

基于远程监控的农业气象自动采集系统设计^{*}

武永峰¹ 官志宏² 刘布春¹ 李茂松³ 陆明⁴

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193; 3. 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081; 4. 南京信息工程大学应用气象学院, 南京 210044)

【摘要】 针对传统农业气象观测和当前传感器技术系统、方法存在的不足,设计了一套基于远程监控的农业气象自动采集系统,其硬件设备由农田小气候信息采集前端、视频图像信息采集前端、数据采集装置、数据传输装置和供电设备组成。该系统实现了农田小气候和视频图像信息参数采集与传输的高度集成,自动采集降水量、气温、空气湿度、风速、风向、光合有效辐射、土壤温度、土壤湿度和农作物视频图像信息,并通过远程客户端软件实现各要素信息的实时动态显示和远程监控。通过在郑州市、鹤壁市、温江市和荆州市开展的采集试验和系统试运行表明,系统显示出较好的稳定性,农田小气候和视频图像要素数据的采集、传输、动态实时显示与远程监控等各项功能均可满足各级用户需求。

关键词: 农业气象 采集系统 远程监控

中图分类号: S16; S24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)10-0174-06

Automatic Collecting System of Agro-meteorology Information Based on Remote Monitoring Technique

Wu Yongfeng¹ Gong Zhihong² Liu Buchun¹ Li Maosong³ Lu Ming⁴

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081, China

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

3. Key Laboratory of Agro-Environment & Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

4. College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract

In view of the shortages of traditional agro-meteorological observations and current automatic collecting techniques based on the sensors, an automatic collecting system of agro-meteorology information was built based on remote monitoring technique. Its total devices were composed of collecting front of the field microclimate, collecting front of the video, data collecting device, data transmission device and power equipment. The system highly integrated collection and transmission of the field microclimate data and video information, and automatically collected precipitation, air temperature, air humidity, wind speed, wind direction, photosynthetic active radiation, soil temperature, soil moisture and crop video information. The remote client software could achieve a real-time dynamic display and remote monitoring for all information. The test in Zhengzhou, Hebi, Wenjiang and Jingzhou stations showed that the system had a good performance in automatic collection, integrated transmission, real-time dynamic display and remote monitoring. It provided the basis for automatic identification, disasters information extracting and even crop yields estimation.

Key words Agro-meteorology, Collecting system, Remote monitoring

收稿日期: 2009-09-29 修回日期: 2010-01-23

^{*} 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2009AA12Z124、2009AA12Z143)和公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY200906033)

作者简介: 武永峰, 副研究员, 主要从事农业气象灾害监测与评价研究, E-mail: mywyfe@126.com

引言

农业气象观测大致可分为传统农业气象观测和基于传感器技术的农业气象自动采集两种方法。传统农业气象观测主要依靠人工方式,在农田现场定点、定期获取农业气象信息,并逐级上报至相关部门。该方法耗费人力、物力,而且信息传递的时效性和客观性较差。基于传感器技术的农业气象自动采集是现代农

业气象观测的基本要求还有一定的差距。鉴于此,基于网络视频图像采集技术的农作物生长发育监测成为一个研究热点^[11]。该技术利用网络技术跨越了地域限制,使用户通过远程视频图像便可及时了解农田环境和作物生长状况。为此,本文设计基于远程监控的农业气象自动采集系统,实现农田小气候传感器和视频图像采集器的高度集成,对农田小气候和农作物视频图像信息进行实时、自动采集,并对各项信息参数和网络摄像头姿态进行远程监控,以适应农业气象观测需求。

1 系统硬件结构设计

1.1 设备组成

农业气象自动采集设备主要由农田小气候信息采集前端、视频图像信息采集前端、数据采集装置、数据传输装置以及供电设备组成(图 1)。

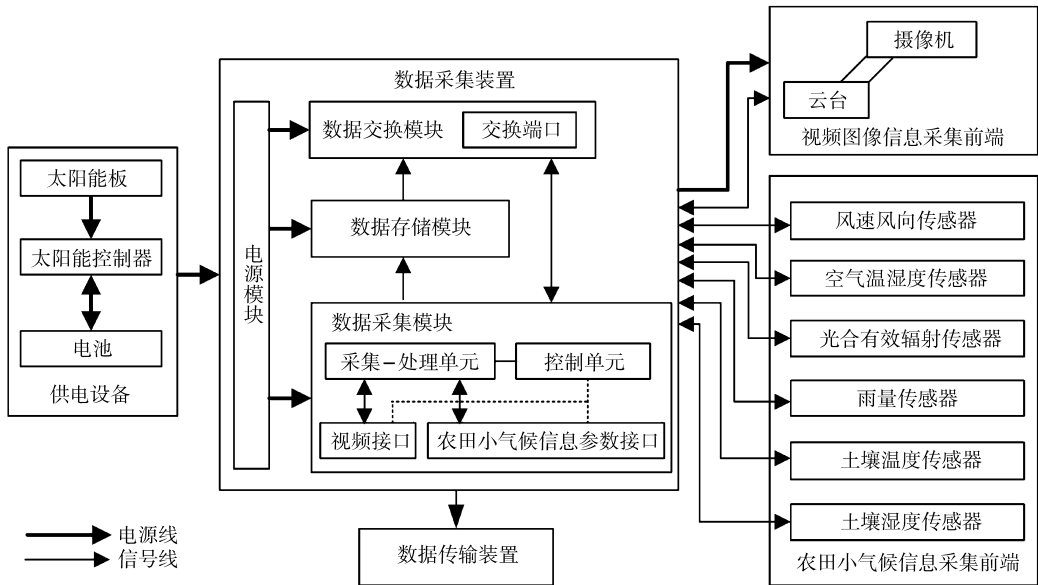


图 1 基于远程监控的农业气象自动采集设备组成框图

Fig. 1 Composition of automatic collecting equipment of agro-meteorology information based on remote monitoring technique

1.1.1 农田小气候信息采集前端

主要包括风速风向传感器、空气温湿度传感器、光合有效辐射传感器、雨量传感器、土壤温度传感器和土壤湿度传感器。风速风向传感器测量范围为 0 ~ 60 m/s 和 0° ~ 360°,最大允许误差分别为 $\pm(0.3+0.03v)$ m/s(v 为实际风速)和 $\pm 3^\circ$;空气温湿度传感器测量范围分别为 - 40 ~ 85℃ 和 0 ~ 100%,最大允许误差分别为 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 和 $\pm 2\%$;光合有效辐射传感器的光谱影响范围和时间分别为 400 ~ 700 nm 和 1 s,精度达到 $\pm 3\%$;雨量传感器的承水口径为 200 mm,降水量低于 10 mm 时的最大允许误差为 ± 0.4 mm,高于 10 mm 时为 $\pm 4\%$;土壤温、湿度

传感器的量程分别为 - 50 ~ 80℃ 和 0 ~ 100%,最大允许误差分别为 $\pm 3^\circ\text{C}$ 和 $\pm 1\%$ (特定土壤标定)。根据农业气象观测的不同需求,还可在前端增加土壤养分、作物理化性质传感器等。

1.1.2 视频图像信息采集前端

视频图像信息采集前端由网络摄像机和云台组成。网络摄像机采用 6.35 mm(1/4 英寸)高灵敏度 EXview HADTM CCD,在最低照度为 0.7lx 环境下仍能正常进行图像拍摄。该摄像机利用 216 倍变焦技术(18 倍光学变焦,12 倍数字变焦)实现高倍缩放功能,使用户能远距离获取小物体清晰而稳定的图像。云台在水平方向可实现无障碍 360°旋转,在垂

直方向旋角达 90° ,两个方向的旋转速度均为 $0.1 \sim 30(^{\circ})/s$ 。云台旋转的预置点设定 64 个,每条巡航路径由 16 个预置点组成,预置点之间的运行速度和时间均可进行调节。

1.1.3 数据采集装置

主要由数据采集模块、数据存储模块、数据交换模块以及电源模块组成。数据采集模块包括:农田小气候信息参数接口、视频接口、控制单元以及采集-处理单元。农田小气候信息参数接口可输入各种模拟信号和数字信号,并能兼容多种量程、多种信号电平,适合多类农田小气候传感器。根据不同需求,视频接口可同时连接多个视频图像传感器设备。采集-处理单元根据控制单元发出的指令,对来自各类传感器的标准信号进行采集处理。数据存储模块:采用安全数字 SD(secure digital)卡将输入的各类数据信息存储在本地,可作为上传数据不完整时的有效弥补。数据交换模块:用于将农田小气候数据和视频图像数据打包成统一规格的一路信息,并通过交换端口输出。其交换端口采用双通信多通道交换端口 RJ45/RS485,并采用以太网设备供电 POE(power over ethernet)技术,能够在确保现有结构化布线及供电安全的同时,保证现有网络的正常运作。电源模块:用于将供电设备提供的电源电压进行变压、稳压,并分别向数据采集模块、数据交换模块和数据存储模块提供直流电源电压。电源模块提供的直流电压范围为 $3 \sim 60\text{ V}$ 。

1.1.4 数据传输装置

数据传输装置具备无线传输功能,采用 OFDM 技术。该装置内置 17 dBi/20 dBi 天线(可外接天线),支持 IEEE 802.3 af POE 以太网供电,工作频段位于 $2.4/5.8\text{ GHz}$ 。通过 54 Mb/s 网桥模式,可实现 $5 \sim 8\text{ km}$ 范围内的远距离信息传输,实际传输速率最高可达 22 Mb/s 。该装置还提供 152 位 WEP、WPA、802.1x 等多种安全机制,从而为用户提供更高的数据安全性。独特的防水防尘设计,达到室外单元 IP66 国际 A 级防水防尘标准。

1.1.5 供电设备

供电设备用于向数据采集装置提供必要的工作电源,且具有二级通信端口防雷保护功能。考虑到农田较为偏远、供电条件不足的情况,采用太阳能供电方式,通过太阳能板和太阳能控制器将太阳能转换成电能,并通过电池储存。电池一次充电后可连续工作一周。

在供电设备的支持下,农田小气候信息采集前端通过各类传感器采集农田小气候信息,并将该信息参数信号传输到数据采集装置;视频图像

信息采集前端通过调整云台姿态,使用摄像机对准农作物进行拍摄,并将生成的视频图像信号传输到数据采集装置;数据采集装置将多路农田小气候信息参数信号和视频图像信号进行信号处理,并加以存储,同时将多路农田小气候信息和视频图像信息打包成一路信息,通过交换端口传给数据传输装置。

1.2 设备组装设计

在农田地上部分安装有风速风向传感器、光合有效辐射传感器、空气温湿度传感器、雨量传感器、视频图像设备、数据传输和传输装置、太阳能供电设备等,地下部分安装有土壤温度传感器和土壤湿度传感器(图 2)。其中,视频图像设备置于最高位置,支撑臂的伸展长度可以进行调节;风速风向传感器和光合有效辐射传感器置于作物最终株高 $5/3$ 的位置;雨量传感器的安置以不受作物或其他物体遮挡为宜;空气温湿度传感器安装在作物最终株高 $4/3$ 的位置;土壤温度传感器埋深为 5 cm 和 20 cm ,土壤湿度传感器埋深为 10 cm 、 20 cm 、 50 cm 和 100 cm ,以形成梯度观测。所有传感器和视频图像设备通过信号线与数据采集装置相连,太阳能供电设备通过电源线向数据采集装置传输转换形成的电能,所有设备的信号线、电源线以及避雷线都捆绑在一起,并包在设备支架的防雨空心管内。

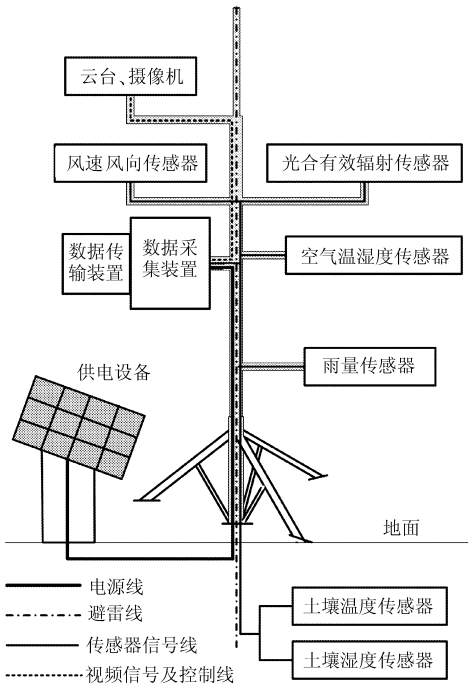


图 2 基于远程监控的农业气象自动采集设备
组装设计示意图

Fig.2 Installation schematic diagram of automatic
collecting equipment of agro-meteorology information
based on remote monitoring technique

2 系统功能设计

2.1 自动采集

系统所有采集站点的编号均按县 + 乡 (镇) + 村 + 农户编码方式组成,共 14 位编码。其中,县代码参照《中华人民共和国行政区划代码》(GB/T 2260—2007),乡和村代码参照《县级以下行政区划代码编制规则》(GB/T 10114—2003) 进行编码,农户代码按 01 ~ 99 顺序进行编码。

每个站点所采集的农田小气候要素包括降水量、气温、空气湿度、风速、风向、光合有效辐射、土壤温度和土壤湿度等,用户可通过远程客户端软件实时显示所选站点当日各要素的动态变化过程。农田小气候要素默认采集时间间隔为 1 min。点击软件界面上的“农作物生长发育”图标,进入视频显示画面。可按多画面同时显示所有站点视频,也可单一画面突出显示某站点视频。根据界面上的旋转、变倍、对焦以及调节光圈等操作功能,可调整图像拍摄的角度和距离。在默认状态下,系统每日自动采集两帧视频图像,采集时刻分别为 10:00 和 14:00。根据用户观测需求,还可对系统默认状态进行改动。

2.2 实时监控

主要包括数据监控和视频调控两部分。数据监控是指对农田小气候要素数据的完整性、连续性与合法性等进行的实时检查。视频调控是根据用户对农作物的实际拍摄需求,在远程客户端通过旋转云台、变倍、对焦、调节光圈等方式使网络摄像机以最佳姿态对农作物进行拍照,从而获得最理想的图像。当多个用户同时对一台网络摄像机进行远程调控时,系统将根据用户访问站点的权限大小进行管理。对于权限级别不同的用户,权限高的用户优先进行调控;对于同一权限级别的用户,按照访问的先后顺序进行调控。考虑到在农田恶劣环境中的网络传输可能出现中断,故利用数据采集装置的存储功能同时对上传数据进行备份存储。如果系统检测到数据传输出现中断、缺漏或异常值,将通过远程客户端软件实时显示界面提示用户,并及时调用数据采集装置中对应的备份数据。通常情况下,备份数据保存 1 个月。

2.3 短期预警

基于实时采集的农田小气候要素数据,系统可对当日内的降雨量、气温和风速等气象条件进行预警。具体方式是:当某项农田小气候要素观测值高于所设定的报警警戒值时,通过远程客户端软件界面发出报警提示。根据警戒值大小设定报警级别,如日累计雨量报警级别、1 h 雨量报警级别、3 h 雨量报警级别、低温报警级别、高温报警级别、大风报警级别等。

3 系统关键技术

3.1 农田小气候和视频图像信息集成

农田小气候和视频图像信息的集成主要通过研发数据采集装置实现。数据采集装置通过接收和下来自远程客户端的控制命令、接收和上传来自信息采集前端的各类参数数据,从而实现农田小气候和视频图像信息在硬件上的集成采集、处理、交换和传输。具体操作方式为:由远程客户端通过交换端口向数据采集模块发送多路农田小气候要素控制命令和视频控制命令,数据采集模块接收命令后分别通过农田小气候信息参数接口和视频接口相应地下传到农田小气候信息采集前端和视频图像信息采集前端,农田小气候信息采集前端和视频图像信息采集前端分别根据远程控制命令进行信息采集;数据采集模块通过相应参数接口分别接收来自信息采集前端的多路农田小气候参数信号和视频图像信号,经采集-处理单元进行标准信号处理后,分别还原成多路农田小气候参数数据和视频图像数据,并传给数据交换模块,数据交换模块通过交换端口将多路农田小气候参数数据和视频图像数据打包成统一规格的一路数据信息传给数据传输装置,并上传至远程客户端。

3.2 信息传输

来自远程客户端的控制命令下传、农田小气候和视频图像信息向远程客户端的上传等主要通过无线微波结合互联网络传输方式实现。该方式利用安装在农业气象自动采集设备上的数据传输装置作为其微波发射端,并在 0.1 ~ 30.0 km 范围内具备互联网条件的地方设置一个区域中心服务端,在该服务端安装一个微波接收装置,使得微波发射和接收装置之间形成局域传输网络。以农田小气候和视频图像信息传输为例,微波发射端通过调频办法,将视频图像和农田小气候信息转换到高频电磁波上,传输到区域中心服务端的微波接收装置。当信息到达服务端后,再通过 TCP/IP 协议,利用互联网络将数据信息传输到远程客户端。视频图像的传输采用 MPEG2/4、H. 264 音/视频压缩格式,而农田小气候参数信息被转换为电信号,到达目的地后再被解调出来。最终,这两类数据信息通过无线微波和互联网络上传至远程客户端。由于微波信号为直线传输,所以应避免中间有山体、高大建筑物遮挡。

4 系统应用

基于远程监控的农业气象自动采集系统自 2009 年 3 月底建成以来,已在鹤壁市 (35. 71° N,

114. 31°E,)、郑州市(34. 71°N,113. 66°E)、成都市(30. 7°N,103. 83°E)和荆州市(30. 35°N,112. 15°E)等地分别安装了采集设备,初步开展了小麦、玉米和水稻等农作物及其农田小气候的自动采集与传输试验,并对系统试运行状况进行了测试。郑州站和鹤壁站分别位于豫中和豫北地区,主要种植小麦和玉米;成都站和荆州站分别位于成都平原和江汉平原腹地,以种植水稻为主。

经测试,基于远程监控的农业气象自动采集系统显示出较好的稳定性,农田小气候和视频图像要素数据的采集、传输、动态实时显示与远程监控等各项功能均可满足各级用户需求。用户可登录系统软件界面实时浏览各站点农田小气候要素动态变化过程和视频图像画面。图3是2009年9月14日郑州站农田小气候要素的实时显示界面,当日0:00~24:00时空气温度的动态曲线呈低-高-低的变化趋势。点击右上角“农作物生长发育”图标,进入各站视频图像实时显示画面(图4),可以较清晰地辨识出画面中水稻和玉米的叶、穗等特征。

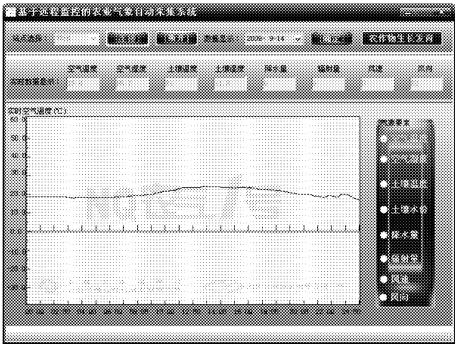


图3 农田小气候要素实时显示界面
Fig.3 Real-time display interface of field microclimate factors



图4 农作物视频图像实时显示画面
Fig.4 Real-time display interface of video images of crop

为了保证系统的正常有效运转和数据采集的准确性,对硬件设备进行了精度控制。所有传感器事先都经过校准,其数据采集误差属于系统误差,且介于允许误差范围之内。传感器放置的具体位置、高度(或深度)是根据长期致力于农业气象观测的专业人员针对不同农作物的生长特点讨论而确定的,具有一定的科学性。在系统试运行期间,由专业维护人员定期对网络摄像头的玻璃罩进行擦洗,以确保图像采集的清晰度。

5 结论

(1) 经鹤壁市、郑州市、成都市和荆州市4站测试,基于远程监控的农业气象自动采集系统显示出较好的稳定性,农田小气候和视频图像要素数据的采集、传输、动态实时显示与远程监控等各项功能均可满足各级用户需求。该系统不仅能够自动采集降水量、气温、空气相对湿度、风速、风向、光合有效辐射、土壤温度、土壤含水率等农田小气候要素和图像信息,而且可以根据实时显示的视频画面掌握第一手的农田现场资料,大大缩短了从观测、上报、评估到应对措施下达的整个响应过程,为及时了解农作物生长动态、进行农业气象会商与决策提供科学依据。同时,该系统还具备良好的可扩展性,可以随时在系统采集前端增加相关传感器设备,以满足农业气象观测的各类需求。

(2) 与现有各类传感器采集技术相比,基于远程监控的农业气象自动采集系统最大特点在于视频图像信息的自动采集方面,这是最终实现农作物生长状况定量判别的前提和基础。在图像识别技术和几何测量技术等的支持下,农作物生育期、植株高度、种植密度乃至穗数等产量要素信息的定量提取将成为现实。若能在全国范围内形成一定规模的观测网络体系,将可大大提高农业气象及其灾害预报、农作物估产等的准确性。

(3) 作为一项新技术,基于远程监控的农业气象自动采集系统从根本上完全不同于传统农业气象观测。因此,与其对应的一系列观测规范如采集设备组装、农田小气候观测、作物生长发育观测、农业气象灾害和病虫害观测、作物生长量观测等的田间试验研究与规范制定显得尤为重要。

参 考 文 献

1 赵燕东,王一鸣. 智能化土壤水分分布速测系统[J]. 农业机械学报, 2005, 36(2): 76~78.
Zhao Yandong, Wang Yiming. Intelligent system of measuring the spatial distribution of soil moisture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(2): 76~78. (in Chinese)

- 2 袁国富, 罗毅, 孙晓敏, 等. 作物冠层表面温度诊断冬小麦水分胁迫的试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 13 ~ 17.
Yuan Guofu, Luo Yi, Sun Xiaomin, et al. Winter wheat water stress detection based on canopy surface temperature[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(6): 13 ~ 17. (in Chinese)
- 3 Maleki M R, Mouazen A M, Ketelaere B De, et al. On-the-go variable-rate phosphorus fertilization based on a visible and near-infrared soil sensor[J]. Biosystem Engineering, 2008, 99(1): 35 ~ 46.
- 4 Corwin D L, Lesch S M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2005, 46(1 ~ 3): 11 ~ 43.
- 5 杨敏华, 刘良云, 刘团结, 等. 小麦冠层理化参量的高光谱遥感反演试验研究[J]. 测绘学报, 2002, 31(4): 316 ~ 321.
Yang Minhua, Liu Liangyun, Liu Tuanjie, et al. Research on a method to retrieve biophysical and biochemical parameters of wheat canopy with hyperspectral remote sensing[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2002, 31(4): 316 ~ 321. (in Chinese)
- 6 Han Shufeng, He Yong. Remote sensing of crop nitrogen needs and variable-rate nitrogen application technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(5): 28 ~ 33.
- 7 赵春江, 黄文江, 王纪华, 等. 用多角度光谱信息反演冬小麦叶绿素含量垂直分布[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 104 ~ 109.
Zhao Chunjiang, Huang Wenjiang, Wang Jihua, et al. Extracting winter wheat chlorophyll concentration vertical distribution based on bidirectional canopy reflected spectrum[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(6): 104 ~ 109. (in Chinese)
- 8 冯雷, 方慧, 周伟军, 等. 基于多光谱视觉传感技术的油菜氮含量诊断方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(9): 1 749 ~ 1 752.
Feng Lei, Fang Hui, Zhou Weijun, et al. Nitrogen stress measurement of canola based on multi-spectral charged coupled device imaging sensor[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2006, 26(9): 1 749 ~ 1 752. (in Chinese)
- 9 黄木易, 黄文江, 刘良云, 等. 冬小麦锈病单叶光谱特征及严重度反演[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 176 ~ 180.
Huang Muyi, Huang Wenjiang, Liu Liangyun, et al. Spectral reflectance feature of winter wheat single leaf infected with stripe rust and severity level inversion[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 176 ~ 180. (in Chinese)
- 10 蔡成静, 马占鸿, 王海光, 等. 小麦条锈病高光谱近地与高空遥感监测比较研究[J]. 植物病理学报, 2007, 37(1): 77 ~ 82.
Cai Chengjing, Ma Zhanhong, Wang Haiguang, et al. Comparison research of hyperspectral properties between near-ground and high altitude of wheat stripe rust[J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2007, 37(1): 77 ~ 82. (in Chinese)
- 11 Fukatsu T, Hirafuji M. Field monitoring using sensor-nodes with a web server[J]. Journal of Robotics and Mechatronics, 2005, 17(2): 164 ~ 172.
- 12 郭志伟, 张云伟, 李霜, 等. 基于 GSM 的农田气象信息远程监控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 161 ~ 166.
Guo Zhiwei, Zhang Yunwei, Li Shuang, et al. GSM-based remote monitoring system of farm field meteorological information [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 161 ~ 166. (in Chinese)

(上接第 164 页)

- 7 Cavazza A, Versini G. Characterization of six *Saccharomyces cerevisiae* strains on the basis of their volatile composition production, as found in wine of different aroma profiles[J]. Yeast, 1989, 5(2): 163 ~ 167.
- 8 Gil J V, Mateo J J. Aroma compounds in wine as influenced by apiculate yeasts[J]. Journal Food Science, 1996, 61(6): 1 247 ~ 1 249.
- 9 GB/T 15038—2006 葡萄酒、果酒通用分析方法[S].
GB/T 15038—2006 Analytical methods of wine and fruit wine[S]. (in Chinese)
- 10 Sanket Joshi, Sanjay Yadav. Application of response-surface methodology to evaluate the optimum medium components for the enhanced production of lichenysin by *Bacillus Licheniformis* R2[J]. Biochemical Engineering Journal, 2008, 41(2): 122 ~ 127.