



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104034710 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201410290704.7

(22)申请日 2014.06.25

(73)专利权人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路38号

(72)发明人 蒋焕煜 卢劲竹 崔笛 周鸣川 胡杨

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务有限公司 33200

代理人 林怀禹

(51)Int.Cl.

G01N 21/64(2006.01)

(56)对比文件

CN 103091296 A,2013.05.08,

CN 204008466 U,2014.12.10,

US 2010111369 A1,2010.05.06,

US 5130545 A,1992.07.14,

CN 101539531 A,2009.09.23,

CN 102405405 A,2012.04.04,

EP 0354745 A2,1990.02.14,

EP 2056094 A1,2009.05.06,

US 2005072935 A1,2005.04.07,

卢劲竹等.荧光成像技术在植物病害检测的应用研究进展.《农业机械学报》.2014,第45卷(第4期),

审查员 陈时靖

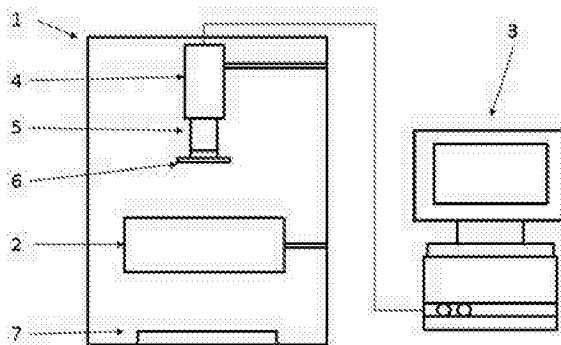
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法及装置。该装置放置于光照箱内,蓝色LED灯作为激发光源,呈等边三角形结构,能实现稳定均匀的光照,用于激发植物叶片的叶绿素荧光,彩色高速相机和可调镜头前置红色滤光片,用于过滤干扰光,采集叶绿素荧光图像。通过图像预处理、图像分割和特征提取等步骤,可以将叶片与背景分离,获得以主叶脉为中心位置的像素区域的子图像,并计算叶片的纹理特征和叶脉特征参数,最后通过分类器计算,可以将植物分类为健康和病害两类。本发明可用来激发植物叶片叶绿素荧光,获取植物叶片的叶绿素荧光图像,计算纹理特征和叶脉特征参数,实现植物病害的检测。



1. 基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法,其特征在于,该方法的步骤如下:

步骤1)利用蓝光激发活体植物叶片的叶绿素荧光,通过相机和滤光片采集得到叶绿素荧光图像;

步骤2)对叶绿素荧光图像进行图像预处理,包括自动迭代阈值分割、空洞填充和与操作后,得到去除背景的活体植物叶片部位的灰度图;

步骤3)将灰度图进行图像分割得到子图像,并提取子图像的纹理特征和叶脉特征参数,将两个特征参数输入分类器进行判断;

步骤4)根据活体植物叶片的纹理特征和叶脉特征参数,判别出健康和病害两类植物。

基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及植物病害的检测方法及装置,特别是涉及一种基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法及装置。

背景技术

[0002] 植物体内能激发荧光的物质主要有多酚类以及光合色素,包括类胡萝卜素和叶绿素。在一个或多个波段的激发光激发下,可以得到不同波段下的荧光光谱。

[0003] 激发光源的发展由氙气灯、卤素灯到紫外灯、激光。近年来,LED以其耗能小,寿命长等优点,成为一种新型光源。并且,LED不会对植物造成灼烧伤害,目前,已有基于LED光源的防除植物病害生长箱(专利申请公布号:CN102014608A)。

[0004] 植物对蓝光的吸收最强,因此蓝光的激发效率与其他颜色光相比较。蓝光同时可以激发类胡萝卜素和叶绿素荧光,分布在绿光、红光以及近红外波段。植物受病害胁迫后,叶片的荧光强度会发生改变,其颜色、纹理等特征会发生变化。此外,从染病部位分析,叶脉的部位会首先出现变化。以常见的黄瓜病害为例说明:由绿斑花叶病毒引起的黄瓜病毒病,其叶脉出现黄化,并在叶脉周围出现黄色星形病斑;由病菌引起的黄瓜霜霉病,其表现为沿着主叶脉到支脉、小叶脉,均出现如同铁锈色一样的症状。叶片受病害胁迫后色素失去活性,荧光信息会减少,严重时几乎没有荧光信息。因此,通过图像处理技术,结合叶片叶绿素荧光和叶片纹理、叶脉特征,能实现健康叶片和病害叶片二者的区分。

[0005] 目前的针对植物健康状况的检测装置,在光源的布置方面,实现均匀光照的方法是,采取左右对称结构或在封闭环境中加入反光物质;在检测对象方面,大多对植物内自发荧光物质如绿色荧光蛋白进行检测;在分析方法方面,大多是基于叶绿素荧光光谱信息,鲜有基于叶绿素荧光图像信息。目前的针对植物健康状况的检测装置的发明,主要目的在于分析植物营养元素的含量,从而判断植物是否健康,缺少用于区分健康植物和受病毒、病菌胁迫的病害植物的检测装置。并且现有的用于病害检测的装置,大多采用可见光成像或多光谱成像技术,鲜有将叶绿素荧光和成像技术相结合的检测方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法及装置。通过等边三角形光源结构,提供均匀光照,激发植物叶绿素荧光,同时采集叶绿素荧光图像,通过植物荧光图像的纹理和叶脉信息,区分健康植物和病害植物。

[0007] 为了达到上述目的,本发明采用的技术方案是:

[0008] 一、基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测方法,该方法的步骤如下:

[0009] 步骤1)利用蓝光激发活体植物叶片的叶绿素荧光,通过相机和滤光片采集得到叶绿素荧光图像;

[0010] 步骤2)对叶绿素荧光图像进行图像预处理,得到活体植物叶片部位的灰度图;

[0011] 步骤3)将灰度图进行图像分割得到子图像,并提取子图像的纹理特征和叶脉特征

参数,将两个特征参数输入分类器进行判断

[0012] 步骤4)根据活体植物叶片的纹理特征和叶脉特征参数,判别出健康和病害两类植物。

[0013] 步骤2)所述的图像预处理包括自动阈值分割、空洞填充和与操作。

[0014] 二、基于叶绿素荧光及成像技术的植物病害检测装置

[0015] 本发明包括光照箱、光源、计算机、彩色高速相机、放置活体植物叶片的采集平台;在光照箱内的底面向上,依次同轴装有采集平台,光源和彩色高速相机,彩色高速相机上的可调镜头朝下,可调镜头上装有滤光片,彩色高速相机通过Camera Link线与计算机相连。

[0016] 所述的光源包括等边三角形支架和三个型号相同的蓝色LED灯;等边三角形支架的每个边中部分别装有一个蓝色LED灯,形成一个等边三角形光源,等边三角形光源与等边三角形支架具有相同的中心O,每个蓝色LED灯的光照平面与采集平台夹角均为45度。

[0017] 所述每个蓝色LED灯均为LED灯阵列。

[0018] 所述滤光片为红色滤光片,其中心波长为690nm。

[0019] 本发明具有的有益效果是:

[0020] (1)本发明利用蓝色LED光源和红色滤光片,实现了植物叶绿素荧光的激发和采集。

[0021] (2)本发明改进了光源的结构,用三角形光源结构,实现光源的均匀光照。

[0022] (3)本发明提供叶绿素荧光图像,基于纹理特征和叶脉特征参数将植物分为健康和病害两类。

附图说明

[0023] 图1是本发明的结构示意图。

[0024] 图2是等边三角形光源结构示意图。

[0025] 图3是成像原理示意图。

[0026] 图4是本发明方法流程图。

[0027] 图中:1.光照箱,2.光源,3.计算机,4.彩色相机,5.可调镜头,6.滤光片,7.采集平台,8.等边三角形支架,9.蓝色LED灯。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0029] 如图1所示,本发明包括光照箱1、光源2、计算机3、彩色高速相机4、放置活体植物叶片的采集平台7,检测活体植物叶片置于采集平台7中心位置附近;在光照箱1内的底面向上,依次同轴装有采集平台7,光源2和彩色高速相机4,彩色高速相机4上的可调镜头5朝下,可调镜头5上装有滤光片6,彩色高速相机4通过Camera Link线与计算机3相连,彩色高速相机5的帧率是30fps,计算机3安装有图像采集卡和采集软件,对检测对象进行图像采集、处理、分析和显示,光照箱1可以截断外界光源,避免影响蓝色LED灯提供的光。

[0030] 如图2、图3所示,所述的光源2包括等边三角形支架8和三个型号相同的蓝色LED灯9;等边三角形支架8的每个边中部分别装有一个蓝色LED灯9,形成一个等边三角形光源,等边三角形光源与等边三角形支架8具有相同的中心O,每个蓝色LED灯9的光照平面与采集平

台7夹角均为45度,能提供均匀的光照。

[0031] 所述每个蓝色LED灯9均为LED灯阵列,每个LED灯的工作电压为36V,功率为30W。

[0032] 所述滤光片6为红色滤光片,其中心波长为690nm,与叶绿素荧光波段相同,可用于过滤其他光干扰。镜头物距可调,相应活体植物的不同高度而调整。

[0033] 如图4所示,确定彩色高速相机4的曝光时间,调整焦距增益,并进行黑白场的标定,消除彩色高速相机4的暗电流噪声。将叶片放置于采集平台7中心位置,打开蓝色LED9,激发番茄叶片的叶绿素荧光,用计算机3控制彩色高速相机4,采集叶片的叶绿素荧光图像。采用图像处理软件Matlab对叶绿素荧光图像进行预处理,其过程包括:自动迭代阈值分割、空洞填充和与操作后,最后得到去除背景的叶片部位的灰度图。对叶片部位的灰度图进行图像分割,再选取以主叶脉为中心位置像素区域的子图像,对其进行特征提取,提取步骤包括:采用灰度共生矩阵计算子图像的纹理特征参数,采用击中或击不中变换提取子图像的叶脉图像,对叶脉图像再使用灰度共生矩阵计算得到叶脉特征参数,将两类特征参数输入到支持向量机分类器中进行计算。预先设定数值1代表有病害的叶片,数值0代表健康叶片,特征参数经过分类器的计算后,被划分为1和0,其中结果为1,则判断为该参数对应的叶片有病害,所在植物染病,结果为0则判断该参数对应的叶片为健康,所在植物健康。

[0034] 以检测番茄叶片黄花曲叶病为例,打开彩色高速相机4,观察图像画面并不断调节镜头5,至图像画面清晰可见时镜头焦距为6mm,再调节曝光时间,至图像画面中的饱和光斑恰好消失为止,曝光时间为60ms,按下相机上的黑白平衡按钮,完成黑白标定。分别从健康的番茄植株和染病的番茄植株的相同部位摘取叶片,共同放置在采集平台7上,打开蓝色LED灯9,通过计算机3采集叶绿素荧光图像,保存为tiff格式,每幅图像均为灰度图,大小为320X240像素,占80KB内存。图像采集后,关闭蓝色LED灯9。图像预处理后,可以得到叶绿素荧光图像中的叶片像素区域。图像分割后,每幅叶绿素荧光图像被分割为48幅子图像,选取主叶脉为中心位置像素区域40X40像素大小的子图像,通过灰度共生矩阵计算能量、熵、惯性矩和相关四个纹理参数,计算如公式1-4所示:

$$[0035] \quad \text{能量} = \sum_i \sum_j [P(i, j, d, \theta)]^2 \quad (1)$$

$$[0036] \quad \text{熵} = -\sum_i \sum_j P(i, j, d, \theta) \log P(i, j, d, \theta) \quad (2)$$

$$[0037] \quad \text{惯性矩} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 P(i, j, d, \theta) \quad (3)$$

$$[0038] \quad \text{相关} = \frac{\sum_i \sum_j (i \times j) P(i, j, d, \theta) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

[0039] 公式符号说明:

$$[0040] \quad \mu_x = \sum_i \sum_j i \times P(i, j, d, \theta); \quad \sigma_x = \sqrt{\sum_i \sum_j (i - \mu_x)^2 \times P(i, j, d, \theta)}; \quad \mu_y = \sum_i \sum_j j \times P(i, j, d, \theta); \quad \sigma_y = \sqrt{\sum_i \sum_j (j - \mu_y)^2 \times P(i, j, d, \theta)}; \quad P$$

(i, j, d, θ)为灰度共生矩阵,i和j表示两个像素的灰度,d表示两个像素之间的空间位置关系,θ表示两个像素之间的夹角。

[0041] 对子图像进行击中或击不中变换后,叶脉图像上可呈现叶片上的叶脉走势,再使用相同的公式计算叶脉图像的能量、熵、惯性矩和相关四个纹理参数,所得结果为叶脉特征,整理好两类特征参数共8个,将病害和健康两类叶片标记为0和1,进行了两次分类计算,第一次随机选取44组病害和健康叶片,输入至支持向量机分类器,结果表示该组没有错分情况,分类准确率为100%;第二次随机选取38组病害和健康叶片,输入至支持向量机分类器,结果表示该组中存在8例错分情况,分类成功率为82.61%。

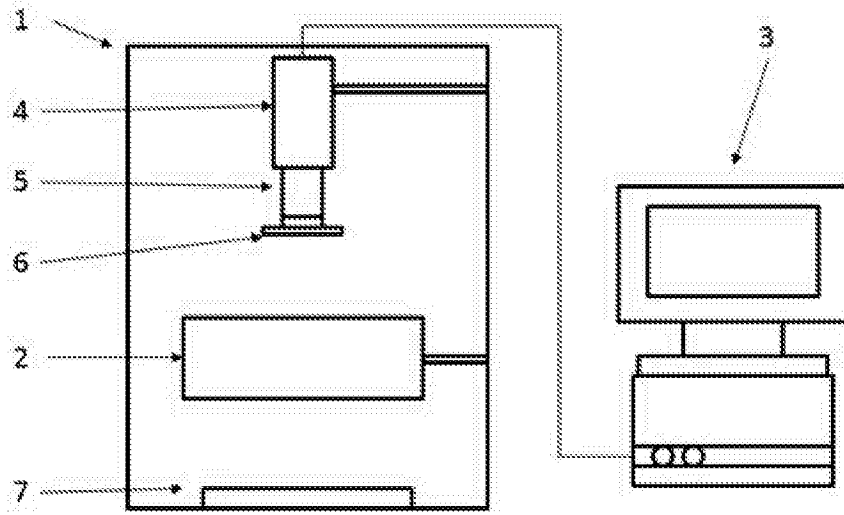


图1

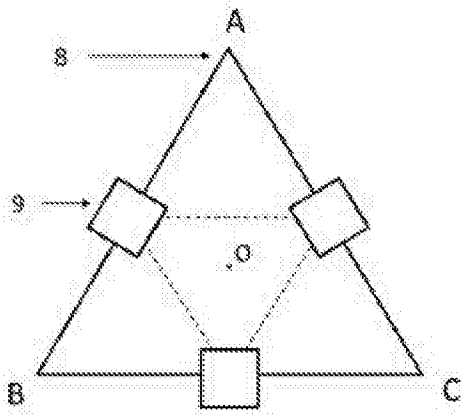


图2

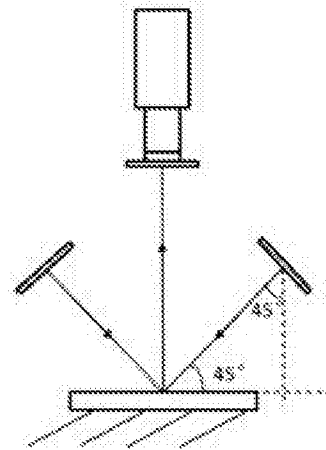


图3

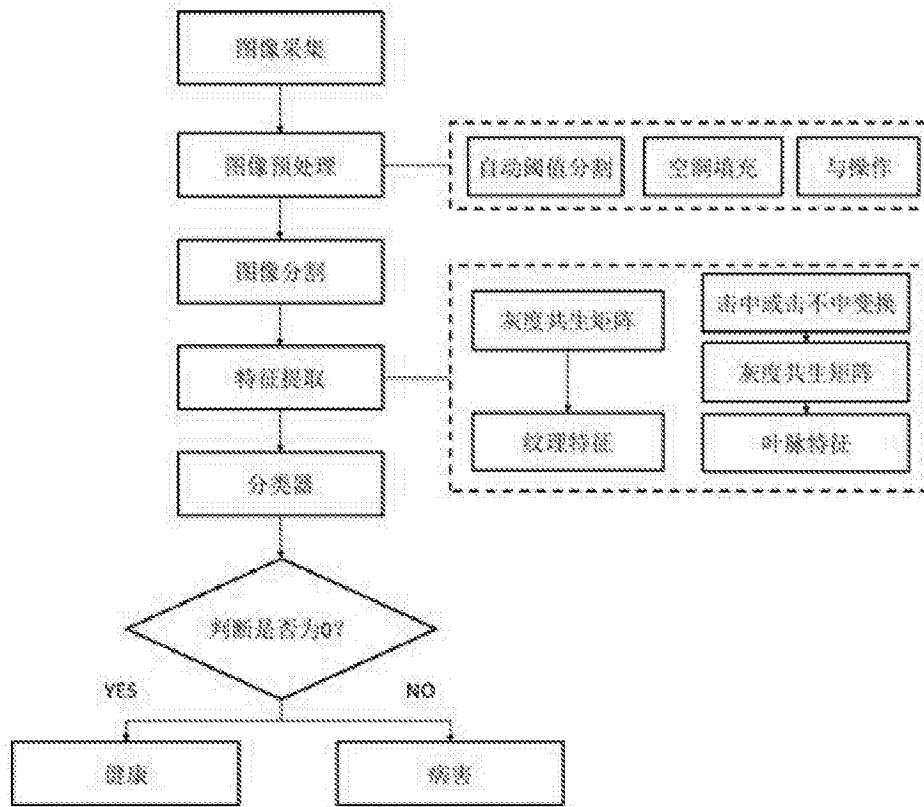


图4