

2BMFJ-3 型麦茬地免耕精密播种机排种器选型试验研究

王汉羊,陈海涛,纪文义,吴广伟

(东北农业大学 工程学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为保证 2BMFJ-3 型麦茬地免耕大豆精密播种机播种大豆的性能,确定一种适合于该播种机的机械式精密排种器,参照 GB6973-2005《单粒(精密)播种机试验方法》,以窝眼轮式、倾斜勺式和勺轮式排种器为研究对象,在 JPS-12 计算机视觉精密排种器性能检测试验台上实施了对比试验研究。结果表明:在作业速度 $3\sim6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 、粒距 8 cm 条件下,勺轮式排种器的排种性能最优,其合格指数 87.8%~98.9%,重播指数 0.5%~1.1%,漏播指数低于 12%,变异系数小于 16%,各项指标均达到国家标准优等品水平。

关键词:大豆;排种器;排种性能;对比试验

中图分类号:S223.2 文献标识码:A 文章编号:1000-9841(2013)02-0257-05

Experimental Research on Seed-metering Choice of 2BMFJ-3 Type No-till Precision Planter in Wheat Stubble Fields

WANG Han-yang, CHEN Hai-tao, JI Wen-yi, WU Guang-wei

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

Abstract: The comparative tests have been carried out on test-bed of JPS-12 seed-metering by GB6973-2005, Single(Precision) Seeder Experimental Method, of which the seeding-metering of socket-roller, inclined spoon and spoon-roller were selected as the object. The objective was to improve the soybean seeding performance of 2BMFJ-3 type no-till precision planter in wheat stubble fields, and determine a kind of reasonable seeding-metering for the planter. The result indicated that the seeding performance of spoon-roller was the best, while operation speed was $3\sim6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ and space was 8 cm, meanwhile qualified rate was 87.8%~98.9%, multiple rate was 0.5%~1.1%, missed rate was lower than 12% and variable coefficient was less than 16%, and each index attached the level of superior quality.

Key words: Soybean; Seed-metering; Seeding performance; Comparative test

精密播种是将确定数量的种子,按照确定的行距、粒距,播到确定深度的土壤中,同时在种子上覆盖适量的湿土,并进行适度镇压,使种子获得均匀一致适宜的发芽环境,达到苗齐、苗全、苗壮,节约良种,减少用工,增加产量的目的^[1-5]。

长期以来,我国农业生产大多以粗放播种为主,在全国各地都存在着不同程度的浪费种子现象。推广精量播种技术,不仅能够有效减少种子用量,节省工时,还可以达到节本增效的目的,而且对实现农业标准化生产具有重要的意义^[6-9]。

实现高质量机械化精密播种的核心部件之一是适宜的排种器。目前,国内外广泛应用的精密排种器主要分为两大类:一是机械式精密排种器,主要有窝眼轮式、垂直圆盘式、水平圆盘式、倾斜圆盘式、指甲式等;二是气力式精密排种器,主要有气吹式、气吸式和气压式 3 种^[10]。气力式排种器不伤种子,对种子外形尺寸的适应性高,可适应高速田间作业速度,但制造成本较高,使用过程中易发生故

障,且配套风机需要很大的动力。机械式精密排种器对种子形状适应性差,通用性不好,但结构简单、制造成本低、易操作,不需要拖拉机提供动力^[11-14]。

现以窝眼轮式、倾斜勺式和勺轮式排种器为研究对象,以机组作业速度为影响因素,进行对比试验,通过分析各排种器在不同作业速度条件下的各项性能指标,优选排种器,为 2BMFJ-3 型麦茬地免耕精密播种机排种器选型提供理论依据。

1 排种器结构与作业原理

1.1 窝眼轮式大豆精密排种器

窝眼轮式大豆精密排种器主要由排种器壳体、刮种器、排种盘、护种板、投种器等组成(图 1)。

排种盘直径为 210 mm,其上均布 40 个型孔。以试验用大豆种子最大直径为基准,按照型孔直径 D 应比种粒最大尺寸 L_{max} 大至少 10%,孔深 H 等于种粒最大尺寸的原则,选取型孔直径 $D=10\text{ mm}$,孔深 $H=9\text{ mm}$ 。刮种器采用毛刷式,具有充足的弹

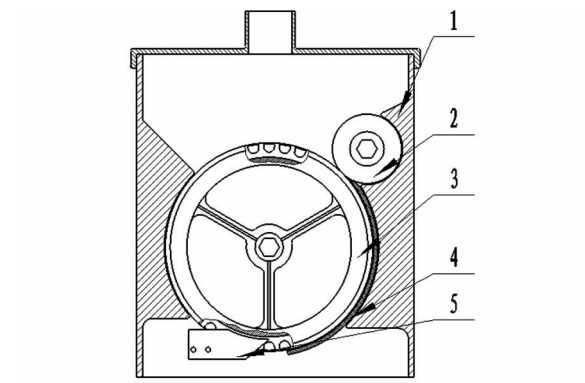
收稿日期:2013-02-27

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金(CARS-04);国家公益性行业(农业)科研专项资金(201303011)。

第一作者简介:王汉羊(1982-),男,博士,主要从事现代农业装备研究。E-mail:Michaelyang198217@163.com。

通讯作者:陈海涛(1962-),男,教授,博士生导师,主要从事现代农业装备研究。E-mail:htchen@neau.edu.cn。

性,不易损伤种子。护种板由塑料制成,护种区弧度的包角为 120° ,排种器种子填充角为 90° 。



1. 壳体;2. 刮种器;3. 排种盘;4. 护种板;5. 投种器
1. Shell;2. Scraping device;3. Seeding disk;4. Protecting board;5. Eliminating device

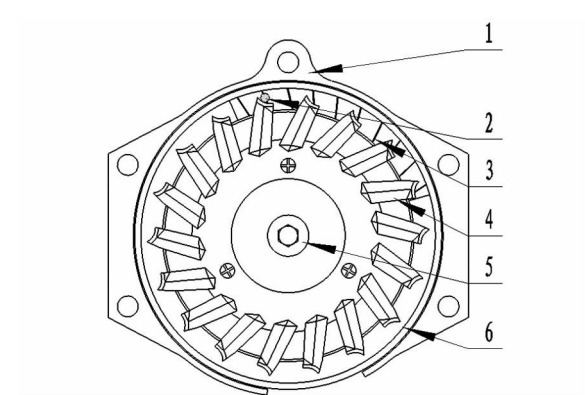
图1 窝眼轮式大豆精密排种器结构示意图
Fig. 1 Sketch of socket-roller soybean precision seed-metering

作业原理:窝眼轮连续旋转,种子在重力作用下进入型孔,由刮种器将多余的种子刮掉,确保型孔内只留一粒种子;当种子随排种盘运动至排种器下方越过护种板,靠自重落入种沟,没有落下的种子由投种器将其推出。

1.2 倾斜勺式大豆精密排种器

倾斜勺式大豆精密排种器主要由排种器壳体、刮种毛刷、排种盘、充种盘、排种轴和隔板等组成(图2)。充种盘直径为245 mm,均布18个勺齿,倾角为 10° 。

作业原理:勺齿随充种盘旋转通过充种区时,勺齿舀上1~2粒种子;随着勺齿继续旋转至上方,勺齿内多余的种子靠自重滑落至充种区,自行清



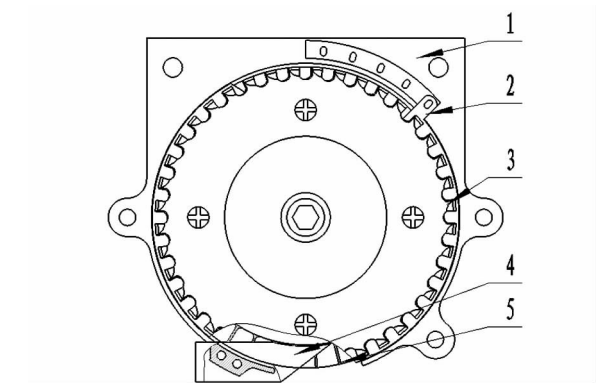
1. 壳体;2. 刮种毛刷;3. 排种盘;4. 充种盘;5. 排种轴;
6. 隔板
1. Shell;2. Scraping brush;3. Seeding disk;4. Filing disk;
5. Seeding shaft;6. Clapboard

图2 倾斜勺式大豆精密排种器结构示意图
Fig. 2 Sketch of inclined spoon soybean precision seed-metering

种,保证勺齿内只留一粒种子;当勺齿旋转至上方,勺齿内种子在刮种毛刷的作用下,经隔板开口进入与其同步旋转的排种盘对应的槽内;种子随排种盘旋转至下方的投种口,靠自重落入种沟。

1.3 勺轮式大豆精密排种器

勺轮式大豆精密排种器主要由排种器壳体、隔板、充种盘、投种器和排种盘等组成(图3)。充种盘直径为215 mm,均布40个勺齿。



1. 壳体;2. 隔板;3. 充种盘;4. 投种器;5. 排种盘
1. Shell;2. Clapboard;3. Filing disk;4. Eliminating device;
5. Seeding disk

图3 勺轮式大豆精密排种器结构示意图
Fig. 3 Sketch of spoon-roller soybean precision seed-metering

作业原理:充种盘连续旋转,种子在重力及压力作用下进入经过充种区的勺齿,随着勺齿继续向上旋转,多余的种子在重力作用下自行滑落重新进入充种区;当勺齿旋转至上方隔板开口处,其内种子进入与其同步旋转排种盘对应的槽内;当种子随排种盘运动至下方投种口时,靠自重落入种沟,没有落下的种子,由投种器将其推出。

2 试验方法与仪器设备

2.1 试验材料

供试大豆品种为中黄42,种子最小直径为5.87 mm,最大直径为8.9 mm,平均粒径为8.15 mm,百粒重27.2 g,净度99%。

2.2 试验设备

JPS-12 计算机视觉精密排种器性能检测试验台,由黑龙江省农业机械科学研究所研制,主要由排种器悬挂架、传送带、调速电机、控制柜、图像采集仪、数据采集仪等组成(图4)。

2.3 试验设计

采用单因素对比试验方法,以作业速度为试验因素,按照免耕播种机实际作业要求,选取作业速度3,4,5,6 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 4个水平,以3种排种器的粒距合格指数、重播指数、漏播指数和变异系数为目标



图4 JPS-12 排种器试验台

Fig.4 Test-bed of JPS-12 seed-metering

函数,每个水平重复3次,以其均值作为试验数据。
试验过程中,通过控制面板调节传送带的速度实现作业速度的变化;理论粒距的大小与传送带速度、排种盘型孔数及转数有关,其变化可通过调节调速电机转速来实现,调速电机转速可由式(1)来确定。

$$n=\frac{v\times10^4}{6NSi}$$

(1)

式中, n —调速电机转速, $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$; v —传送带速度, $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$; N —排种盘型孔(勺齿)数; S —理论粒距, cm ; i —调速电机与排种盘传动比。

2.4 测试方法

按照国标 GB/T6973-2005《单粒(精密)播种机试验方法》^[15]测试要求,对排种器性能进行评价,每次测试250粒距。精密播种机(排种器)的3个基本性能指标为合格指数(合格率)、重播指数(重播率)、漏播指数(漏播率);播种精度的3个基本指标为粒距平均值、标准差、变异系数。各指标的具体计算方法及过程如下:

(1)区段划分。将所取的250个粒距样本划分为 $0.1X_r$ 区段, X_r 为理论粒距或调整粒距。即把整个粒距样本用 X_r 除之,进行无量纲化处理。

(2)计算区段变量。每个区段的变量为 $X_i=x_i/X_r$
式中, x_i —区段中值。

(3)区间划分。统计个区间中 x_i 的总数,将整个粒距样本划分为5个区段 $\{0\sim0.5\}$, $\{0.5\sim1.5\}$, $\{1.5\sim2.5\}$, $\{2.5\sim3.5\}$, $\{3.5\sim+\infty\}$ 。统计落入各区段样本的个数,定义各区间:

重播区间:

$$n'_1=\sum n_i\{X_i\in[0.0\sim0.5]\}$$

合格区间:

$$n'_2=\sum n_i\{X_i\in[0.5\sim1.5]\}$$

漏播区间:

$$n'_3=\sum n_i\{X_i\in[1.5\sim2.5]\}$$

$$n'_4=\sum n_i\{X_i\in[2.5\sim3.5]\}$$

$$n'_5=\sum n_i\{X_i\in[3.5\sim+\infty]\}$$

试验测定粒距总数:

$$N=n'_1+n'_2+n'_3+n'_4+n'_5$$

重播数: $n_2=n_1$

$$\text{合格数: } n_1=N-2n'_2$$

$$\text{漏播数: } n_0=n'_3+2n'_4+3n'_5$$

$$\text{区间数: } N'=n'_2+2n'_3+3n'_4+4n'_5$$

(4)精密排种器各性能指标计算。

$$\text{合格指数: } A=\frac{n_1}{N'}\times100$$

$$\text{重播指数: } D=\frac{n_2}{N'}\times100$$

$$\text{漏播指数: } M=\frac{n_0}{N'}\times100$$

$$\text{粒距平均值: } \bar{X}=\frac{\sum n_iX_i}{n'_2}, X_i\in\{0.5\sim1.5\}$$

$$\text{标准差: } \sigma=\sqrt{\frac{\sum n_iX_i^2}{n'_2}-\bar{X}^2}, X_i\in\{0.5\sim1.5\}$$

$$\text{变异系数: } C=\sigma\times100$$

3 结果与分析

3.1 试验结果及方差分析

试验结果如表1所示,作业速度对各指标的影响见图5~8所示。

表1 排种性能试验结果

Table 1 Experimental data of seeding performances					
排种器类型 Seed-metering type	作业速度 OS/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	合格指数 QUR/%	重播指数 MUR/%	漏播指数 MIR/%	变异系数 CV/%
窝眼轮式 Socket-wheel	3	98.5	1.5	0	9.3
	4	94.3	1.3	4.4	14.6
	5	88.7	1.0	10.3	18.4
倾斜勺式 Inclined spoon	6	81.5	0.7	17.8	20.7
	3	96.7	2.5	0.8	15.7
	4	90.6	2.3	7.1	18.1
勺轮式 Spoon-roller	5	80.5	1.8	17.7	22.9
	6	75.3	1.6	23.1	29.8
	3	98.9	1.1	0	5.5
	4	95.2	0.9	3.9	9.3
	5	91.4	0.6	8.0	11.8
	6	87.8	0.5	11.7	15.9

OS = operation speed; QUR = qualified rate; MUR = multiple rate; MIR = missed rate; CV = variable coefficient

由试验结果可知,作业速度对3种排种器排种性能指标均有直接的影响,合格指数与重播指数均随作业速度的增加非线性降低,漏播指数与变异系

数均随作业速度的增加非线性增大。

图5表明,当作业速度为 $3\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时,3种排种器的合格指数相差不大,均大于96%,当作业速度增大到 $6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,倾斜勺式排种器的合格指数下降21.4%,窝眼轮式下降17%,勺轮式下降11.1%。这是因为当粒距一定的条件下,随着作业速度的增大,排种盘转速增大,充种时间被缩短,从而导致合格指数随之降低。其中,勺齿数最少的倾斜勺式排种器转速提高最快,窝眼轮式排种器的窝眼数与勺轮式排种器相同,在排种盘转速相同的条件下,采用侧向充种方式的勺轮式排种器充种时间比窝眼轮式要长,因此勺轮式排种器的合格率最高。由图6~8可知,在相同作业速度条件下,勺轮式排种器的重播指数、漏播指数、变异系数均低于其他两种排种器,主要是由于该排种器的充种时间均大于倾斜勺式、窝眼轮式,在提高合格指数的同时降低了漏播指

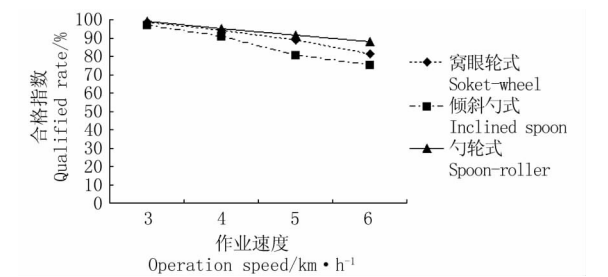


图5 三种排种器合格指数随作业速度变化规律
Fig. 5 The relationship of qualified rate with operation speed

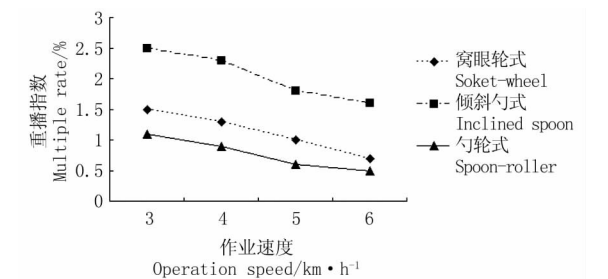


图6 三种排种器重播指数随作业速度变化规律
Fig. 6 The relationship of multiple rate with operation speed

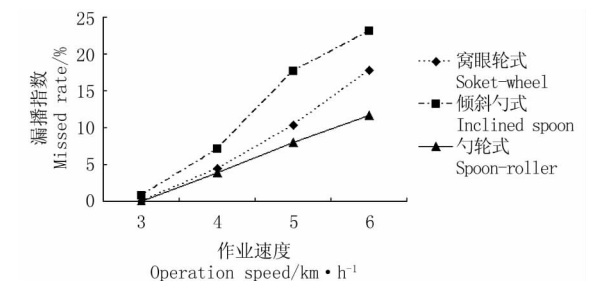


图7 三种排种器漏播指数随作业速度变化规律
Fig. 7 The relationship of missed rate with operation speed

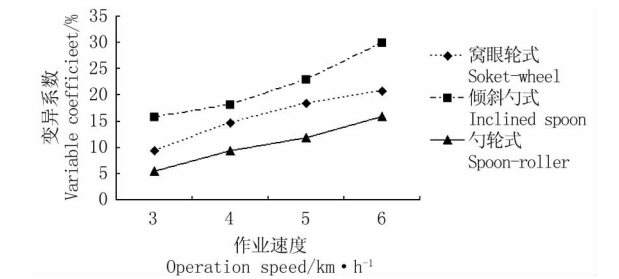


图8 三种排种器变异系数随作业速度变化规律
Fig. 8 The relationship of variant coefficient with operation speed

数,相应地降低了重播指数;由于倾斜勺式的排种盘转速最高,投种时间间隔误差对其变异系数的影响最大,因此在作业速度为 $6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 时变异系数达最大值29.8%;勺轮式排种器与窝眼轮式排种器的转速相同,但勺轮式排种器的排种盘与充种盘相分离,其排种盘型孔远远大于窝眼轮式排种盘的型孔,保证投种时种子更有利于从排种盘型孔中脱离,从而减小了投种时间间隔误差,降低了合格粒距变异系数,当作业速度由 $3\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 增大至 $6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,勺轮式排种器变异系数为由5.5%增至15.9%,增大了10.4%;窝眼轮式排种器变异系数为由9.3%增至20.7%,增大了11.4%,由此可见,勺轮式排种器的变异系数优于窝眼轮式排种器。

综合以上分析发现,勺轮式排种器的排种性能优于窝眼轮式与倾斜勺式排种器。

4 结 论

作业速度对3种排种器的排种性能指标均有直接影响,合格指数与重播指数均随作业速度的增加非线性降低,漏播指数与变异系数均随作业速度的增加非线性增大。

对比试验结果表明,在作业速度 $3\sim6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 、理论粒距8 cm条件下,勺轮式排种器的排种性能优于窝眼轮式与倾斜勺式排种器,其合格指数87.8%~98.9%,重播指数0.5%~1.1%,漏播指数低于12%,变异系数小于16%,各项指标均达到了国家标准优等品水平。在 $6\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 作业速度条件下,勺轮式排种器比倾斜勺式、窝眼轮式排种器的合格指数分别高12.5%、6.3%,重播指数分别低1.1%、0.2%,漏播指数分别低11.4%、6.1%,变异系数分别低7%、4.8%。

参考文献

[1] 陈立东,何堤.论精密排种器的现状及发展方向[J].农机化研究,2006(4):16-18. (Chen L D, He D. Discussion on the current situation of the planting device and developing direction[J]. Jour-

- nal of Agricultural Mechanization Research,2006(4):16-18.)
- [2] 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.)
- [3] 刘宏新,王福林. 2B-JP-FL01 精密排种器的工艺设计[J]. 东北农业大学学报,2007,38(2):232-235. (Liu H X, Wang F L. Technologic design of 2B-JP-FL01 seed-metering device[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2007,38(2):232-235.)
- [4] 刘宏新,王福林. 排种器试验研究因素选择及分析[J]. 农机化研究,2007(5):77-79. (Liu H X, Wang F L. The choice and analysis of factors in seed-metering device experimental study[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007 (5): 77-79.)
- [5] 胡建平,毛罕平. 精密播种技术的研究与创新[J]. 农机化研究,2003(4):52-53,59. (Hu J P, Mao H P. A study and innovation on precision seeding technology [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2003(10):52-53,59.)
- [6] 廖庆喜,高焕文. 玉米水平圆盘精密排种器排种性能试验研究[J]. 农业工程学报,2003,19(1):99-103. (Liao Q X, Gao H W. Experimental study on performance of horizontal disc precision meter for corn seed[J]. Transactions of the CSAE,2003,19(1):99-103.)
- [7] 刘曙光,尚书旗,杨然兵,等. 小区播种机存种装置参数试验及优化[J]. 农业工程学报,2010,26(9):101-108. (Liu S G, Shang S Q, Yang R B, et al. Test and optimization of parameters for the storing device of plot seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2010,26(9):101-108.)
- [8] 曹文,丁俊华,李再臣. 机械式精密排种器的研究与设计[J]. 农机化研究,2009(7):142-145. (Cao W, Ding J H, Li Z C. Research and design of mechanical precision metering[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2009(7):142-145.)
- [9] 崔清亮,秦刚,王明富. 几种典型精密排种器的对比分析[J]. 山西农业大学学报,2003,23(1):69-71. (Cui Q L, Qin G, Wang M F. The analysis and comparison on several kinds of precision feed mechanism[J]. Journal of Shanxi Agricultural University,2003,23(1):69-71.)
- [10] 王业成,邱立春,张文娇,等. 摩擦型立式圆盘精密排种器的设计与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(1):22-26. (Wang Y C, Qiu L C, Zhang W J, et al. Design and experiment of friction vertical plate precision seed-metering device[J]. Transactions of the CSAE,2012,28(1):22-26.)
- [11] 陈德阳,衣丰艳,贾倩. 排种器参数优化试验研究[J]. 农机化研究,2007(9):168-170. (Chen D Y, Yi F Y, Jia Q. Experimental study of the parameter optimization on feeding device[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2007(9):168-170.)
- [12] 李成华,高玉芝,张本华. 气吹式倾斜圆盘排种器排种性能试验[J]. 农业机械学报,2008,39(10):90-94. (Li C H, Gao Y Z, Zhang B H. Experiment on dispensing performance of air-sweeping inclined plate seed-metering device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2008,39(10):90-94.)
- [13] 李善军,廖庆喜,张衍林,等. 斜窝眼偏心轮式排种器主要部件的设计[J]. 农机化研究,2008(9):69-71,92. (Li S J, Liao Q X, Zhang Y L, et al. The design of central parts about inclined-hole and partial-wheel seeding device of the rape sower[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2008(9):69-71.)
- [14] 郭雪峰,杨磊. 玉米精密排种器的试验与优化[J]. 中国农机化,2012(6):83-84,92. (Guo X F, Yang L. Experiment and optimization on precision metering device of maize[J]. Chinese Agricultural Mechanization,2012(6):83-84,92.)
- [15] GB/T 6973-2005. 单粒(精密)播种机试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,2005:10-24. (GB/T 6973-2005. Testing methods of single seed drills(precision drills) [S]. Beijing: China Standard Press,2005:10-24.)

欢迎订阅《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管主办的大豆专业领域学术性期刊,也是被国内外多家重要数据库和文摘收录源收录的重点核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、科研报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者,大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

国内外公开发行人,双月刊,16开本,每期144页。国内每期订价:10.00元,全年60.00元,邮发代号:14-95。国外每期订价:10.00美元(包括邮资),全年60美元。国外由中国国际图书贸易总公司发行,北京399信箱。国外代号:Q5587。

本刊热忱欢迎广大科研及有关企事业单位刊登广告,广告经营许可证号:2301030000004。

地址:哈尔滨市南岗区学府路368号《大豆科学》编辑部。

邮编:150086

电话:0451-86668735

E-mail: dadoux@ sina. com ddkexue@ 126. com