

缺素叶片彩色图像颜色特征提取的研究

徐贵力, 毛罕平, 李萍萍

(江苏大学)

摘要: 在提取无土栽培番茄营养元素亏缺叶片彩色图像的颜色特征时, 为了使颜色特征有效性不受叶片大小、形状和叶片背景噪声影响, 对由几种常用颜色系统表示的叶片图像进行了统计算法、相关系数算法提取叶片颜色特征的研究, 以上的方法未能获得很有效的颜色特征。最后, 提出了百分率直方图法提取缺素叶片图像颜色特征, 进行了除去图像中白色背景影响的研究, 用百分率直方图取代一般直方图以解决叶片大小对颜色特征提取影响的研究, 以及如何确定提取颜色值区域的研究, 此方法提取的颜色特征能理想地识别缺素番茄叶片, 准确率在 70% 以上。

关键词: 计算机视觉; 缺素叶片彩色图像; 颜色特征提取; 百分率直方图

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0420150205

无土栽培是设施农业中重要栽培方式之一, 但是无土栽培中经常出现作物缺乏某种或多种营养元素的现象, 特别在开花结果期间, 这会严重影响作物质量和产量, 甚至绝产。如无土栽培的番茄在发生缺素病时, 经过专家来诊断病因, 当症状不明显或比较复杂时, 专家也很难确诊。缺氮和缺钾在发病的初期, 病症不易觉察, 当症状可以被肉眼发现时, 两者又容易混淆。用计算机视觉技术及早判断和采取相应措施, 可减少生产损失。

1992 年日本的穗波信雄等^[1]利用计算机视觉技术分别对缺乏钙、铁、镁营养元素的茨菇叶片进行了露天图像采样, 分别把整个叶片图像直方图的形状和位置作为特征, 又用阈值法分割出叶片上病态部分和正常部分的面积比作为特征, 但是提取的特征区分效果不明显。Yutaka Sasaki 等^[2]1999 年利用计算机视觉技术对一种有病害斑点的作物叶片进行采样, 研究正常部分和病斑部分的反射光谱曲线来判别作物的病因。近年来, 在国内外很少见到有关计算机视觉技术在作物缺素诊断方面的深入研究报道。本文提出利用计算机视觉技术在作物缺素初期就诊断出病因, 以便及早采取相应措施减小损失。

番茄缺素的病症主要表现在叶片的颜色上^[3], 所以本文进行叶片颜色特征提取研究(纹理特征的提取研究另文报道)。在采样时, 番茄的缺素叶片放置在密闭光箱中的白色载台上, 在一定光强和一定物距下进行拍摄采样。因叶片图像的周围有白色背

景, 所以在提取特征时应排除掉背景噪声的干扰, 另外要求提取的颜色特征有效性不受叶片大小和形状影响。本文以番茄缺氮和缺钾的初期(肉眼很难辨别的时期)和正常叶片为例(分别随机从样本集中取 6 个样本)进行了颜色特征提取研究。

1 颜色系统的选择

我们从常用的颜色系统 RGB、HIS、Ohta 和 CIE1976 均匀色系统中选取了 RGB 中的 R、G、B、HIS 和 CIE1976 均匀色系统^[4-7]。因为这 3 个颜色系统对光源的变化敏感性不大, 而且能比较理想地被区分, 尤其是 HSI 系统的 H(色调)和 CIE1976 均匀色系统的明度和色度坐标 L^3 和 a^3 、 b^3 。

2 缺素叶片图像的预处理

对缺素叶片采样后, 采用与叶片边缘相切的边框作为图像边界对图片进行裁剪, 从而大大减少了白色背景对后期处理的影响。

采样时, 系统难免受到外界的干扰, 所以图像中存在着一些噪声, 对特征提取有不良影响。叶片本身的脉络也会颜色特征的提取有不利影响, 所以对叶片图像进行了滤波除噪。线性滤波方法具有低通特性, 去除噪声的同时也使图像的边缘变模糊, 破坏了图像的原有特征, 而中值滤波方法既能去除噪声又能保护图像的边缘, 它是一种非线性处理方法。中值滤波的窗口一般有像素为 3、5、7 等几种正方形, 经过实验分析, 窗口的滤波效果更有利于区分缺素叶片。滤波效果如图 1 所示, 图中的 1 为原图像, 2 为中值滤波后的图像, 3 是滤波去掉的噪声及叶片本身原有的脉络放大图。缺素叶片图像经过预处理后, 再进行后期的颜色特征提取分析。

收稿日期: 2002201209

基金项目: 江苏省自然科学基金项目(BK2001089)

作者简介: 徐贵力, 博士生, 主要研究方向图像处理与模式识别。
镇江市 江苏大学机械工程学院, 212013。E-mail: guilixu@263.net

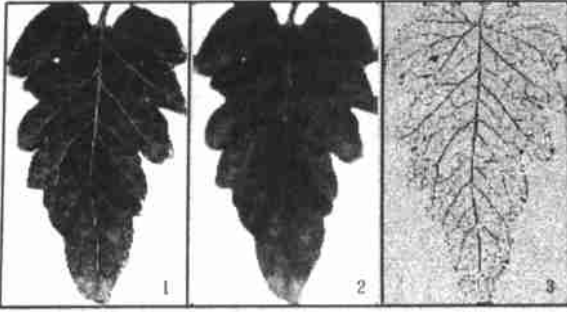


图 1 滤波效果图

Fig 1 The result of filtering

3 提取缺素叶片图像颜色特征的研究

3.1 统计算法和相关系数法提取叶片颜色特征

缺素叶片的形状和大小差别较大, 这会对颜色特征提取带来不利影响, 所以本文用一些统计算法和相关系数法进行了叶片颜色特征的提取, 避开了这一不利因素。Sarkar 等^[8]在基于颜色对新鲜西红柿进行分级的研究中, 不以整个西红柿的颜色均值为评定指标, 而取西红柿中间区域的颜色均值, 这样背景噪声就不影响颜色特征提取, 但对于缺素叶片, 由于它们的病症不仅表现在叶片中间区域 (如缺钾的病症主要体现在叶片的边缘上), 所以 Sarkar 的方法不适用。首先, 本文利用颜色滤波的方法把白色背景的数据滤掉, 然后把数据重新存储到一个数组中, 再进行统计算法和相关系数法提取缺素叶片的颜色特征。对由以上 3 种颜色系统表示的缺素番茄叶片图像的 R、G、B、H、S、I 及 L^3 、 a^3 、 b^3 。颜色参数分别进行了统计计算和相关系数分析。计算了它们的均值 (mean ())、标准偏差 (std ())、方差 (var ()) 及同一颜色系统的颜色参数的相关系数 (r ())。经过实验, 发现这些算法提取的颜色特征区分缺素番茄叶片的效果不很理想, 我们选择了其中两个较好的特征 (RGB 系统中 B 的标准偏差和 R 与 G 的相关系数), 它们的区分效果如图 2 所示。

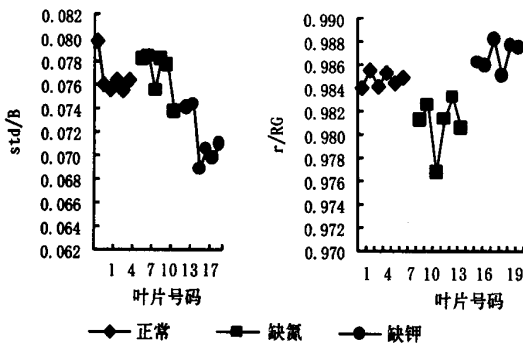


图 2 缺氮、缺钾和正常叶片的颜色特征区分效果图

Fig 2 The result of distinguishing leaves by color features

3.2 百分率直方图法提取叶片图像颜色特征

3.2.1 百分率直方图法的提出

颜色直方图是颜色值的函数, 描述的是图像中具有该颜色值的像数的个数, 其横坐标是颜色值 g_k , 纵坐标是该颜色值出现的频率 $P(g_k)$, 图 3 是 CIE1976 均匀色系统 b^3 表示的缺素叶片图像的直方图。由于叶片的白色背景颜色值是一致的, 所以叶片的背景在直方图中会聚集在这一颜色值附近, 由图可见, 叶片本身部分和背景噪声部分是分离的, 直方图中左侧部分属于叶片本身, 右侧部分属于图像的白色背景。这样, 我们就可以避开背景噪声, 只对直方图中叶片本身部分进行直方图的颜色特征提取。又由于叶片的大小不一样, 为了解决叶片大小对颜色特征有效性的影响, 本文通过如下公式把直方图的叶片本身部分变换成百分率直方图 (如图 4 所示)。

$$pp(g_k) = \frac{P(g_k)}{m} \div \frac{P(g_k)}{n}$$

叶片本身的颜色值在 $n \sim m$ 之间, 这样就避开叶片大小对颜色特征提取的影响。

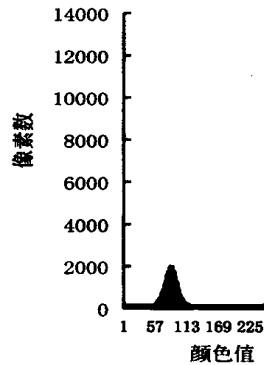


图 3 直方图 (含白色背景)

Fig 3 The histogram of the leaf image including white background noise

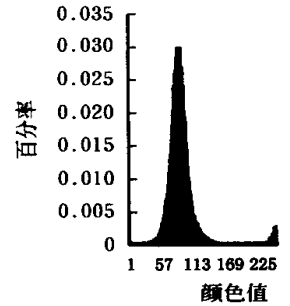


图 4 叶片本身百分率直方图

Fig 4 The percentage histogram of the leaf image itself

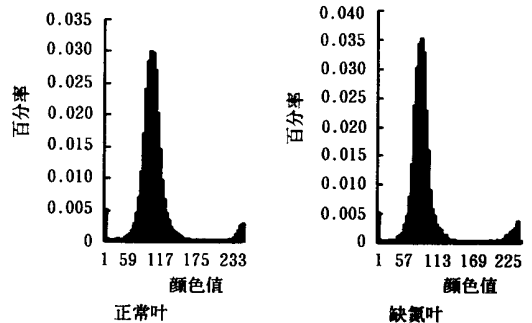


图 5 正常、缺氮叶片百分率直方图

Fig 5 The comparison of percent histograms of the normal leaves and leaves short of nitrogen

现有的提取图像颜色特征的直方图方法有: 提取直方图的均值、方差、歪斜度、峭度、能量、熵等^[9], 这些直方图法大部分反映的是直方图形状的特征, 而缺素叶片和正常叶片百分率直方图的形状比较相似(如图 5 中所示的缺氮和正常叶片百分率直方图), 通过实验验证, 它们提取的颜色特征区分缺素叶片的效果不理想, 图 6 是 CIE1976 均匀色系统的百分率直方图的能量和熵特征, 根本无法分辨 3 种叶片。

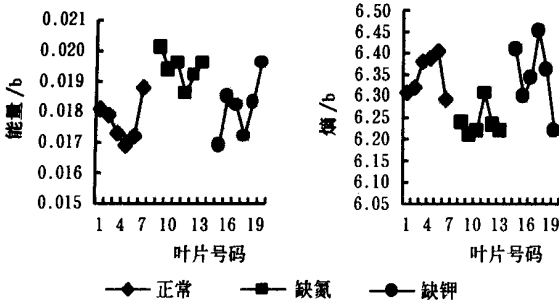


图 6 缺氮、缺钾和正常叶片的百分率直方图特征区分效果

Fig 6 The result of distinguishing leaves by the histogram features

通过研究图 5 中的缺氮叶片和正常叶片百分率直方图发现, 缺氮叶片百分率直方图的波峰对应的百分率比较大, 可能是缺氮叶片随病情的恶化, 它的某种颜色值对应的像素数会增加。如发病后期, 缺氮叶片变黄, 则叶片图像中黄颜色值对应的像素数会增加, 故此, 本文认为应该提取能表达此信息的颜色特征。由于缺素叶片百分率直方图的某颜色值对应的像素百分率会增加, 而正常像素百分率会减少, 所以我们可以提取某一颜色值 g_k , 或某一段颜色值对应的

$$pp(g_k), a, b \quad [n, m]$$

作为颜色特征。但如何确定对哪一颜色值或哪一段颜色值提取 $pp(g_k)$ 作为颜色特征, 需要进一步研究。

3.2.2 颜色值区域的确定

随缺素病的加重, 叶片图像的正常像素会减少, 所以可以通过计算缺氮叶片百分率直方图函数与正常叶片百分率直方图函数的差函数, 即:

$$C_{xy}(g_k) = pp_x(g_k) - pp_y(g_k)$$

x, y 分别为不同种类的叶片。百分率直方图的差函数如图 7 所示, 把图 7 放大, 可以找到左数第 1 个峰对应的颜色值约为 70; 第 2 个峰对应的颜色值

约为 90, 这样, 我们在百分率直方图中分别提取 60 ~ 80 和 80 ~ 110 区域内的百分率和值作为颜色特征值。实验验证, 此颜色特征不能把缺氮叶片和正常叶片区分开。原因是, 虽然百分率直方图差函数的某颜色值对应的差值比较大, 但是, 这个差值不能说明两叶片在此颜色值处的差异就大, 比如, 缺氮叶片百分率直方图中颜色值在 70 处的对应值为 78%, 正常叶片百分率直方图中颜色值在 70 处的值为 68%, 则两者相差 10%; 若缺氮叶片百分率直方图中的值为 20%, 正常叶片百分率直方图中的值为 10%, 则两者相差也为 10%, 但第 2 种情况的差异要远大于前一种情况, 因为这个差异相当于正常叶片该颜色值对应百分率的一倍, 所以本文提出相对差值的概念, 即两个百分率直方图的某颜色对应差值与该颜色值对应的较小百分率之比:

$$PC_{xy}(g_k) = C_{xy}(g_k) \div \min\{pp_x(g_k), pp_y(g_k)\}$$

它们的百分率直方图相对差值函数如图 8 所示。 AB 代表正常与缺氮叶片相对差值函数, AC 代表正常叶片与缺钾叶片相对差值函数, BC 代表缺氮与缺钾叶片相对差值函数。本文以 AB 为例, 它的三个峰(在 $RC_{AB}(g_k)$ 较大处) 对应区域分别为 20 ~ 100, 100 ~ 160 和 174 ~ 247, 求得 $pp(g_k)$ 作为颜色特征值来区分正常叶片和缺氮叶片, a 分别为 20, 100, 174; b 分别为 100, 160, 247。同理, 我们也可以利用 AC 和 BC 来确定颜色特征提取的区域来提取颜色特征值区分它们。

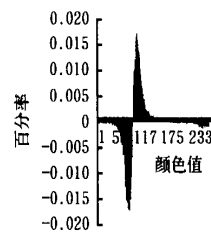


图 7 百分率直方图的差函数

Fig 7 The margin of leaves' percent histograms

但是, 以上方法确定的区域特征只能用来区分两种叶片, 不能同时区分缺氮、缺钾和正常叶片, 甚至更多的缺素种类叶片。为了找到能同时区分这三种叶片的百分率直方图中的颜色区域, 进行了三者之间相对差值函数的交集运算, 即:

$$J_{ABC} = RC_{AB} \cap RC_{AC} \cap RC_{BC}$$

取它们中最小绝对值对应的数值为 J_{ABC} , 图 8 中的 ABC 代表正常、缺氮和缺钾叶片相对差值的交集函数。

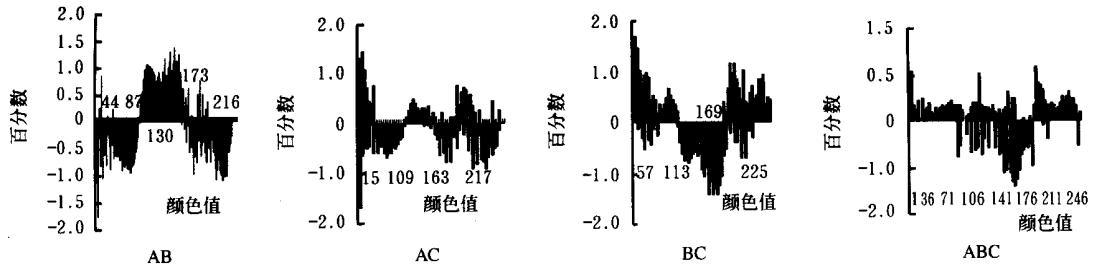


图 8 缺素叶片与正常叶片百分率直方图的相对差值函数

Fig 8 The relative margin of percent histogram of leaves that were normal and abnormal

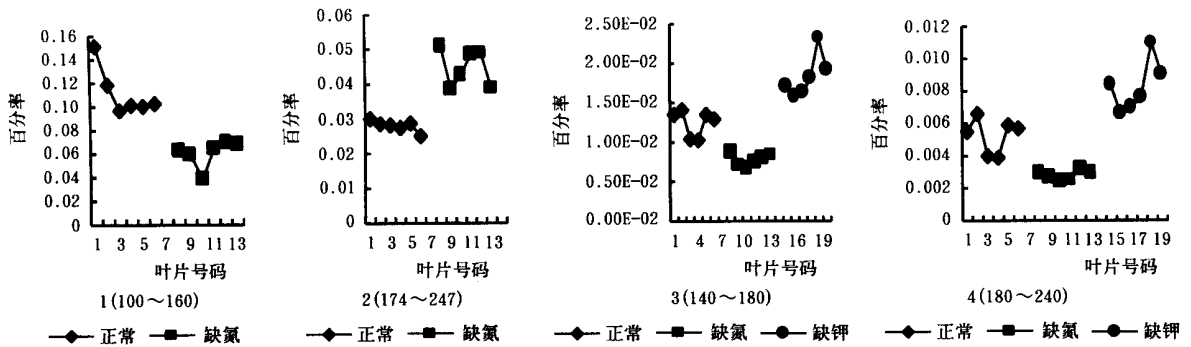


图 9 颜色特征的区别效果

Fig 9 The result of distinguishing leaves by the color features of percent histogram

3.2.3 百分率直方图法提取颜色特征的实验结果

利用上述方法, 根据图 8 中的 AB 确定的 3 个特征区域对缺氮和正常叶片进行颜色特征提取, 它们的区分效果很好, 我们选取其中两个特征的区分效果图如图 9 中的 1、2 所示, 可见这两个特征已很好的把正常和缺氮叶片区分开。同样, 在 ABC 中有多个峰, 我们挑选比较显著的两个峰, 右数第一峰对应的颜色区域为 180~247, 右数第二峰对应的颜色区域为 140~180, 以此两颜色区域进行缺素叶片的颜色特征提取, 它们的区分效果也很好, 如图 9 中的 3、4 所示, 可见它们基本上可以一次性地把三者区分开。本文最后以百分率直方图法提取的颜色特征结合最小距离模式识别法进行缺素叶片的识别分类, 该方法的准确率可以达到 70% 以上, 可见百分率直方图法提取缺素叶片颜色特征的分类识别效果是理想的, 在生产实践当中是可行的。

4 结论

经过以上的分析、实验和比较, 我们最终研究出比较理想的缺素叶片彩色图像颜色特征提取方法, 即以 CIE1976 均匀色系统的 L^3 、 a^3 和 b^3 表示的彩色图像百分率直方图法, 这种新方法提取的特征项区分效果很好, 可以比较理想地把缺素叶片区分开, 另外, 统计算法和相关系数法也可以作为参考。这些

颜色特征提取方法的特点是不受对象的大小、形状和它的同一色背景噪声影响, 可以成为其它缺素病叶片图像模式识别的有力输入特征。

[参考文献]

[1] 穗波信雄等 图像处理在植物生长信息提取中的应用 [R] 农业机械学会关西支部研究会资料(日), 1992 63~46

[2] Yutaka Sasaki, Tsuguo Okamoto, et al Automatic diagnosis of plant disease recognition between healthy and diseased leaf [J] 农业机械学会志, 1999, 61(2): 119~126

[3] 王鹤生 花卉蔬菜无土栽培技术 [M] 长沙: 湖南科学技术出版社, 1997, 5: 239~245

[4] 阮秋琦 数字图像处理学 [M] 北京: 电子工业出版社, 2001, 1: 220~230

[5] 方如明, 蔡健荣等 计算机视觉技术及其在农业工程中的应用 [M] 北京: 清华大学出版社, 1999, 7: 99~106

[6] 何东健, 耿楠, 党革荣等 用活动边界模型精确检测果实表面缺陷 [J] 农业工程学报, 2001, 17(5): 159~162

[7] 吕俊伟, 马成林, 左春桢 用彩色图像识别田间洋葱和杂草的研究(英文) [J] 农业工程学报, 2001, 17(5): 153~158

[8] Sarkar N, Wolfe R R. Feature Extration Techniques for Sorting Somatoes by Computer Vision [J] Trans

of the ASAE 1985, 28(3): 970~ 974, 979.

浙江大学, 1998, 7: 5~ 7.

[9] 陈天洲. 医学图像处理与可视化技术研究[D]. 杭州:

Extracting Color Features of Leaf Color Images

Xu Guili, Mao Hanping, Li Pingping

(School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: In this paper, several methods that were not influenced by shapes, sizes of leaves and image background noise were applied in extracting color features of tomato leaves that were short of a kind of nutrient. The methods included statistical algorithms, a algorithm of the correlation coefficient between two different color matrixes of the same leaf and the available ways of extracting color features by their histogram shapes. But these methods were not effective in extracting the color features of the tomato leaves. A new way of percent histogram was put forward. It includes the research of getting rid of the disturbance of the white background noise in the leaf image by drawing the histogram, and the research of removing the interference of leaf size by changing the histogram into percent histogram and the way of looking for the better color position in percent histogram for extracting effective color features. The experimental results of extracting color feature of the tomato leaves proved that the method was effective in separating different kinds of tomato leaves, and showed that the accuracy was above 70%.

Key words: machine vision; color image of nutrient deficiency leaves; extracting color feature; percent histogram

欢迎订阅 2002 年《农业工程学报》增刊——“农村可再生能源”专辑

“农村能源工程”是农业工程一级学科下设的二级学科之一，近年来在我国取得了长足的发展。开发利用可再生能源是人类社会能否可持续发展的大计，农村能源中的生物质能源等是可再生能源的部分基础和重要组成部分。经本刊编委会研究决定，经主管部门批准，农业部能源环保技术开发中心与本刊编辑部协商，拟定 2002 年出版以“农村可再生能源”专辑内容的增刊。由农业部能源环保技术开发中心负责组稿，本刊编委会审查，主要内容有：

- 可再生能源的发展政策与战略研究；
- 可再生能源开发利用技术与探讨；
- 技术推广与质量标准；
- 可再生能源的融资与国际合作。

该增刊拟定于 2002 年下半年出版，论文 50 篇左右，定价 40 元（免费邮递）。该增刊将不与正刊一起赠送订户，需要者，请另行向编辑部定购。

编辑部地址：北京朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院《农业工程学报》编辑部

邮 编：100026

电 话：010265910066 转 2503, 010265910066 转 3503, 010265929451 (兼传真)

电 邮：transcsae@agri.gov.cn, tcsae@sohu.com