

梁 勇,赵 健,林营志,等. 基于红外传感器的实蝇类害虫实时监测装置的设计[J]. 江苏农业科学,2020,48(4):230-234.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.04.042

基于红外传感器的实蝇类害虫实时监测装置的设计

梁 勇^{1,2}, 赵 健³, 林营志³, 陈世雄^{1,2}, 池美香^{1,2}, 邱荣洲²

(1. 福建省农业科学院植物保护研究所, 福建福州 350003; 2. 福建省作物有害生物监测与治理重点实验室, 福建福州 350003;
3. 福建省农业科学院数字农业研究所, 福建福州 350003)

摘要:监测实蝇类害虫发生动态,是对其有效防控的基本前提。设计出 1 种可自动诱捕与计数的实蝇类害虫实时监测装置,为提高实蝇类害虫监测和预测预报的准确度与时效性提供了 1 种新装备。该装置由害虫诱杀装置、红外计数传感器、红外计数远程测控仪、实时监测软件等组成,利用特定引诱物、发光二极管(LED)光源对实蝇诱集的特性,采用红外传感器进行实时计数。选取橘小实蝇进行装置测试试验,在实验室环境下测试实时监测系统的检测成功率。试验结果表明,该装置可以实时获取进入红外计数感应区的实蝇数量,当时间间隔 ≥ 7 s 时,实时监测系统的检测成功率为 98%。利用该装置可以实现通过手机查询实蝇类害虫实时虫量、小时虫量和日虫量的统计汇总数据,方便用户及时、准确地得知实蝇类害虫发生的动态变化,掌握实蝇的发生规律。

关键词:实蝇;红外计数;自动诱捕;发光二极管(LED);实时监测;软件设计

中图分类号: S126; TP212.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)04-0230-05

实蝇是双翅目(Diptera)实蝇科(Tephritidae)昆虫的统称,是水果和蔬菜类作物的重要害虫,被世界上许多国家和地区列为重要检疫性有害生物。我国是世界上受实蝇危害较重的国家之一,其中危害果蔬的重要优势种有橘小实蝇(*Bactrocera dorsalis* Hendel)、橘大实蝇(*B. minax* Enderlein)、瓜实蝇(*B. cucurbitae* Coquillett)、南瓜实蝇(*B. tau* Walker)和番石榴果实蝇(*B. correcta* Bezzi)等^[1],每年给我国果蔬产业造成重大经济损失^[2-3]。监测实蝇发生动态,是对其有效防控的基本前提。实蝇的监测手段主要是采集腐烂脱落的虫果,或借助特定的引诱物(如实蝇性诱剂和食物诱饵)以及相应的诱捕器进行诱捕监测,并通过定期人工统计实蝇成虫数量。该方法以人工调查为主,需要大量劳动力,且无法对田间虫害情况进行快速监测^[4]。

为了解决害虫监测上费时费力的问题,新的监

测技术不断被探索^[5]。随着计算机技术、物联网技术等技术的发展,目前农业害虫自动识别与监测技术主要有图像识别、声音信号识别、雷达识别、红外计数等^[6-7]。基于图像的昆虫自动识别与计数的研究通过无线网络将田间高清害虫照片传输到主控平台中,在主控平台中对农田中常见的害虫实现特征提取和识别^[8-9]。灯光和色板诱虫谱广,适用于监测点昆虫多样性调查^[10]。朱世明等利用基于光学暗场反射测量的光学遥感技术探测飞行的农业害虫^[11]。基于红外传感器的昆虫自动识别与计数的研究采用含有性信息素的诱捕器进行害虫的诱捕,害虫落入红外传感器后,形成计数脉肿,触发计数器计数^[12-13]。

诱捕器配合使用的红外自动计数技术因具有低成本、低功耗等优点,是害虫测报中不错的技术选择,在梨小食心虫、橘小实蝇、斜纹夜蛾等鳞翅目害虫的自动监测中进行了试验与应用^[14-16]。本研究利用特定引诱物、LED 光源对实蝇诱集的特性,采用红外传感器进行实时计数,设计出 1 种的可自动诱捕与计数的实蝇类害虫实时监测装置,为实时获取害虫发生数量的动态数据,掌握害虫的发生规律提供 1 种新装备。

1 系统总体设计

本害虫实时监测装置总体上可分为 3 个部分:

收稿日期:2019-12-02

基金项目:中央引导地方科技发展专项(编号:2017L3007);福建省农业科学院科研项目(编号:A2017-28);福建省农业科学院科技创新团队(编号:STIT2018-1-8)。

作者简介:梁 勇(1986—),男,福建福州人,硕士,助理农艺师,主要从事植保技术研究。Tel:(0591)87572332;E-mail:278017592@qq.com。

通信作者:邱荣洲,硕士,副研究员,主要从事数字植保技术研究。

Tel:(0591)87572332;E-mail:49497479@qq.com。

数据采集端、数据服务端、数据查询端。数据采集端主要由害虫诱杀装置、红外计数传感器、数据传输单元(DTU)、太阳能供应组件等组成,电源由太阳能板供电,蓄电池作为不间断电源,结构如图 1 所示。害虫诱杀装置有 LED 灯板、性诱剂、高压电网、进虫盒等零部件。主要原理是利用昆虫间化学通信和物理学反应来引诱昆虫进入高压电网,当触碰

到电网后,会被高压击倒,掉入红外计数感觉区,触发红外计数传感器计数,最后 DTU 将计数结果通过 4G 网络上传到数据服务器。软件系统主要由数据服务接口和手机查询客户端组成,采用 JAVA、SQL Server、Apache 开发,管理人员可以通过手机或 PC 端进行数据的实时监测。

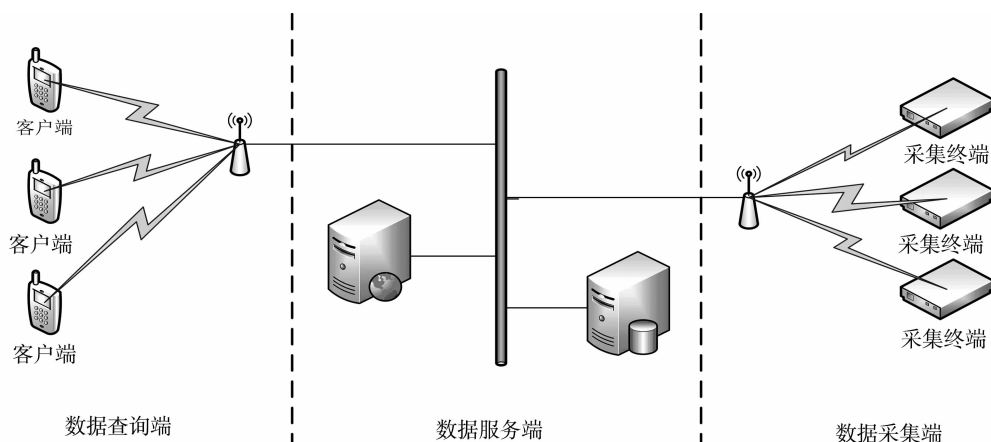
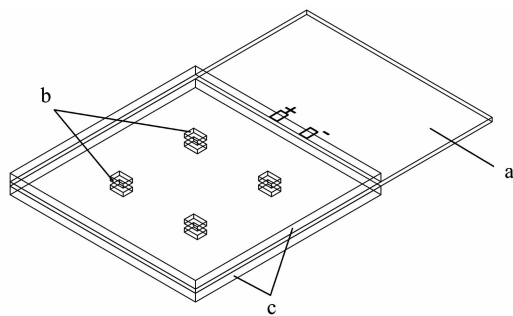


图1 系统整体架构

2 终端硬件设计

2.1 LED 灯板

LED 灯板由铝基板、LED 灯珠、导光板组成(图 2)。铝基板采用双面设计,结构为电路层、绝缘层、铝基、绝缘层、电路层,在双面板上同时设置 LED 灯珠,光线诱集面积更大,诱引效果更好。可用于昆虫诱捕的特定波长有:红(波长 $640\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)、黄(波长 $575\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)、绿(波长 $520\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)、青(波长 $490\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)、蓝(波长 $465\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)、紫(波长 $430\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)等。LED 灯珠使用特定波长的颜色时,就可诱引趋向特定波长颜色的多种昆虫。本设计利用实蝇类昆虫趋黄光特性,选用黄色(波长 $575\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)LED 灯珠,8 个灯珠均匀分布在铝基板的双面上,两面的 LED 灯珠再覆盖 1 层导光板。导光板可以把 LED 灯珠光源转化成面光源,使光线散布得更为均匀,当 LED 灯板垂直安装时,两面照射的范围近似于 360° ,对趋光性昆虫的诱引效果更佳。LED 双面灯板的输入电源为直流电 5 V,使用弱电电源供电,安全性更高。对 LED 双面灯板进行光谱测试,光谱测定的主波长为 582.4 nm ,符合特定波长黄色(波长 $575\text{ nm} \pm 10\text{ nm}$)的范围。



a—铝基板; b—LED 灯珠; c—导光板

图2 LED 灯板示意

2.2 逆变电路及高压模块

逆变电路由电源组件、高频振荡器、五倍压整流电路和高压电网组成(图 3)。三极管 Q1 和变压器 T1 构成的自激振荡电路,将 3.3 V 直流电逆变成高频交流电,在 T1 的高压绕组 N3 两端得到约 AC 500 V 的电压,再经 D1 - D5、C1 - C5 组成的五倍压整流电路升高到 DC 2 500 V 左右,加到环形电网上,当害虫触碰电网相邻两极时,虫体造成电网短路,立即被电弧击晕或击毙。

电源组件是由 LM2596 - 3.3 V 稳压芯片和少数几个元器件组成(图 4)。LM2596 系列是德州仪器(TI)生产的 3 A 电流输出降压开关型集成稳压芯片,电路如图 5 所示,内含固定频率振荡器(150 kHz)

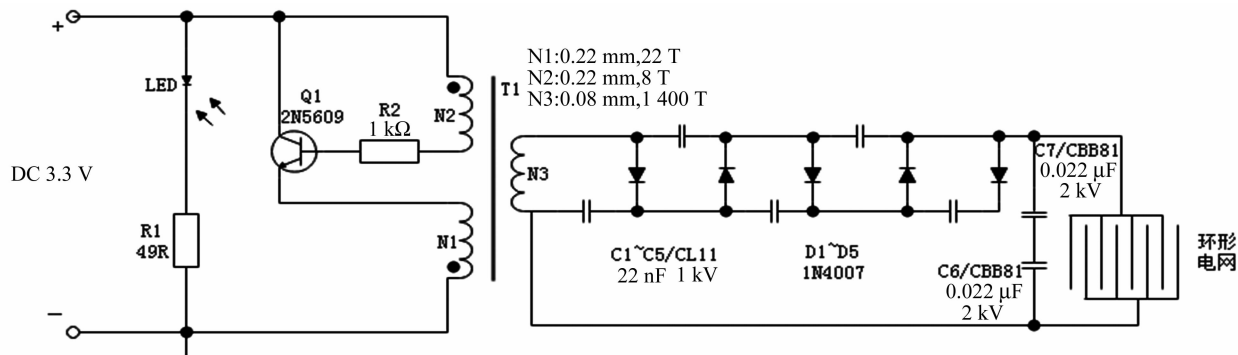


图3 逆变电路及高压模块

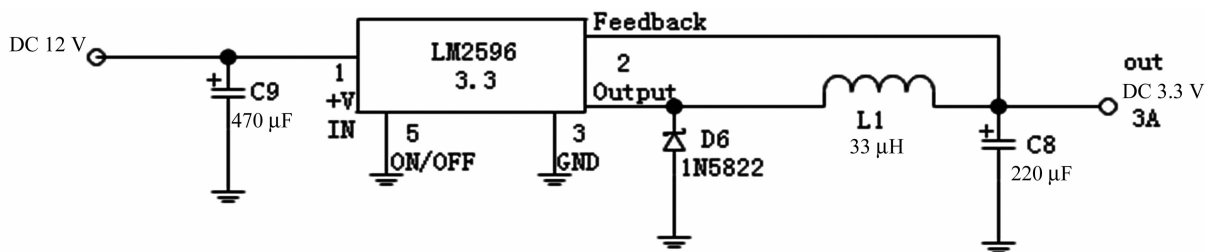


图4 电源组件

和基准稳压器(1.23 V),将输出电压的分压电阻网络的输出同内部基准稳压值 1.23 V 进行比较,若电压有偏差,则可用放大器控制内部振荡器的输出占空比,从而使输出电压保持稳定,使环形电网可以获得稳定的高电压。利用该器件只需极少的外围器件便可构成高效稳压电路,可提供 3.3、5、12 V 及

可调(-ADJ)等多个电压档次。本设计采用 12 V 太阳能电池组供电,由于太阳能电池组充电会随着电量消耗而上下波动,根据自激振荡电路的需要,选用 3.3 V 稳压芯片,将太阳能电池组提供的不稳定电压保持稳定输出。

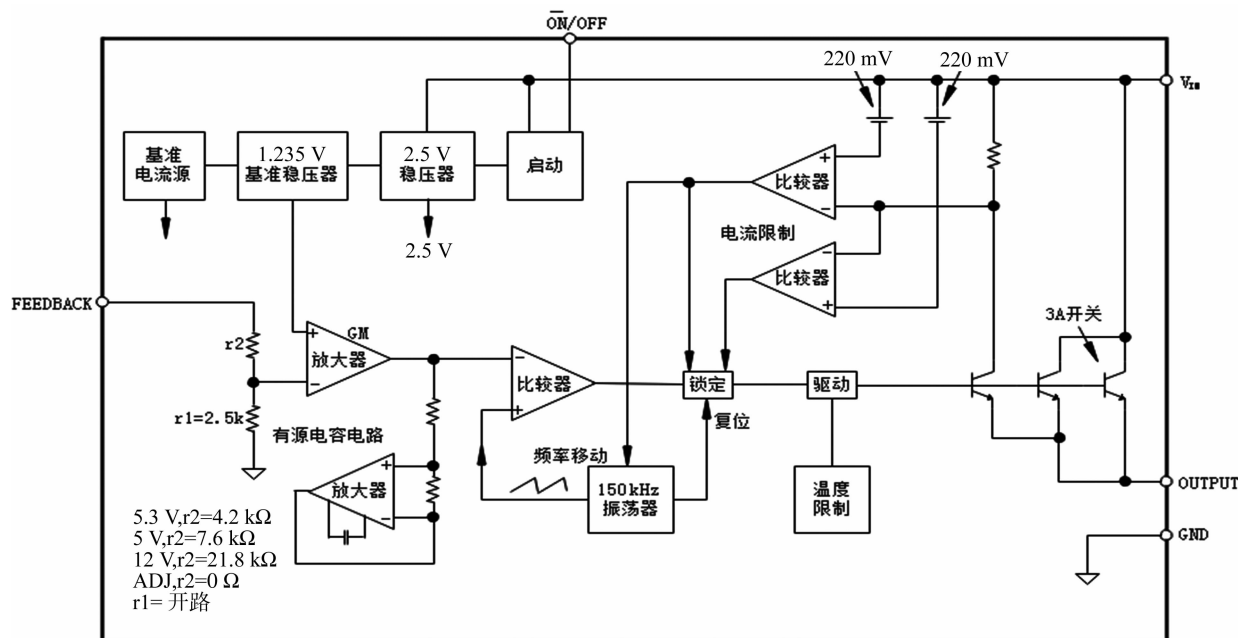


图5 LM2596 内电路框图

2.3 红外计数传感器模块

红外计数传感器计数原理是用红外中断传感

器感知害虫进入监测区引起的电阻特性差异。使用 940 nm 波段的红外发射管,由多组红外发射管和

多组红外接收管形成一个红外检测层,红外接收管将红外线光信号转变成电信号输出,只要有害虫通过红外检测层,红外接收管接收到的红外线就有部分被遮挡,输出的电信号就会发生变化,根据电信号的变化量对害虫进行计数。如图 6,每当害虫个体大小 L ,通过红外检测层 A2 位置时,引起电信号的变化,电信号变化的数量即为害虫通过的数量。

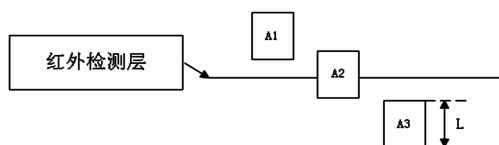


图6 红外计数传感器计数原理

害虫数量数据由害虫监测红外计数远程测控仪采集,再由测控仪发送到中心服务器(图 7)。

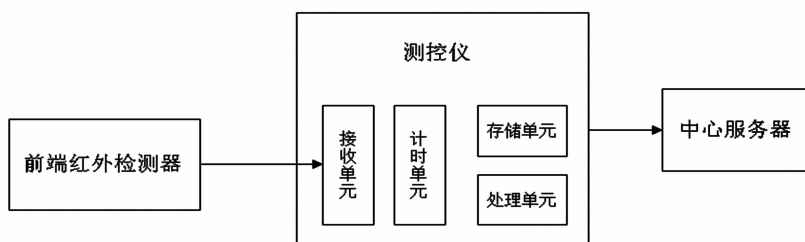


图7 害虫数量采集

2.4 红外计数远程测控仪

害虫监测红外计数远程测控仪集成了微控制器、GPRS 通信模块、主控电路等(图 8)。害虫监测红外计数远程测控仪可实现红外计数采集,通过 GPRS 通信模块将采集的数据发送到中心服务器。害虫监测红外计数远程测控仪的微控制器为意法半导体的 STM8S 系列主流 8 位微控制器,适于工业、消费类和计算机市场的多种应用,特别是要实现大批量应用的情况。基于 STM8 专有内核,STM8S 系列 8 位微控制器采用 ST 的 130 nm 工艺技术和先进内核架构,主频达到 24 MHz,处理能力高达 20 MIPS。当电源电压为 12 V 时,工作电流在 0.018 ~ 0.1 A 之间,实现低功耗。主要参数指标如表 1 所示。



1—GPRS 通信模块; 2—微控制器

图8 害虫监测红外计数远程测控仪

3 系统软件设计

害虫监测模块服务器无线数据中继软件监测中心服务器,接收并存储设备上传数据,下发配置参数。软件以 Service 形式后台运行,通过配置文件和指定的 SQL Server 数据表加载用户配置。系统定义容量 10 kB,在网容量 1 kB,网络侧吞吐量 0.1 kB/s,还具备数据库写入缓冲功能,缓冲容量 90 kB,缓冲区持久存储有效期 48 h。数据查询端应用 HTML5 移动开发技术,设计开发跨平台的手机查询系统软件,为用户提供当前虫量实时查看工具,包括最近 24 h 内的小时汇总虫量和最近 30 d 内的每天汇总虫量。

表 1 测控仪主要参数指标

序号	参数类别	参数指标
1	输入直流	电压 9 ~ 14 V, 内置防反接
2	电源控制端口输出直流	电压 5 V, 输出能力 > 0.6 A
3	电源电压测量周期	30 s
4	电源电压分辨率	0.1 V
5	电源电压精度	5%
6	本地/服务器时钟误差	< 15 s

4 系统测试

在实验室环境下,将田间诱集到的橘小实蝇带回实验室,放入 - 18 ℃ 冰冻室将活虫冻死后取出,

然后开启害虫实时监测装置,投放间隔时间分为 5、6、7、8、9 s,每个时间间隔分别投入 100 只橘小实蝇进入监测装置。测试结果表明,当时间间隔为 5 s 时,利用实时监测系统检测出的橘小实蝇成功率为 56%;当时间间隔为 6 s 时,橘小实蝇检测成功率为 84%;当时间间隔为 7 s 时,橘小实蝇检测成功率为 98%;当时间间隔为 8 s 和 9 s 时,橘小实蝇检测成功率均为 100% (图 9)。

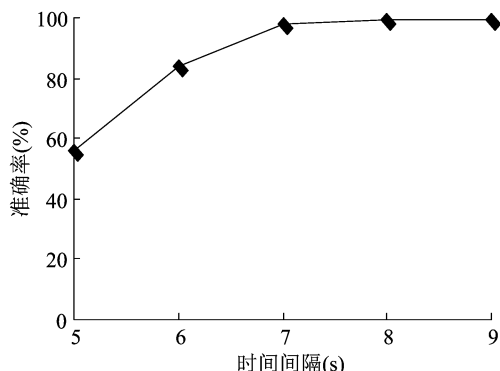


图9 不同时间间隔检测的橘小实蝇计数准确率

5 结论

本研究开发了 1 种基于红外传感器的实蝇类害虫实时监测装置,装置包括害虫诱杀装置、红外计数传感器、红外计数远程测控仪、配套软件系统等,实现了实蝇类害虫的自动诱捕与计数。在实验室环境下试验数据表明,害虫监测红外计数远程测控仪接收和发送 1 条数据的时间间隔为 6 s,当时间间隔小于 6 s 时,实时监测系统检测出的橘小实蝇数量会比人工少,存在数据漏报,当时间间隔 ≥ 7 s 时,实时监测系统的检测成功率为 98%。系统软件实现了通过手机查询实时虫量、小时虫量和日虫量的统计汇总数据,方便用户及时、准确地得知害虫发生的动态变化,掌握害虫的发生规律。本装置针对实蝇白天活动的生活习性,以 LED 为光源,采用太阳能电池板直接供电,不仅减少了蓄电池的使用,保护环境,还可以节约设备功耗,降低项目建设成本。目前本系统仅在实验室环境下测试,尚未在大田害虫种类繁多、虫态及其高温、多雨等复杂多

变的环境开展相关试验,设备运行稳定性、适用性需要在后续的工作中进一步验证完善。

参考文献:

- [1] 高媛惠,盖云鹏,李 斌,等. 我国口岸截获实蝇疫情分析[J]. 植物检疫,2016,30(5):68-71.
- [2] 马兴莉,李志红,胡学难,等. 橘小实蝇、瓜实蝇和南亚果实蝇对广东省造成的经济损失评估[J]. 植物检疫,2013,27(3):50-56.
- [3] 郑思宁,魏 炜. 4 种重要实蝇类害虫对福建省造成的经济损失评估[J]. 中国生物防治学报,2019,35(2):209-216.
- [4] 陈梅香,杨信廷,石宝才,等. 害虫自动识别与计数技术研究进展与展望[J]. 环境昆虫学报,2015,37(1):176-183.
- [5] 刘万才. 我国农作物病虫害现代测报工具研究进展[J]. 中国植保导刊,2017,37(9):29-33.
- [6] 封洪强,姚 青. 农业害虫自动识别与监测技术[J]. 植物保护,2018,44(5):127-133.
- [7] 黄 冲,刘万才. 我国农作物病虫害测报信息化发展进程、现状与推进思路[J]. 中国植保导刊,2018,38(2):21-25,31.
- [8] 韩瑞珍,何 勇. 基于计算机视觉的大田害虫远程自动识别系统[J]. 农业工程学报,2013,29(3):156-162.
- [9] 姚 青,吕 军,杨保军,等. 基于图像的昆虫自动识别与计数研究进展[J]. 中国农业科学,2011,44(14):2886-2899.
- [10] 汪诗凯,张俊华,周 萍,等. 光、声和信息素在昆虫监测中的应用[J]. 植物检疫,2018,32(4):10-17.
- [11] 朱世明,李逸云,高丽娜,等. 利用基于光学暗场反射测量的光学遥感技术探测飞行的农业害虫[J]. 昆虫学报,2016,59(12):1376-1385.
- [12] 文 韬,洪添胜,李立君,等. 橘小实蝇成虫诱捕监测装置的设计与试验[J]. 农业工程学报,2014,30(11):37-44.
- [13] Jiang J A, Lin T S, Yang E C, et al. Application of a web-based remote agro-ecological monitoring system for observing spatial distribution and dynamics of *Bactrocera dorsalis* in fruit orchards[J]. Precision Agriculture,2013,14(3):323-342.
- [14] 李 震,洪添胜,文 韬,等. 基于物联网的果园实蝇监测系统的设计与实现[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(1):89-93.
- [15] 田 冉,陈梅香,董大明,等. 红外传感器与机器视觉融合的果树害虫识别及计数方法[J]. 农业工程学报,2016,32(20):195-201.
- [16] Shieh J C, Wang J Y, Lin T S, et al. A GSM-based field monitoring system for *Spodoptera litura* (Fabricius) [J]. Engineering in Agriculture, Environment and Food,2011,4(2):77-82.