

玉米全膜双垄沟电动式精量播种机设计与试验

李同辉,戴 飞,赵武云,杨 杰

(甘肃农业大学工学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:为满足旱地全膜双垄沟农艺技术要求,设计了一种玉米全膜双垄沟电动式精量播种机。以穴播轮容种高度、穴播轮转速、活动鸭嘴长度为因素,以空穴率和单粒率为指标进行了正交试验。再利用试验结果做出了方差分析,得出影响播种机工作性能的因素主次,进一步优化了组合部件参数。试验结果表明:容种高度为 130 mm,穴播轮转速为 $0.85\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,活动鸭嘴长度为 65 mm 时,该播种机的平均空穴率为 1.9%,平均单粒率为 93.1%,播种效果良好,满足玉米精量播种的要求。

关键词:玉米精量播种机;全膜双垄沟;穴播轮;空穴率;单粒率;试验

中图分类号: S223.2 **文献标志码:** A

Design and field trial of an electric corn precision seeder for whole film double furrow sowing

LI Tong-hui, DAI Fei, ZHAO Wu-yun, YANG Jie

(School of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to meet the agronomic technical requirements of whole film double furrow sowing on dry-land, an electric corn precision seeder was designed. An orthogonal test was conducted using height of the hill-drop wheel's capacity of seed, speed of hill-drop wheel, and length of flange as the parameters, rate of no-seed holes and rate of single-seed as the indicators. Then the test results were used to do variance analyses, concluding the factors influencing working performance of the electric corn precision seeder, and optimizing further the parameters of components. The test results showed that when the height of hill-drop wheel's capacity of seed was 130 mm, the speed of hill-drop wheel was $0.85\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and the length of flange was 65 mm, the electric corn precision seeder ran well and could meet the agronomic requirement.

Keywords: corn precision seeder; whole film double furrow; hill-drop wheel; rate of no-seed hole; rate of single-seed; experiment

旱地玉米全膜双垄沟播模式是甘肃省在传统地膜覆盖技术基础上,将地膜覆盖与垄沟种植相结合的一项集雨、保墒、抗旱新技术^[1-3]。其主要特点是:在深秋、初春季节先起好宽、窄相间的双垄,同时用地膜对地表进行全部覆盖,播种期适时在垄沟内点播,可有效蓄纳降水,增加地温,减少田间蒸发,有效改善作物的生长环境,提高水分利用率。生产实践表明,全膜双垄沟播技术比普通地膜覆盖栽培单产增幅超过 30%,增产效果显著,具有良好的经济效益^[4-5]。旱地全膜双垄沟播技术相关的播种机具主要依靠传统的滚轮式穴播器和手持式点播枪,普遍存在撕膜、挑膜和膜孔错位的现象,劳动强度高、

播种效率低下,严重制约了全膜双垄沟播技术的快速发展^[6-7]。此外,由于用拖拉机牵引的播种机震动较大,工作不平稳,从而直接影响着播种机膜上播种作业质量,为此设计了一种工作平稳振动小,并且可以有级变速的电动式全膜双垄沟播玉米精量播种机^[8-9]。

1 整机组成及工作原理

目前适用于全膜覆盖双垄沟播栽培技术的播种机主要有人力手推式和拖拉机牵引式,人力手推式播种机作业时,劳动强度大,生产效率低,而拖拉机牵引式播种机的整机重量大,对地膜的损伤率相对

收稿日期:2014-11-17

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD14B10);国家自然科学基金资助项目(51405086)

作者简介:李同辉(1990—),男,河北保定人,硕士生,研究方向为农业工程技术与装备。E-mail:ml18630225356-1@163.com。

通信作者:赵武云(1966—),男,甘肃兰州人,教授,博士,研究方向为农业工程技术与装备。E-mail:zhaowuy@gsau.edu.cn。

较高。因此设计了一种玉米全膜双垄沟电动式精量播种机。该播种机以两块铅酸蓄电池为动力,减小了整机重量和废气排放,降低了作业成本,其作业时工作平稳,振动小,噪音低,保证了播种精度,减少了劳动强度,提高了劳动效率^[9]。

玉米全膜双垄沟电动式精量播种机主要由铅酸蓄电池、减速电机、控制箱、牵引架、穴播轮等组成,如图 1 所示。播种机工作时,电池通过控制器连接减速电机,减速电机通过链条将动力传递到行走轮,并经牵引架带动穴播轮向前运动。行走轮在小垄两侧的垄沟内行走,穴播轮鸭嘴定点强制开启,两个穴播轮鸭嘴之间的距离为双垄沟的播种距离,并且起到支撑作用^[10-13]。

2 样机控制流程

样机的控制流程见图 2。样机的运行由控制箱操作按钮实现。首先电机启动按钮,电机运转带动地轮轴驱动链轮空转,按下前进按钮,前进离合器与从动链轮闭合,样机前进,按下停止按钮,前进离合器和从动链轮断开,样机停止前进,从动链轮空转;按下后退按钮,后退离合器和从动链轮闭合,样机后退,再按下停止按钮,后退离合器和从动链轮分离,样机停止后退。按下转向按钮,差速机构工作,带动

样机转向。样机通过直流电机调速器实现有级调速,分为低速档和高速档,在不耕种时,按下低速档按钮,样机以 $550\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度前进;在进入耕地前准备播种时,按下高速档按钮,样机以 $850\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速度行进^[14-17]。

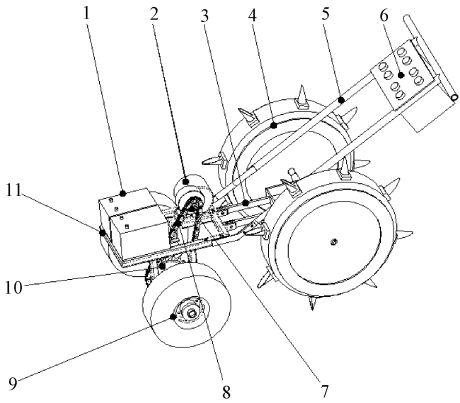


图 1 玉米全膜双垄沟电动式精量播种机

Fig.1 Structure of the electric corn precision seeder for whole plastic-film double furrow sowing

- 1. 铅酸蓄电池; 2. 减速电机; 3. 牵引架; 4. 穴播轮; 5. 扶手; 6. 控制箱; 7. 主动链轮; 8. 传动链; 9. 行走轮; 10. 从动链轮; 11. 机架
- 1. Lead-acid cell; 2. Gear motor; 3. Traction frame; 4. Dibbling wheel; 5. Balustrade; 6. Control box; 7. Drive sprocket; 8. Transmission chain; 9. Walking wheel; 10. Driven sprocket; 11. Rack

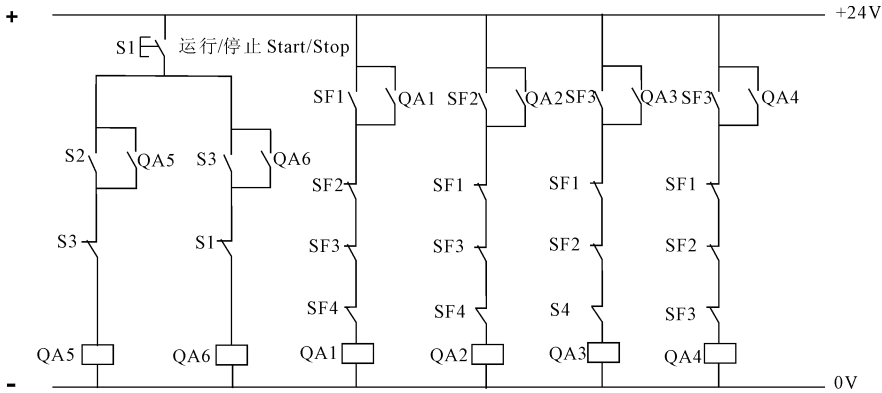


图 2 控制流程图

Fig.2 Control flow graph

3 田间试验

3.1 试验目的

为提高玉米全膜双垄沟电动式精量播种机工作性能进行田间样机试验,得出穴播轮的最优组合参数,能够有效改善空穴率和单粒率问题,为后续全膜双垄沟播膜上播种装备的研发提供参考。

3.2 试验条件

玉米全膜双垄沟电动式精量播种机样机制造完

成后,于 2014 年在甘肃省洮河拖拉机制造有限公司试验地进行了田间试验。试验地地势平坦,土壤为黄绵土,含水率为 16.2% ~ 18.4%,土壤坚实度为 1 020.8 kPa,地表依照全膜双垄沟播农艺技术要求,经整地起垄后铺膜处理。玉米种植品种为沈单 16 号,种子千粒质量为 374 g,含水率为 10.6%^[13],当地的播种深度为 30 ~ 50 mm。图 3 为田间试验过程及出苗情况。试验中机具的工作参数为:配套动力为超威铅酸蓄电池,额定电压为 12 V,整机的前进

速度为 $850\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$,采用凸轮 – 平面四杆开启式穴播轮,穴播轮直径为 400 mm ,鸭嘴数 $Z = 8$ 。为达到播种深度的要求,鸭嘴的长度应控制在 $55 \sim 65\text{ mm}$ 。



图 3 田间试验过程及出苗情况
Fig.3 Field trial process and emergence of seedlings

3.3 试验指标

为了对该播种机进行定量的分析研究,通过参考相关文献,参照已有正交试验的设计研究^[22]确定了电动式全膜双垄沟播玉米精量播种机试验结果的主要指标为空穴率和单粒率^[18-20]。

3.4 试验因素及水平

影响试验指标的因素很多,其中有些因素虽然非常重要,但人们无法控制,如地里的杂草状况,土壤的含水量等因素。因此本次试验主要考察人们可以控制又对试验指标影响最主要的因素:穴播轮容种高度、穴播轮转速、活动鸭嘴长度^[21-23]。由以往的经验得知,各因素之间的交互效应对试验指标有重要影响,所以本次试验中考虑各因素之间的交互作用对指标的影响。试验的因素及水平见表 1。

为满足试验需要,分别制造了 3 种不同长度的

鸭嘴,来改变活动鸭嘴的长度;通过改变直流电机调速器来改变电机转速,进而改变机具的行进速度和穴播轮转速;通过增减种子来控制容种高度。

根据考察的因素及水平选用 $L_{27}(3^{13})$ 的正交表来安排试验,试验结果见表 2。

表 1 因素水平
Tables 1 Factors and levels of testing

水平 Levels	因素 Factors		
	容种高度 H Height of freighting seed /mm	穴播轮转速 V Speed of hill-drop wheel /($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	活动鸭嘴长度 L Length of flange /mm
1	65	0.51	55
2	130	0.85	60
3	205	1.15	65

表 2 试验结果
Table 2 Test results

试验号 Code	H	V	$(H \times V)_1$	$(H \times V)_2$	L	$(H \times L)_1$	$(H \times L)_2$	$(V \times L)_1$	$(V \times L)_2$	空穴率 Cavity rate	单粒率 Single seed rate
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4.0	79.7
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	5.0	81.3
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	4.4	84.1
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	4.3	82.7
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	3.7	81.8
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	4.1	85.5
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	3.8	80.6
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	3.9	79.4
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	2.4	78.1
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	3.7	81.5
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	3.0	82.7
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	3.5	82.5
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	2.1	87.2
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	3.1	90.1

续表 2

15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	2.8	91.2
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	2.6	90.5
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2.2	82.6
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	2.9	84.3
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	7.9	83.2
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	6.5	76.9
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	7.1	79.8
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	8.7	81.4
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	6.9	80.8
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	5.5	85.5
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	4.3	83.4
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	5.7	81.5
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	4.6	83.7
										118.7	2242
										(所有试验	(所有试验
										空穴率之和)	单粒率之和)
K1	35.6	45.1	42.2	36.0	41.4	40.4	37.6	39.8	39.2		
K2	25.9	41.2	36.9	41.3	40.0	38.2	42.7	39.5	37.6		
K3	57.2	32.4	39.6	41.4	37.3	40.1	38.4	39.4	41.9		
k1	3.96	5.01	4.69	4.0	4.6	4.49	4.18	4.42	4.36		
k2	2.88	4.58	4.1	4.59	4.45	4.25	4.74	4.39	4.18		
k3	6.36	3.6	4.4	4.6	4.15	4.45	4.27	4.38	4.66		
R	3.48	1.41	0.59	0.59	0.45	0.24	0.56	0.04	0.48		
S	57.05	9.41	1.56	2.12	0.97	0.32	1.67	0.01	1.05		
K1	733.2	731.7	750.2	762.2	750.2	740.2	747.4	750.1	743.2		
K2	772.6	766.2	745.3	747.3	737.1	750.7	748.5	738.3	757.6		
K3	736.2	744.1	746.5	732.5	754.7	751.1	746.1	753.6	741.2		
k1	81.47	81.3	83.36	84.69	83.36	82.24	83.04	83.34	82.58		
k2	85.84	85.13	82.81	83.03	81.9	83.41	83.17	82.03	84.18		
k3	81.8	82.68	82.94	81.39	83.86	83.46	82.9	83.73	82.36		
R	4.37	3.83	0.55	3.3	1.96	1.22	0.27	1.7	1.82		
S	106.9	67.87	1.45	49	18.58	8.49	0.32	14.28	17.79		

3.5 试验结果分析

由表 2 对试验结果进行极差分析,根据极差大小排出因素 H 、 V 、 L 对两个性能指标影响的因素优水平、主次顺序及优化组合;空穴率依次为 H_2 、 V_3 、 $[(H \times V)_2]_1$ 、 $[(H \times V)_1]_2$ 、 $[(H \times L)_2]_1$ 、 $[(V \times L)_2]_2$ 、 L_3 、 $[(H \times L)_1]_2$ 、 $[(V \times L)_1]_3$ 。单粒率依次为 H_2 、 V_2 、 $[(H \times V)_2]_1$ 、 L_3 、 $[(V \times L)_2]_1$ 、 $[(V \times L)_1]_3$ 、 $[(H \times V)_1]_3$ 、 $[(H \times V)_1]_1$ 、 $[(H \times L)_2]_2$ 。就单个因素而言,因素 H :对空穴率影响顺序为 H_2 、 H_1 、 H_3 ,对单粒率影响顺序为 H_2 、 H_3 、 H_1 ;因素 V :对空穴率影响顺序为 V_3 、 V_2 、 V_1 ,对单粒率影响顺序为 V_2 、 V_3 、 V_1 ;因素 L :对空穴率影响顺序为 L_3 、 L_2 、 L_1 ,对单粒率影响顺序为 L_3 、 L_1 、 L_2 。由得出的两种组合可

知,容种高度和穴播轮转速为主要影响因素。

为了得到最优的水平组合,对数据进行方差分析,结果见表 3。从方差分析表 3 的结果可以看出,对空穴率和单粒率而言,因素 H 和 V 对试验指标的影响较显著,而因素 L 对试验指标的影响不显著。由于试验结果指标为空穴率和单粒率,所以当空穴率数据越小,单粒率数据越大时,播种机的播种效果越好,通过试验的数据分析可知,最好的空穴率的参数是 $H_2V_3L_3$,与极差分析结果一致。对单粒率来讲,容种高度和穴播轮转速的极差最大,也就是影响最大的因素,而活动鸭嘴长度的影响相对较小。通过试验的数据综合分析最理想的穴播轮参数组合为 $H_2V_2L_3$ 。

为了验证该工作参数的科学性与合理性,选取了上述试验中容种高度、穴播轮转速、活动鸭嘴长度综合效果较好的试验条件做重复试验。以表 2 中的试验数据为依据,选取试验结果相对较好的 11、13、14、15、16 号试验做多次重复试验。试验结果如表 4 所示。由表 4 中的数据可知:最好的作业参数条件

是容种高度为 130 mm 速为 0.85 s、活动鸭嘴长度为 65 mm,与正交试验分析结果吻合。以此参数进行播种作业,可得到单粒率为 93.1%,空穴率为 1.9%,试验结果符合全膜覆盖双垄沟播栽培技术的农艺要求。

表 3 试验数据的方差分析
Table 3 Variance analysis on test data

项目 Items	方差来源 Sources of variation	离差平方和 Sum of deviation square	自由度 Degree of freedom	平均离差平方和 Sum of average deviation square	F 值 F value	临界值 Marginal value	显著性 Significance
空穴率 Cavity rate	<i>H</i>	57.05	2	28.53	36.15		* *
	<i>V</i>	9.41	2	4.71	5.98		*
	<i>L</i>	0.97	2	0.49	0.62	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$	
	$H \times V$	3.68	4	0.92	1.16	$F_{0.05}(4,8) = 3.84$	
	$H \times L$	1.99	4	0.50	0.63	$F_{0.01}(2,8) = 8.65$	
	$V \times L$	1.06	4	0.27	0.34	$F_{0.01}(4,8) = 7.01$	
	误差 Error	6.33	8	0.79			
	总和 Total	80.49	26				
单粒率 Single seed rate	<i>H</i>	106.90	2	53.45	10.48		* *
	<i>V</i>	67.87	2	33.93	6.65		*
	<i>L</i>	18.58	2	9.29	1.82	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$	
	$H \times V$	50.46	4	12.61	2.47	$F_{0.05}(4,8) = 3.84$	
	$H \times L$	8.81	4	2.21	0.43	$F_{0.01}(2,8) = 8.65$	
	$V \times L$	32.07	4	8.02	1.57	$F_{0.01}(4,8) = 7.01$	
	误差 Error	40.80	8	5.1			
	总和 Total	326.49	26				

表 4 验证试验数据表
Table 4 Results of verification

<i>H</i> /mm	<i>V</i> /(m·s ⁻¹)	<i>L</i> /mm	空穴率/% Cavity rate	单粒率/% Single seed rate
130	0.51	60	3.6	79.1
130	0.85	55	3.2	86.5
130	0.85	60	2.8	90.1
130	0.85	65	2.0	93.4
130	1.19	55	3.1	81.7

4 结 论

1) 研制的玉米全膜双垄沟电动式精量播种机采用铅酸蓄电池为动力,配有直流电机调速器,保证穴播轮转速 0.85 m·s⁻¹匀速作业,与拖拉机牵引式播种机相比,该播种机工作更加平稳,噪音更小,震动更低,播种质量更高。

2) 玉米全膜双垄沟电动式精量播种机的工作性能主要与穴播轮有关,而容种高度、穴播轮转速、活动鸭嘴长度是影响穴播轮作业性能的重要参数。

3) 在本研究正交试验的基础上得出:容种高度为 130 mm、穴播轮转速 0.85 m·s⁻¹、活动鸭嘴长度为 65 mm 时,平均空穴率为 1.9%,平均单粒率为 93.1%,试验结果符合全膜覆盖双垄沟播栽培技术的农艺要求,该播种机可以实现玉米精量播种。

参 考 文 献:

[1] 杨祁峰,刘广才,熊春蓉,等.旱地玉米全膜双垄沟播技术的水分高效利用机理研究[J].农业现代化研究,2010,31(1):113-116.

[2] 刘晓伟,何宝林,郭天文.全膜双垄沟不同覆膜时期对玉米土壤水分和产量的影响[J].核农学报,2012,26(3):602-609.

[3] 张雷,牛芬菊,李小燕,等.旱地全膜双垄沟播秋覆膜对玉米产量和水分利用率的影响[J].中国农学通报,2010,26(22):142-145.

[4] 刘广才,杨祁峰,段攘全,等.甘肃发展旱地全膜双垄沟播技术的主要模式[J].农业现代化研究,2008,29(5):629-632.

[5] 李来祥,刘广才,杨祁峰,等.甘肃省旱地全膜双垄沟播技术研究与进展[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):114-118.

[6] 魏宏安,邵世禄.垂直插入式小麦覆膜穴播机的研究[J].农业机械学报,2001,32(6):34-37.

