

基于 Matlab 解析数字图像 求解苹果叶面积的方法

张万红, 姬洪飞, 刘勇刚

(西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:为了快速测定苹果叶面积,以 Matlab 软件为工具对数字图像进行解析求解叶面积,解析结果通过与叶面积仪、剪纸法测定结果进行对比,分析基于 Matlab 解析数字图像求解苹果叶面积的准确性。结果表明:基于 Matlab 解析数字图像的方法与叶面积仪测定苹果叶面积的结果无显著差异(配对检验 $P(P>|t|=0.167>0.05)$),剪纸法测定结果低于 Matlab 解析法测定结果;该研究结果表明,基于 Matlab 解析数字图像求解苹果叶面积的方法经济、准确且快速,可作为一种新的测定苹果叶面积的方法进行推广应用。

关键词:Matlab;数字图像解析;苹果;叶面积

中图分类号:S 6-39 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)03-0015-04

叶片是植物进行光合、呼吸和蒸腾的重要场所,也是制造养分的主要器官^[1-2],叶片面积的大小、叶片结构和功能是体现植物生长、营养状况的重要指标^[2]。在生产实践中,叶面积大小是制定栽培模式、施肥方案的重要依据^[2]。因此准确、快速测定植物叶面积具有重要的科学及实际意义。

常见测定苹果叶面积的方法主要有叶面积仪法、剪纸法、方格坐标纸法、辛普松公式法^[3]。在这些方法中方格坐标纸法及叶面积仪法测量精度高,但方格坐标纸法工作量较大,相对较为费时^[4];叶面积仪虽然测定结果准确率高^[5],但其价格昂贵,而且在仪器故障时也需要有一种测定准确、快速的方法替代测量;辛普松公式法根据叶片最大长度和各等

分点处的宽度确定叶面积,可进行非破坏性测定,但是只适用于叶缘为规则曲线的叶片,对形状不规则叶片不适用^[3];剪纸法测定过程简单,但其测定工作费时费力,测定结果受叶子形状及纸张均匀性的影响^[5-6]。随着计算机及数码相机的普遍应用,基于第三方图像处理软件的叶面积测定方法也被广泛应用于叶面积测定,最常见的软件为 Photoshop^[5,7-8]、AutoCAD^[9-11],这些软件在植物叶面积测定过程中均需对叶片边缘进行描绘,对于较多叶片的测定则比较费时^[4],且不具有计算功能。由美国 Mathworks 公司开发的 Matlab 软件具有完备的图形处理及高效的数值计算功能,有功能丰富的应用工具箱,为用户提供了大量方便实用的图像处理工具,可批量进行图像处理。

该研究以苹果叶片为研究对象,采用基于 Matlab 解析数字图像的方法,求解苹果叶面积,并将结果与叶面积仪法及剪纸法测定结果进行比较,以期苹果叶面积的测定提供新的技术支持。

第一作者简介:张万红(1974-),男,博士,助理研究员,现主要从事生态模型及数字图像处理等研究工作。E-mail:zhwhong1022@163.com

基金项目:中国科学院重点部署资助项目(KFZD-SW-306-3)。

收稿日期:2016-09-26

Abstract: The variety comparative test for eight fresh pepper was designed by random grouping and three times of repetition. It mainly analyzed the correlation between the yield and quality characteristics. The results showed that there was positive correlation between capsaicin content and yield characteristics. The test results also showed negative correlation between vitamin C, soluble sugar, protein, crude fiber content and yield characteristics. It could provide theoretical guidance for breeding target and quality breeding.

Keywords: fresh pepper; yield characteristics; quality characteristics; regression analysis; correlation

1 材料与方法

1.1 试验材料

苹果叶片采集于中国科学院长武黄土高原农业生态试验站,地处黄土高原中南部,地理坐标为东经 107°41',北纬 35°14',属暖温带半湿润大陆性季风气候,年均降水 580 mm,年均气温 9.1℃,无霜期 171 d,地下水位 50~80 m,地带性土壤为黑垆土,母质是深厚的中壤质马兰黄土,土体疏松,通透性好,具有良好“土壤水库”效应。

1.2 试验方法

1.2.1 叶面积仪测定法 采用美国 LI-3000C 型叶面积测量仪测量叶面积,每叶片扫描 3 次,取其平均值。

1.2.2 剪纸称质量法 先将带回的植物叶片用电子分析天平分别称其鲜质量,然后将叶片在质地均匀的 A4 纸上沿边缘准确画线并剪下,称量其叶片纸质量,测量标准面积(25 cm×14 cm)纸张质量,按照公式(1)计算叶面积, $x = (25 \times 14 \times p1) / p2$ (1),其中, x 为叶面积, $p1$ 为叶片纸质量, $p2$ 为标准面积的纸张质量。

1.2.3 Matlab 解析数字图像求解苹果叶面积

1)数字照片采集:在 2016 年 6 月 25 日采集苹果叶片,将采集的苹果叶片置于 25 cm×14 cm 白色纸内并压平,采用佳能 EOS 500D 数码相机进行拍照,照片分辨率设置为 4 145×2 360 像素,拍照时相机镜头和纸片保持平行,保证叶片不变形或者少变形,拍片结束后照片以 JPEG (joint photographic expert group)格式导入计算机进行存储。2)Matlab 解析数字图像:颜色特征是物体表面的特征,其属于可见光谱,一般而言,植物叶片呈现绿色,土壤呈黄褐色,岩石和无生命的植物残渣呈淡黄色。不同物体由于其所呈现的颜色有所不同,因此,可利用颜色特征差异将植物叶片从背景中分割出来,并区分叶片和背景,这是进行植物检测最常用的方法^[12]。该研究中由于目标(苹果叶片)与白色纸板(背景)间颜色对比明显,适用于采用阈值分割的方法将目标与背景分离。阈值分割的方法为首先选择恰当的阈值进行目标与背景的判定,在图像判定过程中若图像中某像素点灰度值大于或等于该值,则将其所属灰阶像素分类为黑色(0),其属于目标;否则,像素点灰度值小于该值,则将其所属灰阶像素分类为白色(1),其属于背景^[13]。目前确定合适阈值的方法有人工选择法、迭代式阈值选择法、最大类间方差阈值分割法(OTSU),其中人工选择法是人通过对直方图的观察,选出阈

值;而后 2 种方法是根据特定的算法对直方图数据进行分析,得出阈值,相当于自动阈值法,分割效果较好^[14]。因此,该研究运用基于 Matlab 的图像处理程序,采用最大类间方差阈值分割法对目标与背景进行分割,具体操作步骤如下:①读取数字图像,启动 Matlab 软件并调用“imread”命令读取目标图像,读取结果如图 1a 所示。②图片格式转换,通过调用“rgb2gray”命令,将图像从 RGB 格式转换为灰度图,以便于后续图像处理,转换结果如图 1b 所示。③去噪处理,调用中值滤波“medfilt2”命令对图像的噪点进行清除,去噪处理后的效果图如图 2a 所示。④图像二值化处理,调用“graythresh”命令,对去噪处理后的图像进行自动阈值分割,阈值分割效果如图 2b 所示。⑤计算叶面积。调用求和(“sum”)及计数(“numel”)命令,输入如下公式计算叶面积。 $area = (1 - \text{sum}(I(:)) / \text{numel}(I)) \times 25 \times 14$ (2),其中,“area”代表叶面积,“I”代表赋值后的二值图像,“25 cm×14 cm”为纸板的面积。

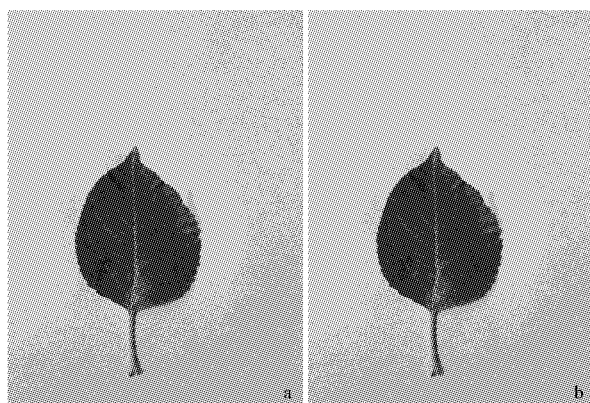


图 1 苹果叶原始图像(a)及灰度化处理后的苹果叶片(b)

Fig. 1 Original digital image of apple (a) and gray image (b)

1.3 数据分析

以 Excel 2013 软件完成数据整理,以 SPSS 19.0 软件完成统计分析。

2 结果与分析

2.1 基于 Matlab 的数字图像解析法与剪纸法测定结果比较

基于 Matlab 数字图像解析法与剪纸法测定 23 片苹果叶子的叶面积均值分别为 39.795 cm² 和 37.878 cm² (表 1),二者的测定结果相关系数高,达到 0.995 1 (图 3),测定数值基本都落在 1:1 线以下,表

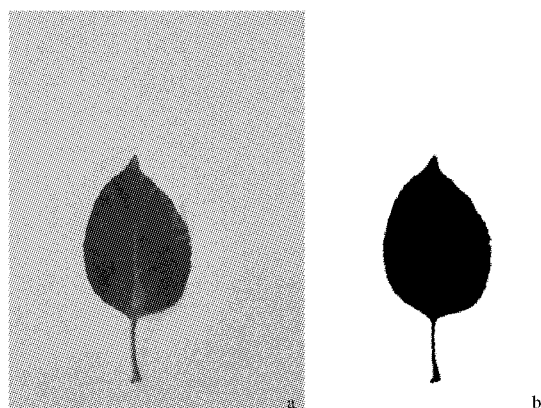


图2 中值滤波处理后的苹果叶片图像(a)及二值化处理后的苹果叶片图像(b)

Fig. 2 Digital image of apple processed by median filter (a) and binary image of apple (b)

表1 Matlab 解析数字图像法、叶面积仪及剪纸法测定结果的统计分析

Table 1 Statistical analysis of leaf area based on analysis of digital image by Matlab, leaf area meter and copy method

统计指标	仪器法	图像法	剪纸法
Statistical index	Leaf area meter	Analysis of image	Copy method
均值 Mean/cm ²	39.565	39.795	37.878
标准差 Standard deviation	8.433	8.502	8.241
标准误 Standard error	1.758	1.772	1.718

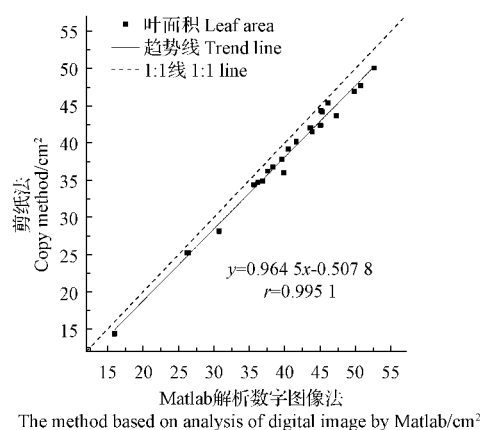


图3 Matlab 解析数字图像法与剪纸法测定苹果叶面积

Fig. 3 Measuring the leaf area of apple by using the copy method and the method based on analysis of digital image by Matlab

明剪纸法测定结果低于 Matlab 数字图像解析法测定结果。

对 Matlab 数字图像解析法与剪纸法测定结果进行配对检验,统计结果表明 Matlab 数字图像解析

法与剪纸法测定结果间有显著差异, $P(P > |t|) = 0.000 < 0.05$ (表2)。

表2 叶面积仪、剪纸法分别与图像法测定结果进行配对检验

Table 2 Paired test of leaf area based on analysis of digital image by Matlab, leaf area meter and copy method

与图像法比较的方法	t 统计	Df	$P > t $
Method compared with analysis of image	t-statistic		
叶面积仪 Leaf area meter	1.717	22	0.167
剪纸法 Paper cutting method	7.013	22	0.000

2.2 基于 Matlab 的数字图像解析法与叶面积仪测定结果比较

从图4可以看出,叶面积测定值紧密围绕在1:1线周围上下浮动,有部分测定结果完全落在1:1线上,测定结果间相关系数高,达0.9917。分析统计结果,图像法测定结果与叶面积仪测定叶面积结果均值相似度高,分别为39.795、39.565 cm² (表1)。对 Matlab 数字图像解析法与叶面积仪测定结果进行配对检验,统计结果表明,Matlab 数字图像解析法与叶面积仪测定结果间无显著差异, $P(P > |t|) = 0.167 > 0.05$ (表2)。

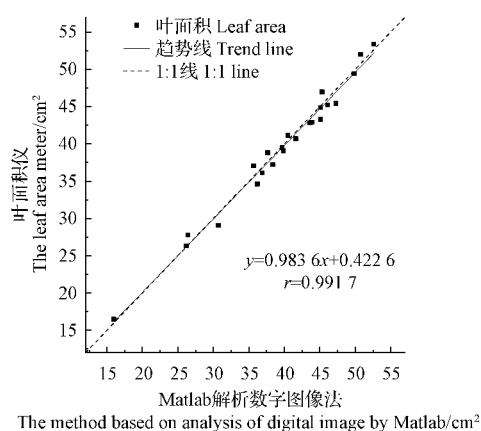


图4 Matlab 解析数字图像法与叶面积仪测定苹果叶面积

Fig. 4 Measuring the leaf area of apple by using the leaf area meter and the method based on analysis of digital image by Matlab

2.3 3种测定叶面积的方法综合比较

叶面积仪法测定简单,但测定结果受叶子通过仪器分析器头部速度快慢的影响,重现性差,仪器昂贵且维修困难;剪纸法简单,但测定结果往往由于受叶子边缘不平滑、纸张均匀性以及人为因素的影响较真实叶面积值低;基于 Matlab 解析数字图像的方法成本较低、操作简单,准确率高,并且其分析结果

可以以图像及数值 2 种方式同时输出,具有较高的直观性。

3 结论与讨论

该试验以 Matlab 软件作为图像分析工具对苹果叶片数字图像进行解析,首先对 RGB 图像进行灰度转化并进行去噪点处理,然后采用最大类间方差法确定阈值,对图像中的目标与背景进行分割,最后对分割后的二值图进行数学运算,求解苹果叶面积。对计算结果进行统计分析表明,基于 Matlab 的数字图像解析法测量精度与叶面积仪法基本相同,但剪纸法测定结果低于叶面积仪法及基于 Matlab 的数字图像解析法。一些相似的研究也取得了与该研究基本一致的结果,例如陈伟祥等^[6]分别采用剪纸法与 Photoshop 图像法对海桐及乐东拟单性木兰叶面积进行测定结果表明,图像法比剪纸法更能准确反映叶片的真实面积。柳赜等^[15]则认为 AutoCAD 图像法测定澳洲坚果叶面积时具有较高的可靠性。石剑飞等^[5]研究表明叶面积仪能快速、准确地测定油菜的叶面积,但是 Photoshop 图像法测定油菜叶面积的结果受参照物大小的影响,而且剪纸法测定结果低于真实叶面积值。

在该研究中,基于 Matlab 的数字图像解析法测定苹果叶面积具有快速、准确、成本低廉、结果不受叶片大小、形状、厚薄的影响,测定过程中只需输入简单的图像处理命令即可实现对苹果叶片图像的分析,并可对计算机结果进行输出,测量过程人为因素干扰程度低,宜于推广应用。

参考文献

- [1] 荣海,范海兰,李茜,等.两种姜科药用植物叶面积测定方法比较[J].时珍国医国药,2011,22(1):236-238.
- [2] 双盛,王国聪,权颜,等.大叶桉叶面积测定方法的比较研究[J].广西林业科学,2011,40(2):140-142.
- [3] 苑克俊,孙瑞红.果树叶面积的一种新测算方法[J].中国果树,1994(3):41-42.
- [4] 官志宏,薛庆禹,于红,等.基于数字照片解析的黄瓜叶片面积测定及效果分析[J].中国农学通报,2015(23):230-234.
- [5] 石剑飞,殷雅艳,冷锁虎,等.采用数码图像处理法测定油菜叶面积的方法探讨[J].中国油料作物学报,2010,32(3):379-382.
- [6] 陈伟祥,黄佳佳.两种植物叶面积测定方法的比较研究[J].吉林农业,2010(10):50-51.
- [7] 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(6):711-714.
- [8] 于守超,张秀省,冀芦莎.基于 Photoshop CS5 的植物叶面积测定方法[J].湖北农业科学,2012(15):3340-3342.
- [9] 曾黎明,陈显国,蔡元保,等.基于 AutoCAD 软件确定澳洲坚果叶面积的简易方法[J].广东农业科学,2012(2):155-156,233.
- [10] 程鸿,吕军芬.CAD 图形处理技术在植物叶面积测量中的应用[J].甘肃农业大学学报,2003(4):467-470.
- [11] 田青,曹致中,张睿.基于数码相机和 AutoCAD 软件测定园林植物叶面积的简便方法[J].草原与草坪,2008(3):25-28.
- [12] 钱丹.作物与杂草识别中图像分割影响因素的研究[D].镇江:江苏大学,2006.
- [13] 王庆国,杨其新,蒋雅君,等.基于阈值分割法的地下工程防水板孔隙结构识别[J].铁道标准设计,2016(5):69-74.
- [14] 李小琦.基于 Matlab 的图像阈值分割算法研究[J].软件导刊,2014(12):76-78.
- [15] 柳赜,倪书邦,宫丽丹,等.澳洲坚果叶面积测定方法比较[J].中国农学通报,2014(25):142-147.

Measuring Leaf Area of Apple Based on Analysis of Matlab Digital Image

ZHANG Wanhong, JI Hongfei, LIU Yonggang

(Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to rapidly measure leaf area of apple, the method based on analysis of digital image by the Matlab software was developed. Then the accuracy for Matlab analysis of digital image was determined by comparing it with the leaf area meter and copy method. The results showed that there was no significant difference (paired test $P(P > |t| = 0.167 > 0.05)$) between the method of Matlab analysis of digital image and the leaf area meter, and the results of copy method were significantly lower than the results measured with the method of Matlab analysis of digital image. In this study, it could be concluded that the method for Matlab analysis of digital image was low-cost, efficient and accurate, could be used as a new method for measuring the leaf area of apple.

Keywords: Matlab; analysis of digital image; apple; leaf area