

番茄叶片几何特征的提取与分析

陈卓¹, 张笑千¹, 张冠宇¹, 韩东海², 曲英华¹

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院 北京 100083; 2. 中国农业大学 食品科学与营养工程学院 北京 100083)

摘要: 采用数码相机获取番茄叶片的数字图像, 利用 Photoshop CS4 图像处理软件计算叶片长度、宽度、叶面积、周长、圆度, 并进行回归分析。结果表明: 长、宽与叶面积和周长存在较高的回归关系, 而圆度则相对独立。和其它方法相比, 该方法具有准确、快速、成本低廉、无损动态观测等优点, 适用于园艺研究中叶片信息的全面测定。

关键词: 番茄叶片; 几何信息; 回归方程

中图分类号: S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)15-0144-03

叶片作为植物进行光合作用和蒸腾作用的主要器官, 其发育状况对作物生长、抗逆性及产量、品质形成的影响很大, 是生理生化、遗传育种、作物栽培等研究经常考虑的内容。因此, 如何方便、准确、及时地测定叶片的几何特征已经成为了一个业内关注的重要课题。多数研究致力于精确测定叶片的面积, 主要采用方格法、称重法、系数法和叶面积仪法等^[1], 但是它们具有测量精度低、测量范围小、操作烦琐的局限性。另外, 也很难对叶面的形状做出分析, 在实际栽培中无法定量区分正常叶与畸形叶。该试验旨在利用常见的摄影器材与软件, 建立一种无损、快捷地获取番茄叶片几何特征的方法, 并尝试建立叶面长、宽与叶面其余几何特征的回归模型, 分析变量的统计特征, 为将来能够使用直尺法简单测量叶面指标提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

温室盆栽合作 918 番茄 50 株, 每株选择 1 片功能叶, 花期采样。

1.2 试验方法

1.2.1 几何特征提取方法 首先, 裁剪一块 17 cm×10 cm 大小的纸板, 在其上粘 1 块等大小的坐标纸。再准备一块透明塑料板(可用光盘盒代替)。实际操作中, 叶片平置在坐标纸上, 被塑料板压住, 然后照相。相机使用 Canon IXUS 60 图像分辨率 1600×1200, 其余参数

为相机自动设置。下面使用 Adobe Photoshop CS4 中文版软件提取照片中的信息。第一步, 使用“标尺工具”, 在图片中描取 30 mm 长度的坐标格, 观察对应的像素数量, 计算每个像素对应的实际长度, 在“分析”菜单栏中设置测量比例; 第二步, 使用“标尺工具”, 分别测量叶片的长度(叶柄基部到叶尖的距离)和宽度(与主脉垂直的最大宽度); 第三步, 使用“快速选择工具”, 选取相应的叶片区域(软件识别程度极高, 大部分区域可自动锁定, 只需人为调整一些细节)然后点击“记录测量”, 输出叶片的面积、周长、圆度值(Roundness)。在本软件中(圆度简记为 R, S 是区域面积, C 是区域周长), 越接近 1, 区域越接近于圆。另外, 由于软件无法自动识别叶片的主脉, 所以叶片的长宽采用标尺工具测量, 类似于实际操作中刻度尺测量的方式。软件截图见图 1。

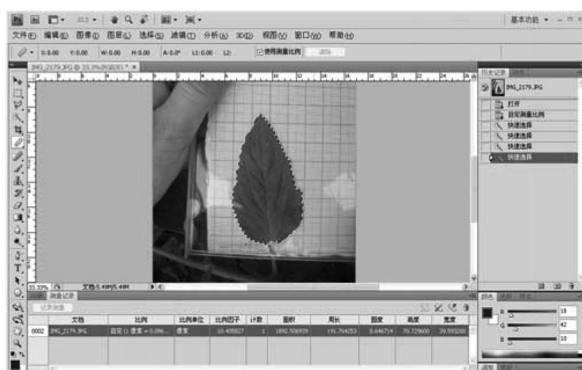


图 1 Photoshop 操作界面截图

Fig. 1 Graphical user interface of Photoshop

1.2.2 几何特征分析方法 在获得了叶片的长、宽、面积、周长、圆度之后, 使用 SPSS 17.0 进行统计分析。以长、宽为自变量, 其余指标为因变量, 尝试建立线性与非线性模型, 分析其中的关系。

第一作者简介: 陈卓(1987-), 男, 硕士, 现主要从事设施园艺研究工作。E-mail: iamchenzhuo@gmail.com。

通讯作者: 曲英华(1957-), 女, 博士, 教授, 现主要从事设施园艺研究工作。E-mail: quyinhua@cau.edu.cn。

基金项目: 北京市都市农业学科群资助项目(XK100190553)。

收稿日期: 2010-05-12

2 结果与分析

2.1 叶片特征的统计信息

如表 1 所示, 该研究为使后期处理具有代表性, 选取样本的尺寸范围分布较广, 变异系数在 0.1 以上。另

外, 可以发现面积、周长、圆度这些二级信息的变异比长、宽这种一级信息的变异更大, 说明番茄叶片的二级几何信息更能体现不同个体间的差异。

表 1 叶片特征的统计信息

统计指标	平均值	最小值	最大值	标准差	变异系数
Statistics	Average	Min	Max	Standard deviation	CV
长 Length/mm	82.16	53.40	105.32	11.22	0.14
宽 Width/mm	40.85	25.65	56.40	6.48	0.16
面积 Area/mm ²	2 393.38	968.95	3726.54	634.14	0.26
周长 Perimeter/mm	269.64	165.01	405.11	54.79	0.20
圆度 Roundness	0.42	0.25	0.63	0.09	0.21

2.2 叶片长、宽与叶片面积的关系

如图 2 所示, 叶面长宽乘积与实际叶面积存在着非常显著的回归关系: 回归系数高达 0.942, 相应的预测标准偏差只有 154.38 mm², 即 1 cm² 左右。这说明在实际操作过程中, 完全可以用刻度尺或其它量具分别测量长宽后再代入方程计算叶片面积, 节省工作量与工作时间。

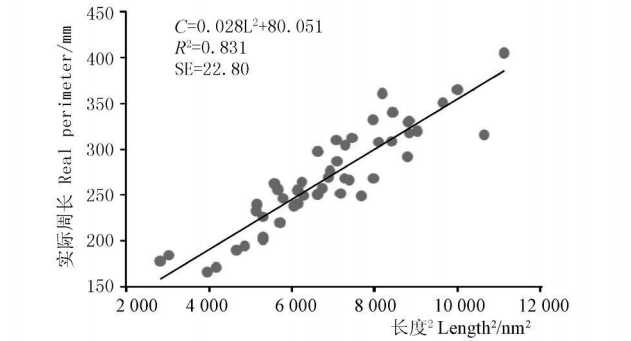


图 3 叶片平方与叶面积回归散点图
Fig. 3 The scatter plot of length² and real area

2.4 叶片长、宽与叶片圆度的关系

方法 1: 利用肉眼观察可发现叶片的形状是接近椭圆的, 故把长宽比作为可能变量引入, 建立如下的完全二次曲面模型: $R=aL^2+bW^2+c(L/W)^2+d(W/L)^2+eLW+fL/W+gW/L+hL+iW+h$ 。然后, 使用逐步回归法引入显著的变量, 剔除不显著的变量, 建立最终的方程。方法 2: 鉴于前面的工作已经建立了面积与周长的模型, 取得了较高的精度, 那么尝试利用上面的结果使用长宽乘积与长度平方 2 个自变量建立如下的多元模型, 进行非线性拟合: $R=4\pi(aLW+b)/(cL^2+d)^2$ 。表 3 的数据表明, 无论是那种方法, 回归效果都不佳, 回归系数仅有 0.2。另外, 结合图 4 可以发现: 大多数叶片的圆度都集中在一个很狭小的区域(箱子的阴影部分由样

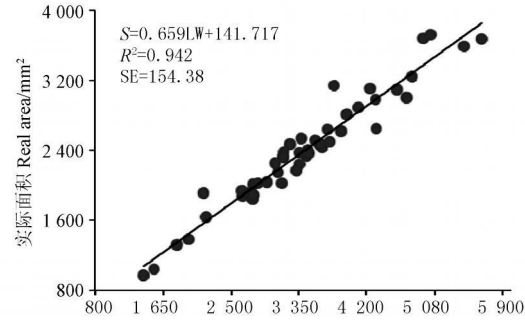


图 2 叶片长宽乘积与叶面积回归散点图
Fig. 2 The scatter plot of length×width and real area

2.3 叶片长、宽与叶片周长的关系

由于叶片长宽与周长的关系前人研究较少, 所以首先采用完全二次响应曲面拟合, 即 $C=aL^2+bW^2+cLW+dL+eW+f$ 。其中, L 表示长度, W 表示宽度, a 至 f 为系数。然后, 使用逐步回归法引入显著的变量, 剔除不显著的变量, 建立最终的方程。结果如表 2 所示, 最终模型只选择了长度的平方作为自变量, 但建模效果仍可接纳, 相关系数达到了 0.831, 预测标准偏差只有 2 cm 左右, 如图 3 所示。

表 2 逐步回归变量删选

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	L^2	L W $L \times W$ W^2	$\alpha_{enter}=0.05$ $\alpha_{remove}=0.10$

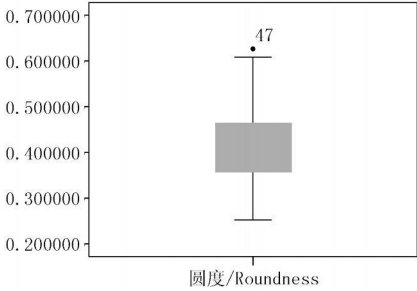


图 4 叶片圆度分布箱线图
图 4 The box plot of roundness

本的上四分位数至下四分位数形成),并不像其余指标那样有大尺度的分布。可以认为,圆度并不是随着叶片的生长而有规律的变化。

表 3 圆度回归效果

Table 3 The result of regression of roundness			
模型	回归方程	回归系数	标准偏差
Mode	Regression equation	R^2	SE
1	$R=-2.605\times 10^{-5}L^2+0.603$	0.288	0.073
2	$R=4\pi(0.024LW+156.472)/((0.004L^2+53.893)^2)$	0.298	0.073

3 讨论

近年来,已有很多研究者利用数字图像处理的方法提取叶片的几何信息。该研究选用的 Photoshop 软件,易于操作,不需要学习编程知识;由于软件版本较新,图像选择的精度很高,基本不需要人工微调,选区建立后一键操作即可获取多个信息,只需输入比例系数,简化了以前由直方图进行计算的复杂步骤^[2];同时,尽管手动操作自动化程度低,但避免了阈值分割、边缘提取、二值化之类纯算法操作中参数的选择^[3-4],更适合广大植

物园艺研究者使用。

后期统计表明,图像的二维信息相对一维信息具有更多的差异性。思考回归分析的结果可以发现,一方面,如果仅仅为了获取叶面积,可以利用刻度尺测量计算以节省时间;另一方面,如果愿意获取更全面的信息(特别是圆度信息),刻度尺测量时远远不够的。可以设想,完整的图像信息更能体现病虫害叶片与正常叶片的差异,也更能发现不同种类番茄叶片的不同,具有广阔的前景。

参考文献

[1] 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.
[2] 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.
[3] 贾爱莲 张淑娟.基于 Matlab 的植物叶面积数字摄影图像处理[J].山西农业大学学报,2006,26(1):80-82.
[4] 马彦平 白由路,高祥照,等.基于数字图像的玉米叶面积测量方法研究[J].中国农学通报 2009 25(22):329-334.

Extraction and Analysis of Geometry Features of Tomato Leaves

CHEN Zhuo¹, ZHANG Xiao-qian¹, ZHANG Guan-yu¹, HAN Dong-hai², Q U Ying-hua¹

(1.College of Water Conservancy and Civil Engineering Agricultural University, Beijing 100083; 2. Food Sutrition, China Agricultural University, Beijing 100083)

Abstract: A method for measuring geometry features of tomato leaves was developed using digital camera and Photoshop software. Linear and nonlinear regression equations were established, which the dependent variables were leaf area, perimeter and roundness, meanwhile, the independent variables were leaf length and width. The results showed that there was significant correlationship between leaf area and its related factors. The roundness displayed relative independence of the other variables. Relative rapidity, accuracy, nondestructive and low price were the main advantages of the method, which was applicable and reliable in plant horticulture research.

Key words: tomato leaf; geometry feature; regression equation