

林下参光照强度实时监控系统

武海巍^{1,2}, 于海业^{1*}, 张蕾¹

(1. 吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 长春 130022; 2. 北华大学电气信息工程学院, 吉林 132021)

摘要: 为了自动实时监测和记录林下参基地光环境的光照强度, 利用 TSL2561 对可见光敏感特性、ATMega16L 具备 I²C 和 SPI 总线功能, 设计了单个主机、10 个从机组成的林下参光照强度实时监控系统。主机利用通讯总线外挂 10 个从机, 通过 2~10 号从机采集 9 个林下试验单元单点光照强度。通过 5 套由单个主机、10 个从机组成的系统组合, 实现对试验单元多点测试。利用 MATLAB 设计上位机控制系统, 实现实时调整试验单元光照强度数据采集的采样周期, 通过对比以 10、20、30、40、50、60 min 为采样周期获取的数据, 得出 30 min 作为采样周期, 可以真实反映数据变化趋势且采样点最少。整个系统实现了作为所测地区光照强度数据库的功能, 为后续建立林下光环境预测模型和分析人参光合作用变化规律提供保障。

关键词: 林下参, 光照强度, 通讯总线, 实时监控系统, MATLAB

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.04.039

中图分类号: S214.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-04-0225-05

武海巍, 于海业, 张蕾. 林下参光照强度实时监控系统[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 225-229.

Wu Haiwei, Yu Haiye, Zhang Lei. Light intensity real-time monitoring system for ginseng under forest [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(4): 225-229. (in Chinese with English abstract)

0 引言

光照强度在诸多方面对植物光合作用具有显著影响, 对植物同化物的运输和分配也会产生影响^[1]。人参是典型的阴性植物, 对光环境的要求十分严格^[2]。林下参光环境中的光照强度对人参叶片光合作用特性, 人参产量和皂苷含量, 人参叶绿素、淀粉、糖类物质等成分变化都有较大的影响^[3-5]。开展林下参光环境的动态变化模型与人参个体与群体受光动态模型研究, 实时监测林下参光环境光照强度变化有重要意义。传统方法在林网生态场分析植物光合作用时, 用照度仪来检测太阳光照强度^[6]。该类仪器操作简单、携带方便、操作灵活, 通过液晶屏直接读光照强度的数值。但是价格较高, 同时使用数量较多的照度仪, 费用较高, 限制了其推广, 并且需测量大范围不同区域的光照强度时, 费时、费力、重复工作量大。林下参大多栽培在山里, 其环境复杂, 无线传输过程中易出现信号中断和误码现象^[7-17], 本研究采用成本较低、信号传输稳定可靠的有线通信技术, 设计了一种光照强度监控系统。

1 材料与方法

1.1 样本来源

样本来源于吉林省梅河口林场林下参种植基地, 地

理位置东经 125.5°, 北纬 42.2°, 海拔 514 m。全年日照时数 2 556 h, 年平均气温 4.6°C, 年平均降水量 798 mm。所选试验样地为 20 a 生同龄人工落叶松林, 位于海拔 514 m, 坡向 172°, 坡度 13°, 林分郁闭度 0.8, 平均树高 14.8 m。以生长 8 a 龄人参林下基地为研究对象, 实时测定试验单位的光照强度。

1.2 光照强度测定方法

本系统由 PC 上位机和由主机、从机及光照强度传感器组成的下位机构成, 其中主、从机为 Mega16L 微处理器, 光照强度传感器采用 TSL2561 芯片。系统组成如图 1 所示。

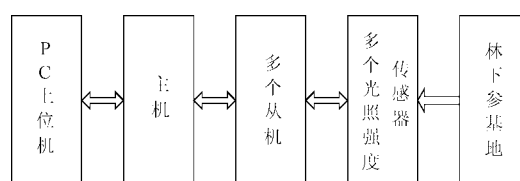


图 1 系统组成

Fig.1 System composition

从图 1 可见, 系统需要多个从机和多个光照强度传感器, 原因在于林下参基地光环境情况复杂, 为更真实反应基地光照强度情况, 需分布多个测试点, 取其平均值作为所测区域的光照强度。

从机系统由 TSL2561 光照强度传感器与 Mega16L 微处理器组成, 两者之间通过 I²C 总线进行通信, 避免使用过多 I/O 口, 并使数据传输抗干扰性增强。如图 2 所示。

由图 2 可见, 通过 3 根数据线可完成在传感器 TSL2561 与微处理器 Mega16L 之间通讯。有研究表明^[5], 人参适宜光照强度范围为 6 lux~20 klux, 光饱和强度范围为 10 lux~20 klux。本系统采用 6LEAD TMB 封装形式

收稿日期: 2010-08-09 修订日期: 2010-12-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871452)

作者简介: 武海巍 (1978-), 男, 博士生, 主要从事控制理论和检测技术研究。长春 吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 130022。

Email: wuhwjlu08@mails.jlu.edu.cn

*通信作者: 于海业 (1963-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事地面机械仿生技术、控制理论和生物环境与能源工程研究。长春 吉林大学工程仿生教育部重点实验室, 130022。Email: haiye@jlu.edu.cn

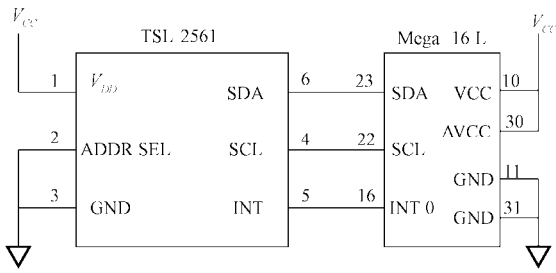


图2 TSL2561与Mega16L接口

Fig.2 Interface between TSL261 and Mega16L

的TSL2561芯片,涵盖0~40 klux之间光强照度范围,满足检测人参适宜生长所需光照强度范围。检测光照强度时,从TSL2561芯片通道0寄存器和通道1寄存器读取相应值CH0和CH1。当 $0 < CH1/CH0 \leq 0.50$ 时,光照强度E(单位: lux)为 $0.0304 \times CH0 - 0.062 \times CH0 \times (CH1/CH0) 1/4$ 计算值;当 $0.50 < CH1/CH0 \leq 0.61$ 时,E为 $0.0224 \times CH0 - 0.031 \times CH1$ 计算值;当 $0.61 < CH1/CH0 \leq 0.80$ 时,E为 $0.0128 \times CH0 - 0.015 3 \times CH1$ 计算值;当 $0.80 < CH1/CH0 \leq 1.30$ 时,E为 $0.00146 \times CH0 - 0.001 12 \times CH1$ 计算值;当 $CH1/CH0 > 1.30$ 时,E为0。

参照Anick等在林下西洋参皂甙受环境因素影响研究中的方法^[2],在林下参基地随机选取9个4 m²的试验单位。将从机分布在试验单位中,其中1号从机放入标准光照强度环境中。采样周期需根据当地光照变化情况而自行分析设定。如图3所示。

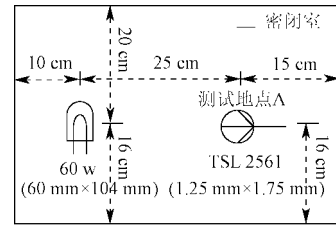


图3 标准测试环境

Fig.3 Remote transfer system standard test environment

由图3可见,标准光照强度环境由放入60 W白炽灯的密闭室构成,测试地点A为密闭室内指定位置。将TNHY-9监测仪和包含TSL2561芯片的监控系统放置于A处进行光照强度测试,TNHY-9监测仪所测得光照强度为343 lux,TSL2561芯片测得光照强度数据经SPI总线传输,通过主机传给上位机并显示为340 lux,在误差±3 lux范围内,该监控系统具备相当可靠性。除1号从机外,其他从机置于林下参基地试验单元环境中,测试光照强度并向主机传输。

1.3 主机与从机接口

本系统采用单个主机、多个从机的SPI总线连接方式,使得主从机传输距离达到1 000 m,为今后更方便增加试验单位监控点提供保障。该方法简单易行且光照强度传输数据受外界因素干扰小,适用于林下参光环境中所要测量的光照强度区域较大的特点。系统由单个主机、10个从机组成,如图4所示。

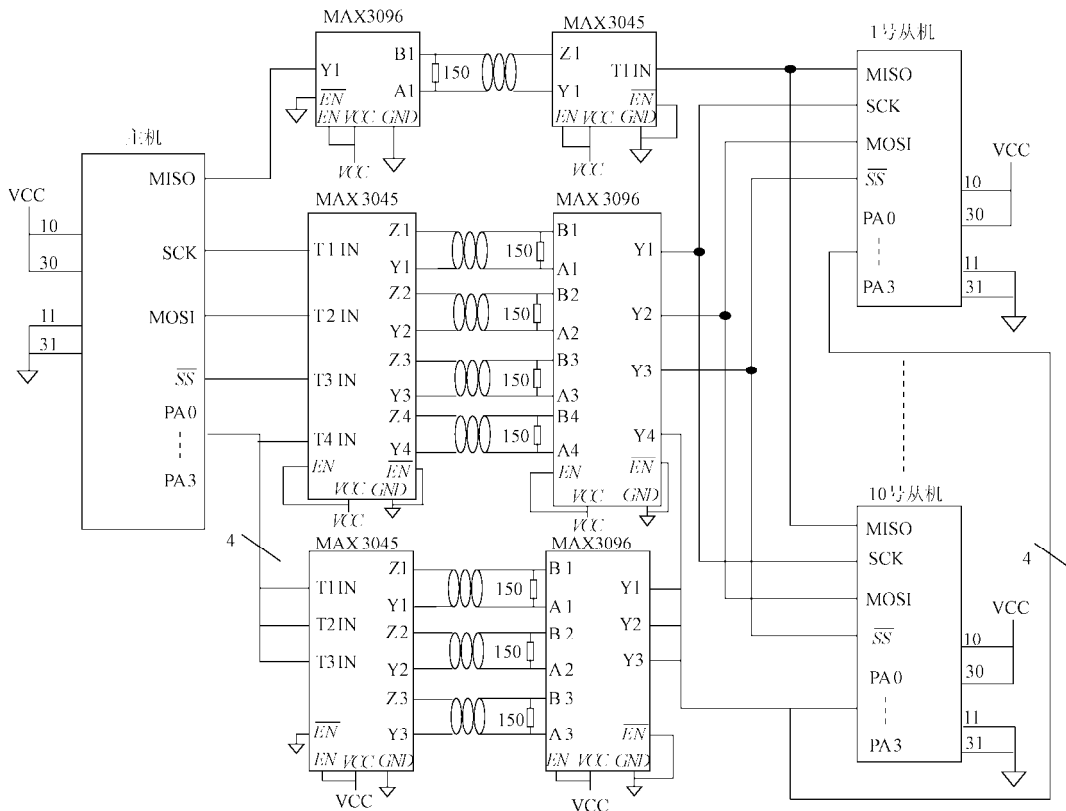


图4 主-从机硬件接口

Fig.4 Interface between master and slaves

1.4 主机与上位机接口

本系统将主机存储的光照强度传给上位机，两者之间距离为 5 m，数据传输速率小于 20 kb/s。硬件连接如图 5 所示。

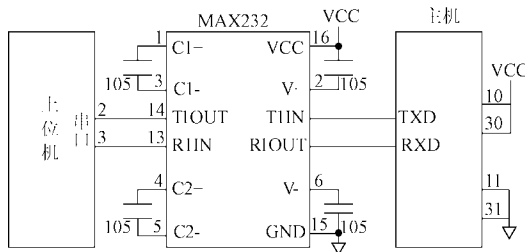


图 5 上位机与主机接口
Fig.5 Interface between host computer and master

2 结果与分析

2.1 系统数据传输可靠性分析

将各从机与 TNHY-9 监测仪放入标准光照环境中，测试光照强度。在数据传输过程中，加入校验码以确保数据传输可靠性，加入从机编号以区分林下基地不同试验单位。各从机测得数据如表 1 所示。

表 1 标准光照环境中各从机所测光照强度

主-从机 传输 距离	TNHY9	1号 从机	2号 从机	3号 从机	4号 从机	5号 从机	6号 从机	7号 从机	8号 从机	9号 从机	10号 从机
500 m	343	340	340	340	340	341	340	340	340	340	340
1 000 m	343	339	340	340	341	340	339	340	338	340	340

从表 1 可看出，主-从机传输距离为 500 m 时，除 5 号从机所测得光照强度值为 341 lux 外，其余从机所测值均为 340 lux，其方差为 8.5。主-从机传输距离增加为 1 000 m 时，各从机所得光照强度开始变化，其方差为 11.5。可见，主-从机传输距离的增加使得该系统性能有所下降，但从整体看，系统主-从机传输距离不超过 1 000 m 时，本系统对光照强度数据传输具备相当可靠性。

2.2 从机不同分布对光照强度测试结果影响分析

测试时间为 2010 年 4 月 10 日上午 10:00。将 1 号从机放入标准光照环境中，将其他各从机放入对应的试验单元中心位置、试验单元范围边缘正南、正北、正东、正西位置处，测得光照强度和方差如表 2、3 所示。

表 2 试验单位内不同位置光照强度

试验 单元	2号 从机	3号 从机	4号 从机	5号 从机	6号 从机	7号 从机	8号 从机	9号 从机	10号 从机
中心处	6	5.3	7.5	8	9	8	7.3	9.5	10.2
正东	10.5	7	10.7	6.5	5.5	9.5	10	9	8.5
正南	7	6	9.7	9.2	11.3	8.5	8	10.6	10.3
正西	8.5	8	10.6	10.3	8.5	6	7.5	5.5	7.5
正北	6	6.5	8.3	7.6	6	7.6	6	7	5.5

从表 2 可看出，各个试验单元范围内，不同测试地点所测得光照强度不同，相差最大数值为 6 号从机在正南和正东所测数据之差，达到 5.8 lux。本研究将中心位置、正东、正南、正西、正北所测光照强度取平均值，作为该试验单元光照强度。

表 3 试验单位内不同位置光照强度的方差

Table 3 Light intensity variance of different region in experimental unit

试验 单元	2号 从机	3号 从机	4号 从机	5号 从机	6号 从机	7号 从机	8号 从机	9号 从机	10号 从机
方差	4.02	0.834	1.287	1.726	4.474	1.326	2.554	3.35	3.22

表 3 数据表明，不同试验单元内不同测试地点偏离期望值的程度不同，符合林下参环境复杂的特点^[2-3]。6 号地区光照强度的方差较大，根据不同试验的实际情况，可对该地区逐步划分试验单元，进行光照强度测量。

2.3 多套单个主机、10 个从机组成的系统组合分析

一套单个主机、10 个从机组成的系统可以完成对 9 个试验单元某个点的光照强度测试，由试验结果可见，由于林下光环境复杂，影响光照强度因素很多，单点测试难以真实反映试验单元光照情况。本研究利用 5 套单个主机、10 个从机组成的系统组合，测试试验单元光照强度。第 1 套系统相应从机放置在试验单元中心位置，第 2、3、4、5 套系统相应从机依次放置在试验单元边缘的正东、正南、正西、正北位置处。五套系统均需向上位机传输数据，但上位机串口数量有限，不能同时进行与每套系统的串口通讯。本研究利用 I²C 串行接口只需 2 根线即可完成通讯，并且允许有 128 个从机的特点，在上位机和 5 套系统间置入一片 ATMEga16L，将该芯片作为主机，每套系统中的主机作为从机，进行 I²C 通讯，同时，该芯片利用 USART 接口与上位机进行 RS232 通讯，解决了 5 套系统与上位机进行数据传输的困难，且便于日后扩展。如图 6 所示。

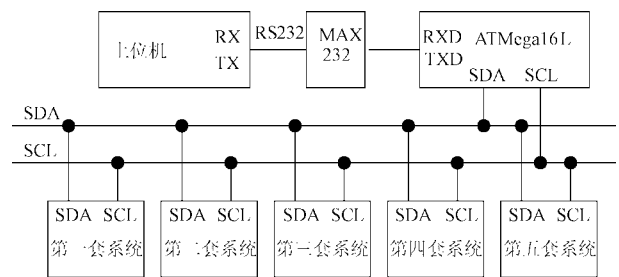


图 6 上位机与主机连接
Fig.6 Connection between PC and Master

2.4 上位机控制光照强度测定分析

测试界面利用 MATLAB 绘制，方便今后光照强度扩展功能的实现。

根据于海业等已完成的林下参光照模型建立^[2]为参考，选取 2010-04-15 9:00—16:00 时间段进行光照强度测量。设定不同采样周期，观察光照强度变化趋势。在一个测试周期内，以 10、20、30、40、50、60 min 为采样周期。以 2 号试验单元为例，光照强度变化如图 7 所示。

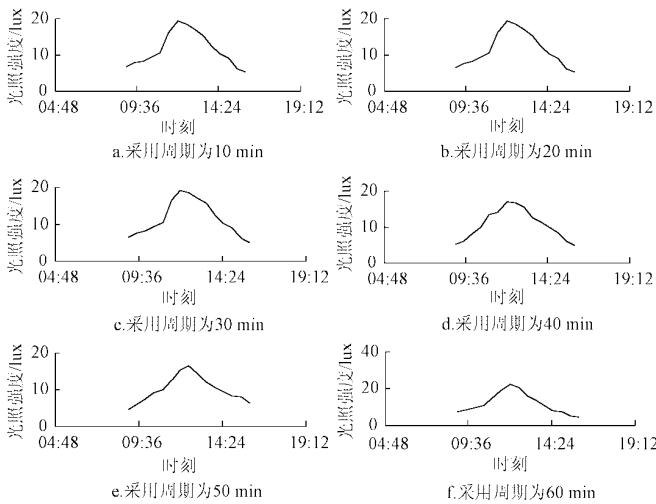


图7 2号地区不同采样周期的光照强度变化曲线

Fig.7 Second region different sampling period light intensity change curve

由图7可见,采样周期等于或低于30 min时,数据变化曲线体现出较多所测区域的光照强度信息,大于30 min时,曲线所体现光照强度信息有失真现象。本研究采用30 min作为2号试验单元最佳采样周期,其他试验单元按此方法找出最佳采样周期,取最小采样周期30 min作为9个试验单元区最佳采样周期。

2010年4月15日,林下参基地应用该实时监控系,通过上位机界面观察各试验单元光照强度变化并记录存储,如图8所示。

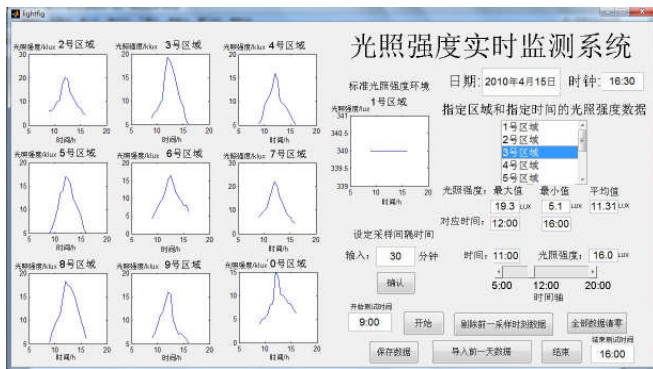


图8 光照强度实时监控系界面

Fig.8 Light intensity real-time monitor system interface

应用TNHY-9监测仪对3号区域光照强度进行测量,测试时间为9:00—16:00,时间间隔为1 h,如表4所示。

由图8和表4可见,在误差±3 lux范围内,利用该监控系统与TNHY-9监测仪共同检测的3号区域光照强度数据,两者具有一致性,结果令人满意。

表4 TNHY-9监测仪检测3号区域光照强度

Table 4 Luminous intensity of NO.3 area based on TNHY-9 detector

	lux							
时间	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
TNHY-9	7	8	10	20	15	11	8	6

3 结论

根据林下光环境及对光照强度测量精度的要求,本研究采用5套单个主机、10个从机组成的系,依据方差细化试验单元法、调整采样频率,满足不同试验要求。

利用TSL2561、ATMEL16L和MATLAB开发林下参光照强度实时监控系,能够实时、准确监测林下光照强度变化信息,利用上层界面,可随时查找指定时间、指定区域光照强度数据,为人参个体和群体受光动态模型研究提供光照强度数据库。由试验结果可见,该系具备相当的易用性、可靠性和扩展性。为林下参光环境的进一步研究提供了试验方法和技术支持。

[参考文献]

[1] 种培芳,陈年来.光照强度对园艺植物光合作用影响的研究进展[J].甘肃农业大学报,2008,10(5):110—115.
Zhong Peifang, Chen Nianlai. Research progress of the influence of light intensity on photosynthesis of horticultural plants[J]. Journal of gansu agricultural universtiy, 2008, 10(5): 110—115. (in Chinese with English abstract)

[2] 于海业,张蕾.人参生长光环境研究进展[J].生态环境,2006,15(5):1101—1105.
Yu Haiye, Zhang Lei. Research progress in light environment of Panax ginseng growth[J]. Ecology and Environment, 2006, 15(5): 1101—1105. (in Chinese with English abstract)

[3] Wu Haiwei, Yu Haiye, Yang Haoyu, et al. Communication protocols realization of the prediction and evaluation light environment embedded systems[C]//2010 International Conference on Machine Vision and Human-Machine Interface, KaiFeng China,2010, 109—112.

[4] 张治安,徐克章,任跃英,等.光照条件对参株碳水化合物和人参皂甙含量的影响[J].吉林农业大学学报,1994,16(3):232—238.
Zhang Zhian, Xu Kezhang, Ren Yueying, et al. Effect of Light intensity on Content of Soluble Sugar, Starch and Ginseng Saponin in Ginseng Plant[J]. Journal of jilin agricultural university, 1994, 16(3): 232—238. (in Chinese with English abstract)

[5] 徐克章,曹正菊,张为群,等.人参叶片光合作用特性的研究[J].中国农业科学,1990,23(6):69—74.
Xu Kezhang, Cao Zhengju, Zhang Weiqun, et al. Studies on the photosynthetic characterics of chinese panax ginseng lesves[J]. Scientia Agricultura Sinica, 1990, 23(6): 69—74. (in Chinese with English abstract)

[6] 常杰,葛滢.松嫩平原西部林网生态场中玉米光合生态研究[J].植物生态学报,1995,19(2):137—143.
Chang Jie, Ge Ying. A Study on the characteristics of photosynthesis of corn a shelterbelt network ecological field [J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1995, 19(2): 137—143. (in Chinese with English abstract)

[7] 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 of Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 161–166. (in Chinese with English abstract)
- [8] 冯春生, 高金方, 田海云, 等. 应用 ^{14}C 示踪测定人参的光合速率[J]. 核农学报, 1988, 2(4): 110–115.
Feng Chunsheng, Gao Jinfang, Tian Haiyun, et al. The measurement of photosynthetic rate of panax ginseng with ^{14}C tracer method[J]. Acta Agricultural Nucleatae Sinica. 1988, 2(4): 110–115. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王定成, 姚岚, 汪懋华. 基于 USB 的温室环境便携式数据采集器[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 172–176.
Wang Dingcheng, Yao Lan, Wang Maohua. Advanced portable data logger for greenhouse environment parameters based on USB[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(10): 172–176. (in Chinese with English abstract)
- [10] 方慧, 何勇. 基于 Windows CE 的农田信息快速采集技术[J]. 农业机械学报, 2005, 36(1): 92–96.
Fang Hui, He Yong. Fast collection technology of field information based on Windows CE[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(1): 92–96. (in Chinese with English abstract)
- [11] 王风云, 赵一民, 张晓艳, 等. 基于分段控制策略的温室智能测控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(5): 178–181.
Wang Fengyun, Zhao Yinmin, Zhang Xiaoyan, et al. Intelligent measure-control system design based on sectional-control strategy in greenhouse[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(5): 178–181. (in Chinese with English abstract)
- [12] Anick R Fournier, John T A proctor, Louis Gauthiere, et al. Understory light and root ginsenoside in forest-grown Panax quinquefolius[J]. Phytochemistry, 2003, 63(5): 777–782.
- [13] Li D M, Liu Y F. A study on intelligent greenhouse temperature measurement system based on RS485bus[C]. International Conference on Agriculture Engineering, BaoDing China, 2007, 714–719.
- [14] The data sheet for ATMega16[Z]. ATMEL Corporation 2002.
- [15] Anastasi Giuseppe, Ancillotti Emilio, Conti Marco, et al. Design and performance evaluation of a transport protocol for ad hoc networks[J], Computer Journal, 2009, 52(2): 186–209.
- [16] Avnit K, D'Silva V, Sowmya A, et al. Provably correct on-chip communication: A formal approach to automatic protocol converter synthesis[J]. ACM Transactions on Design Automation of Electronic Systems. 2009, 14(2): 19–25.
- [17] Ohta Masataka. Performance comparisons of transport protocols for session initiation protocol signaling[C]//2008 4th International Telecommunication Networking Workshop on QoS in Multiservice IP Networks. 2008, 148–153.

Light intensity real-time monitoring system for ginseng under forest

Wu Haiwei^{1,2}, Yu Haiye^{1*}, Zhang Lei¹

(1. Key Laboratory of Bionic Engineering, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130022, China;

2. School of Electrical and Information Engineering, BeiHua University, Jilin 132021, China)

Abstract: In order to automatically real-time monitor and record light intensity, a monitoring system of light intensity for ginseng under forest was designed by using TSL2561 and ATMega16L. The system included one master and ten slavers micro-computers connected by system bus. The the second to the tenth slavers were used to get the light intensity in nine experimental sites, and more locations were measured through five monitoring systems. The real-time control system in the principal computer was designed by using MATLAB software. Through adjusting the sampling period of real-time control system in 10, 20, 30, 40, 50 and 60 minutes, the 30 minutes sampling period was thought as ideal sampling interval which had less measuring points and could better reflect the changes of the light intensity. The whole system has the database function for measuring light intensity of the region, and the results can provide convenience and guarantee for establishing the forecast models of forests light environment and analyzing the variability of ginseng photosynthesis rules.

Key words: ginseng under forest, light intensity, communication bus, real-time monitoring system, MATLAB