

红外靶标自动探测器的研制及试验

李丽¹, 李恒², 何雄奎^{2*}, H.Andreas³

(1. 山东省滨州职业学院电气工程学院, 滨州 256603; 2. 中国农业大学理学院, 北京 100193;
3. 德联邦施药技术研究所, 布伦瑞克 38104)

摘要: 当前红外靶标自动探测器对绿色作物喷药时, 存在对作物和非作物(土壤、枯枝等)都施药的缺陷, 造成了药液的浪费和环境的污染。该文探讨用红外探测技术实现对靶标的自动探测, 同时以颜色传感器为辅助对绿色靶标进行识别, 实现红外靶标自动探测器仅对绿色靶标进行喷雾的目的, 试验结果表明: 所建立的红外靶标自动探测器可对绿色作物靶标进行自动探测, 探测的最远距离为 85~88 cm; 探测距离的远近受叶片覆盖率与照度 2 因素的影响, 植物冠层叶片覆盖率越大时, 探测距离越远; 叶片表面的照度越高时, 探测距离越远; 叶片覆盖率越大且照度越大时, 探测距离越远且工作越稳定, 为绿色作物精准施药提供了一种控制思路及方法。

关键词: 传感器, 作物, 红外探测, 精准喷施, 颜色, 探测距离

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.12.026

中图分类号: S123

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-12-0159-05

李丽, 李恒, 何雄奎, 等. 红外靶标自动探测器的研制及试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(12): 159-163.

Li Li, Li Heng, He Xiongkui, et al. Development and experiment of automatic detection device for infrared target[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(12): 159-163. (in Chinese with English abstract)

0 引言

据统计, 中国每年病虫害面积达 2.36 亿 hm^2 。病虫害防治目前主要靠化学农药, 然而农药的过量施用导致大量农药残留, 造成了农产品、土壤、水体等的污染, 受农药污染的耕地面积已超过 1 300~1 600 万 hm^2 ^[1-4]。无靶标喷施造成的靶标外大量农药沉积是农药残留的主要原因之一, 对靶喷药技术是降低农药残留的有效手段, 其关键技术是靶标探测技术^[5]。目前的靶标探测技术主要有: 红外光电探测技术、超声波探测技术、微波探测技术及图像处理探测技术等。微波探测由于通讯及控制技术复杂、经济性较差等原因, 尚处于试验研究阶段。从国外发展现状来看, 目前应用于生产的主要是超声波探测技术和红外探测技术。近红外光电探测技术因其响应速度快、能实现非接触检测、精度和分辨率高等优点, 在国内市场上被广泛应用于农作物靶标探测^[6-20]。

目前, 国内红外靶标探测器已经能够实现农作物探测、喷雾动作执行等一系列动作, 动作灵敏, 初步能够满足生产实际要求。但仍然存在着一系列问题, 即探测器探测到任何靶标时都会动作, 包括一些非植物障碍物, 如枯

树、电线杆、栅栏、麦茬等, 给这些靶标喷施农药也会造成浪费和环境污染。

针对上述问题, 本文基于红外传感探测技术, 利用颜色传感器和单片机设计的红外靶标自动探测器, 实现只对绿色作物靶标喷雾的目的。

1 红外靶标自动探测器的原理

红外线自动对靶喷雾技术的原理就是利用红外发光管发射出一种红外光线照射到被探测的物体上, 经反射回来的红外线若被接收器接收, 即可确定红外发射管前方目标障碍物的存在, 与此同时, 利用颜色传感器接收靶标的颜色, 判断是否为绿色植物, 当同时满足有红外反射和绿色植物的特征时, 发出信号给控制系统, 控制相应的喷头动作。

2 红外靶标自动探测器的主体结构

2.1 颜色识别模块

颜色识别传感器采用带数字兼容接口的 RGB 彩色光/频率转换器 TCS230D (TAOS 公司生产), 通过一个颜色传感器探头与单片机相结合构成功能组来控制电磁阀。颜色识别传感器作为颜色识别模块的输入机构, 通过传感器探测感光元件视线范围内的颜色, 并且经过内部算法输出对应的频率, 单片机作为分析与输出结构, 接收由颜色传感器输入的脉冲后通过与预置程序中的频率值进行对比, 当颜色传感器输入的频率值符合预置绿色频率范围时, 由单片机发出高电平。当选定 TCS230D 的某一种滤波器时, 该颜色传感器此时只允许该种特定的原色通过, 而其他颜色的原色全部被过滤掉。在本设计中仅选择绿色滤波器, 只允许绿色入射光通过滤波器, 红色和蓝色都被阻止, 此时得到的就是绿色光的光强。

收稿日期: 2012-01-09 修订日期: 2012-05-23

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2007AA10Z208); 国际科技合作计划资助项目(2010DFA34570); 国家自然科学基金资助项目(30971940)

作者简介: 李丽(1981-), 女, 山东滨州人, 助教, 从事机电一体化技术研究。滨州 山东滨州职业学院电气工程学院, 256603。

Email: lili_thesky@126.com

*通信作者: 何雄奎(1966-), 男, 博士, 教授, 主要从事植保机械与施药技术研究, 北京 中国农业大学理学院, 100193。

Email: xiongkui@cau.edu.cn

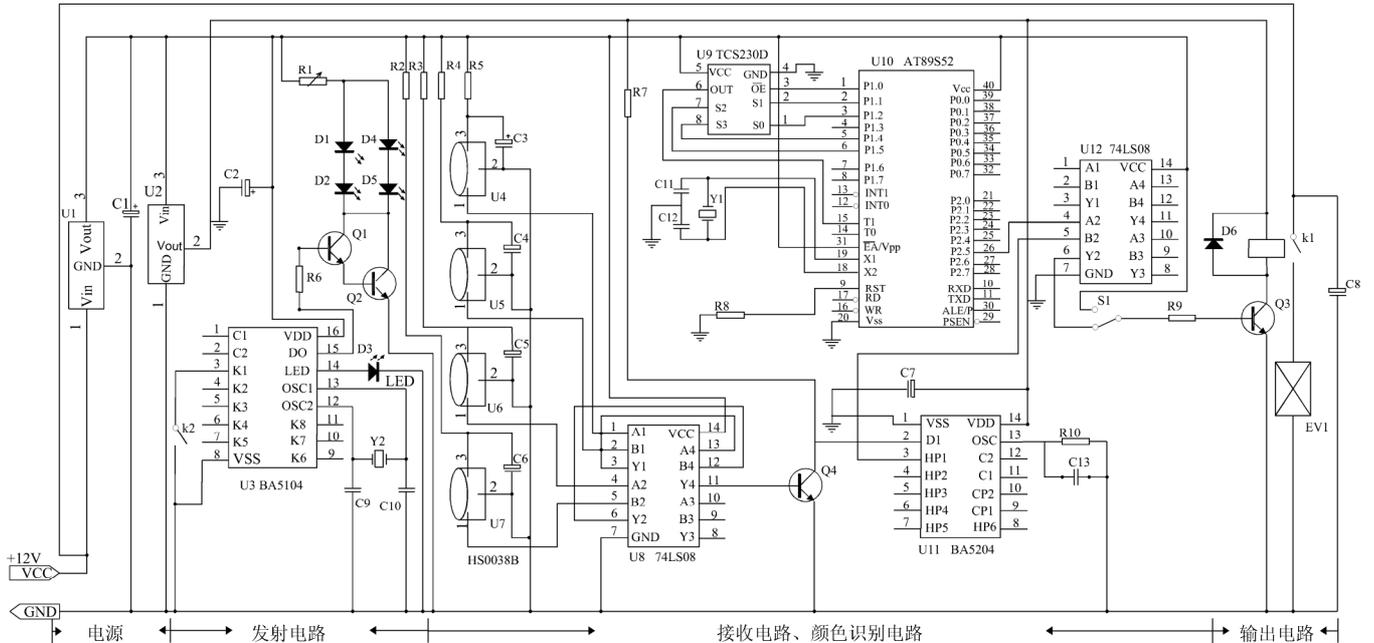
通过光强转换成频率，分析频率即可得到想要探测的颜色的强度值，进而确定被探测物的颜色。

在本设计中，主要利用计数器功能来计算在 0.1 s 内颜色传感器 TCS230D 输出端输出到 89S52 单片机 T1 引脚的脉冲数，从而计算出 TCS230D 在该时刻的输出频率，进而判断出该时刻探头前方靶标的颜色。

2.2 电路设计

本电路的设计是在中国农业大学前期研究的基础

上进行改进的。前期建立的红外靶标自动探测器对绿色作物喷药时，存在对作物和非作物（土壤、枯枝等）都施药的缺陷，造成了药液的浪费和环境的污染。鉴于存在的缺陷，在原来的基础上增加了绿色作物识别部分，实现只对绿色农作物施药。电路原理图如图 1 所示，电路主要包括 6 部分：电源电路部分、红外发射电路部分、红外接收电路部分、颜色识别部分、逻辑控制部分和电路输出部分。



注：U1：CW7805 稳压电源；U2：LM117 稳压电源；U3：BA5104 编码芯片；U4~U7：HS0038B 红外接收头；U8、U12：74LS08 逻辑芯片；U9：TCS230D 颜色传感器；U10：AT89S52 单片机；U11：BA5204 解码芯片；D1、D2、D4、D4：双红外发光二极管；Q1~Q4：9103 三极管；EV1：喷头

图 1 电路原理图

Fig.1 Circuit diagram

红外发射电路部分、接收电路部分和输出电路部分参

照参考文献 11 设计。

颜色识别电路部分：U9 是颜色传感器 TCS230D，其 1 脚、2 脚分别与 89S52 (U10) 的 P1.2 端、P1.1 端连接，7 脚和 8 脚分别接入 P1.5 端、P1.4 端。在本系统中，通过 P1.2 端、P1.1 端输出高电平来实现 100% 的输出频率；通过 P1.5 端、P1.4 端输出高电平来实现绿色的识别。当颜色传感器 TCS230D (U9) 接收到绿色光源时，通过输出端 6 脚输入到 89S52 (U10) 的 15 脚 T1，此时设置 89S52 的定时器/计数器为相应的工作方式，在实际使用中，通过 C 语言编程读取相应工作方式下的频率值，进而确定靶标是否为绿色。当靶标为绿色时，使 U10 芯片的 P2.5 端口输出高电平至逻辑芯片 74LS08 (U12)。

逻辑控制电路部分：发射出的红外线识别到相应靶标时，红外解码芯片 BA5204 (U11) 的 3 脚 HP1 端发出高电平，此时 HP1 端与 U12 芯片的 5 脚 B2 相连；颜色传感器识别到绿色靶标时，单片机 89S52 的 P2.5 端发出高电平，此时 P2.5 端与 U12 芯片的 4 脚 A2 相连。在 U12 与门芯片中，A2、B2 构成与门电路，当且仅当红外识别部分与颜色识别部分同时探测到符合特定特征的靶标时，即有反射并且靶标为绿色，U12 发射端 Y2 发出高电平。

红外探测器采用独立分体式结构，即每路探测器由单个控制电路控制。本系统中红外发射端与接收端共用同一个镜筒，镜筒的直径为 45 mm，中间加挡板将发射接收端隔开，将 $d=38\text{ mm}$ ， $f=32\text{ mm}$ 的红外聚光透镜安装于红外发光二极管和红外接收头的前端，另外本系统中颜色识别传感器作为被动接收式传感器，采用内径 19 mm 镜筒，镜筒前端和末端分别加装 $d=23\text{ mm}$ ， $f=16\text{ mm}$ ， $d=20\text{ mm}$ ， $f=16.5\text{ mm}$ 聚光透镜。红外发光二极管与接收头贴近在安装时聚光透镜的焦点上，颜色传感器置于 $d=20\text{ mm}$ 聚光透镜焦点后方 15 mm 处。

3 试验

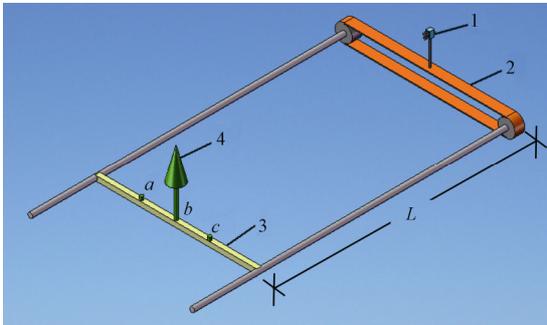
红外自动探测装置的主要性能参数为探测距离及系统的抗干扰性。本文对探测器分别进行了颜色识别试验和田间试验。

3.1 颜色识别试验

试验装置平台长度 10 m，宽度 5 m，高度 20 cm，如图 2 所示。

试验方法：选用 3 种靶标，绿色植物、干树枝、枯草，通过试验验证所设计的探测器判别植被和背景的正确率。首先将红外靶标自动探测器的灵敏度调节到最大，将红外

探测器固定于可调速履带上，距地面高度 1.2 m，靶标固定在 a 、 b 、 c 处，调速履带以 1 m/s 的速率匀速运动，调整靶标与红外探测器的横向距离 L ，并保证靶标以同一侧面对着探头，最后记录其所能探测到的最远距离 L 。每次试验进行一种靶标的探测，每种靶标进行 3 次重复，颜色传感器的感光镜头的取景区域大小为 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \sim 15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ，感光响应范围是 $500 \sim 550\text{ nm}$ 。



1. 探头 2. 可调速履带 3. 可滑动杆 4. 靶标
注： a 、 b 、 c 分别为靶标固定处； L 为靶标与红外探测器的横向距离。
图 2 试验装置平台

Fig.2 Experimental platform

3.2 田间试验

室外试验研究主要研究不同覆盖密度的叶片及光照强度对探测器探测距离的影响。叶片覆盖密度通过中国农业大学植保机械与施药技术试验室自主研发的绿色密度分析软件计算，光照强度通过金达通 LX-1010B 数字式照度计（徐州亚名仪器仪表有限公司，测量范围： $1 \sim 50,000\text{ Lux}$ ）测量。试验中，将探测器安装于喷雾机上，喷雾机主要包括药箱、液路、分配器、调压阀、喷头、探测器等部分，6 个红外靶标自动探测器分置于喷雾机两侧，每个红外靶标自动探测器控制 2 个喷头，喷头、电磁阀、药箱 3 部分通过液压油路连接，通过调压阀调节液压油路压力的大小。喷雾机悬挂于拖拉机上进行田间试验。试验中拖拉机以 0.5 m/s 速度行走，压力阀调节压力在 0.3 MPa 。测量时照度计传感器与探头视线平行，以便精确测量出靶标在该时刻的亮度数值。当红外靶标自动探测器探测到绿色植物时，记录所能探测的最远距离。每次重复进行 6 次。



图 3 靶标探测器试验装置

Fig.3 Test equipment of target detector

4 结果与分析

4.1 颜色识别试验

判别结果如表 1 所示。

表 1 颜色识别结果
Table 1 Color recognition results

被测物质	是否识别	探测距离/cm	判断正确率
绿色植物1	是	88	100%
绿色植物2	是	85	100%
绿色植物3	是	86	100%
干树枝1	否	—	100%
干树枝2	否	—	100%
干树枝3	否	—	100%
细叶草1	是	15	100%
细叶草2	是	17	100%
细叶草3	是	17	100%
宽叶草1	是	25	100%
宽叶草2	是	28	100%
宽叶草3	是	26	100%

注：—表示对干树枝不识别。

由表 1 结果可见：1) 设计的红外靶标探测器实现只对绿色植物识别，对干树枝等背景不识别。分析其原因为，红外探测器利用颜色传感器接收靶标的颜色，判断是否为绿色植物，当同时满足有红外反射和绿色植物的特征时，才发出信号给控制系统，故对干树枝、枯草背景不识别。由表 1 可知，红外靶标自动探测器能探测到绿色植物的最远距离为 $85 \sim 88\text{ cm}$ 。2) 颜色传感器的感光镜头的取景区域大小为 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \sim 15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 。探测器主要应用于农作物、果树的叶片的探测，若取景太小的话，探测范围及探测距离随之变小，不能获得较大区域的绿色植物信息；若取景区域太大的话，探测的区域也变大，探测距离增大时，接收到的绿色光强减弱，会出现探测不到作物的情况，最终导致误判。

4.2 田间试验

由图 4 可知：1) 随着照度的增加，探测的距离也呈现增加的趋势。2) 由于 4 种叶片的覆盖率不同，叶片覆盖率较低的冠层对探测距离影响较大，在某一照度段下有

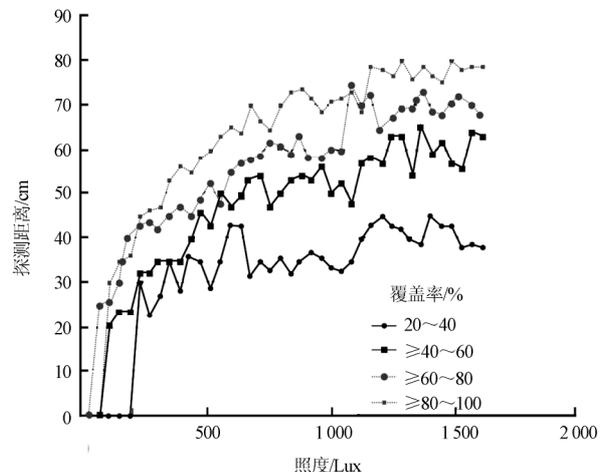


图 4 不同叶片覆盖率下探测器探测距离

Fig.4 Detection range under different leaf coverage rates

明显波动,经分析可知,探测距离的波动主要是由于叶片覆盖率较低且在照度较低的环境下对红外光线的反射面积较小,同时较低的亮度也吸收了部分红外光线,造成了反射到红外发射管的红外光线强度不稳定。3)当光照强度小于 100 Lux 时,反射物的表面亮度也已经非常小,红外靶标自动探测器不能接收到反射物的反射信号,影响了探测效果。

5 结论与讨论

1)利用颜色传感器和单片机设计的红外靶标自动探测器,能够正确的识别绿色作物,减少了非作物靶标在施药过程中的干扰,红外靶标自动探测器能够实现自动控制和手动控制,该系统可以有效控制施药量,避免浪费农药、污染环境、破坏生态等,为绿色作物精准施药的智能控制提供了一种控制思路及方法。

2)试验表明,探测距离与叶片覆盖密度有关,当植物冠层叶片覆盖率越大时探测距离越远;当叶片表面的照度越高时,探测距离越远,探测距离的远近是叶片覆盖率与照度 2 因素综合影响的结果,叶片覆盖率越大且照度越大时,探测距离越远且工作越稳定,研制的红外靶标自动探测器探测的最远距离为 85~88 cm。

[参 考 文 献]

- [1] 何雄奎,严苛荣,储金宇,等.果园自动对靶静电喷雾机设计与试验研究[J].农业工程学报,2003,19(6):78-80. He Xiongkui, Yan Kerong, Chu Jingyu, et al. Design and testing of the automatic target detecting, electrostatic, airassisted, orchard sprayer[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2003, 19(6): 78-80. (in Chinese with English abstract)
- [2] 邓巍,赵春江,何雄奎,等.绿色植物靶标的光谱探测研究[J].光谱学与光谱分析,2010,30(8):2179-2183. Deng Wei, Zhao Chunjiang, He Xiongkui, et al. Study on spectral detection of green plant target[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(8): 2179-2183. (in Chinese with English abstract)
- [3] 焦俊生,储金宇,马国斌.红外光电开关在杨树对靶喷雾机中的应用[J].农机化研究,2005,(3):216-217. Jiao Junsheng, Chu Jinyu, Ma Guobin. Application of infrared photoelectrics switch for spraying on aspen[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005, (3): 216-217. (in Chinese with English abstract)
- [4] 袁会珠.植物保护 21 世纪展望暨第三届全国青年植物保护科技工作者学术研讨会论文集[C]//北京:中国科学技术出版社,1998.
- [5] 翟长远,赵春江,王秀,等.幼树靶标探测器设计与试验[J].农业工程学报,2012,28(2):18-22. Zhai Changyuan, Zhao Chunjiang, Wang Xiu, et al. Design and experiment of young tree target detector[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(2): 18-22. (in Chinese with English abstract)
- [6] 金慧迪,陈军,袁池.基于红外探测的果园自动喷药机控制系统[J].农机化研究,2011,(12):154-157. Jin Huidi, Chen Jun, Yuan Chi. Controlling system of orchard automatic spraying machinery[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011, (12): 154-157. (in Chinese with English abstract)
- [7] 韦真博,刘俊峰,刘洪杰.自动喷雾机红外控制系统的设计[J].农机化研究,2007,(10):53-56. Wei Zhenbo, Liu Junfeng, Liu Hongjie. Design of sprayer infrared ray control system[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, (10): 53-56. (in Chinese with English abstract)
- [8] 芮玉奎,罗云波,黄昆仑,等.近红外光谱在转基因玉米检测识别中的应用[J].光谱学与光谱分析,2005,25(10):1581-1583. Rui Yukui, Luo Yunbo, Huang Kunlun, et al. Application of near-infrared diffuse reflectance spectroscopy to the detection and identification of transgenic corn[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005, 25(10): 1581-1583. (in Chinese with English abstract)
- [9] Wang N, Zhang N, Dowell F E. Design of an optical weed sensor using plant spectral characteristics[J]. Transactions of the ASAE, 2001, 44(2): 409-419.
- [10] 李丽,宋坚利,何雄奎.农作物喷雾靶标自动探测器设计与应用[J].农业机械学报,2010,41(7):54-56. Li Li, Song Jianli, He Xiongkui. Design and application of crop automatic target detection device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(7): 54-56. (in Chinese with English abstract)
- [11] 邹建军,曾爱军,何雄奎,等.果园自动对靶喷雾机红外探测控制系统的研制[J].农业工程学报,2007,23(1):129-132. Zou Jianjun, Zeng Aijun, He Xiongkui, et al. Research and development of infrared detection system for automatic target sprayer used in orchard[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(1): 129-132. (in Chinese with English abstract)
- [12] 邓巍,何雄奎,张录达,等.自动对靶喷雾靶标红外探测研究[J].光谱学与光谱分析,2008,28(10):2285-2289. Deng Wei, He Xiongkui, Zhang Luda, et al. Target infrared detection in target spray[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28(10): 2285-2289. (in Chinese with English abstract)
- [13] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Design and testing of an automatic machine for spraying at a constant distance from the tree canopy[J]. J Agric Eng Res, 2000, 77(4): 379-384.
- [14] Chueca P, Garcera C, Molto E, et al. Development of a sensor-controlled sprayer for applying low-volume bait treatments[J]. Crop Protection, 2008, 27(10): 1373-1379.
- [15] Gil E, Escola A, Rosell J R. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors[J]. Crop Protection, 2007, 26(8): 1287-1297.
- [16] Llorens J, Gil E, Llop J, et al. Variable rate dosing in precision viticulture: Use of electronic devices to improve application efficiency[J]. Crop Protection, 2010, 29(3): 239-248.

- [17] Lee W S, Alchanatis V, Yang C, et al. Sensing technologies for precision specialty crop production[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2010, 74(1): 2—33.
- [18] Molto E, Martin B, Gutierrez A. Pesticide loss reduction automatic spraying on g lobular tree[J]. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 2001, 78(1) : 35— 41.
- [19] Brown D L, Giles D K, Oliver M N, et al. Targeted spray technology to reduce pesticide in runoff from dormant orchards[J]. *Crop Protection*, 2008, 27(3): 545—552.
- [20] Jeon H Y, Zhu H, Derksen R, et al. Evaluation of ultrasonic sensor for variable-rate spray applications[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2011, 75(1): 213—221.

Development and experiment of automatic detection device for infrared target

Li Li¹, Li Heng², He Xiongkui^{2*}, H.Andreas³

(1. *College of Electrical Engineering, Binzhou Vocational College of Shandong Province, Binzhou 256603, China;*

2. *College of Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China;*

3. *Institute for Chemicals Application and Techniques, Braunschweig 38104, Germany)*

Abstract: When green plants are sprayed with the aid of infrared detection, the untargeted soil and branches are covered meanwhile, which causes much waste of pesticides and pollution to environment. The infrared detection technology was discussed in this paper to detect the targets automatically, and identify the green targets using the color sensor, to achieve the aim of spraying the green plants exclusively. The results demonstrated that the equipment developed for automatic infrared detection succeeded in detecting automatically on green plants; the furthest detection range was 85~88cm, which was affected by leaves coverage rate and illumination; the larger leaves rate and the higher illumination of the leaf surfaces mean the further detection range. The detection range was large and stable under the condition of large leave coverage rate and high illumination, which provides a control strategy and method to precision pesticide application.

Key words: sensors, crops, infrared detectors, precision spray, color, detection range