

基于 STM32 的温室大棚智能远程灌溉控制系统

包汉斌, 纪建伟

(沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:智能灌溉监控系统采用嵌入式技术,由水分采集模块,GPRS 模块,ZigBee 无线传输模块,自动控制系统构成,将农业与自动控制系统相结合。采集温室土壤水分含量,结合作物生长条件设定灌溉模式,实现无人智能灌溉,且实现串口软件实时监控并存储采集到的数据。该系统的应用营造了一个适于温室作物生长的环境,节省了大量的劳动力而且防止过量灌溉达到节水的目的。

关键词:智能灌溉;STM32;自动控制;ZigBee;GPRS

中图分类号:S 626.507⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)21-0055-06

随着科学的发展和技术的不断进步,农业电气化与自动化、农业信息化的水平也有了显著的提高,高智能化和设施化阈值已经成为了现代化农业的主要发展趋势。温室在现代农业中处于主要地位,对于改善农业的生产环境,提高农业的生产效率有着重要的意义^[1]。自 20 世纪 60 年代起,世界各国的现代化温室农业水平都有了长足的进步,且飞速发展。灌溉作为农业生产的重要环节,灌溉技术的革新更是农业发展的重中之重。我国虽然已经成为温室生产的大国,但与发达国家相比,温室的技术水平仍存在很大差距,其中在温室自动控制方面差距最为明显^[2]。我国很多温室大棚都装有微喷或滴灌设备,但是在节水方面仍然处于较低水平。国内成套的自动灌溉系统还是较少,较为简单,大多数采用人工调控。大部分引用国外的产品,价格高且不适用于我国具体国情。有线连接是传统的温室系统传输数据的方式,由上位机和下位机组成。但是此类系统布线复杂,且不易移动。随着温室逐渐增多,且温室规模越来越大,检测的范围增大、传感器的节点增多的情况下,安装布线和移动的问题也会增加,且大范围布线也使得投资成本增加^[3]。无线通信的传输方式有着简单灵活的特点,采用此方式传输采集的数据,可以省去复杂的布线,节点布置变得简单灵活,增大了便利性^[4-5]。结合当

前国内农业灌溉的实际情况且考虑到当下对于灌溉水平的高要求,现提出一种基于 STM32 的温室大棚智能远程灌溉系统,利用 GPRS 技术能够方便用户远程操控并检测温室灌溉情况,利用 ZigBee 无线传输技术降低温室内布置的成本且简化温室内布局,再结合 STM32 的强大功能实现温室大棚的自动灌溉。结合诸多实际经验研究该智能灌溉控制系统,对于发展现代化农业,节约水资源有着重要的意义。

1 总体设计

系统包括主机、温室大棚主控制器、控制电气柜、土壤水分采集节点、水分含量传感器等部分组成,如图 1,以 STM32 作为温室大棚的主控制器,主控制器通过 GPRS 模块与用户主机建立通讯。该设计的采集节点采用纵深式采集的方法,将土壤水分采集节点分为上、中、下 3 层,在每一层都放置土壤水分传感器,实时监测不同深度土壤的水分变化情况,由于不同作物的生长方式不同所以在测试区域内布置多个土壤水分的采集节点。STM32 温室内主控制器通过 RS232 与协调器通讯,为了减少布线的麻烦,协调器与采集节点之间的通讯采用 ZigBee 无线网络。

采集节点通过 ZigBee 树状无线网络将从土壤中的水分含量数据经上传到 ZigBee 协调器中^[6]。协调器经过 RS232 协议将数据传输到温室大棚主控制器中,数据经过处理经 485 总线传输到用户计算机中。用户通过人机交互软件制定灌溉策略,由温室大棚主控制器将指令经 RS232 协议传输到 DO 模块,再由 DO 模块驱动控制电气柜中的各类继电器,控制电磁阀、水泵的开启与关闭。开关量信号经由 DI 模块传输到温室大棚主控制器中,STM32 通过中断或查询的方式进行读取,监测电磁阀、水泵等设备的运行情况。

第一作者简介:包汉斌(1990-),男,硕士研究生,研究方向为地方电力系统及其自动化。E-mail:baohanbin19901214@163.com.

责任作者:纪建伟(1963-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为智能控制及信息采集与检测。E-mail:jianweiji7879@hotmail.com.

基金项目:2013 年辽宁省教育厅优秀人才支持计划资助项目(LR2013033)。

收稿日期:2016-07-20

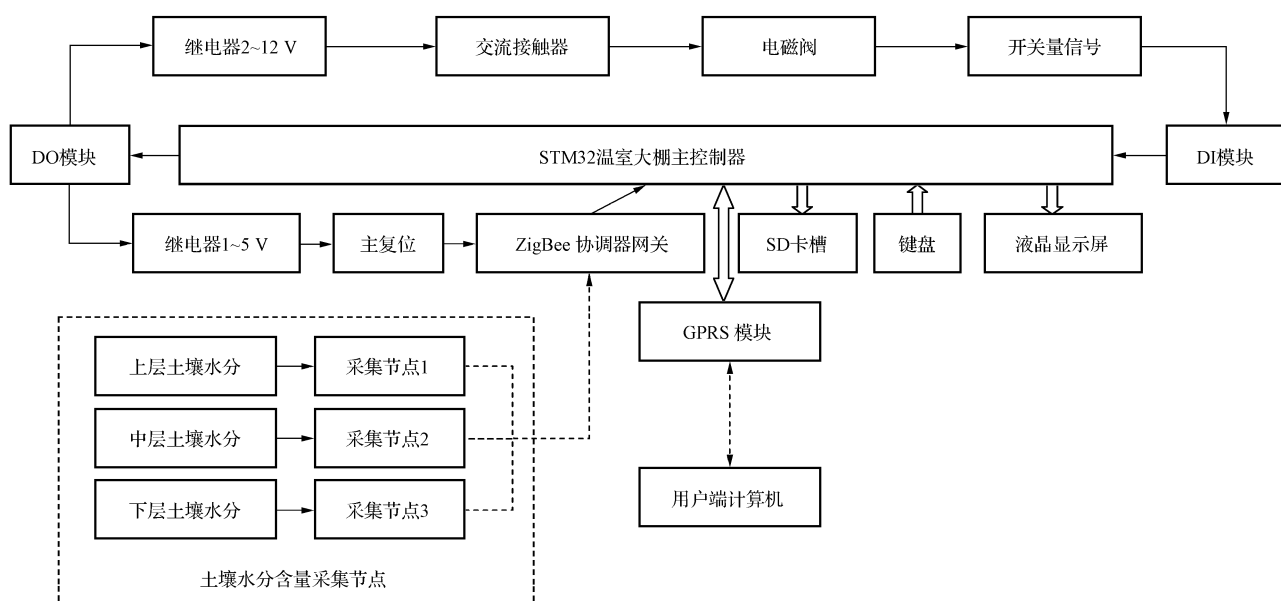


图1 总体设计结构框图

Fig. 1 Schematic drawing of the general structure

2 硬件设计

2.1 温室大棚主控制器设计

温室大棚主控制器采用意法(ST)公司开发的STM32F103RBT6作为温室大棚主控制器芯片,能够实现高度集成和低成本解决方案。使用PA9、PA10引脚连接GPRS模块,实现与用户计算机的通讯。使用PB12、PB13引脚连接DO模块,实现控制电磁阀、水泵等下层电气设备^[7-8]。使用I/O接口连接DI模块,实现电磁阀、水泵等电气设备运行状况的监测。使用SDIO接口连接SD卡,实现系统存储功能^[9]。

uCOS-II操作系统拥有占先式、开放源码的特点,能够实时多任务,具有较高的稳定性和可移植性。结合该系统的操作要求,选用该系统作为STM32温室大棚主控制器的操作系统。

2.2 DO模块设计

主机与温室大棚STM32控制器通过485总线进行数据上传与命令下发。温室大棚主控制器与DO模块之间通过485总线连接,向DO模块发送命令信号,在收到控制信号后,DO模块向控制电气柜发送控制信号,从而控制水泵及电磁阀等工作^[10]。该设计选用ULN2803作为DO模块的驱动芯片,ULN2803又称为达林顿管驱动器,包含8个NPN达林顿管。最大驱动电压50V,输出电流500mA,推荐输入电压5V。该电路最多可驱动8个12V继电器。继电器连接如图2。STM32芯片的PB12、PB13引脚经反向器74HC14接至ULN2803的IN1、IN2引脚。OUT2~OUT8引脚连接12V继电器,12V继电器与交流接触器相连实现对电磁阀控制。预

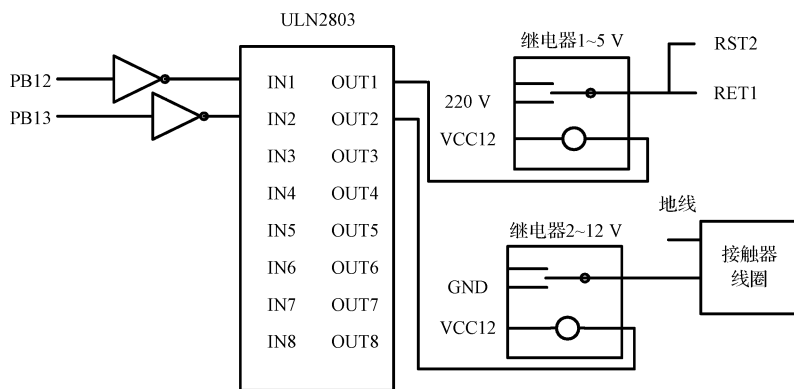


图2 继电器连接图

Fig. 2 Relay connection diagram

留出 OUT1 引脚连接 5 V 继电器,用于控制器复位。5 V 继电器与协调器、STM32 的外部复位引脚相连,从而控制系统的硬件外部复位,当系统局部出现故障时利于调试^[11]。

2.3 DI 模块设计

DI 模块主要用于反馈各个电磁阀、水泵等底层设备的运行状态。将 STM32 的 I/O 口配置成开关信号输

入端口,通用的 I/O 口可以配置 16 个外部中断。开关量信号经过 DI 模块输入到 STM32 中,DI 驱动电路如图 3。DI 模块的驱动电路的左半部分是由电容和电阻所构成的一阶低通滤波电路,用于过滤掉高频噪声,减小信号毛刺^[12]。右半部分选取光耦合 TPL521 作为现场开关和 STM32 的电气隔离,提高电绝缘和抗干扰的能力,从而确认各个设备是否正常运行。

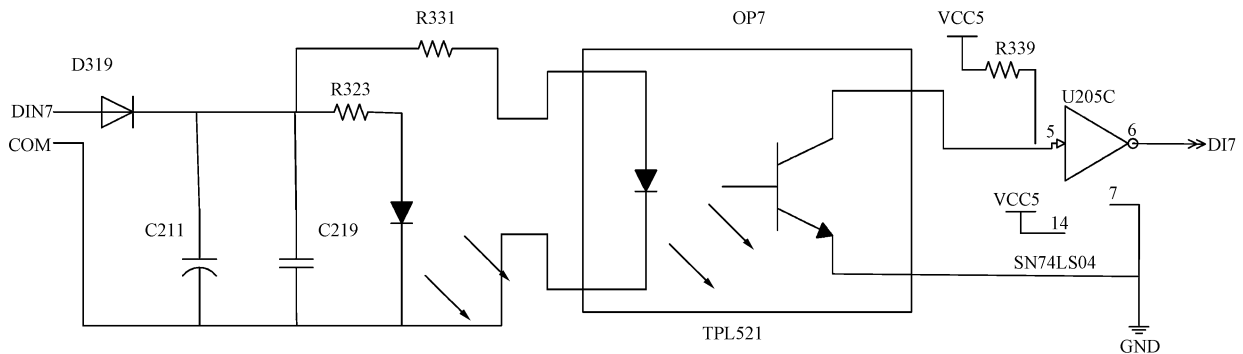


图 3 DI 模块驱动电路

Fig. 3 DI module driving circuit

2.4 ZigBee 模块设计

该模块芯片采用德州仪器制造的 cc2530,支持 IEEE802.15.4 标准 ZigBee/ZigBee RF4CE,cc2530 结合了高性能 RF 收发器和增强型 8051CPU^[13]。该芯片无外加功放通信距离满足系统的要求,最远可达到 400 m。该设计中的 STM32 作为网关的核心控制器,通过 RS232 与作为协调器的 cc2530 通信,实现无线收发功能^[14]。土壤水分传感器连接到作为信号发射端 cc2530 的 P0.5 口,通过无线网络将数据上传^[15]。ZigBee 模块树状网络结构如图 4 所示。

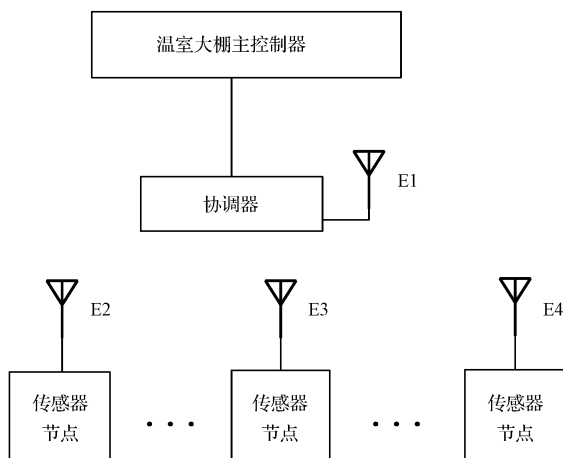


图 4 ZigBee 网络结构

Fig. 4 ZigBee network structure

2.5 传感器设计

系统选取 FDS-100 土壤水分传感器,其模拟电压输

出的范围是 0~1.875 V。由于电磁波脉冲在不同介质中传播的频率不同,体现出介电常数的不同。依此原理测得在土壤中表现出的介电常数,从而测出土壤容积含水率。工作电压为 5~12 V,其测量范围是 0~100%,测量精度为±3%,每个采集节点的水分传感器采用水平布置的方式,如图 5 所示。

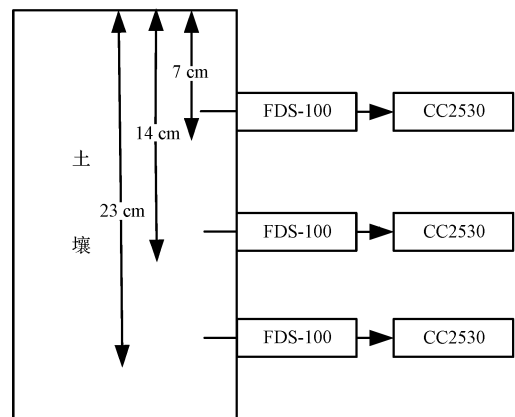


图 5 传感器布置

Fig. 5 Sensor arrangement

2.6 控制电气柜设计

控制电气柜主要由交流接触器、小型继电器,相遇保护器、断路器、变压器以及控制面板上各类指示灯和旋钮等组成。控制电气柜主要用于控制电磁阀的开启和关闭,从而控制温室大棚的灌溉。该设计选用功率为 2 W,工作电压为 24 V 的电磁阀^[16-17]。通过 DO、DI 模块建立控制电气柜与 STM32 主控制器之间

的通信。

2.7 GPRS 模块设计

在温室大棚主控制器和用户计算机间采用 GPRS 通讯,选用的数据格式参考 Modbus-RTU 协议格式。由设备地址、功能码、数据、结束符组成。利用求和的错误检测方法,将功能码和数据 5 个字节数据相加求和,选取低 16 位写入校验位。数据帧格式为设备地址:5A 01 功能码:5B 11,数据:00 00 00,校验:6C,结束符:0B 0C。

设备地址是温室大棚主控制器的地址,该研究设置为 5A 01。功能码的作用是实现不同功能,其中包括对继电器控制、读取采集节点传感器的数据、读取开关量信号等。5B 1x 表示控制继电器 1,5B 12 表示控制继电器 2,数据位表示继电器 FF FF FF 吸合,00 00 00 表示继电器断开;检测开关量信号的功能码是 4A 1x,4A 11 表示电磁阀 1,数据位 00 00 00 表示工作正常,FF FF FF 表示工作异常;采集节点的土壤水分含量传感器数据功能码是 63 xx,63 11 表示 1 号节点的 1 号土壤水分含量传感器。例如上位机发送:5A 01 4A 11 00 00 00 6C 0B0CB 表示电磁阀 1 工作正常^[18]。

3 软件设计

用户端主机主要包括显示功能、控制模式选择功能、报警功能、参数设置功能和通信功能。整个软件设计流程如图 6 所示。人机操作界面简洁直观,能够清晰的反映出各个水分传感器采集节点土壤含水量情况,同时可以控制各个采集节点的灌溉。对于灌溉的数据可以保存到数据库中,以便为后续作物的灌溉留作参考标准,制定更好的灌溉计划。该系统可以根据用户的需求进行不同形式的灌溉控制。其中包括自动灌溉模式、定时灌溉模式、手动灌溉模式。自动灌溉模式主要根据种植作物在该生长期的最佳含水量设定阈值,通过比来实施控制决策^[19]。当土壤含水量低于当前设定的阈值下限时开始灌溉,当土壤含水量高于当前设定的阈值上限时停止灌溉。定时灌溉模式主要根据作物生长情况设定灌溉时间和灌溉量^[20]。

4 结果验证

选取沈阳农业大学北山试验基地内日光温室作为试验地块,对系统进行 7 d 的测验,运行状况良好。各个传感器布置的深度分别是 7、14、23 cm。该试验取土壤的中层水分含量作为测试对象,系统控制意图在于将土壤中层的水量控制在所设置的灌溉对比值附近,土壤的下层含水量在灌溉前和灌溉后保持稳定。从而保证灌溉水不下渗,达到节约水资源的目的。试验时设置土壤水分的阈值为 21%,误差为 $\pm 0.6\%$ 。图 7 为人机交互界面,该设计对于温室大棚内的湿度以及光照

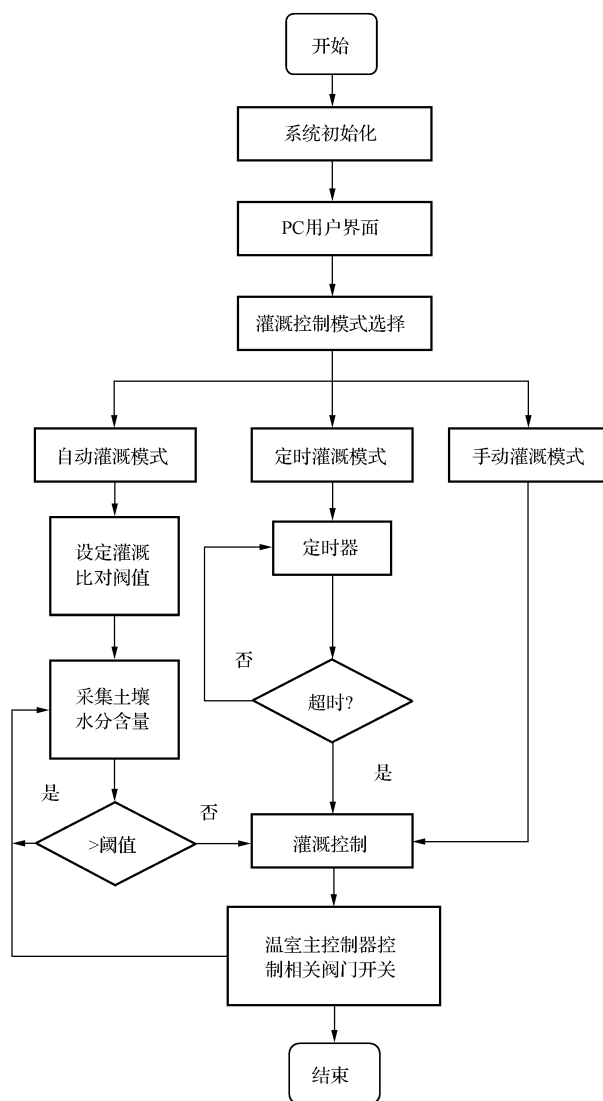


图 6 软件设计流程

Fig. 6 Software design process

都有所采集,但该设计依据土壤水分含量作为灌溉参考标准。

随机选取一天的灌溉情况作为系统测试时的结果,系统在 15:00 时进行一次灌溉操作,17:00 时停止灌溉。结果如表 1。

通过对试验数据分析可知,当采集节点土壤的水分含量低于设定的对比值时,电磁阀启动。上层土壤的水分含量值变化最为明显,中层土壤水分含量值稳定的范围内,下层土壤水分含量值变化较小,由于上层土壤与下层土壤相比自然蒸发的速度较快,而且电磁阀出水口与传感器位置之间有一定距离,所以采集到的数据存在滞后的现象。通过测试的结果可以发现,该系统能够实现自动灌溉的功能,且保证灌溉水大部分没有下渗到植物根系以下,能够保证植物所需水量,防止过量灌溉。

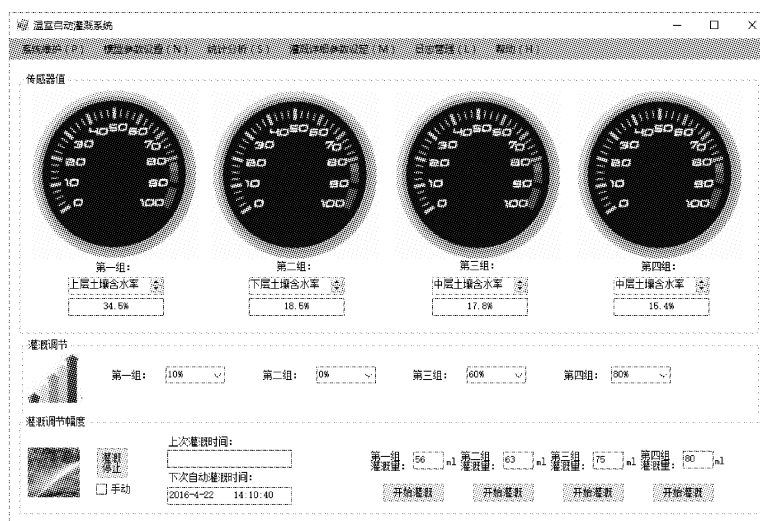


图7 人机交互界面

Fig. 7 Human computer interaction interface

表1 测试结果

Table 1 Test results

时刻	上层土壤水分含量 百分数/%	中层土壤水分含量 百分数/%	下层土壤水分含量 百分数/%	电磁阀	监测
14:00	32.5	20.7	18.1	断开	正常
14:30	32.5	20.5	18.1	断开	正常
15:00	32.3	20.3	18.3	启动	正常
15:30	32.9	20.5	18.5	启动	正常
16:00	34.1	20.9	18.7	启动	正常
16:30	35.1	21.5	18.7	启动	正常
17:00	35.9	22.1	19.1	断开	正常
17:30	35.3	21.7	19.1	断开	正常
18:00	34.9	21.5	18.9	断开	正常

5 结论

随着科学技术的不断革新,农业自动化,农业信息化的应用越来越广泛,智能灌溉控制系统在农业中的地位也越来越重要。由于土地资源日渐紧张,水资源日益贫乏,因此对于节水灌溉技术的研究势在必行,而灌溉智能化是节水灌溉技术发展的一个重要的方向。该研究提出的基于 STM32 的智能灌溉控制系统有以下 5 个优点:第一,系统使用无线收发模块组成小型局域网,能够有效地避免有线数据采集时遇到的一些问题,无需现场布线,安装方便;第二,基于 STM32 的强大功能,能够自动实时对温室大棚的灌溉情况进行监控和操作;第三,通过 GPRS 技术与用户计算机进行连接,能够实现远端对温室大棚的操作;第四,从试验结果上看该系统又能够有效地防止因过度灌溉造成的水资源浪费的问题;第五,数据可以保留在数据库中,方便日后查找和调用;此外该系统体积小,精度高,成本低,功耗低,功能稳定,使用方便。基于 STM32 的温室大棚智能远程灌溉系统减少人力资源的使用,避免水资源浪费能够满足灌溉的自动化需求。

参考文献

- [1] 韩启彪,冯绍元,黄修桥,等.我国节水灌溉施肥装置研究现状[J].节水灌溉,2014(12):76-79,83.
- [2] 赵荣阳,王斌,姜重然.基于物联网技术的水稻自动灌溉系统应用研究[J].农机化研究,2016(4):226-230.
- [3] 王建春,张雪飞,刘绍伟,等.基于多点数据采集远程温湿度监控系统的应用[J].山西农业科学,2015(3):333-336.
- [4] 王宁.基于无线传感器网络的智能灌溉系统研究[D].大连:大连理工大学,2014.
- [5] 周武斌. Zigbee 无线组网技术的研究[D].长沙:中南大学,2009.
- [6] 王文贞.基于 ZigBee 无线传感器网络的土壤墒情监测系统[D].天津:河北工业大学,2014.
- [7] 赵圣飞.基于 STM32 的数据采集存储系统的设计与实现[D].太原:中北大学,2014.
- [8] 李聪.基于 STM32 数据传输转换接口器的设计与实现[J].计算机工程与设计,2014(10):3416-3421.
- [9] 丁珍红.基于 STM32 的高速大容量数据采集存储系统设计[D].上海:上海交通大学,2011.
- [10] 张卫华.基于 STM32 的灌区监测系统的研发[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [11] 李凯.智能自动灌溉系统的设计与实现[J].现代电子技术,2010(15):209-210.
- [12] 傅仕杰.基于 STM32 的分布式智能温室控制系统[D].太原:太原理工大学,2011.
- [13] 蒲泓全,贾军营,张小娇,等. ZigBee 网络技术研究综述[J].计算机系统应用,2013(9):6-11.
- [14] 李晓帆.多点采集无线传输的智能灌溉系统的设计[J].怀化学院学报,2013(11):43-49.
- [15] 程小艳.嵌入式 STM32F107VCT6 微处理器接口模块开发及应用研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
- [16] 刘中.基于 STM32 和 Qt 的远程监测系统的设计与实现[D].西安:西安电子科技大学,2014.
- [17] 杨欢欢.基于 STM32 的温室远程控制系统的的设计[D].杭州:杭州电子科技大学,2015.

DOI:10.11937/bfyy.201621015

花椰菜早春茬栽培技术

王红军, 张建祥

(商丘职业技术学院, 河南 商丘 470005)

中图分类号:S 635.3 文献标识码:B 文章编号:1001-0009(2016)21-0060-03

花椰菜(*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.)属十字花科芸苔属一年生植物,俗称菜花,颜色乳白,口感脆爽,烹调的方法多样,是老百姓餐桌上的常见蔬菜,具有较高的经济意义。但花椰菜适应生长的环境为前期高温,后期低温,一直以秋栽为主,而春季的气候特点会使花椰菜在苗期遇到低温,生长不良;而到了结球期又会受到高温的影响,出现僵化苗、先期现球、散花等现象,失去商品价值。现根据北方地区春季的气候特点,从选种开始,通过合理的安排生长周期,结合科学的温度、水肥管理以达到春季栽培花椰菜的目的。

1 栽培前准备

1.1 栽培品种选择

早春茬栽培花椰菜要选用抗寒性好的品种,近年来,我国科研人员针对花椰菜大棚育苗,露地栽培的温度等特点培育出像“春雪1号”“春雪10号”“春雪30号”“津松65”“津松80”“云山”等利于春季生长的优良组合

品种。这些适合早春栽培的品种,除了都具有生长前期较抗寒和后期较耐热的特点外,每个品种又各有特色,因而在生产中可以参考生产说明,并结合当地的气候条件和市场需求情况,来选择合适种植的品种。

1.2 确定合理的生产周期

花椰菜主要以花球作为生长主体,花椰菜花球的形成,要求冷凉的环境,花球形成的适宜温度为14~18℃,在这种温度下生长出的花球组织致密、紧实、品质优良。如果结球时的温度比较低,容易造成先期现球,影响产量;如果结球时的温度较高,花球形成的过程就会缩短,缩短的花枝在高温下就会迅速的伸长,导致花球长不大,而且松散,栽培上不会有满意的收获,因此生产中要根据当地育苗条件和气候条件合理安排生产周期,使花椰菜能在高温到来之前形成花球。

春茬花椰菜必须在日平均气温稳定在6℃以上时才可以定植。对于早熟品种,由于对低温比较敏感,幼苗已通过春化阶段,所以要适当晚播,苗龄在50d左右,生理苗龄4叶1心至5叶1心时定植;而晚熟品种的苗龄在55~60d,生理苗龄5叶1心至6叶1心时定植为宜。生产中可以根据当地达到定植温度的时间、所栽品

第一作者简介:王红军(1965-),男,河南商丘人,本科,副教授,研究方向为植物保护及作物栽培。E-mail:whj3261@163.com.

收稿日期:2016-07-21

[18] 张东升. 基于STM32的工业设备状态无线监控系统的设计[D]. 大连:大连理工大学,2013.

[19] 郝雯,沈鑫鑫,梅成. 基于STM32单片机的存储式数据采集系统设计

计[J]. 电子设计工程,2013(17):80-82.

[20] 李晓东. 低功耗智能灌溉控制系统的设计[D]. 太原:太原理工大学,2010.

Intelligent Remote Irrigation Control System of Greenhouse Based on STM32

BAO Hanbin, JI Jianwei

(Information and Electrical Engineering College, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: The intelligent irrigation monitoring system adopted embedded technology and realized the combination of the agriculture and automatic control system, which was composed of water collection module, GPRS module, ZigBee wireless transmission module and automatic control system. By the collection of the soil moisture content of greenhouse and the setting of the irrigation mode on crop growth conditions, the team realized the unmanned intelligent irrigation, the real time monitoring and the data storing conducted by serial port software. This design created a suitable environment for the growth of greenhouse crops, saved a lot of labor, prevented excessive irrigation and achieve the purpose of saving water.

Keywords: intelligent irrigation; STM32; auto-control; ZigBee; GPRS