

基于色度和纹理的黄瓜霜霉病识别与特征提取*

耿长兴 张俊雄 曹峥勇 李 伟

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

【摘要】 研究了可见光波段的黄瓜霜霉病信息分布和分割方法,有效实现了温室非结构环境下黄瓜病害信息识别。通过研究温室黄瓜图像在 RGB、HIS 和 YCbCr 颜色空间的分布特点,建立了光照分析模型,提高了不同光照条件下的病害提取适应性。分析了病害目标与环境背景 C_b 和 C_r 均值差,提出了 $C_b C_r$ 组合算法,实现了目标的快速有效识别,满足了实时对靶施药的要求。通过随机抽取 30 幅黄瓜霜霉病图像进行算法验证,结果表明图像的平均识别正确率达 90.6%。

关键词: 黄瓜霜霉病 温室 识别 特征提取 颜色 纹理

中图分类号: TP391.41; S436.421.1⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)03-0170-05

Recognition and Features Extraction of Cucumber Downy Mildew Based on Color and Texture

Geng Changxing Zhang Junxiong Cao Zhengyong Li Wei

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

An extraction algorithm based on color and texture was developed to realize segmentation between downy mildew and cucumber plants in greenhouse. A light analysis model was established by comparing the distribution of cucumber images in RGB, HIS and YCbCr color space, which was beneficial to the recognition of disease in variable illuminations. Combination model of C_b and C_r elements was built based on the mean difference of lesions and interference informations in C_b and C_r , which included leaves, poles and soil, and extracted target rapidly. A detecting experiment was carried out on 30 images with downy mildew, which were taken in a changing greenhouse environment. The results indicated that the accuracy rate of segmentation was 90.6%.

Key words Cucumber downy mildew, Greenhouse, Recognition, Features extraction, Color, Texture

引言

黄瓜病害的提取和定位,直接决定施药机器人的作业效率和精度。机器视觉技术是检测识别植物病害信息的一种重要方法,文献[1~2]的研究表明热红外图像能实现黄瓜霜霉病菌感染过程的早期感知,文献[3~4]在小麦上实现了上述功能,但由于热红外图像依赖于温度检测,因此还不能应用于室

外病害识别。文献[5~10]分别利用色度矩、纹理和模式识别等方法对植物样本的生理和非生理病害进行分析,取得了良好的效果,不足之处是缺乏实际环境中的应用。

温室作业对象颜色和形态的多义性削弱了目标图像信息表达的统一性;背景信息的复杂性、光照的多变性和目标相互遮挡,增加了图像的无序性,这使非结构环境下实现病害快速有效拾取成为难点。本

收稿日期: 2010-02-02 修回日期: 2010-05-14

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2008AA100905、2007AA04Z222)、高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(200800191014)、中国农业大学科研启动基金资助项目(2007027)和中国农业大学基本科研业务费研究生科研创新专项

作者简介: 耿长兴, 博士生, 主要从事机器视觉、农业机器人技术研究, E-mail: gcxk@cau.edu.cn

文选择温室黄瓜霜霉病为研究对象,通过分析 YCbCr 空间中 Cb 和 Cr 均值分布特点,采用 Cb 、 Cr 组合算法,实现黄瓜霜霉病害信息的有效分离。

1 材料与方法

1.1 试验样本获取

霜霉病是危害黄瓜的最严重的病害之一,主要侵染功能叶片。发病初期叶片反面出现水渍状、淡绿色小斑点;正面病斑变黄褐色,受叶脉限制,病斑呈多角形。严重时,病斑连成一片,叶片干枯。选用北京嘉恒中自公司的 OK_AC1300 型高分辨率 RGB 摄像头,在中国农业大学上庄试验基地温室实时采集“千春 9 号”黄瓜霜霉病图像,图像通过采集卡(OK_RGB10B,北京嘉恒中自公司)输入计算机。由于黄瓜叶片具有趋光性,为了获取黄瓜霜霉病的有效表征信息,采集过程中摄像机与地面向下呈 30° ,使镜头光轴近似与叶片方向垂直,同时保持摄像机、采集卡和

镜头参数不变。图像分辨率为 1024×768 。

1.2 图像分析

病害提取是施药机器人实现对靶喷雾的基础,常用的方法是通过颜色特征进行图像分割。但是对于温室非结构化环境,阴影噪声复杂、目标相互遮挡、光照强度多变,这给视觉系统正确识别带来了困难,因此需要研究一种对光照适应力强的分割方法来提高视觉系统的鲁棒性。温室黄瓜图像如图 1a 所示。图 1b 为原图像的彩色直方图, R 、 G 、 B 3 通道信息相互重合,但 G 通道呈现双峰型,固定阈值分割结果如图 1c 所示,除土壤被大部分滤除之外,竹竿、叶片和水泥路面等干扰信息被大部分保留,靠单一固定阈值分割无法提取病害信息。采用线剖面法分析图 1a 中的白线处图像,其中 MN 之间为病害部位,其余为不关心区域。图 1d 所示 MN 矩形对应病害区域的 RGB 分布与背景信息叠加严重,不利于实现病害信息提取。

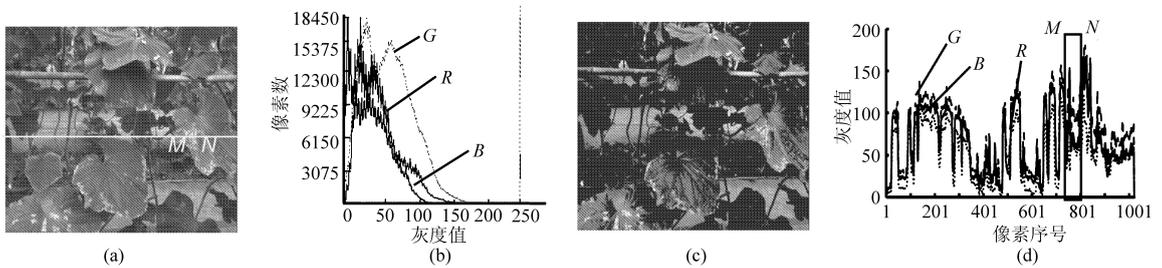


图 1 黄瓜图像 RGB 空间分析示意图

Fig. 1 RGB color space analysis of cucumber image

(a) 原图像 (b) 彩色直方图 (c) G 通道阈值分割图 (d) 线剖面分析图

从实验图片中截取健康叶片、霜霉病害、土壤、地面和竹竿等图像块,使用 Matlab 分析图像块的纹理信息,其中健康叶片和霜霉病在 R 、 G 和 B 3 通道的均值如图 2 所示。二者均值集中分布于 $50 \sim 200$

之间。土壤、地面和竹竿等其他干扰因素也呈现出相同的趋势,可见,在 RGB 颜色空间中,很难运用色差或纹理等方法简单有效解决非结构环境下病害提取问题,算法适用范围狭窄。

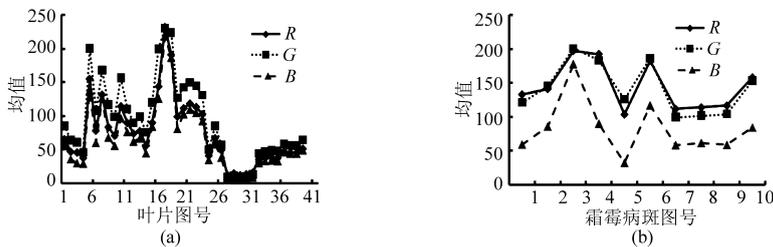


图 2 健康叶片和霜霉病 R 、 G 、 B 均值分布

Fig. 2 R 、 G 、 B average distribution of healthy leaves and downy mildew

(a) 健康叶片 (b) 霜霉病斑

2 图像处理及病害识别

2.1 颜色空间选取

通过上述分析,可以发现光照变化和目標阴影相互遮挡引起了霜霉病和背景信息在 RGB 空间的波动,这对于图像处理是不利的。因此,首先需要进

行色彩空间的转换,从 RGB 颜色叠加空间转换到亮色分离空间,图 3 为图 1a 图像 YCbCr 和 HIS 空间的直方图分布,都实现了亮度分量与其他两个分量的有效分离, Cb 和 Cr 分量峰值交错,更易于实现目标的分离。进一步分析截取的图像块在 YCbCr 和 HIS 空间的纹理信息,其中健康叶片和霜霉病斑在

YCbCr 和 HIS 空间的均值,如图 4a~4d 所示。霜霉病和健康叶片的 H 均值有效分离,如图 4a 所示,但是

霜霉病斑和健康叶片的 S 均值出现了交叉且浮动较大,如图 4b 所示。

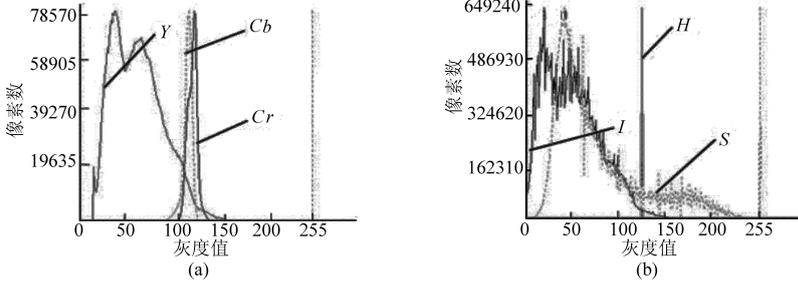


图 3 黄瓜图像 YCbCr 和 HIS 空间分布直方图

Fig. 3 Histogram of cucumber image in YCbCr and HIS color space

(a) YCbCr 分布直方图 (b) HIS 分布直方图

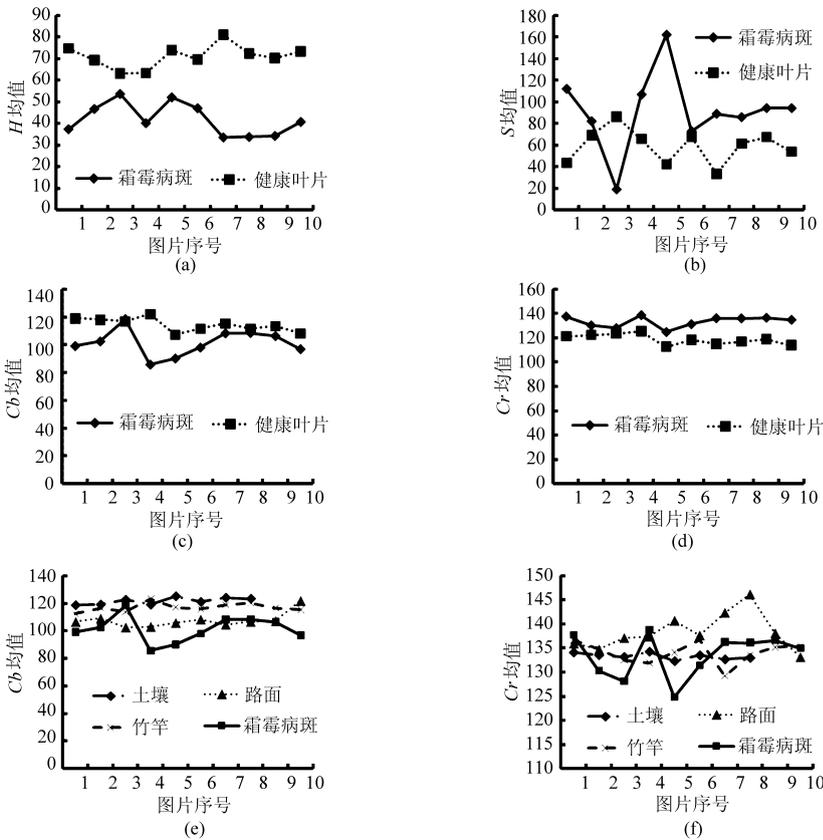


图 4 黄瓜图像 YCbCr 和 HIS 空间均值分布图

Fig. 4 YCbCr and HIS color space mean of cucumber

(a) H 均值 (b) S 均值 (c) Cb 均值 (d) Cr 均值 (e) 多目标 Cb 均值 (f) 多目标 Cr 均值

Cb 和 Cr 均值能比较明显将二者分离,如图 4c 和 4d 所示。但是,图片中的背景信息还包括竹竿、路面和土壤等,这些信息与目标出现交错叠加,如图 4e 和 4f 所示,使分割图像存现大量噪声,给目标提取带来了很大的困难。只能通过 Cb 和 Cr 元素组合方式将霜霉病斑信息从复杂的背景信息和变化的光照环境中分割出来。实验表明 Cb 和 Cr 的组合能有效地解决目标和背景信息叠加问题,并且效率优于 HIS 空间,这是由于 HIS 空间变换算法涉及大量的开方、三角函数等非线性运算,导致速度上无法满足

机器人施药实时性的要求。

2.2 病害提取算法

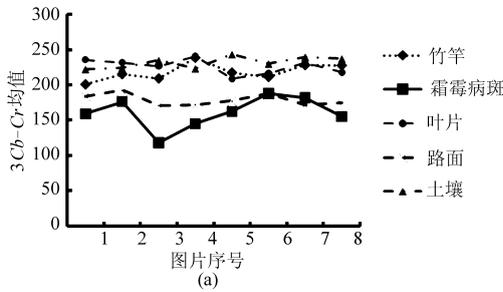
由图 4e 和 4f 可以直观看到,图像中干扰因素比霜霉病目标的 Cb 值整体偏大,而 Cr 值相互重叠相对严重。扩展 Cb 值将拉大干扰因素和目标间差距, Cb 和 Cr 组合的样本统计结果如图 5 所示。霜霉病和路面的 $3Cb - Cr$ 值集中分布于 190 以下,有别于其他背景信息值分布,同时霜霉病的 Cr 值略小于路面的 Cr 值,分界阈值为 136,但二者存在小部分数据交错,分割结果易出现路面噪声。为了采集

具有良好信息的图像,同时保证处理效果,提取每幅图像归一化值作为修正参数能有效减少误判,实现动态处理。考虑机器人施药实时性的要求,在保证精度的前提下,提高算法效率,则霜霉病害提取算法为

$$G_{ray} = \begin{cases} 0 & (3Cb - Cr < 190 \text{ 且 } Cr < 136(1 - N_l/3)) \\ 255 & (\text{其他}) \end{cases} \quad (1)$$

$$N_l = \frac{R + G + B}{765} \quad (2)$$

式中 G_{ray} ——分割后的像素值,病害信息置 0,背



景信息赋值为 255

N_l ——图像归一化亮度值

上述算法实验结果如图 6 所示。图 6a 为图 1a 与处理后图像进行逻辑与操作生成的校验图像,从叠加后校验图像可以发现提取部位对原图像病害部位具有很高的击中率。运用式(1)处理结果如图 6b 所示,但是部分叶缘存在散点噪声,这是由于叶片与空气的密度等差别导致光线在叶缘处发生突变,以 3×1 的模板为中值滤波窗口将竹竿和路面带来的散点噪声滤除,得出如图 6c 所示的结果。

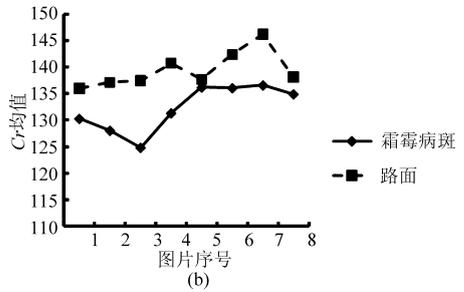


图 5 黄瓜图像 $3Cb - Cr$ 均值和 Cr 均值分布

Fig. 5 Distribution of cucumber in $3Cb - Cr$ and Cr

(a) $3Cb - Cr$ 均值分布 (b) Cr 均值分布

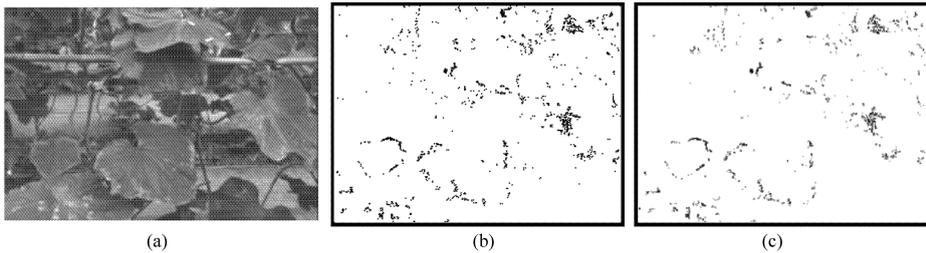


图 6 处理结果示例

Fig. 6 Results of image processing

(a) 叠加校验图像 (b) 式(1)处理结果 (c) 中值滤波结果

3 结果与分析

在采集的图片库中随机选取 30 幅黄瓜霜霉病图像进行图像分割,实验结果见表 1。实验结果表明,将分割后的图像分成 6×8 的子区域,对每个子区域分割效果进行分析,对霜霉病图像平均识别正确率达 90.6% (图像识别正确率指正确提取的子区域总数目与图像中子区域总数目之比)。图像分析算法均在 Microsoft Visual C++ 6.0 环境下实现,计算机配置为 CPU: Intel Pentium (R) 3.06 GHz,内存为 1 GB。图像处理过程平均耗时 72.4 ms,计算耗时如表 2 所示。

表 1 中误判的区域主要由将有病害的区域误判为无病害和无病害的区域误判为有病害的双向误差

造成的。其中无病害的区域误判为有病害的原因主要有以下几方面:逆光采集时,黄瓜叶片的透光性导致叶片在色差和纹理均值上与霜霉病相似性造成分割错误。萎黄的雌雄花朵与叶片萎黄部位的相似性带来识别上的误差。采集角度造成的后垄黄瓜图像与采集当前垄目标信息的叠加,造成了后垄病害等信息的相互干扰。黄瓜叶片排列致密的表皮细胞层能有效地反射强光,在采集过程中容易出现与镜头光轴平行的强反射光,使图像出现白色的信息盲区。

将发生病害的区域误判为无病害的因素主要有以下两方面:叶片和植株的相互遮挡造成叶片亮度阈值处于零附近,无法有效表征病害信息。细微的霜霉病菌斑被大片绿色叶片包裹,提取过程容易出现欠分割,中值滤波后造成病害信息丢失。

表 1 霜霉病害识别实验结果

Tab.1 Experimental results of downy mildew

recognition					
序号	正确识别	子区域	序号	正确识别	子区域
	数目	率/%		数目	率/%
1	43	89.6	16	40	83.3
2	42	87.5	17	45	93.8
3	44	91.7	18	45	93.8
4	45	93.8	19	40	83.3
5	43	89.6	20	43	89.6
6	43	89.6	21	45	93.8
7	45	93.8	22	46	95.8
8	44	91.7	23	45	93.8
9	42	87.5	24	42	87.5
10	44	91.7	25	42	87.5
11	40	83.3	26	46	95.8
12	46	95.8	27	46	95.8
13	47	97.9	28	39	81.3
14	42	87.5	29	41	85.4
15	46	95.8	30	44	91.7

表 2 耗时计算

Tab.2 Time consuming of each image's calculation

序号	耗时/ms	序号	耗时/ms
1	62	16	78
2	63	17	63
3	78	18	78
4	78	19	63
5	62	20	62
6	78	21	62
7	78	22	78
8	79	23	63
9	78	24	62
10	62	25	62
11	78	26	78
12	78	27	78
13	94	28	63
14	79	29	78
15	78	30	78

了一种基于色度和纹理的 Cb 、 Cr 组合算法,并做了图像提取实验。实验表明,该算法通过线性运算能有效实现病害目标与复杂环境背景快速有效的分离,对霜霉病图像子区域平均识别正确率达 90.6%,平均耗时为 72.4 ms/幅,能够满足实时对靶施药的需要。

4 结束语

分析了黄瓜霜霉病图像信息的分布特征,提出

参 考 文 献

- Miriam Lindenthal, Ulrike Steiner, Dehne H W, et al. Effect of downy mildew development on transpiration of cucumber leaves visualized by digital infrared thermography[J]. *Phytopathology*, 2005, 95(3): 233 ~ 240.
- Steiner U, Dehne H W, Oerke E C. Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2006, 57(9): 2 121 ~ 2 132.
- Moshou D, Bravo C, Oberti R, et al. Plant disease detection based on data fusion of hyper-spectral and multispectral fluorescence imaging using Kohonen maps[J]. *Real-Time Imaging*, 2005, 11(2): 75 ~ 83.
- Hamed Hamid Muhammed. Hyperspectralcrop reflectance data for characterizing and estimating fungal disease severity in wheat[J]. *Biosystems Engineering*, 2005, 91(1): 9 ~ 20.
- 毛罕平,徐贵力,李萍萍. 基于计算机视觉的番茄营养元素亏缺的识别[J]. *农业机械学报*, 2003, 34(2): 73 ~ 75. Mao Hanping, Xu Guili, Li Pingping. Diagnosis of nutrient deficiency of tomato based on computer vision[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2003, 34(2): 73 ~ 75. (in Chinese)
- 徐贵力,毛罕平,李萍萍. 差分百分率直方图法提取缺素叶片纹理特征[J]. *农业机械学报*, 2003, 34(2): 76 ~ 79.
- 田有文,李成华,张长水. 基于支持向量机和色度矩的植物病害识别研究[J]. *农业机械学报*, 2004, 35(3): 95 ~ 98.
- 张静,王双喜,董晓志,等. 基于温室植物叶片纹理的病害图像处理及特征值提取方法的研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2006, 37(3): 282 ~ 285. Zhang Jing, Wang Shuangxi, Dong Xiaozhi, et al. A study on method of extract of texture characteristic value in image processing for plant disease of greenhouse[J]. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 37(3): 282 ~ 285. (in Chinese)
- 崔艳丽,程鹏飞,董晓志,等. 温室植物病害的图像处理及特征值提取方法的研究——基于色度的特征值提取研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(12): 32 ~ 35.
- 陈兵旗,郭学梅,李晓华. 基于图像处理的小麦病害诊断算法[J]. *农业机械学报*, 2009, 40(12): 190 ~ 195. Chen Bingqi, Guo Xuemei, Li Xiaohua. Image diagnosis algorithm of diseased wheat [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2009, 40(12): 190 ~ 195. (in Chinese)