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)。

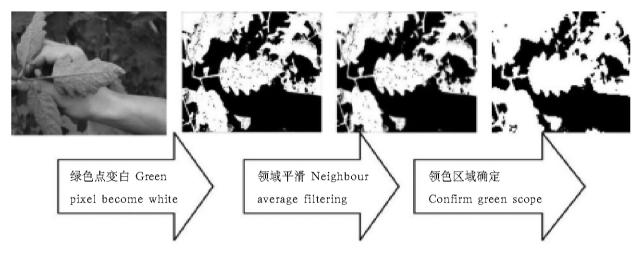


图 1 通过色度分析和领域平滑法获得叶片区域的流程示意图

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

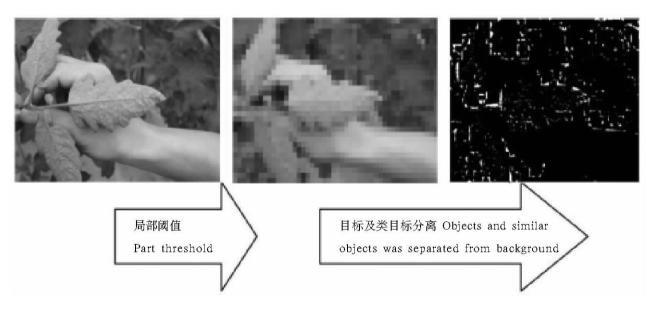


图 2 采用局部动态阈值法将目标体及类目标从背景分离的流程示意图

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 $S1 \le S \le S2$,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;

②R1 ≤ MaxL/MinL ≤ 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:

③Lw≤a×L+b,其中L=2×pi×MinL+4× (MaxL-MinL),a 为斜率,b 为误差值,pi 是圆周率,Lw为类目标体边缘像素点数量。

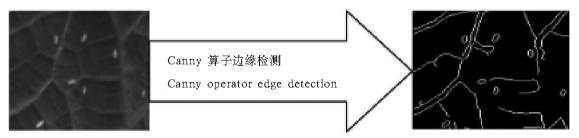


图 3 采用 Canny 算子检测目标体及类目标体边缘的示意图

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。

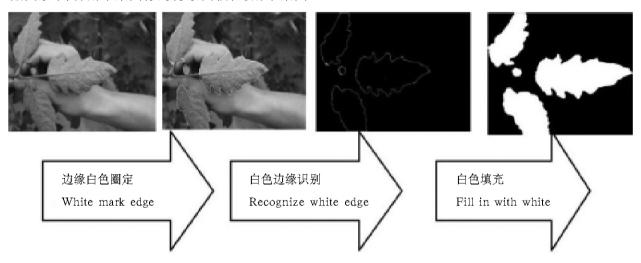


图 4 通过叶片边缘白色圈定和白色填充获得叶片的流程示意图

Fig. 4 The leave 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 , Eisenbeiβ 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.