

武海,田立国,汪建国,等. 基于 NI-DAQmx 的植物电信号检测系统[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):326-328.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.111

# 基于 NI-DAQmx 的植物电信号检测系统

武海<sup>1</sup>, 田立国<sup>1</sup>, 汪建国<sup>2</sup>, 李猛<sup>1</sup>, 李玉爽<sup>1</sup>

(1. 天津职业技术师范大学/天津市信息传感与智能控制重点实验室, 天津 300222; 2. 悉尼科技大学工程和信息技术学院, 悉尼 2007)

**摘要:**介绍了针对植物电信号特点设计的基于 NI 数据采集平台的植物电信号检测系统。通过 DAQmx 和 Labview 实现实时数据采集与显示,采用小波消噪算法及功率谱估计,用 Matlab 对所采集数据进行信号消噪及频域分析,完成植物微弱电信号的获取与时频域特性分析,成功地提取了植物电信号的特征值。结果表明,应用该系统进行植物电信号的采集与特性分析切实可行。

**关键词:**植物电信号;DAQmx;检测系统;消噪;频域

**中图分类号:** TP274;S24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0326-03

植物都在一定环境中生存,外界环境的变化会对植物生长过程产生影响,相应地,植物也对外界环境变化产生应对行为,如含羞草的感震运动、合欢树叶片的感夜运动等<sup>[1-2]</sup>。正是由于植物电信号与外界环境因子之间存在着密切的联系,人们可以通过观察植物电信号的变化来监测外界环境的变化,如检测地震、酸雨及气候等,也可以据此营造植物生长发育所需的最佳环境<sup>[3]</sup>。植物电信号是植物细胞在生命活动中发出的电磁信号,它的物理规律和生物学意义的解读对了解生命的运转机理具有重要的意义<sup>[4]</sup>。通过有效的信号检测及数据处理研究,得出对农业生产实践有价值的结论,可以实现作物生长条件的合理优化配置,促进作物健康生长,对于进一步推动信息化农业的发展具有现实意义。植物电信号是一种极其微弱的电信号,其主要特点是噪声背景和随机性都比较强,是一种非稳态的时变信号<sup>[5]</sup>。研究表明,在正常的植物生理活动中,植物电信号幅值为微伏( $\mu\text{V}$ )级,在受到外界刺激后可能在瞬间达到毫伏( $\text{mV}$ )级<sup>[6-7]</sup>;频率在 0~30 Hz 的频段,高于 30 Hz 的信号极少,且噪声对其影响较大,因此对植物电信号采集检测装置要求较高。本研究基于 NI (National Instrument) 公司的 DAQmx 技术,设计 1 种植物微弱电信号实时检测系统,该系统可以实现植物电信号的检测并实时显示信号波形,在准确检测数据的基础上可进行信号特性处理解析。

## 1 检测系统的设计

### 1.1 系统总体设计

选取在实验室生长状态良好的盆栽植物,将引导电极插入植物的茎部或叶部,通过引导电极的电信号经低噪声前置放大、有源滤波、50 Hz 工频陷波等硬件信号调理电路处理后接入数据采集卡的模拟输入端进行 A/D 转换;经 A/D 转换

后的电信号,在 Labview 软件环境下进行软件信号调理、数据处理及波形显示。植物电信号检测系统总体框图见图 1。

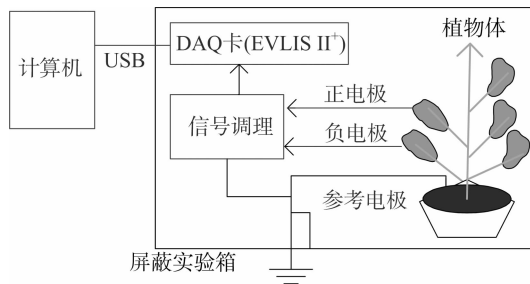


图1 植物电信号检测系统总体框图

### 1.2 硬件构成

**1.2.1 引导电极** 引导电极与植物体接触时,在植物体表面会有极化电位产生,此极化电位对测量结果会构成严重影响,因此应选择非极化电极,目前多用铂金电极、银-氯化银电极等<sup>[8]</sup>。本研究选用铂丝电极刺入植物,电极尖端直径为 0.2 mm,长度为 20 mm;参考电极采用试验用 Ag-AgCl 电极。

**1.2.2 信号调理模块** 引导电极采集来的植物电信号需要经信号调理才能够供数据采集卡进行模数转换。由于植物电信号自身微弱、低频等特点,因此需要进行前置放大及必要的滤波处理,本研究采用低噪声前置放大器将信号放大 5 倍,低通滤波器截止频率设为 100 Hz,高通滤波设为 0.03 Hz,并加入 50 Hz 陷波模块衰减工频干扰 40 dB。

**1.2.3 NI ELVIS II\*** NI ELVIS II\* 硬件主要包括工作台、原型板 2 个部分。工作台集成了 DAQ 卡,模拟输入通道数为 16,其 AI 采样率为 500 kS/s(双通道),16 位分辨率,并且通过 USB 接口与 PC 机连接,可实现快速易用的测量、数据采集及显示。原型板还可以搭建自行设计的硬件电路,这为后期硬件调理模块方面的改进及优化提供了便利。

**1.2.4 计算机** DELL1545 便携式电脑,CPU 主频 2 GHz,内存 2 GB,windows XP 操作系统。

### 1.3 软件设计

检测系统以 Labview 10.0 专业版为开发平台,利用 NI 公

收稿日期:2014-03-15

基金项目:国家“863”计划(编号:SS2013AA03120);天津职业技术师范大学研究生创新基金(编号:YC13-12)。

作者简介:武海(1987—),男,河北张家口人,硕士研究生,从事检测技术与自动化装置研究。E-mail:wuhai4321@163.com。

司推出的 DAQmx 驱动软件实现系统开发,NI-DAQmx 驱动软件不局限于基本的 DAQ 驱动,可实现高性能的多线程驱动。虚拟仪器(VI)包括前面板和与之相对应的程序框图。前面板对应着供用户可视可操作的界面显示;程序框图是程序的图形化源代码,实现数据采集卡对信号的模数转换、数据处理与显示。

1.3.1 硬件自检及自校准 为了实现准确测量,进行信号测量前要对 NI ELVIS II<sup>+</sup> 进行自检及自校准,以便确保硬件正常工作;自校准时要将数据采集卡的所有采集通道与待采集信号断开。此操作在测量与自动化管理器(Measurement & Automation Explorer)中进行。

1.3.2 程序面板设计 Labview 通过 NI-DAQmx 应用程序编程接口(API)函数的不同组合编程实现数据采集及处理显

示任务。通用的测量系统一般包括创建虚拟通道 VI、定时 VI、启动任务 VI、读取 VI 和清除任务 VI,该系统采用板卡的 AI0+ 及 AI0- 两模拟通道差分输入模式,以便消除共模干扰的影响。该程序框图包括数据采集、信号调理、数据存储及波形显示功能。通过 DAQ Read.vi 读取到信号进行波形显示并将电信号数据存入电子表格文件,以便采用先进算法对其进行消噪处理及信号特性分析;同时将信号引入软件信号调理部分进行处理,再将处理过的信号存入另一电子表格文件。前后 2 次的记录数据文件都存入计算机,供后期数据处理及分析用,系统程序框图如图 2 所示。

1.3.3 前面板设计 前面板包括波形图显示控件、数据文件保存路径显示控件及 1 个停止按钮,系统前面板如图 3 所示。

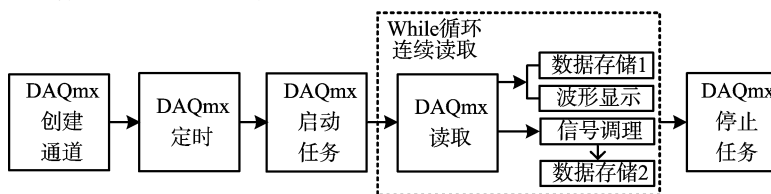


图2 系统程序框图



图3 系统前面板

## 2 结果与分析

### 2.1 试验前期准备

植物选取实验室生长 2 个月的盆栽芦荟,且其生长状况良好。试验用屏蔽箱用双层铜网自制,并与硬件信号调理共地连接。正负电极分别插入芦荟同一叶片中,2 个电极相距 1 cm 左右<sup>[9]</sup>。参考电极与屏蔽箱共地。将正负电极接入信号调理装置,该系统装置主要实现植物电信号的放大与滤波处理,之后传给数据采集卡进行模数转换,转换后的信号通过 USB 接口引入计算机,采用 Labview 软件进行处理分析。系统构建完成后,上电运行,待系统工作 0.5 h 后再进行数据记录。

### 2.2 试验结果

在温度为 25 ℃、相对湿度为 60%、已被屏蔽植物生长箱中,使用检测测量系统对盆栽芦荟进行电信号采集与测量。采集到的植物电原始信号波形如图 4 所示。

### 2.3 结果分析

将采集到的原始植物电信号数据经 Matlab 软件处理,进

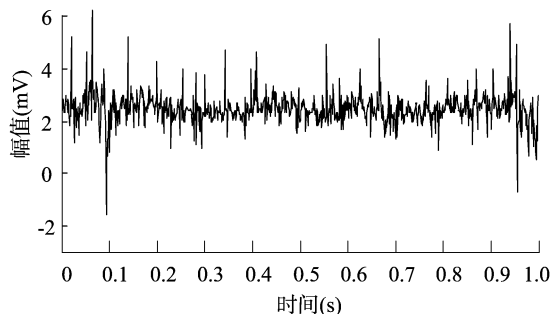


图4 原始信号波形

行小波域阈值降噪滤波。本研究采用 db3 小波基函数对信号进行 5 层降噪处理,采用 ddencomp 函数获取降噪阈值,采用 wdencomp 函数对信号进行降噪及压缩,并列出植物电信号的一些基本特征。未消噪及消噪后的信号经 matlab 处理结果如图 5 所示。为进一步了解植物电信号的频域特性,还对消噪后的信号进行频域分析,采用 pyulear 函数进行信号的功率谱估计,所得功率谱图如图 6 所示。根据所采集数据及消噪处理后的数据,求得信号的几项基本特征见表 1。

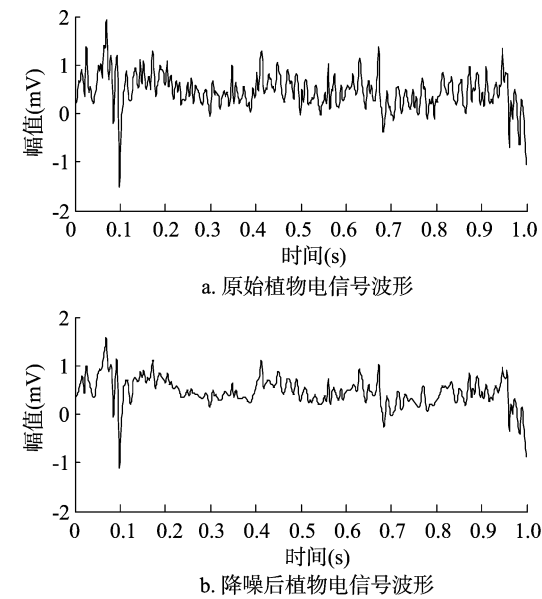


图5 原始植物电信号波形与经 Matlab 消噪处理后的电信号波形

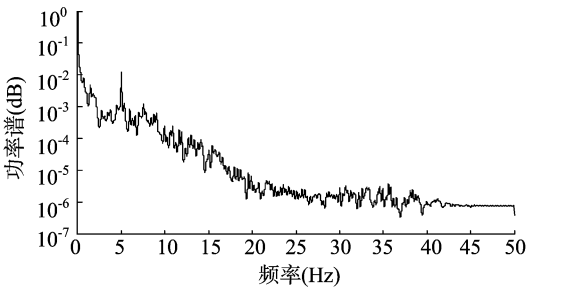


图6 消噪后信号的功率谱

由图 5 可以看出小波消噪的明显效果,芦荟叶片电信号在 1 s 内有数次较大波动,表明含有动作电波及变异电波,几次大的信号波动范围集中在 4 mV 以下,考虑前置放大器的作用(放大 5 倍),可推断波动幅值在数百  $\mu\text{V}$ 。图 6 表示信号频域特性,可见芦荟叶片电信号的频率较低,功率谱主要分布在 0 ~ 40 Hz 范围内,而在 0 ~ 20 Hz 左右范围最为集中且功率较强,表明该信号是一种低频信号。

表 1 图 5 中信号的几项基本特征

信号数据	峰峰值 (V)	均值 (V)	标准差 (V)	方差
原始信号	0.003 5	$4.608\ 6 \times 10^{-4}$	$3.527\ 8 \times 10^{-4}$	$3.368\ 5 \times 10^{-7}$
消噪信号	0.002 7	$4.602\ 2 \times 10^{-4}$	$2.884\ 1 \times 10^{-4}$	$2.949\ 8 \times 10^{-7}$

由表 1 看出,芦荟叶片的电信号幅值为 540  $\mu\text{V}$  左右(运放增益为 5),均值及标准差都处于  $10^{-4}$  数量级,说明幅值处于数百  $\mu\text{V}$ ;方差处于  $10^{-7}$  数量级,说明幅值距均值起伏不大,为  $\mu\text{V}$  量级。

3 结论

本研究应用 NI - DAQmx 的高效信号采集能力,设计了植物电信号检测系统,所采集数据经 Matlab 处理得到明确的信号特性值。试验结果表明,该系统实现了植物电信号的采集与特性分析,其运行稳定可靠、操作简便、改动升级便捷且成本低廉。虚拟仪器技术必将在微弱信号检测研究方面起到重要作用。

将植物电信号与植物生长环境信息相结合,建立植物电信号与环境因子间关系模型,从而为环境参数调控提供依据并建立植物生长的最适宜环境;将其与自动控制技术相结合可用于未来植物智能化自动控制管理系统中,可以促进我国农业现代化的发展。

参考文献:

[1]王兰州,胡安雨. 微弱电信号测试计量的植物生长信息传递研究

展望[J]. 中国计量学院学报,2010,21(3):192 - 200.  
[2]Lautner S, Grams T E E, Matyssek R, et al. Characteristics of electrical signals in poplar and responses in photosynthesis[J]. Plant Physiology, 2005, 138(4): 2200 - 2209.  
[3]Oyarce P, Gurovich L. Electrical signals in avocado trees: responses to light and water availability conditions[J]. Plant Signaling & Behavior, 2010, 5(1): 34 - 41.  
[4]陆静霞,丁为民,李 林,等. 植物微弱电信号研究现状[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(4): 1295 - 1296.  
[5]姜成后. 高等植物中电化学波的信使传递[J]. 生物物理学报, 1996, 12(4): 739 - 745.  
[6]赵子恺. 试论植物微弱电信号研究[J]. 中国计量学院学报, 2002, 13(3): 253 - 257.  
[7]Gil P, Gurovich L, Schaffer B, et al. Electrical signal measurements as a tool for monitoring responses of avocado (*Persea americana* Mill) trees to soil water content[J]. Proceedings VI World Avocado Congress, 2007, 26(2): 12 - 16.  
[8]李 峤. 植物电信号特性分析与处理研究[D]. 北京:中国计量科学研究院, 2007: 9 - 10.  
[9]杨 佳,杨 方,周修理. 植物电信号测量方法研究[J]. 农机化研究, 2003, 7(3): 128 - 129.