

基于 LabVIEW 的小麦生物量检测系统*

郑玲¹ 朱大洲² 王成² 潘大宇² 罗斌² 赵春江²

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100; 2. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘要: 为了快速、无损地测量小麦生物量,根据小麦茎秆的力学特性,设计了一种基于 LabVIEW 的小麦生物量检测系统。以压力传感器为测量元件,以阿尔泰 DAM-3056AH 为高速采集模块,获取的小麦受推杆作用产生的回弹力信号由 LabVIEW 测量系统完成数据的实时采集、显示和保存。利用该检测系统在田间进行小麦生物量检测试验,以验证系统的性能。试验结果表明不同品种的小麦茎秆回弹力具有明显的差异,小麦茎秆回弹力与生物量(鲜质量)具有一定的相关性,采用线性回归法建立两者之间的回归模型,模型的决定系数 R^2 达到 0.7127。结果表明基于力学原理进行小麦生物量检测是可行的。

关键词: 小麦 生物量 检测系统 LabVIEW 压力传感器

中图分类号: S24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)09-0214-05

Detection System for Wheat Biomass Based on LabVIEW

Zheng Ling¹ Zhu Dazhou² Wang Cheng² Pan Dayu² Luo Bin² Zhao Chunjiang²

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

Abstract: In order to detect the wheat biomass non-destructively and fast, a system based on LabVIEW was developed according to the mechanical property of wheat stalk. Real-time acquisition, display and storage of the data was finished by detection system based on LabVIEW, with mechanical sensor as measuring element and collecting resilience signal produced when the stalk was pushed by the rod with high-speed acquisition module DAM-3056AH of ART-TECH. The detection system was tested in the wheat field to examine its property. The results showed that the resilience of the wheat stalks between different varieties were clearly different. The resilience of the wheat stalk had close relationship with biomass (fresh weight), of which the R^2 was achieved 0.7127. It was indicated that the detection of wheat biomass based on mechanics was feasible.

Key words: Wheat Biomass Detection system LabVIEW Pressure sensor

引言

农作物地上鲜生物量是反映其生长状况的重要指标,生物量大小与作物的光能利用率、品质、产量有密切联系。小麦生物量管理在农业生态系统中的作物管理、小麦的产量和收益方面起到关键性的作用^[1]。对于小麦群体干物质生产与产量形成的关

系而言,小麦的生物产量和经济产量呈显著正相关^[2-3]。传统的小麦生物量检测方法是小麦进行收割之后再测量,这种方法不但具有很强的破坏性而且耗时费力,因此,寻找一种简洁、快速、无破坏性的生物量测量方式,对农业的自动化、信息化发展具有重要意义。

对于农作物生物量测量,目前国内外已经有一

收稿日期: 2012-09-02 修回日期: 2012-11-20

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAH20B0203)、公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203026)和北京市优秀人才培养资助项目(2011D002020000008)

作者简介: 郑玲, 博士生, 主要从事农作物生命信息获取研究, E-mail: monica.zheng@163.com

通讯作者: 赵春江, 研究员, 博士生导师, 主要从事农业信息化技术研究, E-mail: zhaocj@nrcita.org.cn

些初步的研究,取得了一定的成果^[4~7]。这些估测生物量的方法都是针对大尺度区域的农作物。新西兰 WBC 公司生产的落盘式测定仪^[8],通过圆盘压缩牧草高度来估测牧草生物量,由于此仪器是单点式测量,难以实现田间作物的连续测量。本文基于力学原理设计基于 LabVIEW 的小麦生物量检测系统,实现小地块区域内小麦生物量的快速、无损检测。

1 测量原理及方法

作物在受到推力时的变形与其茎秆强度、种植密度有关,而这些因素又与生物量相关,因此可以通过测定小麦在外力作用下发生的形变,由传感器测得反作用力 f ,进而利用 f 预测小麦的生物量,测量原理如图 1 所示。

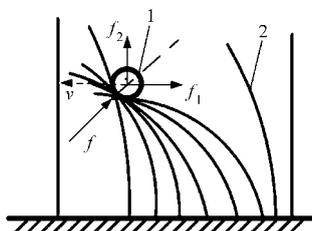


图1 检测系统原理图

Fig. 1 Functional schematic of detection system

1. 触杆 2. 小麦

当触杆水平地以匀速 v 扫过小麦时,小麦侧面受力发生形变,产生反作用力 f , f 产生沿触杆的分力 f_1 和垂直于触杆的分力 f_2 。不同生物量的小麦,其高度、茎粗、种植密度不同,因而会产生不同的反作用力 f ,从而产生不同的分力 f_1 。由压力传感器直接测量 f_1 ,通过用标准的收割法测定该测量区域的小麦真实生物量 m ,分析生物量 m 与 f_1 之间的函数关系,即可通过测量 f_1 间接预测该区域的小麦生物量,从而实现生物量的无损测定。

2 检测系统设计

2.1 总体设计

生物量检测系统主要由压力传感器、数据采集模块、平板计算机以及机械支架等部分组成。田间作业时,整套系统可由蓄电池(12 V)供电,结构如图 2 所示。

2.2 系统的硬件组成

2.2.1 压力传感器选型

根据测量原理选用能感受外力并转换成可用输出信号的压力传感器,压力传感器有单点式、微压式、轮辐式和 S 型等几种。选用传感器关键在于传感器量程以及灵敏度。本系统中传感器主要作用是

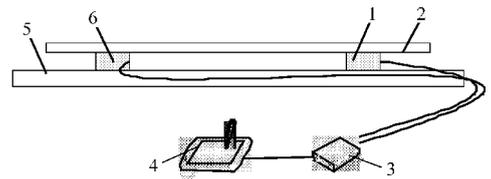


图2 基于 LabVIEW 的小麦生物量检测仪

Fig. 2 Measuring instrument for wheat biomass based on LabVIEW

1. 压力传感器 2. 触杆 3. 数据采集模块 4. PDA 5. 铝合金方管 6. 压力传感器

感受茎秆的反作用力,输出相应电信号。经过试验设计以及前期预试验,确定传感器量程为 1 kg。根据系统的要求以及基于整体结构的考虑,选择型号为 NA6,额定负荷为 1 kg 的单点式压力传感器,其工作电压为 5 ~ 12 V DC,非线性度为 0.02% FS,安全过载率为 150% FS,灵敏度为 0.85 ~ 1.15 mV/V,传感器输出电压与受力之间的关系呈线性。传感器一端固定,另一端受压同时输出电压信号。

2.2.2 机械结构设计

机械结构的作用是将小麦茎秆在受力时产生的反作用力传递给传感器,同时固定传感器。测量的小麦试验区域为 80 cm × 300 cm,所选传感器的承载面大小为 20 cm × 20 cm,为了能充分检测到测量区域的所有小麦,采用 2 个传感器对称布置,触杆长度设计为 90 cm,为了避免触杆与小麦叶片的缠绕,使用空心圆管,用来固定传感器的底部支架使用方形管,便于固定传感器。为了使整个装置轻盈,触杆以及底部支架均采用铝合金材质。

2.2.3 数据采集系统开发

数据采集系统负责采集传感器输出的模拟信号,并对信号进行调理,之后将数据上传至平板计算机(PDA)进行分析处理。生物量检测装置由 2 个传感器组成,同时输出 2 路信号,加上对采集速率的考虑,选用阿尔泰公司生产的高速模拟量采集模块 DAM-3056AH,此采集模块为 4 路差分电压输入,与传感器输出信号相匹配,分辨率为 16 位,10 ~ 30 V DC 电源供电,可与传感器使用同一个电源供电,采样频率为 100 Hz,可以满足系统对采样速率的要求。PDA 选用帅酷 M5A 型,Windows XP 操作系统,配有 1 GB DDR 内存,5 英寸 LCD 液晶彩色显示屏,2 个 USB 接口,可充电锂电池工作时长为 3 h。数据采集系统结构框图如图 3 所示。

2.3 软件系统设计

本系统软件设计采用 LabVIEW 开发平台^[9~13],基于 LabVIEW 开发的小麦生物量检测系统软件由程序框图和前面板两部分组成,前面板是

检测系统的人机界面, 设定了整个系统的面板和功能, 程序框图则是一种图像化的框图结构, 是系统各种功能的实施流程^[14~15]。

2.3.1 软件流程图设计

程序流程是按照系统的功能要求, 利用 LabVIEW 开发平台提供的各种子模块来实现数据的采集、处理、实时显示、保存等工作。程序流程图和框图如图 4 和图 5 所示。

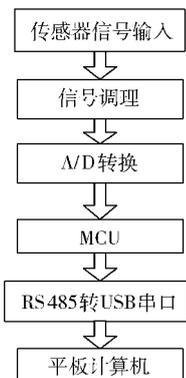


图 3 数据采集结构框图

Fig. 3 Structure diagram of data acquisition

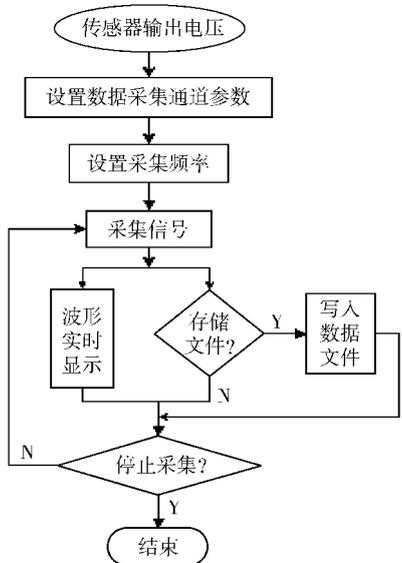


图 4 实时采集、显示与存储程序流程图

Fig. 4 Diagram of real-time acquisition, display and storage program

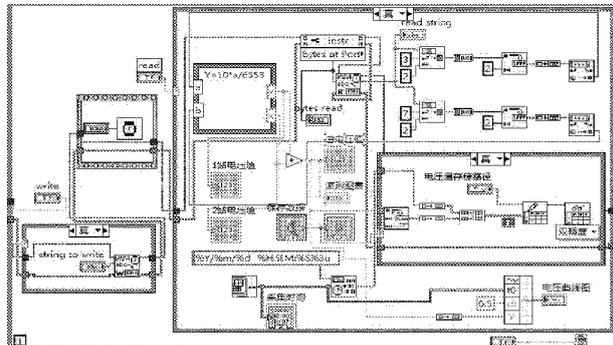


图 5 实时采集、显示与存储的程序框图

Fig. 5 Block panel of real-time acquisition, display and storage program

2.3.2 数据采集、实时显示和保存设计

开始采集数据之前要完成采集模块相应的参数设置, 包括串口、采集频率、数据位、奇偶位和停止位

设置等。经过压力传感器将茎秆反作用力转化为模拟电压, 通过模拟信号采集模块对信号进行放大、隔离、滤波、同步采样及保持等处理, 利用 LabVIEW 的 VISA Read 和 VISA Write 函数实现数据的采集。将传感器输出的信号通过采集模块的 A/D 功能完成数字信号的转换, 通过串口总线连接到上位机。上位机得到一串字符串, 通过一系列的字符串函数、数值转换函数和数组函数等将得到的字符串中有用的信号截取并转换成电压值, 通过波形函数进行实时显示。

为了在后续处理中对采集的数据进行深入分析, 需要进行数据保存。数据保存模块放在独立的循环中, 使用时间函数将日期与时间转换成字符串获取采集数据的时间, 使用写入电子表格 VI 和读取电子表格 VI 将采集时间和数据保存为 Excel 电子表格形式, 使用条件结构和布尔控件控制数据保存开始和停止。

2.3.3 前面板界面设计

前面板是系统的人机界面, 具有相应的输入输出功能, 包括数据采集参数设置, 采集信号波形的实时显示, 采集电压值的显示, 数据存储路径的选择, 以及停止按钮等。前面板界面如图 6 所示。

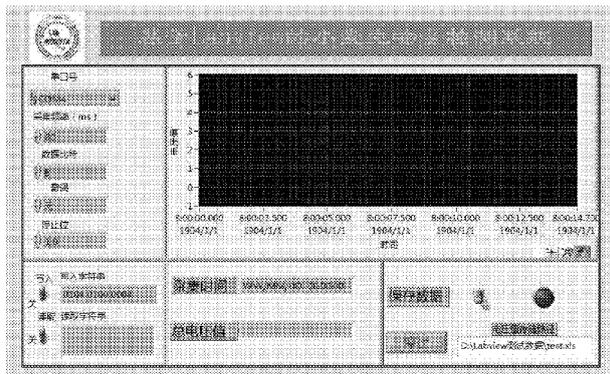


图 6 实时采集、显示与存储的前面板界面

Fig. 6 Front panel of real-time acquisition, display and storage program

3 试验与结果分析

3.1 试验过程

2012 年 5 月至 6 月在北京市农林科学院小汤山实验基地对田间小麦茎秆进行测量, 该取样地段没有经过特殊处理, 仅按一般大田管理。针对田间 10 个不同品种小麦, 选定 30 个测量区域, 划定每个区域面积为 80 cm × 300 cm, 按区域远近依次对这 30 个区域进行标定, 便于后续数据分析。对测量区域以外的小麦进行割除处理, 避免测量区域以外的小麦碰触检测仪触杆, 影响数据分析结果。在每个测量区域内, 在距地高度为 40 cm 处进行测量。使

用小麦生物量检测仪对 30 个区域的小麦依次进行测量,每个区域按照标定的高度进行平稳测量,并在底部支架上安装水平杆以便观察试验的水平测量,获取连续的小麦茎秆反弹力信号。此外,应确保 30 个区域测量方位保持一致,以便数据分析。

测量之后将区域内的地上小麦贴地面割下,及时用精度为 0.1 g、量程为 30 kg 的电子秤进行鲜质量测量。

3.2 结果与分析

由于传感器是反向安装的,所以传感器输出信号为负值。首先对试验得到的数据进行处理,去除试验测量起始与收尾时造成的不稳定段的数据,对每一个测量区域测得的数据取平均值,运用 Excel 对反弹力 f_1 和小麦生物量 m 进行相关性分析,探索小麦茎秆反弹力与生物量的相关关系。

3.2.1 小麦茎秆回弹力特征

测量仪器匀速扫过小麦茎秆时,得到一组测量值,刚接触第一排小麦,反弹力比较小,然后逐渐增大,扫过第一排小麦后,触杆接触到均匀数量的小麦,反弹力也接近平稳状态,测量时系统实时显示电压曲线,如图 7 所示。当触杆快要离开最后一排小麦时,反弹力逐渐减小。

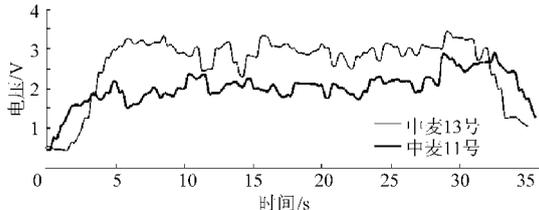


图 7 小麦茎秆回弹力曲线

Fig. 7 Stalk resilience of wheat

不同品种的小麦在同一测量高度进行测量时,得到的电压曲线是不同的,这是由于品种的不同导致小麦的长势不同,小麦的茎秆强度也不同,如图 7

所示。

由图 7 可以看出,中麦 11 号的电压稳定在 2 V 上下,而中麦 13 的电压稳定在 3 V 上下,说明这 2 个品种的茎秆反弹力存在明显差异。

3.2.2 反弹力与生物量的相关性

小麦在进入抽穗期以后株高相对稳定,主要是小麦质量的生长,所以可采取同一测量高度。在抽穗期和灌浆期均进行试验数据的采集,利用线性回归分析建立茎秆反弹力与小麦生物量之间的模型,结果表明,小麦茎秆的反弹力和生物量具有一定的相关性,模型的决定系数 R^2 达到 0.712 7,如图 8 所示。

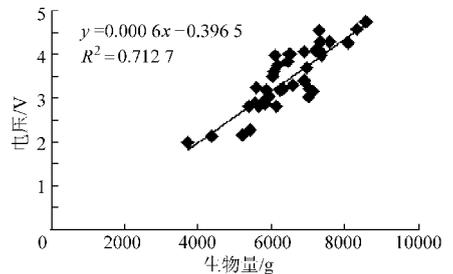


图 8 小麦生物量和茎秆回弹力的相关性

Fig. 8 Correlation of stalk resilience and wheat biomass

4 结束语

设计了一套基于 LabVIEW 的小麦生物量检测系统,包括传感器模块、数据采集模块、PDA 显示模块以及传感器支架机械结构等部分。由传感器前端触杆与小麦茎秆接触获得小麦茎秆的反弹力电压信号,由数据采集模块将获得的信号通过串口上传至 PDA,通过 LabVIEW 测量系统对采集到的数据进行图形实时显示、数据的保存,后期对采集到的数据进行分析,结果显示小麦茎秆反弹力与生物量具有较强的相关性, R^2 达到 0.712 7。

参 考 文 献

- Anderson G L, Hanson J D, Haas R H. Evaluating landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands[J]. Remote Sensing of Environment, 1993, 45(2): 165 ~ 175.
- Bastiaanssen W G M, Ali S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 94(3): 321 ~ 340.
- Lobell D B, Asner G P, Oritz-Monasterio J I, et al. Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: Estimates and uncertainties[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2003, 94(2): 205 ~ 220.
- 任建强, 刘杏认, 陈仲新, 等. 基于作物生物量估计的区域冬小麦单产预测[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 872 ~ 878. Ren Jianqiang, Liu Xingren, Chen Zhongxin, et al. Prediction of winter wheat yield based on crop biomass estimation at regional scale[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4): 872 ~ 878. (in Chinese)
- 王大成, 王纪华, 靳宁, 等. 用神经网络和高光谱植被指数估算小麦生物量[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 2): 196 ~ 201. Wang Dacheng, Wang Jihua, Jin Ning, et al. ANN-based wheat biomass estimation using canopy hyperspectral vegetation indices [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(Supp. 2): 196 ~ 201. (in Chinese)
- 徐改花, 张福平, 周正朝, 等. 利用数码相片对冬小麦生物量的试算[J]. 资源开发与市场, 2011, 27(3): 193 ~ 196. Xu Gaihua, Zhang Fuping, Zhou Zhengchao, et al. Estimation of winter wheat's biomass using digital photographs estimation of

- winter wheat's biomass using digital photographs[J]. Resource Development & Market, 2011,27(3):193~196. (in Chinese)
- 7 Ehlert D, Hammen V, Adamek R. On-line sensor pendulum-meter for determination of plant mass[J]. Precision Agriculture, 2003,4(2):139~148.
- 8 Scrivner J H, Center D M, Jones M B. A rising plate meter for estimating production and utilization[J]. Journal of Range Management,1986,39(5):475~477.
- 9 Goldberg H. What is virtual instrumentation[J]. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine,2000,3(4):10~13.
- 10 孟武胜,朱剑波,黄鸿,等. 基于 LabVIEW 数据采集系统的设计[J]. 电子测量技术,2008,31(11):63~65.
Meng Wusheng, Zhu Jianbo, Huang Hong, et al. Data acquisition system based on LabVIEW[J]. Electronic Measurement Technology, 2008,31(11):63~65. (in Chinese)
- 11 郑珊珊,黄元庆. 测试系统的虚拟仪器设计[J]. 机电工程技术,2005,34(3):44~46.
- 12 邓焱,王磊. LabVIEW7.1 测试技术与仪器应用[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- 13 杨乐平,李海涛,杨磊,等. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 2版. 北京:电子工业出版社,2005.
- 14 何勇,林丽兰,俞海红. 基于虚拟仪器技术的土壤电导率测量仪器研究[J]. 农业工程学报,2004,20(6):31~34.
He Yong, Lin Lilan, Yu Haihong. Measuring instrument for soil electric conductivity based on virtual instrument technology[J]. Transactions of the CSAE, 2004,20(6):31~34. (in Chinese)
- 15 介战,罗四倍,周学建. 基于 LabVIEW 的联合收割机水稻喂入量遥测试验[J]. 农业工程学报,2009,25(13):87~91.
Jie Zhan, Luo Sibe, Zhou Xuejian. LabVIEW-based telemetering experiments of rice feed quantity for combined harvester[J]. Transactions of the CSAE, 2009,25(13):87~91. (in Chinese)

~~~~~

(上接第 213 页)

- 6 Mustafa M W, Sulaiman M H, Shareef H, et al. An application of genetic algorithm and least squares support vector machine for tracing the transmission loss in deregulated power system[C]//IEEE Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO), 2011:375~380.
- 7 李有梅,王梦云. 离散神经网络的优化能力研究[J]. 山西大学学报:自然科学版,2002,25(3):208~213.  
Li Youmei, Wang Mengyun. The performance of discrete neural network on combinatorial optimization problem[J]. Journal of Shanxi University: Natural Science Edition, 2002,25(3):208~213. (in Chinese)
- 8 Ozbeyaz A, Gursoy M I, Coban R. Regularization and kernel parameters optimization based on PSO algorithm in EEG signals classification with SVM[C]//IEEE Signal Processing and Communications Applications (SIU), 2011:399~402.
- 9 朱凤明,樊明龙. 混沌粒子群算法对支持向量机模型参数的优化[J]. 计算机仿真,2010,27(11):183~186.  
Zhu Fengming, Fan Minglong. Chaos particle swarm optimization algorithm for optimizing the parameter of SVM [J]. Computer Simulation, 2010,27(11):183~186. (in Chinese)
- 10 Hric M, Chmulik M, Jarina R. Model parameters selection for SVM classification using particle swarm optimization[C]//IEEE Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA) 2011 21st International Conference, 2011:1~4.
- 11 Guo X C, Liang Y C, Wu C G. Content determination by PSO-based LS-SVM regression [C]// IEEE 2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2009:1043~1047.
- 12 王佳,徐蔚鸿. 基于动量粒子群的混合核 SVM 参数优化方法[J]. 计算机应用,2011,31(2):501~503,516.  
Wang Jia, Xu Weihong. Parameter optimization of mixed kernel SVM based on momentum particle swarm optimization [J]. Journal of Computer Applications, 2011,31(2):501~503,516. (in Chinese)
- 13 Samadzadegan F, Soleymani A, Abbaspour R A. Evaluation of genetic algorithms for tuning SVM parameters in multi-class problems[C]//IEEE Computational Intelligence and Informatics (CINTI), 2010:323~328.
- 14 冯景新,钟伟民,钱锋. 变尺度混沌量子粒子群算法[J]. 华东理工大学学报:自然科学版,2008,34(5):714~718.  
Feng Jingxin, Zhong Weimin, Qian Feng. An scale chaos quantum particle swarm algorithm[J]. Journal of East China University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2008,34(5):714~718. (in Chinese)