

数字图像处理技术在蔬菜叶面积测量中的应用

杨劲峰¹, 陈清², 韩晓日¹, 李晓林², H. P. Liebig³

(1. 沈阳农业大学; 2. 中国农业大学; 3. Hohenheim University, Stuttgart D 70593)

摘要: 采用平台扫描仪获取叶片的数字图像, 建立运用数字图像处理技术测定蔬菜叶面积的方法。同时与目前较常用的交叉网格法、CD 仪器法、复印称重法和生产上常用的直尺法进行比较分析。结果表明: 图像处理方法和上述传统的叶面积测定方法的测定结果呈极显著的线性相关关系, 适用于叶面积的测量工作; 和其它方法相比具有准确、快速、适用范围广、容易普及等优点, 适用于科研和生产推广使用。试验还得出采用直尺法时, 油菜和空心菜的叶面积的校正系数分别为 0.792 和 0.818。

关键词: 图像处理; 叶面积测量; 蔬菜

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1002-2689(2002)04-0155-04

最近几十年, 计算机技术得到了迅猛发展。随着计算机硬件成本的下降和处理器速度的提高, 其应用方面越来越广, 已经涉及到了生物学、医学、航空学等领域。图像处理技术开始展露头角, 并且在农业上得到了一定的应用, 获得了较好的效果^[1,7]。

叶片作为植物进行光合作用和蒸腾作用的主要器官, 其发育状况和叶面积大小对作物生长发育、抗逆性及产量形成的影响很大, 是生理生化、遗传育种、作物栽培等方面研究所经常考虑的内容^[2]。因此建立方便、准确的叶面积测定方法, 对指导作物栽培密度及施肥水平, 达到调整群体结构、充分利用光、热资源、合理进行施肥以获得蔬菜高产具有重要的意义^[3]。目前常用的叶面积的测定方法有网格交叉法^[4]、叶面积仪法^[5]、复印称重法等。这些方法各有利弊, 如网格交叉法比较准确, 但需要消耗大量的时间; 叶面积仪法虽然具有快速的特点, 但其测量结果具有较大的波动性; 而称重复印法则受纸张和复印机的影响较大。上述测定方法在生产应用时通常与直尺法^[2]结合使用。直尺法需要乘以一个校正系数, 而校正系数受作物的品种、叶龄和环境等因素的影响较大, 适用范围较窄。本文旨在利用现有的计算机设备, 寻找一种简便、快速、正确估算叶面积的方法, 并和直尺法之间建立回归方程, 得到校正系数, 指导生产。

1 材料和方法

收稿日期: 2001206228

基金项目: 北京市自然科学基金项目(6991004); 国家重点基础研究规划项目(G1999011807); 德国教育科技部(BMBF)中德合作项目“提高华北地区农业生产力的研究”(1998~2001)

作者简介: 杨劲峰(1976-), 男, 博士研究生, 沈阳市东陵路 沈阳农业大学土地与环境学院植物营养系, 110161

1.1 试验材料及常用的测定方法

试验选择完整的、大小各异的油菜、空心菜叶片各 50 片。网格交叉法采用 0.5 cm × 0.5 cm 的胶片进行计数, 计算其面积。叶面积仪器法是采用美国 CD 公司生产的手持式叶面积测定仪(型号: C12203)测定叶片的面积。称重复印法是将叶片用激光复印机复印, 沿叶片边缘剪下, 准确称量其质量; 测定标准面积纸张的质量, 算出 1 cm² 的纸张质量, 计算后得出叶面积。

直尺法: 采用直尺测量叶片的最大长度和宽度, 根据测定的叶面积的绝对数值, 计算校正系数后得到叶面积。

1.2 图像处理技术的原理及步骤

不同扫描分辨率、存储格式以及图像的缩放比例都会对图像的像素数产生一定的影响。目前主要应用的扫描分辨率为 300dpi 和 600dpi; 图像的存储格式主要为 BMP、JPG、TIFF 等。BMP 是矢量位图格式, 文件几乎不压缩, 占用磁盘空间很大; JPG 是一种压缩格式, 可以用不同的压缩比例对这种文件格式压缩, 用最少的硬盘空间得到较好的图像质量; TIFF 是专门为存储图像而开发的格式, 可以压缩也可以不压缩, 压缩的方法也不只一种, 但其相对 JPG 来说要占用较大的硬盘空间。本试验主要比较了 JPG 和 TIFF 格式对图像像素个数的影响。

通过 Adobe 公司的 PhotoShop 5.0 软件, 对 15 张叶片图片进行处理, 分别准确截取 1 cm² 图像, 在不同扫描分辨率、存储格式、缩放比例下计算像素个数。结果表明(见表 1): 在相同分辨率和缩放比例下, 图像的像素个数与存储格式无关; 像素个数随着图像缩放比例的增大而增多, 并遵循一定的规律: 当缩放比例 12.5% 时, 1 cm² 像素个数为 225; 缩放

比例(50%)每扩大2倍,单位面积像素个数增大4倍,而缩放比例从50%到100%时,像素个数增大近4倍。当分辨率扩大2倍,在相同缩放比例下,单位面积像素个数扩大4倍,分辨率越低,处理图像的时间越少;由于不同存储格式对像素个数没有影响,

本试验采用JPG格式存储图像,可以节省大量处理时间;缩放比例大小可以根据图像的大小来决定,本试验采用的图像缩放比例为50%。通过计算得出扫描分辨率为300 dpi 缩放比例为50%时,每个像素的面积为163 600 cm²。

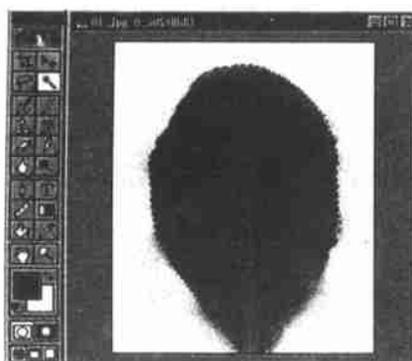
表1 不同扫描分辨率、存储格式、缩放比例对图像的像素个数的影响

Table 1 Effects of different resolution rates, file format and zoom proportion of image on counted pixel number 个

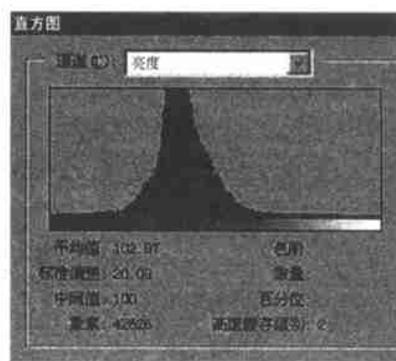
分辨率 dpi	格式	缩放比例%															
		4	8	12.4	12.5	12.6	20	24.9	25	25.1	30	49	50	51	60	80	100
300	JPG	255	255	255	255	900	900	900	900	3 600	3 600	3 600	3 600	14 169	14 169	14 169	14 169
	TIFF	225	225	225	225	900	900	900	900	3 600	3 600	3 600	3 600	14 169	14 169	14 169	14 169
600	JPG	900	900	900	900	3 600	3 600	3 600	3 600	14 161	14 161	14 161	14 161	56 169	56 169	56 169	56 169
	TIFF	900	900	900	900	3 600	3 600	3 600	3 600	14 161	14 161	14 161	14 161	56 169	56 169	56 169	56 169

根据表1的结果,选取完整的油菜和空心菜叶片,洗净、擦干,采用Epson Perfection 610平台扫描仪扫描所有叶片,存储格式为JPG。采用Photoshop 5.0图像处理软件调入图片,将图片缩放比例定为

50%;选取叶片轮廓,利用图像菜单中的直方图得到叶片的像素个数,乘以单个像素的面积,得出叶片的面积。叶片轮廓选取过程见图1。



a. 选取叶片



b. 像素计算

图1 图像处理流程图

Fig 1 Screen pictures during image processing using Photoshop 5.0 including selection of leaf part and pixel counting

2 结果与讨论

2.1 图像处理法与常用方法的比较

试验通过几种方法分别测定50片油菜和空心菜的叶面积,对其结果进行统计分析,结果如下表2所示。

表2 菜叶不同测量方法结果之间的回归方程及相关系数

Table 2 Regressive equations and correlation coefficients in leaf area measurement among different methods

	CD 仪器法	复印称重法	图像处理法
网格交叉法	$y = 1.0628x - 0.226$ $r^2 = 0.928^{3.3}$	$y = 1.0599x + 1.2435$ $r^2 = 0.977^{3.3}$	$y = 0.0428x + 0.3367$ $r^2 = 0.983^{3.3}$
CID 仪器法		$y = 0.9383x + 2.9655$ $r^2 = 0.933^{3.3}$	$y = 0.9258x + 1.9669$ $r^2 = 0.943^{3.3}$
复印称重法			$y = 0.9753x - 0.6571$ $r^2 = 0.988^{3.3}$

试验数据采用SAS软件统计检验,3.3——表示统计检验极为显著。

表2的分析结果表明,两种测定方法之间都有极显著的相关性($p < 0.01$)。说明采用数字图像处

理技术也适合于叶面积的测量。但采用每一种方法进行重复10次的测定结果可以发现(图2),在相同

条件下,对于同一个叶片叶面积的测定,结果各不相同。相对于图像处理法,采用复印称重法所得到的测定值偏高;而采用网格交叉法和采用手持叶面积仪(CD 仪器法)测定的结果偏低。从图中可以看出图像处理法相对其它方法其测定结果的变异最小,变异系数仅为 0.10%,曲线变化较平稳,重现性非常好,而 CD 仪器法受人为因素的干扰,测定结果的变异系数最大,达到了 2.88%;网格交叉法和复印称重法的测定结果则介于图像处理法和 CD 仪器法之间,变异系数分别为 1.47% 和 0.83%。

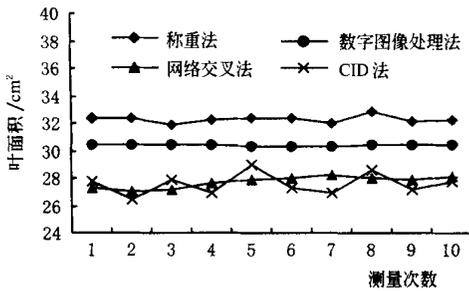


图 2 不同测量方法对同一叶片的叶面积测量结果比较
Fig. 2 Comparison among results from different methods for leaf area measurement in the same leaf

2.2 方法述评

这些方法都是在破坏植物的基础上进行的。网格交叉法测定结果相对比较准确,但需要消耗大量的人工,并且对于形状不规则的叶片测量精度大大降低,甚至无法测量象西芹和三叶草等植物的复杂类型叶片,而且在计数时受人为因素影响较大。由美国生产 CD 叶面积仪,虽然可以快速测定叶面积,并且简单、易操作,但仪器本身成本高昂,限制了其在叶面积测定上的推广应用。而且在用手持式仪器进行测量时需要握住叶片,造成结果偏低。叶片的扫描速度对测定结果影响较大。称重复印法简单、方便,但对于不规则形状的叶片其精确度降低;也不适合作物苗期和具有较小叶片植株的叶面积测量,其精确度也受人为因素、纸张的均匀性、复印机的性能影响。图像处理法是建立在计算机图像处理基础上的,具有严密的科学性。由于存储格式对图像的像素个数没有影响,所以采用 JPG 格式,不仅节省了大量硬盘空间,而且也大大缩短了图像处理时间;图像处理法几乎可以适用于所有叶片,不受叶片形状、大小、厚薄等因素的影响;相对于进口设备,计算机和扫描仪在价格上具有较大优势。

本文所采用的图像处理技术也存在一定的缺陷:需要破坏植物;当植物发生虫害时和对于较大叶片的作物,此方法并不适用。

3 图像处理方法的应用

图像处理方法具有传统方法所不能相比的优点,但由于它需要较多的时间,并不适合大量的叶面积测量工作。为了指导生产,可以利用其绝对值测定准确的特点,与直尺法之间建立回归方程(图 3)。

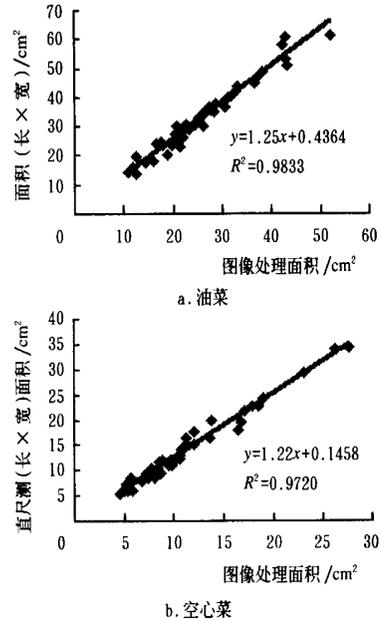


图 3 采用图像处理法测定的叶面积与直尺法测定的叶面积之间的相关关系

Fig. 3 Correlation between leaf area measured using digital image processing method and the product of maximum length and width

通过对直尺法测量结果进行校正,得到油菜和空心菜的叶面积指数分别为 0.792 和 0.818。

[参 考 文 献]

- [1] 应义斌,饶秀勤,赵 匀等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2000, 16(1): 103~ 107.
- [2] 刘明池. 大白菜功能叶片叶面积测量方法[J]. 北京农业科学, 1995, (6): 43.
- [3] 吴全一,杜茂林,柯定荣等. 高原特早熟玉米叶面积速测法研究简报[J]. 四川农业大学学报, 1997, (1): 146 ~ 148.
- [4] 刘贯山. 烟草叶面积不同测定方法的比较研究[J]. 安徽农业科学, 1996, 24(2): 139~ 141.
- [5] 李雁鸣,胡冰华,张建平. 魔芋 (*Amorphophallus rivieri* Durieu) 叶面积测定方法的初步研究[J]. 河北农业大学学报, 2000, 23(4): 23~ 25.
- [6] 钱敏珍,刘葛山,孙华光. 甘蓝型油菜抽苔期叶面积的估算方法[J]. 江苏农业科学, 1995, (1): 24~ 25.
- [7] 于新文,沈佑锐. 昆虫数字图像的分割技术研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 137~ 141.

Measurement of Vegetable Leaf Area Using Digital Image Processing Techniques

Yang Jinfeng¹, Chen Qing², Han Xiaori¹, Li Xiaolin², H. P. Liebig³

(1. Land and Environment College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. Department of Plant Nutrition, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

3. Institute of Fruit Sciences and Viticulture (370), Hohenheim University, Stuttgart D 70593, Germany)

Abstract: A novel method for measuring individual leaf area of vegetables was developed using digital image processing techniques and scanner. Meanwhile, the measured data from digital image analysis was compared with the values from grid counting method, leaf copy and weighing method, instrumental scanning method, etc. The results show that there are close relationships between digital image processing method and the other traditional methods. Relative low variation in measured data was the dominant advantage of image processing method. It can be concluded that digital image analysis technique is suitable to measure leaf area of vegetable in combination with "Maximum length \times width" ruler method through correlation and the calibration coefficients for rape (*Brassica napus* L.) and water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk) were 0.792 and 0.818, respectively.

Key words: image processing; leaf area measurement; vegetable