

日光温室智能控制系统的构建

张 艳, 于 群, 柳平增*, 姜新彤 (山东农业大学, 山东泰安 271018)

摘要 针对我国北方日光温室智能控制水平低的问题, 围绕控制系统的硬件设计、下位机程序、上位机程序、手机 APP 四方面阐述日光温室智能控制系统构建过程。该控制系统在德州陵县西葫芦主产区日光温室大棚已经得到应用, 系统的使用节省了劳动力, 提高了劳动效率, 实现了农民的增产、增收。

关键词 智能控制; 日光温室; 构建

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)15-0175-05

Construction of Solar Greenhouse Intelligent Control System

ZHANG Yan, YU Qun, LIU Ping-zeng et al (Shandong Agriculture University, Taian, Shandong 271018)

Abstract Aiming at the relatively low level of intelligent control of solar greenhouse in northern China, the construction process of solar greenhouse intelligent control system was described in hardware design, lower computer program, upper computer program and mobile APP. The control system had been applied in the greenhouse of the main producing area of zucchini in Lingxian, Dezhou. The use of the system can save the labor force, improve the labor efficiency, and realize the farmer's increase of production and income.

Key words Intelligent control; Solar greenhouse; Construction

日光温室作为我国北方地区独有的温室类型, 是北方冬季蔬菜的重要种植地来源。近年来设施园艺技术在我国农业进程中发展迅速, 但智能控制水平相对较低, 多以人工管理控制为主, 影响了设施作物的产量与品质^[1]。物联网作为新兴起的一种网络信息管理系统, 是指通过具有感觉计算和控制处理能力的各种传感器来获取环境信息, 并通过无线通讯的方式形成一个多跳的自组织网络系统, 从而协作地感知、采集和处理网络覆盖区域的监测信息, 实现大面积范围物与物之间信息的交互, 以及智能化的识别、定位、监控和管理, 解决了大型系统实时感知和动态控制的难题, 在农业领域具有广泛应用^[2-3]。基于物联网, 笔者拟构建日光温室智能控制系统, 并将其应用在德州陵县西葫芦主产区日光温室

大棚中, 以期实现农民的增产、增收。

1 日光温室智能控制系统总体结构

日光温室智能控制系统构建分硬件与软件两部分^[4], 图 1、2 分别是日光温室控制系统硬件和软件结构。整个硬件结构以 MSP430F5438A 为核心, 主要包含信息采集模块、LCD 显示模块、继电器模块、GPRS 模块、控制模块五部分; 软件结构主要包含下位机程序、上位机程序、Web 程序和手机 APP 程序四部分。软硬件协同工作原理是: 采集模块借助感知结点传感器获取空气温湿度、土壤温湿度、光照强度和 CO₂ 浓度数据, 下位机程序按用户设定的采集频率实时采集, 采集数据根据相应传输协议借助 GPRS 模块实时传输给上位机程序, 上位机程序按照预先设定的数据库参数将数据保存至

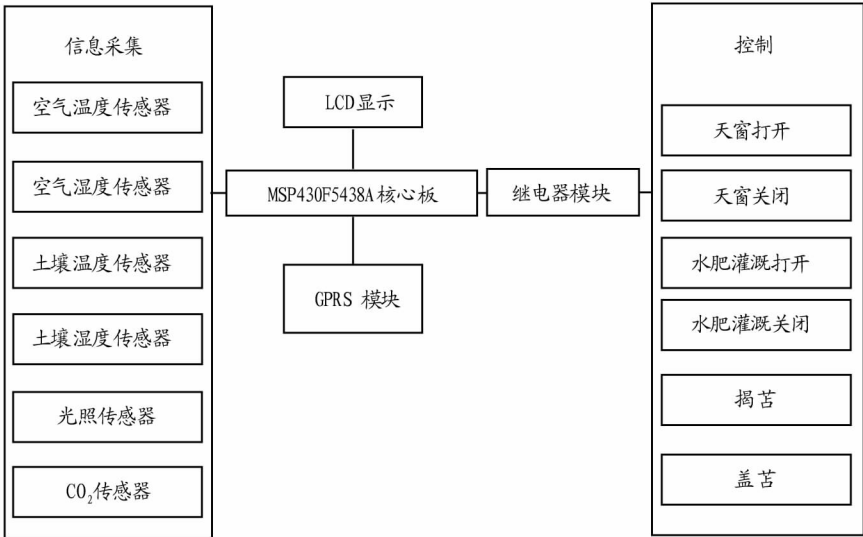


图 1 硬件结构

Fig. 1 Hardware structure

基金项目 山东省农业重大应用技术创新课题(31962)。
作者简介 张艳(1979—), 女, 山东泰安人, 讲师, 硕士, 从事农业物联网研究。* 通讯作者, 教授, 从事农业物联网研究。
收稿日期 2018-02-05

MySQL 数据库。手机 APP 程序根据实时数据与初始化的指标阈值, 判定温室数据是否超出指标限值, 如果超出则上位机程序形成控制指令控制继电器模块完成控制终端的打开、关闭, 并给出预警提示。

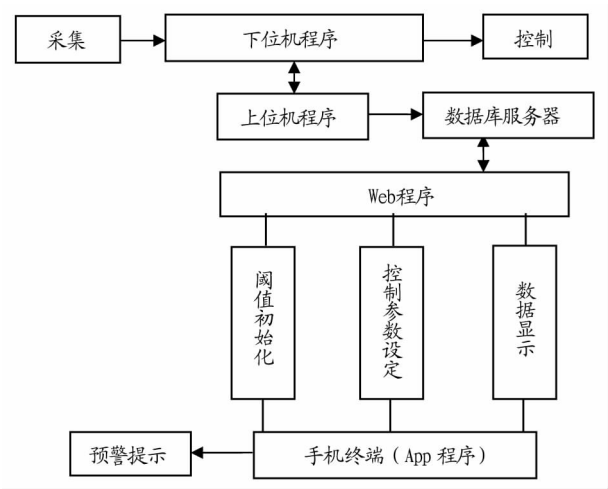


图2 软件结构

Fig.2 Software structure

2 日光温室智能控制系统实现

2.1 硬件系统实现 下位机以 MSP430F5438A 微处理器为核心,这款微处理器采用了精简指令集(RISC)结构,具有丰富的寻址方式(7 种源操作数寻址、4 种目的操作数寻址)、简洁的 27 条内核指令以及大量的模拟指令;大量的寄存器以及片内数据存储器都可参加多种运算;还有高效的查表处理指令;在降低芯片的电源电压、具备超低功耗和灵活可控的运行时钟方面比较适合农业生产。同时,下位机还集成了 DS3231 时钟芯片、2 个 5 V 固态继电器、2 个 TTL 电平转 485 芯片、USB 通用串行接口等一系列功能强大的外围芯片,保证智能终端功能的强大性、低功耗性和可靠性^[5-7]。

感知终端设计中,空气温湿度测量选用了 SHT11 传感器,该传感器传感元件和处理电路集成在一块微型电路板上,工作电压为 3 V,输出完全标定的两线数字信号^[8]。其中温度测量范围是 -40.00 ~ 123.80 ℃,测量精度是 ±0.50 ℃;湿度测量范围是 0 ~ 100% RH,测量精度是 ±4.5% RH。光照强度测量选用的是 ARN - GZ 光照强度传感器,其输出信

号为 4 ~ 20 mA,测量范围是 0 ~ 200 klx,精度为 ±3%。土壤温度传感器型号选用 TW 型,它是一种插入式测量温度的仪器,可长期埋设于土壤内使用,其测量范围为 -30.00 ~ 70.00 ℃,测量精度为 ±0.15 ℃。土壤湿度传感器型号为 FDS - 100,测量值为土壤容积含水量(%, m³/m³),输出信号为 4 ~ 20 mA,其测量范围是 0 ~ 100%,非饱和范围内精度为 ±3%;土壤电导率传感器选用的是 TDR - 4,可测量土壤水分的体积百分比,输出信号为 4 ~ 20 mA,其测量范围是 0 ~ 100%,精度为 ±3%;二氧化碳传感器选用的是中科能慧的 NHEY62,输出信号为 4 ~ 20 mA,其测量范围是 0 ~ 2 000 μg/g,精度为 ±2%。

温湿度传感器输出为数字量信号,其接线如图 3 所示。SHT11 连接 MSP430F5438A 控制中心的 5 V 输出引脚上,GND 与板子共地,SHT11 采用串行接口,利用 I2C 总线协议进行通讯,不过此传感器不能按照 I2C 协议编制,如果 I2C 总线上没有挂别的元件,传感器可以连接到 I2C 总线上。其余传感器均为模拟量传感器,通过标准插座连接到 CPU 的 AD 转换输入引脚上(图 4)。采集卡和 MSP430F5438A 通过 RS485 通信协议进行通信,因为核心电路板集成了 UART 转 485 模块,只需要把核心电路板的串口 0 的 A 线和 B 线分别

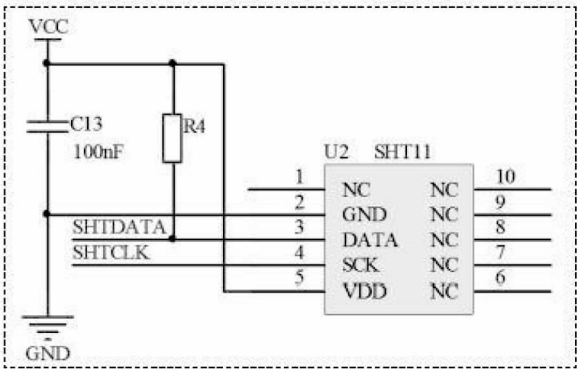


图3 温湿度传感器连线

Fig.3 Temperature and humidity sensor wiring

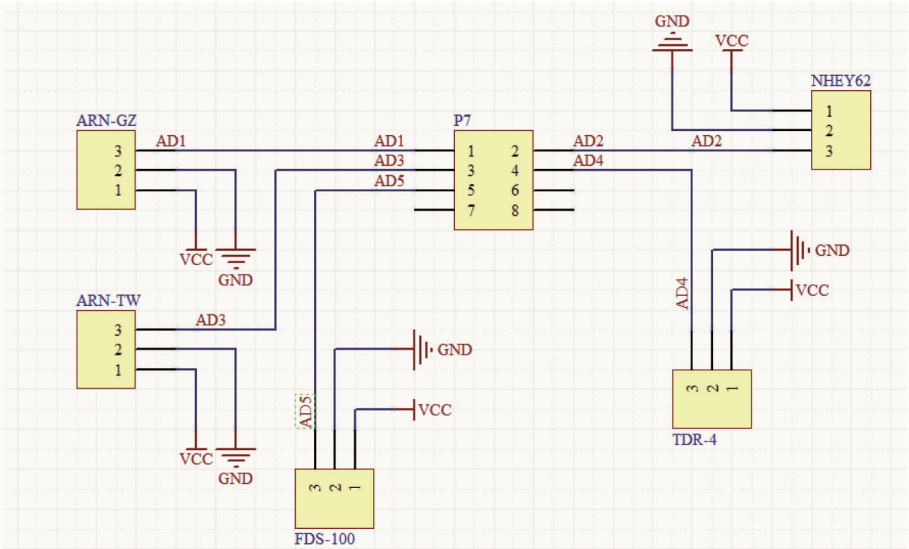


图4 模拟量传感器连线

Fig.4 Analog sensor wiring

和采集卡的 A 线和 B 线连接起来就可以进行数据的传输。采集命令为一串指令码,分别为 ADDR、0x03、0xff、0xff、0x00、0x01、0xff、0xff。

控制部分通过信号放大处理控制继电器,进而控制草苫、灌溉、天窗的打开和关闭。控制部分连线如图 5 所示。因为核心电路上自带 2 个 5 V 继电器,用来控制 12 V 的通断,其板上还有 2 个端口的引脚可以外接 5 V 继电器,从而

很好地实现控制;12 V 的直流电接 12 V 直流,控制 220 V 交流的继电器。以灌溉为例,其控制原理如下:核心处理板通过各传感器和外围电路采集的温室数据,综合判断棚内的状态,根据温室棚内土壤湿度,加上预先设计好的程序,稳定控制浇水时间、浇水量。通过核心电路板 P2.6 引脚输出控制 5 V 继电器进而控制接触器,最终控制水泵电机来实现自动和手动灌溉。

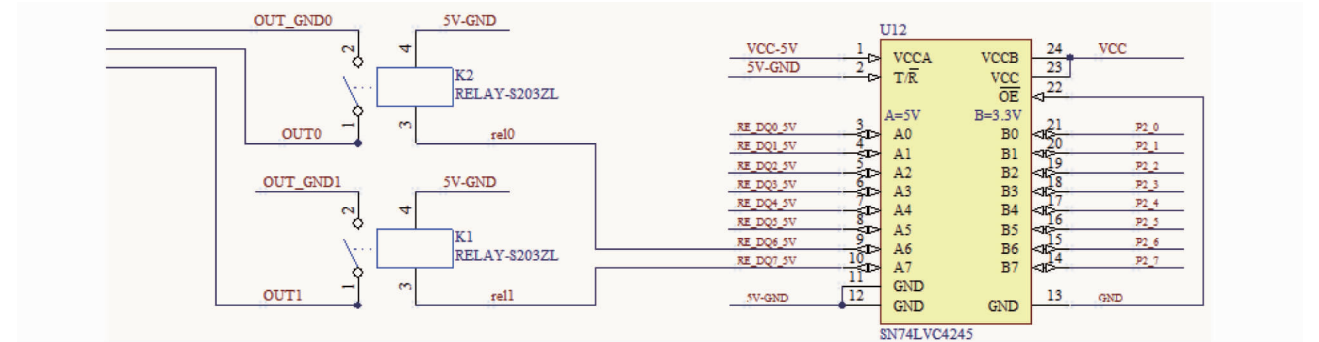


图 5 控制部分连线

Fig.5 Control part wiring

2.2 下位机软件实现 下位机软件实现终端数据采集和信息控制。其中 PC 软件下发数据包与终端应答数据包格式如表 1 所示,其中“包头”以 0xA5 表示一个数据包的开始,以 0xAE 表示数据包结束。下发与应答格式中数据项“校验和”取 2 个字节,值为从“包头”开始(包括“包头”)到“校验和”之前(不包括“校验和”)所有字节的代数和。应答格式中“内容”项是当应答格式中“设置/回读”为回读时字节长度不定,与下发数据格式中“包数据”的字节长度一致,而当时设置是 6 个字节。利用上述传输协议感知终端采集空气温湿度数字量信息,经过 A/D 转换及滤波处理的土壤温湿度、CO₂ 浓度、光照强度等模拟信息,所有采集到的信息临时存储在数组变量中,根据上位机设定的采集频率通过 GPRS 模块传送给上位机程序。利用上述传输协议中“指令”项指定不同控制指令,通过不同指令内容控制终端的打开或关闭(包括揭盖苫、天窗和灌溉的打开关闭)。

表 1 PC 软件下发数据包与终端应答数据包格式
Table 1 PC software sends packet and terminal reply packet format

编号 Code	PC 软件下发数据包格式 PC software sends packet format		终端应答数据包格式 Terminal reply packet format	
	数据 Data	长度 Length//字节	数据 Data	长度 Length//字节
1	包头	1	包头	1
2	包长	2	包长	2
3	用户 ID	2	用户 ID	2
4	预留	3	设置/回读	1
5	指令	1	预留	2
6	包数据	不定长	指令	1
7	校验和	2	内容	不定长
8	包尾	1	校验和	2
9			包尾	1

2.3 上位机软件实现 上位机程序利用 C#编写,完成下位机参数设置、下位机向上位机上传数据时数据库信息初始化(包括服务器 IP、数据库名称、用户名、密码、DTU 标识号、采集时间间隔、保存数据类型等);接收下位机传递来的空气温湿度、土壤温湿度、CO₂ 浓度、光照强度数值,并将数据存储在 MySQL 数据库表中;实时监听数据库中表示控制的标识字段,如果标识字段被设置为 1 则发送相应控制指令给下位机程序;根据西葫芦不同生长周期阈值指标(表 2),实时监听采集到的指标数值是否超出阈值,如超出则利用中国建短信平台提供的接口自动向种植户发送手机短信。上位机软件部分界面如图 6 所示。

表 2 西葫芦不同生长周期阈值指标
Table 2 Different growth period thresholds of zucchini

生长周期 Growth period	空气温度 Air temperature//℃	土壤湿度 Soil humidity//%
发芽期 Germination period	13 ~ 35	70 ~ 80
幼苗期 Seedling period	10 ~ 40	80 ~ 90
初花期 Initial flowering period	15 ~ 30	70 ~ 80
结瓜期 Fruiting period	15 ~ 32	70 ~ 80

2.4 手机 APP 软件实现 利用 Androidstudio、Androidsdk 等工具开发完成的日光温室控制系统手机 APP,实现了查看不同温室数据、查看当前温室的实时数据、以折线图的方式查看某项数据的历史记录、图片抓拍、查看实时监控视频的监控、设备控制和意见反馈等功能。其中设备控制中需要设置远程控制指令,表 3 给出部分远程控制的设备及指令。日光温室控制功能的实现主要通过两种方式,一种是控制指令,另一种是手机短信。以控制灌溉为例,具体实现过程如下:进入设备控制页面后,先调用类加载页面,利用其中方法获取当前温室编号,并将编号保存在变量中。系统根据编号信息加载设备开关按钮的监听事件。当用户点击命令按钮或



图 6 上位机程序界面

Fig. 6 Upper computer programming interface

是输入浇水指令时,系统触发该命令的监听事件,并调用弹窗输入验证码,待验证通过后,系统调用类开启一个新的线程,并在该线程中使用 socket 通信将相应指令通过 TCP/IP 协议发送到部署于服务器上的上位机程序。上位机程序在收到用户的操作指令后,将该指令发送给位于温室中的下位机程序,下位机根据用户的指令操作温室设备做出相应的反应。而另一种控制方式,以风扇控制为例,具体实现过程如下:点击风扇开关按钮,系统会创建 Sim 对象,调用构造函数 (string message) 传入操作指令“打开”或“关闭”,接着调用 Sim 类中的发送消息方法,使用手机本机号码向储存在 Sim 类中的 sim 卡号发送短信 (message),设备在收到短信后,根据短信内容做出相应反应。手机 APP 部分界面如图 7 所示。

表 3 部分远程控制的设备及指令

Table 3 Some remote control equipment and instructions

编号 Code	设备 Equipment	开启指令 Start instruction	关闭指令 Exit instruction
1	水阀电机	BB00 + (11 位标识代码) + AE	BB00 + (11 位标识代码) + AF
2	肥料电机	BB00 + (11 位标识代码) + AC	BB00 + (11 位标识代码) + AD
3	主水管电磁阀	BB00 + (11 位标识代码) + AA	BB00 + (11 位标识代码) + AB
4	水肥灌溉 (浇水湿度上下限设置)	BB01 + (11 位标识代码) + #13 + (浇水湿度上线) + : + (浇水湿度下线) + : + (最大浇水时间) + \$	—
5	风扇	手机发送短信“打开”	手机发送短信“关闭”



图 7 手机 App 部分界面

Fig. 7 Mobile App part interface

3 结语

为实现日光温室精准控制,感知终端的数据采集必须是

准确且有代表性的,那就需要准确把握感知终端传感器的放置位置。为降低成本、保证采集数据的准确性,日光温室大

棚内的温湿度、CO₂、光照传感器均放置在大棚东西方向与南北方向交叉的中心点上,土壤温湿度传感器放置在交叉中心点下方土壤深度 15 cm 处。另外,考虑到影响日光温室精准控制的因素较多,且温室作物对环境要求比较高,控制过程稍有不甚会危害作物生长,甚至造成作物绝收,因此实际应用中对天窗及灌溉控制采用了手动与自动 2 种模式,用户可以利用手机终端设置每项指标的手动、自动控制方式,增加控制系统灵活性与安全性。

目前,日光温室智能控制系统已经在德州陵县西葫芦主产区运行 1 年多的时间,一方面用户利用手机终端可以查询历史及实时温室环境数据、查看温室视频,为种植户日常生产提供数据支持,指导作物生产;另一方面,根据设定的阈值,实现环境数据自动预警与草苫、天窗、灌溉自动控制,还可利用手机 APP 实现手动控制,控制方式高效灵活,同时也

(上接第 139 页)

3 结论与讨论

盆栽试验和大田试验结果均显示,番茄地施用密旋链霉菌可以减少瓜列当寄生量和出土量,番茄育苗前基质拌菌剂、移栽时根施菌剂和有机肥比只在育苗前基质拌菌剂防除瓜列当效果明显,番茄产量的增加原因除了瓜列当危害减轻外,与密旋链霉菌的促生效果也有关系^[13]。

盆栽试验中,10 kg 土播 1.5 g 瓜列当种子,根据瓜列当种子千粒重可以算出 100 g 土中瓜列当种子含量是 900 余粒,大田试验中 0 ~ 30 cm 土层中瓜列当种子含量只有 200 粒/kg,但是后者瓜列当出土量远远大于前者,这可能与火箭盆中土壤混拌过猪粪有机肥料以及盆栽番茄根系生长受限制有关^[14]。

密旋链霉菌繁殖速度与土壤有机质含量有关^[15],移栽时密旋链霉菌施入番茄根部后,随着番茄根系迅速生长蔓延,分泌的刺激瓜列当发芽的物质增加,瓜列当出土量迅速增加^[16],如果密旋链霉菌繁殖速度受到土壤有机质含量等因素影响,跟不上番茄根系蔓延的速度,后期防除效果必然下降。

北方地区番茄种植面积大,瓜列当危害蔓延速度快,番茄移栽时人工穴施密旋链霉菌制剂耗时耗力,劳务成本较大,为大面积推广使用该菌剂,需要改进剂型,使其能用于随水滴灌或机械作业中。

参考文献

[1] PARKER C. The parasitic weeds of the Orobanchaceae Parasitic Orobanchaceae [M]. Berlin: Springer, 2013: 313 - 344.

大大节省了劳动力,提高了生产效率。

参考文献

[1] 李萍萍,王纪章. 温室环境信息智能化管理研究进展[J]. 农业机械学报, 2014, 45(4): 236 - 243.

[2] 王向军, 刘志刚, 李荣, 等. 日光温室物联网设计研究: 基于传感器智能网络操作系统[J]. 农机化研究, 2014(8): 189 - 192.

[3] 赵同林, 刘志刚, 徐伟恒, 等. 复杂大系统条件下日光温室农业物联网设计[J]. 农机化研究, 2014, 36(8): 202 - 205, 209.

[4] 张智, 邹志荣. 基于单片机的日光温室控制系统的设计[J]. 微计算机信息, 2006, 22(35): 77 - 78.

[5] 李亚迪, 苗腾, 朱超, 等. 北方日光温室智能监控系统的设计与实现[J]. 中国农业科技导报, 2016, 18(5): 94 - 101.

[6] 李莉, 张彦娥, 汪懋华, 等. 现代通信技术在温室中的应用[J]. 农业机械学报, 2007, 38(2): 195 - 200.

[7] 马海龙, 张长利, 郑博元, 等. 基于 ZigBee 技术的日光温室环境监控系统研究[J]. 农机化研究, 2015(6): 221 - 224.

[8] 王立舒, 杨广林, 徐向峰, 等. 日光温室温、湿度模糊控制系统研究[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(5): 625 - 627.

[2] JOLE D M, HERSHENHORN J, EIZENBERG H, et al. Biology and management of weedy root parasites[J]. Horticultural reviews, 2007, 8(7): 267 - 350.

[3] 余国新, 张建红. 新疆番茄产业发展与农户种植模式分析[J]. 北方园艺, 2011(14): 179 - 182.

[4] 梁世锋. 包头市土默特右旗双龙镇酱用番茄产业发展构想[J]. 陕西农业科学, 2010, 56(6): 169 - 171.

[5] 马永清. 采用植物化感作用与诱捕作物消除列当土壤种子库[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(1): 27 - 35.

[6] 张亚兰, 成金丽, 张建云, 等. 昌吉州加工番茄列当发生情况与综合防治技术[J]. 新疆农业科技, 2014(6): 37 - 38.

[7] 王亚娇, 纪莉景, 栗秋生, 等. 生物除草菌剂 Br - 2 对番茄列当的防治效果[J]. 中国蔬菜, 2017(4): 65 - 68.

[8] MABROUK Y, ZOURGUI L, SIFI B, et al. Some compatible *Rhizobium leguminosarum* strains in peas decrease infections when parasitised by *Orobanche crenata*[J]. Weed research, 2007, 47(1): 44 - 53.

[9] LOUARN J, CARBONNE F, DELAVALT P, et al. Reduced germination of *Orobanche cumana* seeds in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi or their exudates[J]. PLoS One, 2012, 7(11): 1 - 10.

[10] 薛泉宏, 同延安. 土壤生物退化及其修复技术研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(4): 28 - 35.

[11] 苏晶, 徐迎春, 潘易萍, 等. 应用控根容器火箭盆培育牡丹嫁接苗的研究[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2): 108 - 111.

[12] 余蕊, 赵文团, 陈连芳, 等. 盐碱地土壤列当种子库快速检测方法[J]. 新疆农垦科技, 2015, 38(11): 41 - 42.

[13] 申光辉, 薛泉宏, 陈素, 等. 硅酸钾与密旋链霉菌 Act12 菌剂配施对连作草莓生长、果实产量及品质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(3): 315 - 321.

[14] 唐嘉成, 兰艳丰, 夏博, 等. 施用有机肥对防治烟草上向日葵列当的效果[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(4): 119 - 121.

[15] 刘智慧, 陈慧, 包美丽, 等. 生防菌与有机肥联用防治马铃薯枯萎病及对土壤微生物生态的影响[J]. 中国马铃薯, 2017, 31(1): 30 - 37.

[16] 焦晓聪, 马永清, 李建明. 不同品种番茄刺激瓜列当种子发芽差异性研究[J]. 北方园艺, 2016(16): 14 - 18.

科技论文写作规范——题名

以最恰当、最简明的词句反映论文、报告中的最重要的特定内容,题名应避免使用不常见的缩略语、首字母缩写词、字符、代号和公式等。一般字数不超过 20 字。英文与中文应相吻合。英文题名词首字母大写,连词及冠词除外。