

烟粉虱成虫密度自动计数系统*

胡雅辉^{1**} 高灵旺²

(1. 湖南省植物保护研究所 长沙 410125; 2. 中国农业大学 北京 100094)

摘要 为改善烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 种群密度调查的手段, 根据图像识别原理, 形成了一套田间烟粉虱成虫密度自动计数系统, 该系统通过成像装置采集烟粉虱成虫的图像, 测量成像装置与成像对象之间的距离, 对图像中的烟粉虱图像进行识别并计数, 计算寄主植物叶面积, 最后得出烟粉虱成虫密度。应用该系统对烟粉虱成虫密度进行调查, 准确率在 90% 以上。

关键词 烟粉虱, 自动计数

An automatic counting system for surveying density of *Bemisia tabaci* adults

HU Ya-Hui^{1**} GAO Ling-Wang²

(1. Institute of Plant Protection, Hunan Province, Changsha 410125, China;

2. China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract An automatic counting system for surveying the density of *Bemisia tabaci* (Gennadius) adults was developed according to image recognition theory. The automatic counting method included the following steps: 1. Measure the distance between imager and image object. 2. Discriminate *B. tabaci* individuals from background image and count. 3. Compute the area of host plant leaves. 4. Compute the density of *B. tabaci* adults. This counting system was over 90% accurate.

Key words *Bemisia tabaci* automatic counting system

烟粉虱 *Bemisia tabaci* (Gennadius) 是世界性的蔬菜害虫, 目前在中国除西藏之外的其他省、直辖市和自治区均有分布 (任顺祥和邱宝利, 2008)。防治烟粉虱已经成为摆在植保领域的一项重大任务。对烟粉虱种群密度的掌握是防治烟粉虱的一项基本工作。如果没有正确的抽样调查数据, 对害虫的数量动态、害虫的危害程度就不可能进行准确的预测, 更不能保证害虫防治经济阈值的正确执行 (丁岩钦, 1994)。但是, 由于烟粉虱个体微小, 在田间为害时常常在一个叶片上就聚集上几十、几百甚至上千头, 给人工调查工作带来麻烦、调查效率低下。值得庆幸的是, 随着信息技术的发展, 基于数字图像分析的目标体自动计数在不同领域得到了应用 (Taylor, 1977; Marotz *et al.*, 2001; 王晓城和高小榕, 2004), 沈佐锐和于新文 (2001) 对温室白粉虱的自动计数进行了研究, 对

目标体分割的几种算法进行了比较, 提出了自动计数的应用前景。张建伟等 (2006) 结合黄板诱集和图像识别技术, 发展了麦田蚜虫自动计数系统。然而, 现有的昆虫自动计数方法还不能满足烟粉虱密度的自动计算, 现在调查烟粉虱密度还是靠人为的手工进行, 一边数、一边用纸笔记录, 靠人工数并叠加数据。

1 烟粉虱自动计数系统的主要步骤

由于烟粉虱成虫个体相差不大, 在植物叶片上的形态一致, 与植物叶片颜色差别大, 利用这些特点对烟粉虱成虫进行自动识别成为可能。在前人的研究基础上, 结合烟粉虱密度调查的实际, 形成了一套烟粉虱成虫自动计数系统。该自动计数系统主要包括几个步骤: (1) 测距: 测量成像装置与成像对象之间的距离; (2) 图像采集: 利用成像

* 资助项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803005)。

** E-mail: huyah627@163.com

收稿日期: 2010-12-23, 接受日期: 2011-01-07

装置采集包含烟粉虱成虫的图像;(3)识别所采集图像中的烟粉虱并进行自动计数;(4)计算寄主植物叶片的面积;(5)根据烟粉虱成虫数量和叶片的面积计算烟粉虱成虫密度。

2 图像中目标体与图像背景的分离

先根据植物叶片呈绿色的特征,将所采集图像

中绿色的像素点变为白色,然后将所采集图像中其它颜色的像素点变为黑色;应用图像平滑法,将植物叶片区域内非绿色的点也变为白色,把烟粉虱所在的叶片区域和其他区域分开(图1);对整个所采集图像进行变灰处理,用动态阈值法根据灰度值的大小(图2),或者利用 Canny 算子边缘检测将烟粉虱成虫与图像背景二值化分开(图3)。

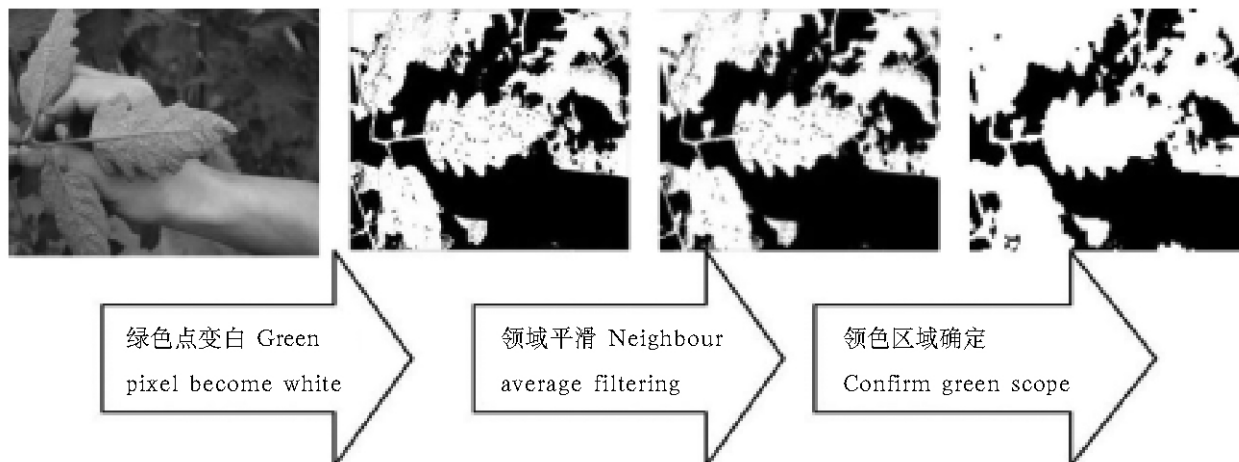


图1 通过色度分析和邻域平滑法获得叶片区域的流程示意图

Fig.1 The green scope was confirmed through analyzing chrominance and neighbors average filtering

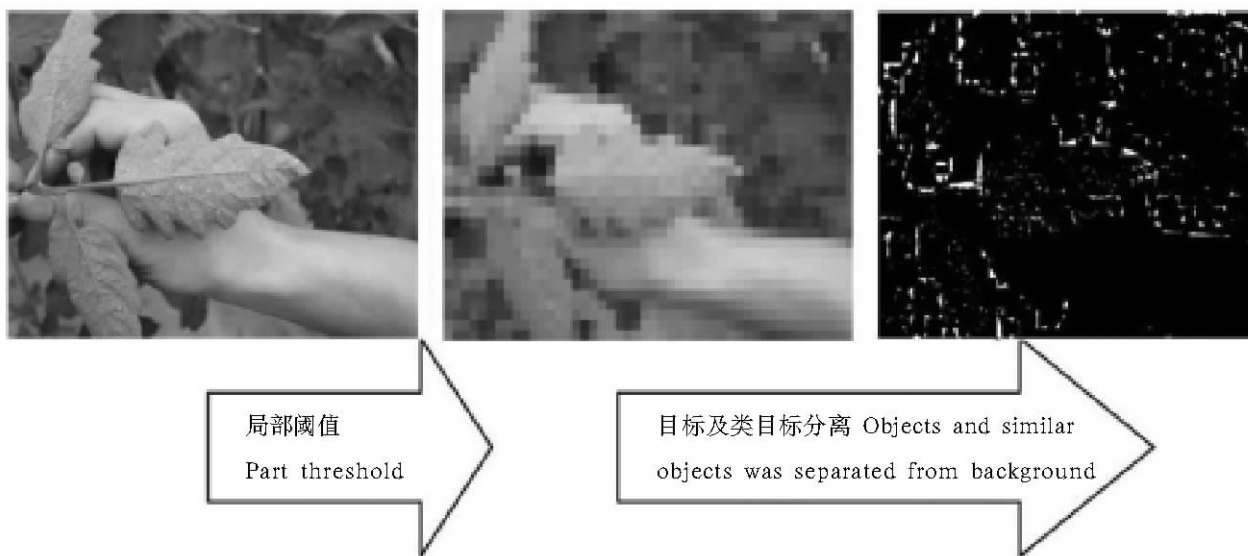


图2 采用局部动态阈值法将目标体及类目标从背景分离的流程示意图

Fig.2 Objects and similar objects was separated from background through part dynamic threshold

3 对目标体进行筛选

分析烟粉虱的形态特征,并经过多次调试后,发现同时满足下面三个条件可以作为判断是否为

烟粉虱成虫图像的目标体。

① $S1 \leq S \leq S2$, 其中 $S1 = 4 \times 10^4 \times d^{-1.8972}$, $S2 = 4 \times 10^5 \times d^{-1.8972}$, d 为成像装置与成像对象之间的距离, S 表示每个类目标体的像素点数量;

② $R1 \leq \text{MaxL}/\text{MinL} \leq R2$,其中 $R1$ 表示比值的下限值 , MaxL 为类目标体长轴的像素点数量 , MinL 表示类目标体短轴的像素点数量 , $R2$ 表示比值的上限值 ;

③ $L_w \leq a \times L + b$,其中 $L = 2 \times \pi \times \text{MinL} + 4 \times (\text{MaxL} - \text{MinL})$, a 为斜率 , b 为误差值 , π 是圆周率 , L_w 为类目标体边缘像素点数量。



图3 采用 Canny 算子检测目标体及类目标体边缘的示意图

Fig.3 The edge of objects and similar objects were detected through Canny operator

4 寄主植物叶片面积的计算

利用成像装置与成像对象之间的距离和成像装置所能拍摄到的成像对象的实际面积之间的函数关系 ,计算所采集图像的背景面积 ;对所采集图

像内的叶片边缘进行白色圈定 ,并对白色边缘内部进行白色填充 ,其余变黑 (图4) ;利用白色部分所占像素点的比例 ,结合所采集图像的背景面积 ,得到寄主植物叶片的面积。

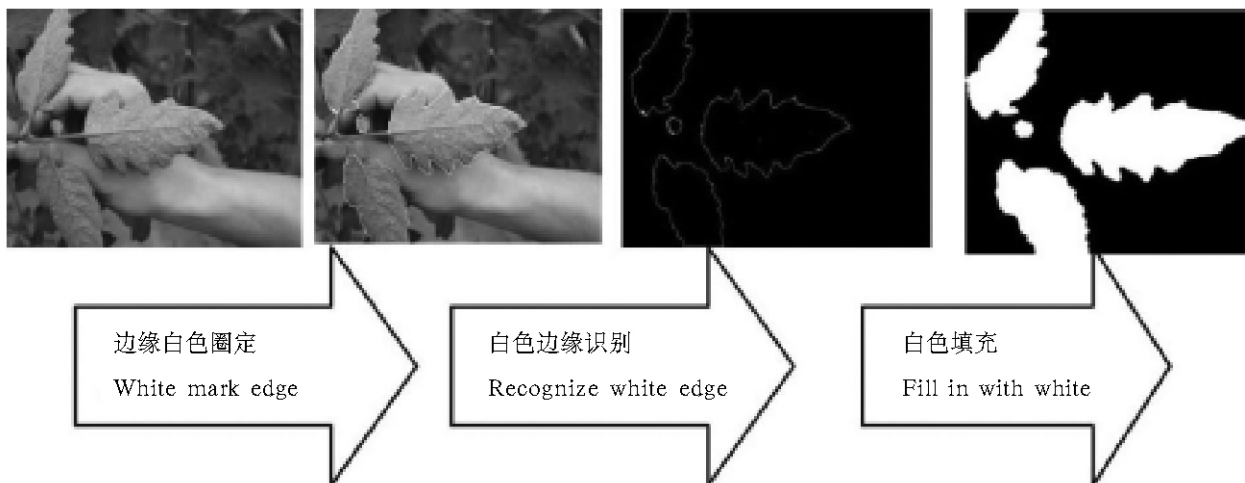


图4 通过叶片边缘白色圈定和白色填充获得叶片的流程示意图

Fig.4 The leaf scope was confirmed through marking leaves' edge with white before recognizing leaves' edge and filling in with white

5 结果测试与讨论

对拍摄到的图像进行测试 ,计数正确率达 90% 以上。该计数系统与现有的蚜虫计数系统相比具有 4 个优点 : (1) 计数结果更贴近昆虫学研究、害虫测报的要求。在昆虫学研究领域、害虫测报方面通常都用到种群密度 ,而不是种群数量 ,因为种群密度具有可比性 ,而单纯的某一种害虫的数量往往没有实际意义 ,该系统根据短距离激光

测距仪测定每张图像拍摄时摄像头与图像背景的距离 ,计算每张图片拍摄的背景面积 ,计算单位面积上烟粉虱成虫数量 ,与不同距离拍摄的图像计数结果单位一致 ,可与任何一张图像的统计结果相比较 ,尤其重要的是单位叶面积上的烟粉虱成虫数量 ,是种群密度监测所要求的结果 ,面对烟粉虱寄主植物的多样性 ,叶片大小不一、形状不规则 ,计算活体寄主植物叶片的面积是一个难题 ,该系统解决了这一难题 ,能够直接给出单位叶面积

上烟粉虱成虫的数量。(2)节省了用户的操作步骤。如果每张图像背景拍摄时保持了面积的一致,仅仅需要计数每个图片上的烟粉虱成虫数量时,该系统提供了批量处理图像文件的功能,如果计数 100 张图像文件烟粉虱成虫的数量,利用该系统则只需要操作一次,即一次选取要计数的 100 个图像文件。(3)适合田间复杂图像背景下的烟粉虱成虫识别计数。在田间拍摄烟粉虱时,由于天气的阴晴、遮蔽物产生的阴影、叶片的正反等原因导致不同图像之间和同一图像的不同部分区域之间背景亮度不一,本发明采用固定窗口局部动态阈值法可以很好的将不同明暗背景的目标体与背景区分开来。(4)提高了目标识别的准确性。根据烟粉虱所在叶片呈绿色的特性,将非绿色的区域排除在外,减少了非叶片区其他物体的干扰。本系统对目标体筛选进行了严格的大小限制,排除了图像噪声的干扰,而且根据烟粉虱成虫的形态进行了限制,排除了叶脉、病斑、污物等的干扰,

提高了对目标识别的准确性。

参考文献 (References)

- 丁岩钦,1994. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社,58—59.
- Marotz J, Lübbert C, Eisenbeiß W,2001. Effective object recognition for automated counting of colonies in Petri dishes (automated colony counting). *Comput. Meth. Prog. Bio.*, 66(2/3):183—198.
- 任顺祥,邱宝利,2008. 中国粉虱及其可持续控制. 广州:广东科技出版社. 9—10.
- 沈佐锐,于新文,2001. 温室白粉室自动计数技术研究初报. *生态学报*, 21(1):94—99.
- Taylor LR,1977. Aphid forecasting and the rothamsted insect survey. *J. Roy. Agr. Soc. Engl.*, 138:75—97.
- 王晓城,高小榕,2004. 基于混合隐 MARKOV 模型的红细胞计数方法. *清华大学学报(自然科学报)*, 44(6): 856—859.
- 张建伟,王永模,沈佐锐,2006. 麦田蚜虫自动计数研究. *农业工程学报*, 22(9):159—162.