值分布范围截然不同,因而可通过计算叶片图像像素所占整幅图像像素的比率得出叶片图像面积。

2.2 测定方法

叶面积的测定步骤如下:

1)将植物叶片整齐地平放在扫描仪工作台上,用A4白纸覆盖叶片作为扫描图像背景。由此得到的背景色灰度值约255,前景叶片灰度值则介于0~40之间。

2)扫描仪扫描方式为24位真彩图、RGB格式,保存扫描结果为24位位图。

文献[8]的研究结果表明,测定精度与扫描分辨率、扫描图片所选百分比无关,所以图像的扫描比例、分辨率可任选。为了提高测定速度,建议扫描时采用较小的分辨率和较小的扫描百分比,由此所得到的扫描图片尺寸较小,扫描效率较高。为达到最大工作效率,本研究选择适合所用计算机显示器的最佳图像扫描参数:采用Text扫描方式,扫描比例50%,分辨率75 dpi。考虑到扫描时叶片周围存在阴影,采用边缘二分法^[9-10]进行阴影的去除。

3)获得24位位图后,采用笔者编制的色素诊断软件获取和判读图像叶面积相关信息,提取图像特征值,再利用本文算法分析特征数据,得出结果。

2.3 图像特征值的获取

根据国际照明委员会(CIE)的规定,R、G、B混合成白色时其灰度值的比例是1 1 1;因此,纯灰色(中性灰)的R、G、B灰度值的混合比例也是1 1 1,也就是说灰色的R、G、B值相等,可取其中任一颜色的灰度值作为特征值。当R、G、B值不相等时,最简单的方法是取R、G、B之一的灰度值作为特征值。

对图像进行R、G、B 3原色分离处理,获取R、G、B分量的灰度值直方图(图1)。

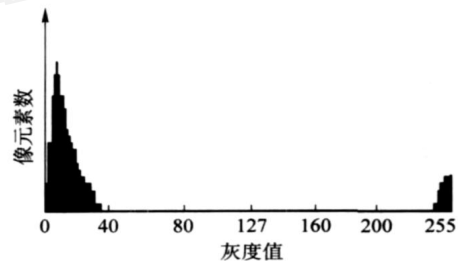


图1 图像灰度值直方图

Fig. 1 Histogram of image

由于白色的灰度值为255,黑色的灰度值为0,所以扫描叶片时白纸背景的灰度值接近255,分布于灰度值坐标轴右端,而叶片图像灰度值介于0~40之间,主要分布于坐标轴左端,因此将中间值127作为判断叶片图像与背景图像像素点的指标。

由于灰度值越小,颜色越深,与白纸背景的反差越大,越有利于计算机判读,所以理论上虽然可任选R、G、B灰度值之一作为特征值,但实际操作时一般选择灰度值最小者。

由于试验材料为绿色叶片,RGB中蓝色B的灰度值最小,所以采用B的灰度值作为判断指标。像素点P的灰度值记为 $f_B(x_P, y_P)$,当 $f_B(x_P, y_P) > 127$ 时,说明该像素点为背景色像素点,即 $P = P(1, 2, \dots, n)$,该点记为 $P_i = 1$,背景色像素点总数

$n = \sum_{i=1}^n P_i = n$;反之,如果像素点P属于叶片图像,即 $P = P(1, 2, \dots, n)$,该点记为 $P_j = 1$,叶片图像像素点总数

$m = \sum_{j=1}^m P_j = m$,整幅位图图像像素点总和为 $m + n$,叶片图像像素点与整幅图像像素点总数之比为 $m / (m + n)$ 。像素点是均匀分布的,所以计算叶面积与整幅图像面积的比值等价于计算叶片像素点与整幅位图图像像素点数的比值 $m / (m + n)$;因此,测量叶面积就转换为计算叶片图像面积。

利用计算机诊断系统判读图像时,可以获取水平像素点数 W ,垂直像素点数 L 及图像分辨率 d (每英寸长度所含像素点数)。图像的长度和宽度分别为 $W/d \times 2.538$ 和 $L/d \times 2.538$, cm; 因此叶面积

$$S = (W/d) \times (L/d) \times [m/(m+n)] \times 2.538^2$$

3 叶面积测定结果与分析

采用笔者根据上述理论和方法(下称本文算法)编写的色素诊断系统软件进行测定。用鼠标选取包含叶片图像的矩形框,系统记录鼠标起始点坐标 (x_0, y_0) 和结束点坐标 (x_1, y_1) , 矩形的长度和宽度分别为 $(x_1 - x_0)/d$ 和 $(y_1 - y_0)/d$, 矩形框内背景色像素点总数记为 n , 因此,叶面积可表示为

$$S = [(x_1 - x_0)/d] \times [(y_1 - y_0)/d] \times [m/(m+n)] \times 2.538^2$$

3.1 系统精度验证

为精确计算面积,选择与真实叶片颜色相近的绿色标准 A4 打印纸,裁剪成 9 个已知面积的标准矩形(可用标尺精确测量)。将这些矩形纸片分别随机裁剪成多个碎片,用本文方法测定碎片面积,并分别计算每个矩形的碎片面积之和,结果见表 1。可以看出,矩形纸片的标准面积与其裁剪成碎片后应用本文方法测定的面积之间相对误差均小于 0.5%, 满足所需测定精度。

表 1 矩形绿纸片的标准面积与裁剪后碎片面积的测定结果

Table 1 Measuring of relative error

样本号	矩形面积/cm ²	碎片面积/cm ²	相对误差/%
1	9.01	9.04	0.33
2	16.00	15.97	-0.19
3	35.82	35.92	0.26
4	50.09	50.33	0.47
5	60.16	60.00	-0.27
6	90.10	90.20	0.11
7	154.92	155.19	0.17
8	166.14	166.64	0.30
9	285.00	285.34	0.12

3.2 与复印称重法的比较

为了进一步检验本文方法测定植物叶片面积的精度,采集 60 个水稻叶片分别采用本文方法和复印称重法^[11]测定叶片面积,并进行相关性分析。

从图 2 可以看出,复印称重法与本文方法测定结果有着极显著的相关关系 ($r = 0.9971$), 二者之间的回归拟合方程 $y = 0.9976x$; 表明本文算法完

全可以应用于实际水稻叶面积测定。

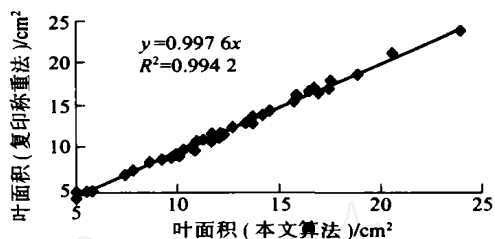


图 2 复印称重法与本文算法测定的 60 个水稻叶片面积的相关性比较

Fig. 2 Comparison between the scanning method and the copying method

4 结论

本文中提出的基于计算机图像处理技术的叶面积测定算法——图像特征值算法具有较高的精确度和稳定性,可应用于水稻叶片的实际测定。本方法计算简便,利用普通计算机、扫描仪等即可实现。

参考文献

- [1] 柏军华,王克如,初振东,等. 叶面积测定方法的比较研究[J]. 石河子大学学报,2005,23(2):216-218
- [2] 冯冬霞,施生锦. 叶面积测定方法的研究效果初报[J]. 中国农学通报,2005,21(6):150-152,155
- [3] 杨劲峰,陈清,韩晓日,等. 数字图像处理技术在蔬菜叶面积测量中的应用[J]. 农业工程学报,2002,18(4):155-158
- [4] 李万春,田燕,王鹏云. 基于常规扫描仪的植物叶面积计算系统[J]. 气象,2004,30(8):39-41
- [5] 曹志刚,冯仲科,龙春玲,等. 基于数字摄影与计算机图形技术的植物叶面积测量方法[J]. 河北科技师范学院学报,2004,18(1):39-41
- [6] 白由路,杨俐苹. 基于图像处理的植物叶面积测定方法[J]. 农业网络信息,2004(1):36-38
- [7] 宋来庆,尹克林,赵玲玲,等. 利用计算机快速测定葡萄叶面积的方法研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2005,(1):4-6
- [8] 肖强,叶文景,朱珠,等. 利用数码相机和 Photoshop 软件非破坏性测定叶面积的简便方法[J]. 生态学杂志,2005,24(6):711-714
- [9] 徐贵力,毛罕平,胡永光. 基于计算机视觉技术参考物法测量叶片面积[J]. 农业工程学报,2002,18(1):154-157
- [10] 陈佳娟,纪寿文,李娟,等. 采用计算机视觉进行棉花虫害程度的自动测定[J]. 农业工程学报,2001,17(2):157-160
- [11] 陶洪斌,林杉. 打孔称重法与复印称重法和长宽校正法测定水稻叶面积的方法比较[J]. 植物生理学通讯,2006,42(3):496-498