

甘蔗种植机漏播监测与标记系统*

王美美 陈联诚 刘庆庭 区颖刚 何智

(华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642)

摘要: 设计了一种用于实时切种式甘蔗种植机的漏播监测与标记系统,采用光幕传感器监测蔗种下落情况,漏播发生时漏播标记装置用石灰在漏播的蔗垄旁边标记出漏播位置。该系统在室内试验台及田间种植机上进行了试验。结果表明:系统监测到的蔗种种距与人工测量种距回归分析的决定系数 R^2 为 0.991。田间试验中漏播标记的起点与实际漏播起点之间距离偏差 Q_p 的均值为 -83 mm, 标准差为 216.1 mm。相应的漏播终点偏差 Z_p 的均值为 -63 mm, 标准差为 155.6 mm。试验表明,该系统标记的漏播位置可以为人工补种提供可靠依据。

关键词: 甘蔗种植机 漏播 检测 标记

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)06-0050-06

Sowing Leakage Monitoring and Marking System for Sugarcane Planter

Wang Meimei Chen Liancheng Liu Qingting Ou Yinggang He Zhi

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: A sowing leakage monitoring and marking system for sugarcane planter was designed. Light curtain sensor was used to monitor sowing leakage. When sowing leakage was detected, marking device marked the position of leakage in the field with lime stone powder. Experiments were conducted respectively on test bench in laboratory and on planter in field. The results showed that the regression coefficient R^2 was 0.991 between monitoring system and manual measurement. In field experiments, the mean of the error (Q_p) between marked point and the position real happened in the starting point of sowing leakage was -83 mm. The mean of that error (Z_p) in the terminal point of sowing leakage was -63 mm. The standard deviation of Q_p and Z_p were 216.1 mm and 155.6 mm, respectively. The sowing leakage position marked by system could be used for artificial reseeding.

Key words: Sugarcane planter Sowing leakage Monitoring Marking

引言

目前,我国甘蔗种植机主要为人工喂入实时切种式,其播种量和播种均匀性依赖于人工操作,易造成播种不均匀及漏播等问题^[1]。待甘蔗出芽后的补种也会造成同一地块甘蔗生长状态不同,影响机械化中耕培土。

国内外对播种监测系统研究多集中在粒状种子。如国外应用光电传感器、激光等方法来评价甜

菜、玉米等种子的粒距均匀性^[2-4]。国内利用光电传感器、高速摄影等方法监测排种情况^[5-9],有些还设计了补种装置^[10-11]。

甘蔗播种为长约 200 ~ 300 mm 的条状种茎,在种植过程中蔗种不同于粒状种子。在监测下种时,蔗种不能简化为质点,传感器输出的信号、相邻蔗种间隔时间的计算不同于籽粒状种子;在评价播种均匀性时,蔗种种距的测量、判定漏播的依据及评价漏播标记效果的指标也不同;在监测系统后续装置上,

收稿日期: 2012-05-25 修回日期: 2012-06-11

* 国家甘蔗产业技术体系建设资助项目(CARS-20-4-1)和公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003009)

作者简介: 王美美, 博士生, 主要从事甘蔗种植机漏播监测研究, E-mail: wmm@scau.edu.cn

通讯作者: 区颖刚, 教授, 博士生导师, 主要从事甘蔗机械化研究, E-mail: ouying@scau.edu.cn

由于甘蔗种植机为人工喂入蔗种,且开沟、落种、施肥、覆膜、覆土多道工序一次完成,与监测系统配套自动补种装置存在较大技术难度,系统配套的漏播标记装置用于人工补种。目前还未检索到对甘蔗或其他条状茎播种监测的文献,对甘蔗漏播监测及标记系统的研究不但有应用价值还具有一定的科学意义。

本文设计一种甘蔗种植机的漏播监测与标记系统监测蔗种间距,对漏播位置进行标记以便人工补种。

1 甘蔗监测与标记系统设计

根据甘蔗种植要求,蔗种一端着地后,另一端应沿行车方向呈双行品字形摆放,每公顷用种 10 500 kg,每米要保证达 10 ~ 12 个有效芽^[12](每个蔗种含 1 ~ 2 个芽)。结合田间实际作业情况,漏 1 个蔗种时,由于前一蔗种分蘖或逆向倒放,对蔗种均匀性影响不大;漏 2 个蔗种的距离(约 0.5 m)即会明显缺苗,本文以 0.5 m 内无蔗种为漏播^[14]。

1.1 监测原理

参照粒状种距公式,蔗种间距可按式计算

$$S = v\Delta t \quad (1)$$

$$\Delta T = 0.5/v \quad (2)$$

式中 Δt ——相邻蔗种下落的间隔时间

v ——种植机前进速度

ΔT ——最小漏播间隔时间

由于种植机作业时前进速度较平稳,系统未设置速度传感器。设定 v 为常数,通过 Δt 与 ΔT 比较来判断漏播: $0 < \Delta t < \Delta T$, 有间隔落种; $\Delta t = 0$, 连续落种; $\Delta t \geq \Delta T$, 漏播。

甘蔗种植过程如图 1 所示。一对带 2 个刀片的滚刀座相向转动,甘蔗由人工喂入后在橡胶圈输送下被刀片切断,经由下种箱摆放到沟内。蔗种先着地的一端为始端,另一端为末端。

由于蔗种较大,为避免其他细小杂质造成误检,又能将整个下种截面完全覆盖,因此采用光幕传感器,束间隔 20 mm 的红外线覆盖监测平面(蔗种平均直径约 25 mm),蔗种遮挡其中一束光时发送低电平信号,无蔗种时发送高电平信号。传感器将蔗种下落信息转换为高、低电平信号。相邻蔗种间隔时间从上一根蔗种末端离开传感器开始到下一根蔗种顶端进入传感器结束。甘蔗正常种植多为首尾重合连续下种。

1.2 漏播标记装置

漏播标记装置(以下简称标记装置)由电动机、播撒装置、装载箱和标记物组成。电动机采用额定

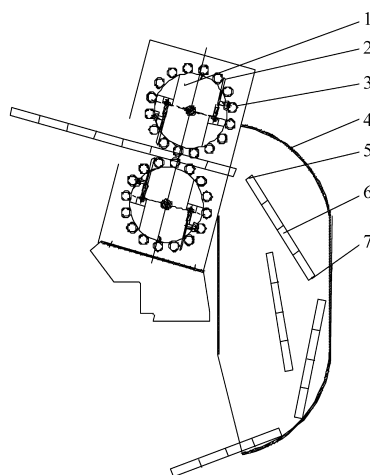


图 1 甘蔗种植机下种示意图

Fig. 1 Seeding of sugarcane planter

1. 滚刀座 2. 切刀 3. 橡胶圈 4. 下种箱 5. 始端 6. 蔗种
7. 末端

电压 12 V、额定功率 200 W 的 90ZYTGK-3 型直流电动机,并配有减速箱和调速模块。采用石灰作为标记物,石灰与土壤色差较大,便于识别,还可调节蔗田土壤酸碱度。

标记装置结构原理如图 2 所示。系统检测到 $\Delta t \geq \Delta T$ 时立即发送信号给驱动模块启动电动机,通过链传动驱动滚轮,两滚轮反向旋转,将石灰向两侧拨动,再由正下方落下。再次有蔗种下落时,系统延时 ΔT 再停止电动机。在标记装置不启动时,两滚轮齿顶与箱体间隙小可防止石灰落下造成误标记。电动机自身的启停延时根据标记试验的效果调整最小漏播间隔时间 ΔT 来弥补。

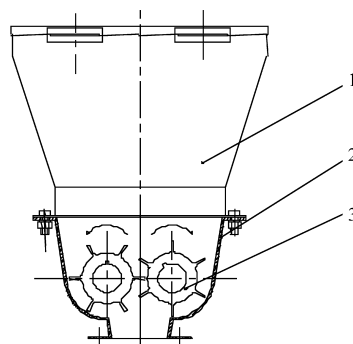


图 2 标记装置结构原理

Fig. 2 Schematic diagram of marking device

1. 装载箱 2. 箱体 3. 滚轮

1.3 硬件

硬件系统主要由电源模块、电动机驱动模块和串口通讯模块组成,如图 3 所示。单片机根据传感器信号判断是否漏播,通过电动机驱动模块启停标记装置,并将蔗种间隔时间数据传输给 PC 机。电源采用拖拉机 12 V 蓄电池分两路分别供给单片机系统和电动机,并作滤波、整流和电源保护处理。

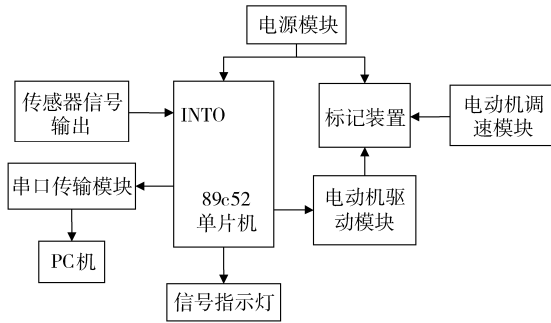


图3 硬件系统结构框图

Fig.3 Diagram of hardware system

1.4 软件

工作前根据种植机前进速度 v 为 3 km/h 以及漏播距离 0.5 m, 计算得最小漏播间隔时间 ΔT 为 600 ms。监测蔗种时, 单片机实时采集传感器信号, 设置 Flag 标志位来判断有无蔗种。为准确标记漏播位置, 定时器 0 设置 2 个标志位 t_{00} 、 t_{01} 分别计算蔗种间隔时间 Δt 和电动机停止延时时间, 两者理论上都应该等于最小漏播间隔时间 ΔT 。试验时根据实际标记情况可作调整。程序流程如图 4 所示。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

试验所用蔗种为新台糖 16 号。蔗种间距试验采用已切好的蔗种, 平均直径 30 mm, 长 400 mm。漏播标记试验用整秆蔗种, 作业时实时切种。

2.2 试验装置

光幕传感器为 E3A0820 型, 分为发光器和受光器, 8 束光对射, 光束间距 20 mm, 感应距离 3.5 m (发光器、受光器间隔距离), 感应宽度 140 mm。

室内试验采用试验台和长 12 m、宽 45 cm、高 15 cm 的土槽。为模拟田间蔗种着地效果, 土槽填满土后作挖沟处理。该试验台与拖拉机三点悬挂连接, 由液压驱动砍切蔗种, 并落在土槽内。

田间试验采用 2CZY-2 型甘蔗种植机, 该机播种行距 1.2 m、开沟深度 0.25 ~ 0.30 m、种蔗切断长度 0.38 m、行车速度 3 km/h、生产效率 0.67 hm^2/h 。

2.3 试验方法

试验分两部分: 蔗种间距试验和漏播标记试验。

为检验监测系统性能, 蔗种间距试验在土槽中进行。放种时采用人工投种, 在固定位置将蓝色标记端朝地投放, 便于测量种距时观察, 还可排除因蔗种落地后逆方向摆放造成的误差。为排除速度不同造成的误差, 每组试验人工记录平均车速 v 。通过监测系统记录间隔时间 Δt 和车速 v , 按照式 (1) 计算出相邻蔗种监测种距 S_j , 并与人工实测种距 S_j 作对比。试验过程中有蔗种弹跳到槽外或挂在试验台

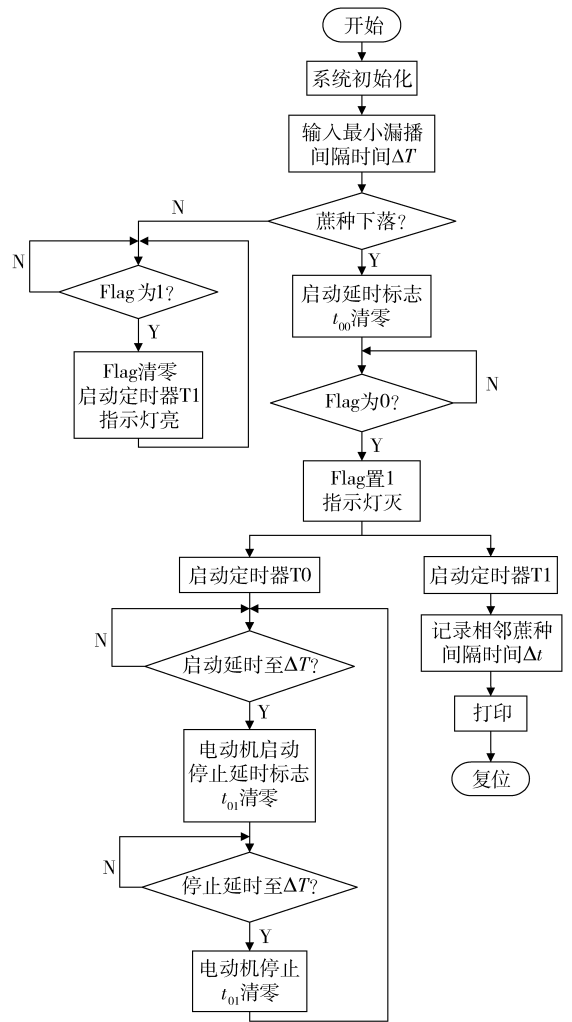


图4 程序流程图

Fig.4 Flow chart of program

拖行的都不取其种距。

在上述试验验证了系统可以准确监测蔗种间距的基础上, 再进行漏播标记试验。初步试验在试验台上进行, 传感器距地面 75 cm, 标记装置安装在下种口中心水平向后 0.5 m、种植行向外偏移 0.1 m 的位置, 如图 5 所示。传感器一旦检测达到漏播距离时, 下种箱到达 A, 标记装置从位置 B 开始标记。蔗种再次下落时, 系统延迟 0.5 m, 再停止标记。

前进距离大于 0.5 m 而没有蔗种落下的情况视为漏播, 漏播距离记为 D_l , 标记距离 D_b 为标记装置在漏播位置旁作出标记的石灰的长度。起点偏差 Q_p 、终点偏差 Z_p 分别表示标记距离 D_b 与漏播距离 D_l 的起点和终点在行车方向上的偏差。数据的正负分别表示标记点先于或滞后于漏播点。

2012 年 2 月在湛江市遂溪县广前试验基地进行田间试验, 试验装置如图 6 所示。根据甘蔗下种箱的尺寸, 传感器安装在下种箱外侧, 防止蔗种下落撞击传感器, 并开槽使光束覆盖蔗种下落的整个区域。试验时人为设置漏播, 为便于观察和测量, 种植

机无需覆土、覆膜。取样时避免地头位置,在中间选取石灰标记清晰的漏播点。

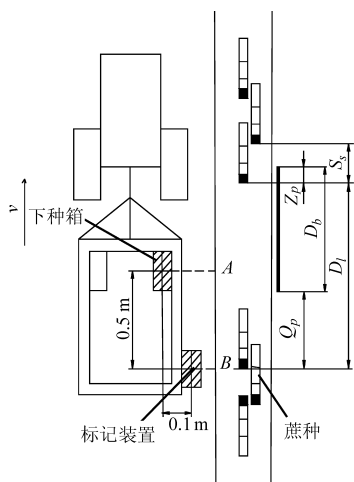


图 5 测量示意图

Fig. 5 Sketch of measurement

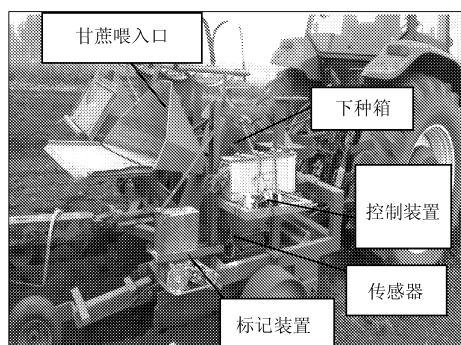


图 6 田间试验装置

Fig. 6 Test setup in field

2.4 试验数据处理

根据文献[2~4],将监测系统测量种距 S_j 和人工测量种距 S_s 作散点图,试验数据采用 SPSS 16.0 分析其线性相关关系,决定系数 R^2 和回归系数 C 越接近 1,则两组数据相关性越好,测量种距 S_j 越接近人工测量种距 S_s 。

漏播标记试验中决定系数 R^2 和回归系数 C 越接近 1 表明标记距离 D_i 越接近漏播距离 D_l 。起点偏差 Q_p 、终点偏差 Z_p 的均值反映系统对漏播位置的标记超前或延后的偏差程度,标准差反映系统漏播标记的稳定性。

3 试验结果与分析

3.1 蔗种间距试验

试验取蔗种间距 480 个,每个间距包括车速 v 、相邻蔗种下落间隔时间 Δt 、人工实测种距 S_s 、监测种距 S_j 。实测种距 S_s 与监测种距 S_j 的数据对比如图 7 所示,数据集中在对角线偏上部分。回归分析结果如表 1 所示。回归直线截距为 122.941 ($p =$

0),说明监测系统测得种间距与实测种间距存在系统误差,应对蔗种监测种距计算公式作修正。

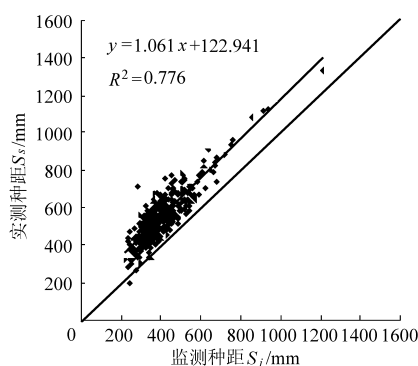


图 7 实测种距与监测种距的对比

Fig. 7 Comparison of seed spacing between monitoring system and manual measurement

表 1 蔗种间距监测试验结果

Tab. 1 Results of seed spacing of monitoring test

	mm	
种距	均值	标准误差
实测种距 S_s	542	129.1
监测种距 S_j	396	107.2
修正种距 S_x	519	113.2

3.2 蔗种间距修正

蔗种下落过程如图 8 所示。传感器安装位置与地面距离为 H_1 。相邻蔗种间隔时间 Δt 开始时蔗种到地面的距离为 H_2 ,经时间 t_2 后蔗种接触地面,水平位移为 x_2 。 Δt 停止时第 2 段蔗种始端离地面的距离为 H_1 ,又经过 t_1 才接触地面,在水平方向上位移为 x_1 。通过式(3)~(5)求得两蔗种下落时间差,从而得到两蔗种水平位移差即为蔗种种距偏差。

$$H_1 = \frac{1}{2}gt_1^2 \quad (3)$$

$$H_2 = t_2\sqrt{2H_3g} + \frac{1}{2}gt_2^2 \quad (4)$$

$$H_3 = H_1 - H_2 \quad (5)$$

$$\Delta S = x_1 - x_2 = v(t_1 - t_2) = v\sqrt{\frac{2H_3}{g}} \quad (6)$$

$$S_x = S_j + \Delta S \quad (7)$$

式中 H_3 ——蔗种长度

ΔS ——蔗种种距偏差

从图 9 中可以得出,修正种距 S_x 集中在对角线

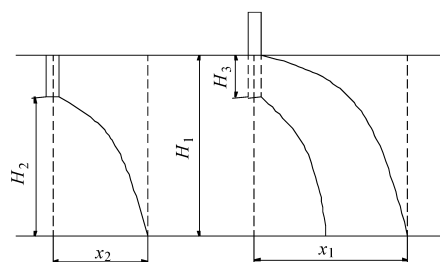


图 8 蔗种着地过程

Fig. 8 Process of movement of seed touchdown

附近,更接近实测间距 S_s 。回归分析得 $R^2 = 0.991$, $p = 0$ 。表明修正种距 S_x 与实测间距 S_s 具有显著线性关系,系统监测到的播种情况与实际情况较一致。

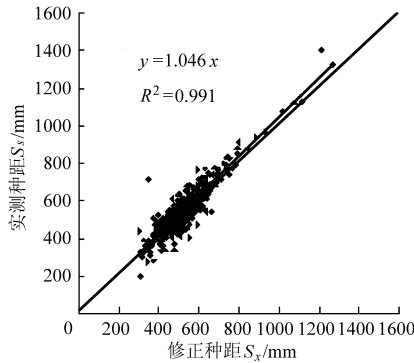


图9 实测种距与修正种距的对比

Fig. 9 Comparison of seed spacing of manual measurement and correction spacing

3.3 漏播标记试验

实验室漏播标记试验共有 53 处漏播,田间试验共 144 处漏播,全部检测到并标记。

漏播距离 D_l 与标记距离 D_b 的数据对比如图 10

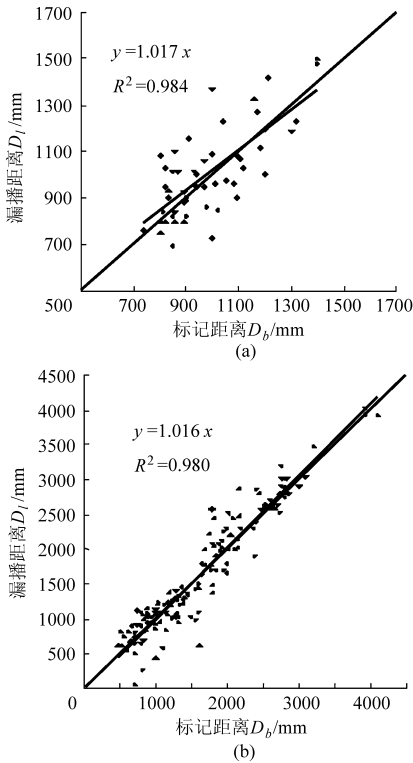


图 10 漏播距离 D_l 与标记距离 D_b 的对比

Fig. 10 Comparison of missing seed distance D_l and marking distance D_b

(a) 室内试验 (b) 田间试验

所示。由于最小漏播距离为 0.5 m,坐标图的起点从 0.5 m 开始,数据集中在坐标图的对角线附近。

回归分析结果如表 2 所示,标记距离 D_b 与漏播距离 D_l 在实验室或田间试验中都具有显著的线性相关关系,表明系统能准确监测漏播距离 D_l ,并标记出相应的标记距离 D_b 。

表 2 漏播标记试验结果

Tab. 2 Result of data from missing-seed test mm

试验类别	漏播距离 D_l		标记距离 D_b		起点偏差 Q_p		终点偏差 Z_p	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
室内试验	1 003	193.3	982	163.7	87	92.4	1	120.2
田间试验	1 648	858.7	1 628	793.8	-83	216.1	-63	155.6

田间试验的标记距离 D_b 的起点和终点偏差都滞后于漏播点,表明标记装置标记位置整体滞后于漏播位置。相对于蔗种长度,标记距离 D_b 的偏差是可以接受的。

3.4 讨论

实验室试验中起点偏差与终点偏差相差较大,主要由于自制土槽内土层不如田间土层松软,蔗种易弹跳,电动机自身启、停响应时间不同等因素造成。在田间试验时,适当调整标记装置的启动延时小于停止延时后,起点和终点偏差相差不大但都滞后于漏播点,这表明标记装置的起停延时都应减小。

试验时蔗种着地弹跳、碰撞、田间地面凹凸不平及拖拉机速度变化等因素会影响系统的漏播标记的稳定性。因此实验室与田间试验中起点和终点偏差的标准差都较大。

该系统设定行车速度不变条件下种间隔时间作漏播判断依据,行车速度变化较大时应加装速度传感器。

4 结论

(1) 蔗种间距试验表明该系统监测的蔗种种距与人工测量种距有显著线性关系,系统监测到的播种情况与实际情况较一致。

(2) 田间试验中漏播标记的起点偏差 Q_p 均值为 -83 mm, 标准差为 216.1 mm。终点偏差 Z_p 均值为 -63 mm, 标准差为 155.6 mm。漏播标记试验表明该系统标记的漏播位置可以为人工补种提供可靠依据。

参 考 文 献

- 刘庆庭, 莫建霖, 李廷化. 我国甘蔗种植机技术现状及存在的关键技术问题[J]. 甘蔗糖业, 2011(5): 52~58.
Liu Qingting, Mo Jianlin, Li Tinghua. Current situation of sugarcane planter and its key technical issues in China[J]. Sugarcane and Cane Sugar, 2011(5): 52~58. (in Chinese)

- 2 Kocher M F, Lan Y, Chen C, et al. Opto-electronic sensor system for rapid evaluation of planter seed spacing uniformity[J]. Transactions of the ASAE, 1998,41(1):237~245.
- 3 Onal Okan, Onal Ismet. Development of a computerized measurement system for in-row seed spacing accuracy[J]. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 2009,33(2):99~109.
- 4 Lan Y, Kocher M F, Smith J A. Opto-electronic sensor system for laboratory measurement of planter seed spacing with small seeds[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1999,72(2):119~127.
- 5 史智兴,高焕文. 排种监测传感器的试验研究[J]. 农业机械学报,2002,33(2):41~43.
Shi Zhixing, Gao Huanwen. RLD optoelectronic sensor for seeding monitoring[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002,33(2):41~43. (in Chinese)
- 6 宋鹏,张俊雄,李伟,等. 精密播种机工作性能实时监测系统[J]. 农业机械学报,2011,42(2):71~74.
Song Peng, Zhang Junxiong, Li Wei, et al. Real-time monitoring system for accuracy of precision seeder[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011,42(2):71~74. (in Chinese)
- 7 夏俊芳,周勇,张平华. 基于虚拟仪器技术的排种器漏播检测技术[J]. 华中农业大学学报,2008,27(4):540~544.
Xia Junfang, Zhou Yong, Zhang Pinghua. The testing technique research of seed absence on precise seed-meter based on virtual instrument[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2008,27(4):540~544. (in Chinese)
- 8 刘洪强. 精密排种器性能检测装置的研究[D]. 长春:吉林大学,2006.
Liu Hongqiang. Research on the performance detection device of precision seed-metering[D]. Changchun: Jilin University,2006. (in Chinese)
- 9 廖庆喜,邓在京,黄海东. 高速摄影在精密排种器性能检测中的应用[J]. 华中农业大学学报,2004,23(5):570~573.
Liao Qingxi, Deng Zaijing, Huang Haidong. Application of the high speed photography checking the precision metering performances[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004,23(5):570~573. (in Chinese)
- 10 金衡模,高焕文. 玉米精播机漏播补偿系统设计[J]. 农业机械学报,2002,33(5):44~47.
Kim Hyungmo, Gao Huanwen. Design of a microcomputer-controlled loss sowing compensation system for a maize precision drill [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002,33(5):44~47. (in Chinese)
- 12 张晓辉,赵百通. 播种机自动补播监控系统的研究[J]. 农业工程学报,2008,24(7):119~123.
Zhang Xiaohui, Zhao Baitong. Automatic reseeding monitoring system of seed drill [J]. Transactions of the CSAE, 2008,24(7):119~123. (in Chinese)
- 13 林静. 甘蔗种植技术要求[J]. 农村实用技术,2011(1):46.
- 14 王美美,陈联诚,区颖刚. 光电传感器快速监测甘蔗种植均匀性研究[C]//中国农业工程学会2011年学术年会论文摘要集,重庆,2011.

~~~~~

(上接第78页)

- 8 Tsay J R, Liang L S, Lu L H. Evaluation of an air-assisted boom spraying system under a no-canopy condition using CFD simulation[J]. Transactions of the ASAE,2004,47(6):1887~1897.
- 9 Zhu H, Brazee R D, Derksen R C, et al. A specially designed air-assisted sprayer to improve spray penetration and air jet velocity distribution inside dense nursery crops[J]. Transactions of the ASABE,2006,49(5):1285~1294.
- 10 韩占忠. FLUENT 流体工程仿真计算实例与分析[M]. 北京:北京理工大学出版社,2009.
- 11 王瑞金,张凯,王刚. FLUENT 技术基础与应用实例[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- 12 韩占忠,王敬,兰小平. FLUENT 流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2005.
- 13 闫海津,胡丹梅,李佳. 水平轴风力机叶轮流场的数值模拟[J]. 上海电力学院学报,2010,26(2):123~126.  
Yan Haijin, Hu Danmei, Li Jia. Numerical simulation of flow field for horizontal-axis wind turbine rotor[J]. Journal of Shanghai University of Electric Power,2010,26(2):123~126. (in Chinese)
- 14 罗惕乾,程兆雪,谢永曜. 流体力学[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- 15 王卫星,宋淑然,鲁楠,等. 加载系统模拟试验及评价[J]. 农业工程学报,1996,12(1):96~100.  
Wang Weixing, Song Shuran, Lu Nan, et al. Simulation test and evaluation of loading system[J]. Transactions of the CSAE, 1996,12(1):96~100. (in Chinese)
- 16 贾卫东,李成,王贞涛. 高沉积静电喷雾装置试验研究[J]. 排灌机械工程学报,2012,30(2):244~248.  
Jia Weidong, Li Cheng, Wang Zhentao. Experimental study on electrostatic spraying device with better deposition[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2012,30(2):244~248. (in Chinese)
- 17 马中飞,张于祥,杨秀莉,等. 自吸式喷雾降尘性能试验[J]. 排灌机械工程学报,2012,30(1):97~101.  
Ma Zhongfei, Zhang Yuxiang, Yang Xiuli, et al. Experiment on dust suppression performance of self-priming sprayer[J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering,2012,30(1):97~101. (in Chinese)