

## 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机的设计与试验研究

谷金龙,陈海涛,顿国强

(东北农业大学 工程学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**为进一步提高小区育种试验机械化水平,降低育种试验期间人工劳动强度,研制了一种可以定量调节行距和种子粒距的小区育种精量播种机,该机以插装式排种器为核心,可一次性完成侧深施肥、精量播种、覆土、镇压等作业。田间试验结果表明:在作业速度3.6、4.5、5.4 km·h<sup>-1</sup>的情况下,粒距合格指数、重播指数、漏播指数、变异系数均能达到《中耕作物精密播种机产品质量分等》标准中关于优等品的要求。并通过优化处理得出,在理论粒距7.5 cm,车速3.6 km·h<sup>-1</sup>条件下播种效果最佳。

**关键词:**小区育种;播种机;插装式排种器;性能试验

**中图分类号:**S223.2

**文献标识码:**A

**DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2014.05.0742

## Design and Field Experiments of 2BXJ-4(A) Plot-Sowing Precision Seeder for Soybean

GU Jin-long, CHEN Hai-tao, DUN Guo-qiang

(Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** In order to improve the mechanization level of plot-sowing experiment, reduce the labor during the breeding experiment, a kind of plot-sowing precision seeder could be adjust row and seed spacing was designed, with the insert-metering device at its core, which could complete deep-fertilization, precision-sowing, earth-covering and rolling in one circle. According to the standard of JB/T51017-1999 Quality Classification of Precision Seeder for Inter-cultivation Crop, the result indicated that qualified index, repeat-seeding index, miss-seeding index and variable index of the seeder could reach the superior-product standard. According to optimization, the best optimum performance was at the situation that the seed spacing of 7.5 cm and the speed of 3.6 km·h<sup>-1</sup>.

**Key words:** Plot-sowing; Seeder; Insert-metering device; Performance test

育种技术对种子的品种改良以及良种的繁育具有十分重要的意义,是作物高产、优质、高效的重要途径之一<sup>[1]</sup>。机械化发展程度对于育种技术的发展尤为重要。

由于育种试验过程中不仅所涉及的种子种类繁多、不得混杂<sup>[2]</sup>,且需频繁换种,因此,目前我国大部分科研院所育种试验主要靠人工播种完成。但这种人力手工播种形式由于个体差异的存在,育种试验的效率及精度很低<sup>[3-6]</sup>,亟需能满足小区育种要求的播种坑机具。因此针对这一现状,开发设计了2BXJ-4(A)型大豆精量播种机,旨在满足小区育种试验作业要求,达到作业效率高精度的目地。

### 1 整机结构及工作原理

#### 1.1 技术要求

(1)适应小区育种过程中频繁换种的作业要求,在育种过程中操作简便。

(2)可一次性顺利完成侧深施肥、精量播种、覆

土、镇压等作业,并有较好的地面仿形能力。

(3)行距、粒距调节范围可以满足大豆育种试验对各种不同行距、粒距的要求。

#### 1.2 整体结构及技术参数

整机长1.6 m、宽1.8 m、高约1 m,播种单元体之间距离(行距)30~50 cm可调,侧深施肥距离45 mm,施肥深度可调。通过调节单元体上的链轮齿数,可以得到小区育种试验所需要的不同种子粒距。大豆育种试验的最小行距为30 cm,作业过程中,开沟器前方出现的前丘易使机器造成堵塞。为提高通过性,梁架结构设计为双梁,开沟器与横梁连接时,错排布置,使开沟器间距加大,避免堵塞。

设计的2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机整体结构如图1所示,主要由上悬挂、下悬挂、主梁架、地轮、开沟器、肥箱、单元体等部分构成,主要技术参数见表1。

#### 1.3 工作原理

如图1所示,播种机通过上悬挂和下悬挂与拖

收稿日期:2014-03-13

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项(GARS-04)。

第一作者简介:谷金龙(1988-),男,硕士,主要从事设施农业机械装备研究。E-mail:623257576@qq.com。

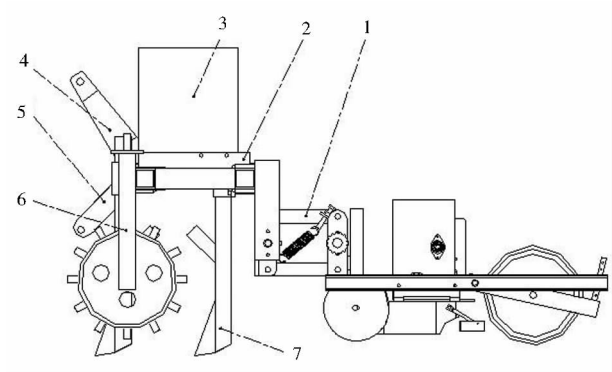
通讯作者:陈海涛(1962-),男,教授,博导,主要从事农业机械装备及生物质材料技术研究。E-mail:htchen@neau.edu.cn。

拉机连接。开沟器通过 U 形卡安装在前后梁架上,可上下调节。作业时,通过左右地轮转动带动传动链轮驱动插装式排种器、肥箱上排肥器转动,将种子落入种沟,将肥料通过导肥管落入肥沟。整机传动结构如图 2 所示。左右地轮上装有单向传动装置,可以减小滑移率,确保播种精度。

表 1 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机的主要技术参数

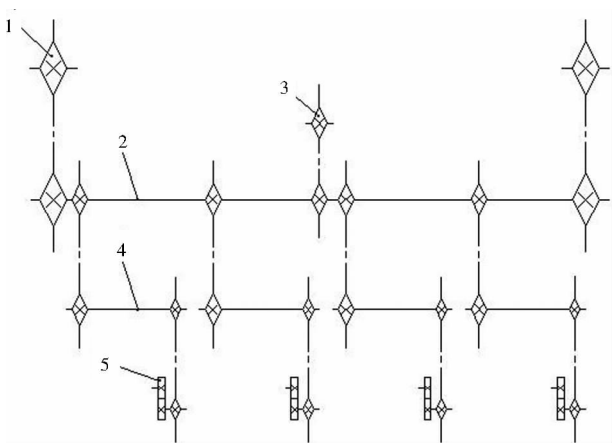
Table 1 Principal parameters of 2BXJ-4(A) plot-sowing precision seeder for soybean

项目 Item	外形尺寸 (长宽高) Outside dimensions/m	结构 质量 Weight/kg	配套 动力 Power/hp	生产率 Productivity /hm <sup>2</sup> ·h <sup>-1</sup>	行距 Row spacing/cm	工作行数 Row number	工作幅宽 Working width/mm	作业 速度 Speed /km·h <sup>-1</sup>
参数 Parameter	1.6×1.8×1.0	240	25~45	0.36~0.54	30~50	4	1200~1500	3.6~5.4



1:单元体;2:主梁架;3:肥箱;4:上悬挂;5:下悬挂;6:地轮;  
7:肥开沟器。  
1:Unit;2:Main frame;3:Fertilizer tank;4:Upper suspension;  
5:Lower suspension;6:Land wheel;7:Fertilizer opener.

图 1 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机的结构图  
Fig. 1 Structure diagram of 2BXJ-4(A) plot-sowing precision seeder for soybean



1:地轮;2:通轴;3:肥箱链轮;4:过渡轴;5:排种器齿轮。  
1:Land wheel;2:Cerner shaft;3:Sprocket of fertilizer tank;  
4:Transition shaft;5:Gear of metering device.

图 2 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机的传动示意图  
Fig. 2 Transmission diagram of 2BXJ-4(A) plot-sowing precision seeder for soybean

2 播种单元体结构设计

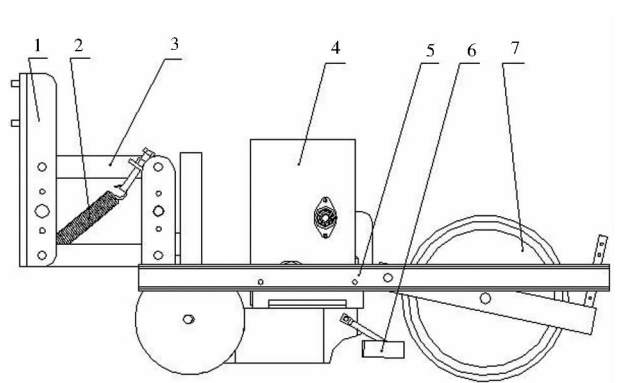
2.1 技术要求

(1)单元体之间独立仿形,对地面不平度适应

性强,且配有独立的限深机构,能有效调节播深。  
(2)单元体上排种器的安装位置需使投种点高度较低,以防止投种点过高而导致的粒距不均。  
(3)单元体整体紧凑,质心靠前。

2.2 单元体结构

如图 3 所示,该机单元体主要由播种开沟器、插装式排种器、覆土器和镇压器组合而成,彼此之间相互独立。其主要的特点是其中任意一个播种机单元体的工作性能不会受到其他单元体的影响。这种相互独立性,不仅使播种机各单元体之间的独立仿形功能得以实现,也使整机行距的调整、播种部件的更换更加方便快捷<sup>[7-8]</sup>。



1:单元体机架连接板;2:预紧力调节弹簧;3:平行四杆机构;  
4:插装式排种器;5:单元体梁架;6:覆土器;7:镇压器。  
1:Plate connecting unit to frame;2:Pretightening force regulating-spring;3:Parallel four-bar mechanism;4:Insert-metering device;5:Unit frame;6:Covering device;7:Roller.

图 3 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机单元体  
Fig. 3 Seeding unit of 2BXJ-4(A) plot-sowing precision seeder for soybean

3 关键部件选用与设计

3.1 插装式排种器的选用

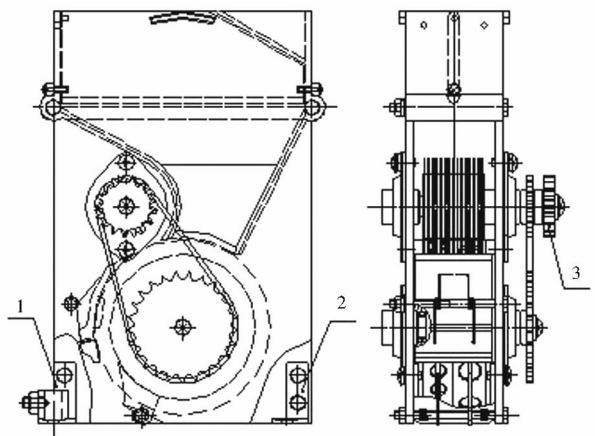
插装式排种器是为满足小区育种试验的农艺要求,而开发研制的一种新型排种器,对于需要频繁清种、换种的育种试验而言,插装式排种器具有以下特点<sup>[9-11]</sup>。

(1)安装、拆卸方便快捷,便于清种、换种。

(2)排种器壳体采用透明材质加工而成,便于工作人员观察种箱内排种情况。

(3)排种器通用性良好,可替换性强。

如图4所示,排种器通过前导套和后导套与单元体连接,通过连接齿轮与单元体上的传动齿轮啮合获取动力。该排种器其分开式独立种箱及双排种盘的结构设计特点,可以进一步满足小区育种过程中需要试验不同大豆品种的要求。



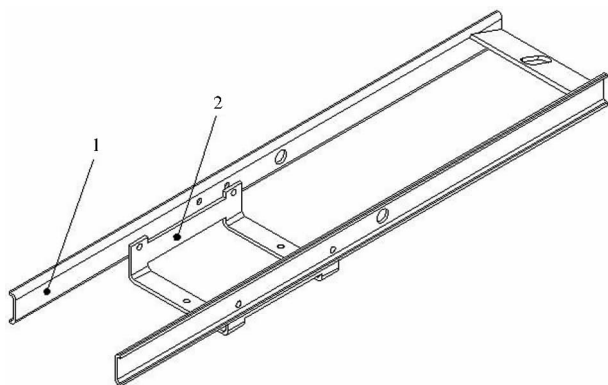
1:前定位装置;2:后定位装置;3:连接齿轮。  
1:Front location mechanism;2:Rear location mechanism;  
3:Connecting gear.

图4 插装式排种器

Fig.4 Insert-metering device

### 3.2 排种器连接板的设计

如图5所示,排种器连接板为一块板料加工而成,可以有效地保证前后两底板的平行度以及插装式排种器安装定位孔的相对,在与单元体梁架连接时采用螺栓连接(因为定位孔的相对位置精度要求比较高,所以不采用焊接连接),这种一体化的连接板相比两块单板而言,可以减少连接螺栓的数量,便于安装。



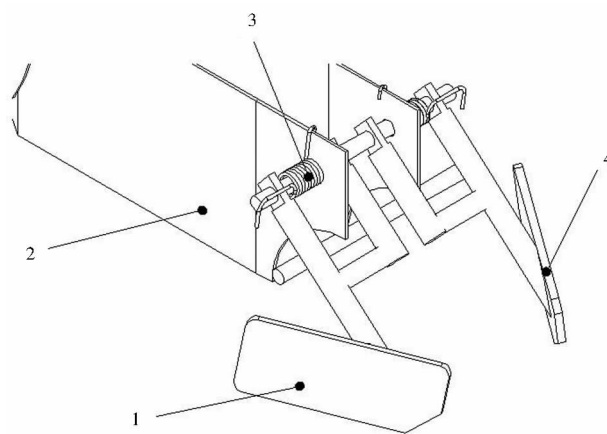
1:单元体梁架;2:排种器连接板。  
1:Unit frame;2:Plate connecting insert-metering device.

图5 单元体梁架

Fig.5 Frame of seeding unit

### 3.3 分离式覆土器

如图6所示,分离式覆土器是在刮板式覆土器的基础上进行的改进设计,由左右两部分组成,可实现左右单独仿形,对于地面不平度有更好的适应性。



1:左覆土板;2:开沟器侧板;3:压力扭簧;4:右覆土板。  
1:Left covering plate;2:Side plate of opener;3:Pressure spring;4:Right covering plate.

图6 分离式覆土器

Fig.6 Divided coverer

## 4 田间性能试验

### 4.1 材料与方法

4.1.1 试验材料 大豆品种东农52,百粒重20g,含水率12%,净度98%。试验仪器及设备主要有:2BXJ4(A)型大豆小区育种精量播种机、皮尺(量程:30m;精度:1mm)、卷尺(量程:5m;精度:1mm)、直尺(量程:100cm;精度:1mm)、直尺(量程:30cm;精度:1mm)、土壤湿度仪、土壤硬度仪、数码相机。

4.1.2 试验设计 试验于2013年5月在黑龙江省香坊农场实施。土壤含水率22.5%,1~5cm处土壤硬度4.88 kg·cm<sup>-2</sup>。采用两因素三水平正交试验设计,根据土壤墒情,设定理论播深3~5cm。根据实际小区育种要求,理论粒距设置10,7.5,5.0cm 3个水平,行驶速度设置3.6,4.5,5.4 km·h<sup>-1</sup> 3个水平,每个试验处理3次重复(图7)。

4.1.3 测定项目与方法 根据国家标准,《GB/T6973-2005 单粒(精密)播种机试验方法(Testing Methods of Single Seed Drills)》,测定相邻种子间距,测定长度大于规定所播种子的250粒距长度。测定粒距合格指数、重播指数、漏播指数、变异系数和产量。根据我国机械行业标准JB/T51017-1999《中耕作物精密播种机产品质量分等》(表2),对该播种机田间性能进行分析。

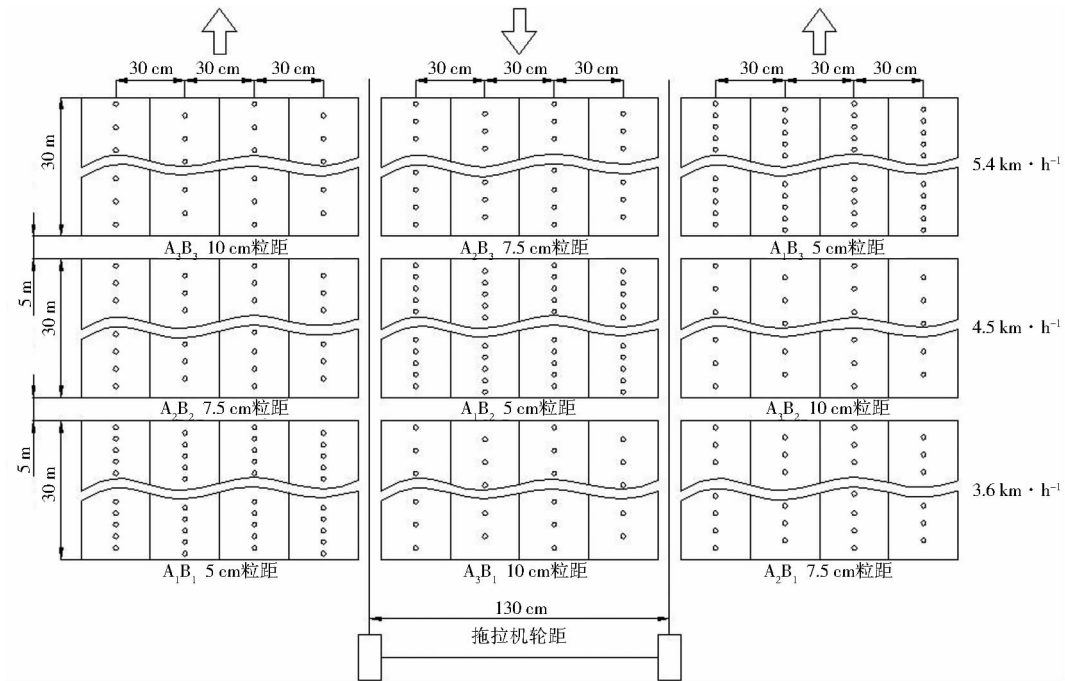


图 7 试验方案  
Fig. 7 Test plan

表 2 播种机粒距评价标准			
Table 2 Evaluation standard on inter-spacing for planter			
项目 Item	种子粒距 Seed spacing≤10 cm		
	合格品 Qualified product	一等品 First-rate product	优等品 High-class product
	合格品 Qualified product	一等品 First-rate product	优等品 High-class product
	合格品 Qualified product	一等品 First-rate product	优等品 High-class product
粒距合格指数 Qualified index/%	≥60.0	≥65.0	≥70.0
重播指数 Repeat-seeding index/%	≤30.0	≤25.0	≤22.0
漏播指数 Miss-seeding index/%	≤25.0	≤25.0	≤17.0
变异系数 CV/%	≤40.0	≤35.0	≤30.0

4.2 结果与分析

由表 3 可知,所设计的 2BXJ-4(A) 型大豆小区育种精量播种机在所设计的 3 种理论粒距下,粒距合格率、重播指数、漏播指数及变异系数均达到优等品的标准。

应用 Design-Expert 6.0.10 对试验结果进行分析,设定置信度为 0.05,由表 4 可知,A 因素(理论粒距)只对产量有极显著影响,对其他指标均无显著影响;B 因素(车速)只对重播指数没有显著影响,对其他指标均有显著影响,尤其对指标变异系

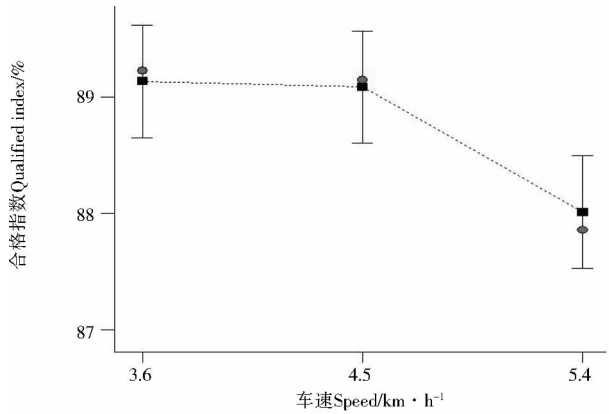
表 3 试验方案及结果							
Table 3 Test program and results							
序号 No.	试验因素 Factor		试验指标 Index				
	A 理论粒距 Seed spacing/cm	B 车速 Speed /km·h <sup>-1</sup>	合格指数 Qualified index/%	重播指数 Repeat-seeding index/%	漏播指数 Miss-seeding index/%	变异系数 CV/%	产量 Yield/kg·m <sup>-2</sup>
1	1(5)	1(3.6)	89.23	6.59	4.18	14.03	0.275
2	1	2(4.5)	89.15	6.60	4.25	13.91	0.278
3	1	3(5.4)	87.86	6.11	6.03	17.33	0.266
4	2(7.5)	1	89.59	6.41	4.00	14.06	0.267
5	2	2	89.54	6.43	4.03	13.75	0.265
6	2	3	88.04	6.31	5.65	19.01	0.247
7	3(10)	1	89.82	6.38	3.80	14.75	0.230
8	3	2	89.80	6.41	3.79	14.60	0.227
9	3	3	89.36	6.31	4.33	18.78	0.219

表 4 方差分析  
Table 4 Analysis of variance

	变异来源	平方和	自由度	均方	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值	显著性
	Source of variation	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	<i>F</i> value	<i>P</i> value	Significance
合格指数 Qualified index/%	Model	3.73	4	0.93	8.50	0.0309	*
	A	1.29	2	0.65	5.91	0.0640	
	B	2.43	2	1.22	11.09	0.0233	*
	残差 Residual	0.44	4	0.11			
	总和 Total	4.16	8				
重播指数 Repeat-seeding index/%	Model	0.11	4	0.028	1.65	0.3199	
	A	0.0072	2	0.0036	0.22	0.8150	
	B	0.10	2	0.052	3.08	0.1548	
	残差 Residual	0.067	4	0.017			
	总和 Total	0.18	8				
漏播指数 Miss-seeding index/%	Model	4.66	4	1.16	7.26	0.0404	*
	A	1.13	2	0.56	3.52	0.1314	
	B	3.53	2	1.77	11.00	0.0237	*
	残差 Residual	0.64	4	0.16			
	总和 Total	5.30	8				
变异系数 CV/%	Model	36.53	4	9.13	35.38	0.0022	*
	A	1.37	2	0.68	2.65	0.1853	
	B	35.17	2	17.58	68.11	0.0008	**
	残差 Residual	1.03	4	0.26			
	总和 Total	37.57	8				
产量 Yield/kg·m <sup>-2</sup>	Model	0.0040	4	0.00099	85.01	0.0004	**
	A	0.0036	2	0.0018	155.51	0.0002	**
	B	0.00034	2	0.00017	14.51	0.0147	*
	残差 Residual	<0.0001	4	<0.0001			
	总和 Total	0.00040	8				

数和产量有极显著影响;且对于产量的因素影响主次顺序是 A > B。

由图 8~10 可知,合格指数、漏播指数、变异系数在车速 3.6 和 4.5 km·h<sup>-1</sup> 的情况下变化不大。而随着车速增加至 5.4 km·h<sup>-1</sup> 以后,合格指数明显降低,漏播指数明显增加,变异系数明显增加。这主要是由于车速增加至 5.4 km·h<sup>-1</sup> 以后,排种器排种盘的转速过快,影响了排种器的充种性能,进而使得漏播指数、变异系数明显增加、合格指数明显降低。



● 为实测值;■ 为平均值。不同。  
● is actual value;■ is average value. The same below.

图 8 车速对合格指数的影响  
Fig. 8 Effects of speed on qualified rate

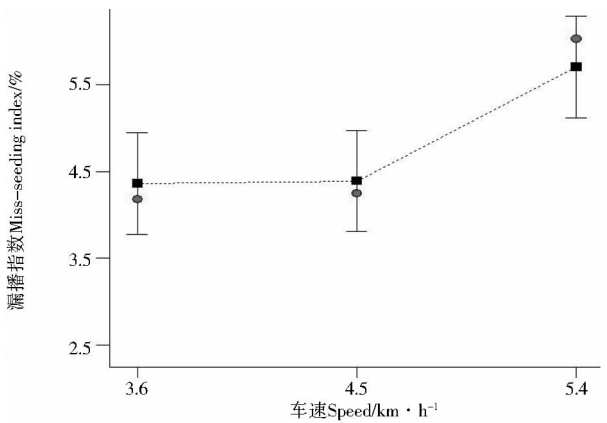


图 9 车速对漏播指数的影响  
Fig. 9 Effects of speed on miss-seeding rate

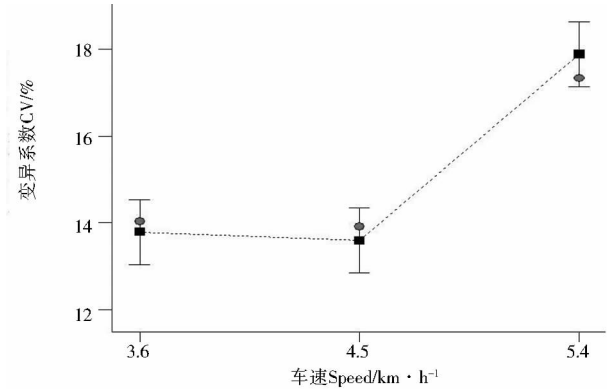


图 10 车速对变异系数的影响  
Fig. 10 Effects of speed on coefficient of variation

由图 11 可知,产量随着理论粒距的增加而降低。产量在车速  $3.6$  和  $4.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  的情况下变化不大。而随着车速增加至  $5.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,产量明显降低(图 12)。这主要是由于车速增加至  $5.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,严重影响了合格指数,进而使得产量明显降低。

以合格指数、产量、重播指数、漏播指数、变异系数最小作为约束条件进行参数优化,得到该播种机的最佳播种参数组合为:理论粒距  $7.5 \text{ cm}$ ;车速  $3.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。此条件下的各项指标分别为:合格指数  $89.45\%$ ;重播指数  $6.45\%$ ;漏播指数  $4.10\%$ ;变异系数  $14.31\%$ ;产量  $0.264 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

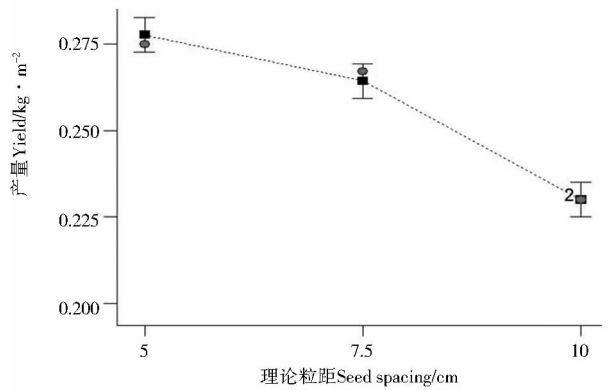


图 11 理论粒距对产量的影响  
Fig. 11 Effects of seed spacing on yield

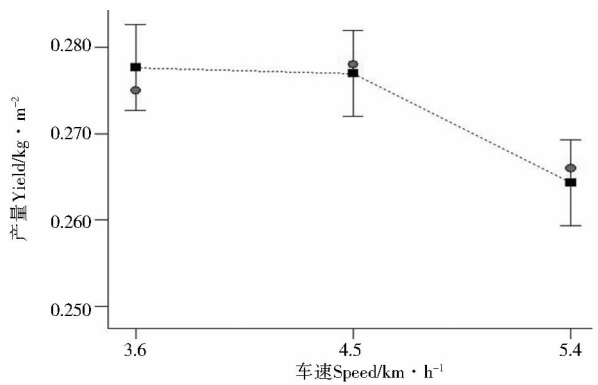


图 12 车速对产量的影响  
Fig. 12 Effects of speed on yield

## 5 结 论

(1)针对小区育种的农艺要求,设计了一种 2BXJ-4(A)型大豆小区育种精量播种机。整机工作稳定、传动可靠,配合插装式排种器可以有效地实现快速清种及换种。

(2)田间性能试验表明,该播种机在车速  $3.6$  和  $4.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  情况下使用,播种性能较好,在车速  $5.4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  的情况下播种性能虽有降低,但仍能满足《中耕作物精密播种机产品质量分等》评价标准的优等品的标准。

(3)通过优化处理,得到了该播种机的最佳播种参数组合为:理论粒距  $7.5 \text{ cm}$ ;车速  $3.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。此条件下的各项指标分别为:合格指数  $89.45\%$ ;重播指数  $6.45\%$ ;漏播指数  $4.10\%$ ;变异系数  $14.31\%$ ;产量  $0.264 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

## 参考文献

- [1] 连国政,王建刚,杨兆慧,等. 小区育种机械化在中国的发展[J]. 农业工程学报,2012,28(10):140-144. (Lian Z G, Wang J G, Yang Z H, et al. Development of plot-sowing mechanization in China[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(10): 140-144.)
- [2] 杨然兵,尚书旗,郑月男. 新西兰田间育种机械化播种技术研究与分析[J]. 农业机械,2010,21(9):96-97. (Yang R B, Shang S Q, Zheng Y N. Research and analyses of sowing technology for plot-sowing mechanization in New Zealand[J]. Farm Machinery, 2010, 21(9): 96-97.)
- [3] 盖钧镒,崔章林,邱家驹. 大豆育种研究与发展[J]. 大豆通报,1995(1):1-3. (Gai J Y, Cui Z L, Qiu J X. Research and development of soybean breeding[J]. Soybean Bulletin, 1995(1): 1-3.)
- [4] 郭佩玉,尚书旗,汪裕安. 普及和提高田间育种机械化水平[J]. 农业工程学报,2004,20(5):53-55. (Guo P Y, Shang S Q, Wang Y A. Popularizing and increasing the level of mechanization field breeding equipment[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(5): 53-55.)
- [5] 刘宏新,王福林,杨广林. 新型立式复合圆盘大豆精密排种器研究[J]. 农业工程学报,2007,23(10):112-116. (Liu H X, Wang F L, Yang G L. New vertical composite plate soybean precision seed-metering device[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(10): 112-116.)
- [6] 孙伟,吴建民,黄晓鹏,等. 2BFM-5 型山地免耕播种机的设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(11):26-31. (Sun W, Wu J M, Huang X P, et al. Design and field experiments of 2BFM-5 hilly no-tillage seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(11): 26-31.)
- [7] 项德响. 大豆窄行密植平作高速气吸式精密播种机关键部件的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2010. (Xiang D X. Research on key parts of high-speed vacuum precision planter matched with soybean narrow-row-flat-dense seeding technique[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010.)
- [8] 李纪超,陈海涛,纪文义. 大豆窄行密植平作高速气吸式精密播种机性能试验[J]. 农机化研究,2013,4(4):163-166. (Li Q C, Chen H T, Ji W Y. Experiment of high-speed vacuum precision planter matched with soybean narrow-row-flat-dense seeding technique[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2013, 4(4): 163-166.)
- [9] 姜峰,陈海涛,王业成. 小区育种插装式排种器的设计[J]. 农业工程学报,2010,26(10):9-12. (Jiang F, Chen H T, Wang Y C. Design of insert-metering device for subdistrict breeding seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(10): 9-12.)
- [10] 姜峰. 机动式大豆育种精密播种机的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2012. (Jiang F. Study on power type breeding precision seeder for soybean[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2012.)
- [11] 陈海涛,王业成. 2BXJ-1 型小区(玉米)育种精量播种机研发成功[J]. 大豆科技,2009,6(10):15. (Chen H T, Wang Y C. Successful development of 2BXJ-1 plot-sowing precision seeder for corn[J]. Soybean Science and Technology, 2009, 6(10): 15.)