

麦茬地免耕覆秸播种机生产考核试验

纪文义¹, 陈海涛¹, 李 卓¹, 王汉羊², 吴广伟¹, 吴存祥³, 卢为国⁴

(1. 东北农业大学 工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江八一农垦大学 工程学院, 黑龙江 大庆 163319; 3. 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081; 4. 河南省农业科学院 经济作物研究所, 河南 郑州 45000)

摘要:为检验 2BMFJ-3 型麦茬地免耕覆秸精密播种机在大面积作业条件下的作业质量、适应性及可靠性等指标, 对其进行了田间生产考核试验。结果表明: 该机能够有效解决秸秆堵塞问题, 创造良好的种床环境。大面积作业条件下, 粒距均匀性指标达到了国家优等品标准, 播深合格率达到了一等品标准。种肥间距合格率高于 92%, 播后地表秸秆覆盖率达 98% 以上, 且无晾籽现象, 田间出苗率达 90% 以上。机具能一次性地顺利完成清秸、侧深施肥、精密播种、覆土镇压和秸秆全量均匀覆盖等作业环节, 解决了麦茬地免耕大豆机械化播种问题。

关键词:免耕播种机; 麦茬地; 生产考核; 田间试验

中图分类号: S223.2

文献标识码: A

DOI: 10.11861/j.issn.1000-9841.2014.03.0447

Producing and Examining Test on No-till Straw-covering Planter in Wheat Stubble Fields

Ji Wen-yi¹, CHEN Hai-tao¹, LI Zhuo¹, WANG Han-yang², WU Guang-wei¹, WU Cun-xiang³, LU Wei-guo⁴

(1. Engineering College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Engineering College, Heilongjiang Bayi University, Daqing 163319, China; 3. Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 10008, China; 4. Institute of Economy Crop, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 45000, China)

Abstract: Field producing tests have been carried out, the tests were to investigate the performance of 2BMFJ-3 type no-till straw-covering precision planter in wheat stubble fields under the condition of large-scale operations, the performances included working quality, adaptability, reliability, and so on. The result indicated that the planter could not only solve straw-blocking but also build excellent seed-bed. The index of space-uniformity reached the requirement of supper class, and sowing depth attained the requirement of first class. The qualified rate of seed-fertilizer space was more than 92%, straw-covering rate was more than 98%, seed-bareness was not found and the emergence rate was greater than 90%. Straw-clearing, side-deep fertilizing, precision seeding, soil covering and suppressing, straw-covering and other working processes could be completed once, it has important value for solving the soybean mechanization seeding in wheat stubble fields.

Key words: No-till planter; Wheat stubble fields; Producing; Field test

使用免耕播种机在秸秆覆盖残茬地作业, 首先要将秸秆清理出播种带或将其切断, 其次要对根茬进行切碎处理, 打破根须与土壤形成的团块, 提高免耕播种机的通过性和播种质量。因此, 良好的防堵性能是决定免耕播种机生产效率和作业质量的关键因素之一^[1-3]。目前, 国内外免耕播种机采用的防堵形式主要有两种: 一是主动防堵式, 比较典型的如带状旋耕、条带粉碎等主动式防堵装置, 主要是采用高速旋转的破茬刀对播种带进行破茬或旋耕作业, 该类装置防堵性能良好, 但土壤扰动和功率消耗大, 且机具稳定性差^[4-7]; 二是被动防堵式, 即采用圆盘刀锋利刀口切断秸秆、切开土壤, 这类装置结构简单, 土壤扰动量小, 但当地表秸秆覆盖量较大时, 秸秆不能被切断而被压入土壤, 导致开沟困难, 出现晾籽, 影响播种质量^[8-10]。

中国黄淮海一年两熟地区, 冬小麦产量高, 秸秆量大, 留茬过高, 被动式防堵装置无法解决秸秆缠绕开沟器造成的堵塞问题^[11-12]。目前, 该地区普遍采用的免耕播种方式主要有: 将秸秆人工清理出田间的耩播或条播; 两遍或以上旋耕灭茬后的耩播或条播; 采用旋耕灭茬播种机播种。旋耕灭茬播种机部分地解决了大量秸秆覆盖地免耕播种堵塞问题, 但由于旋耕灭茬后形成的种床土壤与秸秆混杂, 种子易被架空, 影响种子的正常发育^[13-15]。为解决黄淮海粮食主产区麦茬地免耕播种机械化难题和杜绝焚烧秸秆现象, 现对自主研发设计的一种新型 2BMFJ-3 型麦茬地免耕覆秸精密播种机进行田间生产考核试验, 以期免耕覆秸播种机的规模化生产和系列机型的开发提供依据, 为免耕覆秸播种技术的推广提供装备。

收稿日期: 2013-08-29

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-04); 公益性行业 (农业) 科研专项 (201303011-9)。

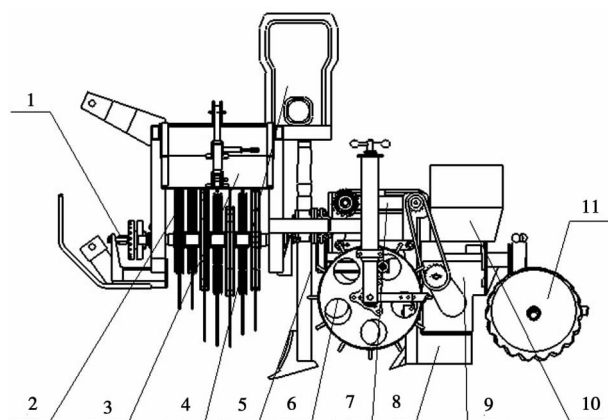
第一作者简介: 纪文义 (1970-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事农业机械装备方面的研究。E-mail: jwy730306@163.com。

通讯作者: 陈海涛 (1962-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事旱作农业装备方面的研究。E-mail: htchen@neau.edu.cn。

1 整机结构与作业原理

1.1 整机结构

2BMFJ-3 型麦茬地免耕覆秸精密播种机主要由清秸覆秸装置、施肥装置和播种单元体三部分组成。主要包括:传动轴、清秸覆秸装置、清秸覆秸控制板、肥箱、施肥开沟器、地轮、平行四杆仿形机构、播种开沟器、排种器、种箱和三向可调式覆土镇压器(图1)。



1. 传动轴;2. 清秸覆秸装置;3. 清秸覆秸控制板;4. 肥箱;
5. 施肥开沟器;6. 地轮;7. 平行四杆仿形机构;8. 播种开沟器;
9. 排种器;10. 种箱;11. 三向可调式覆土镇压器。

1. Drive shaft; 2. Straw cleaning and covering mechanism;
3. Baffle; 4. Fertilizing case; 5. Fertilizing opener; 6. Land wheel;
7. Profiling mechanism; 8. Seeding opener; 9. Seed-metering;
10. Seeds case; 11. Soil covering and pressing mechanism with three
direction adjustment.

图1 2BMFJ-3 型麦茬地免耕覆秸
大豆精密播种机

Fig. 1 Sketch of 2BMFJ-3 no-till soybean precision
planter with straw-covering in a wheat stubble field

根据黄淮海地区农艺特点,所设计的免耕覆秸播种机清秸覆秸装置的清秸覆秸刀齿总成布置于每个播种单元体的正前方,以确保种床环境优良。

主要技术参数:配套动力 20.580~33.075 kW,整机质量 380 kg,播种幅宽 1 200~1 800 mm,播种行数 3 行,播种行距 400~600 mm,播种深度 40~60 mm,施肥深度 70~100 mm,清秸覆秸刀齿总成转速 $400 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$,作业速度 $3 \sim 5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,外形尺寸(长×宽×高)1 800 mm×2 700 mm×1 200 mm。

1.2 作业原理

播种机与拖拉机三点悬挂机构相连,作业时由拖拉机提供牵引和旋转动力,清秸覆秸装置将播种带内的秸秆和部分根茬侧向抛出,均匀抛撒至机具前进方向的左侧,整理出优良的播种带。然后由施肥和播种开沟器在播种带上完成开沟作业,同时,两侧地轮为排肥器和排种器提供动力,从而完成施

肥、播种作业,最后由覆土镇压装置完成覆土和镇压作业,保证种子与土壤紧密接触,以便提供充足的水分和养分,提高出苗率。播种机在回程作业时完成已播地秸秆的均匀覆盖。

2 生产考核试验

2.1 试验条件

田间生产试验于 2012 年 6 月 26~29 日在国家大豆产业技术体系北京顺义试验基地保护性耕作试验田进行。

麦秸覆盖量为 $1.03 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,根茬平均高度为 29.7 cm。0~5 cm 土层内土壤平均硬度 $13.7 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,土壤平均含水率为 19.5%;0~10 cm 土层内土壤平均硬度 $19.3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,土壤平均含水率为 28.5%。

2.2 试验仪器及设备

试验设备主要有 2BMFJ-3 型麦茬地免耕大豆精密播种机、土壤硬度计、土壤湿度计、卷尺(量程:3 m;精度:1 mm)、皮尺(量程:30 m;精度:1 cm)、直尺(量程:30 cm;精度:1 mm)、长绳、数码相机、摄像机等。

2.3 试验方法

2.3.1 播种、施肥质量测试 机组作业速度 $4.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,理论粒距 6 和 8 cm,理论播深 3~5 cm,每个水平重复 5 次,以其均值作为实际粒距与播深。

机具稳定作业 60 m,往返作业一次,共播种 6 行,每行在 50 m 内随机选取 10 个点,人工扒开已播土层进行播种深度和施肥深度的测量。

按照国家标准 GB/T6973-2005《单粒(精密)播种机试验方法(Testing Methods of Single Seed Drills)》,测定相邻种子间距和种子播深,测定长度大于规定所播种子的 250 粒距长度。

2.3.2 秸秆覆盖率 播后地表秸秆覆盖率的测定方法为用 20 m 长的绳子,每隔 10 cm 作一个记号。测定时,沿测区对角线铺放绳子,记录记号下有秸秆的点数,再除以总记号数,即为秸秆覆盖率。每个测区测定 5 次,以其均值作为该区域的秸秆覆盖率。

2.3.3 晾籽情况 晾籽主要是指播种后种子裸露在地表或者种子播在秸秆上。测试时主要采用观测法,首先观测、记录地表裸露种子的数量,然后轻轻扒开已播地表土层记录播在秸秆上的种子数量,重复测试 5 次,每次测试长度 5 m,求得平均晾籽数量。

2.3.4 出苗率 在出苗整齐后测定田间出苗率。按对角线取 5 个小区,小区宽度等于一个工作幅宽,

每行测定 10~20 粒距长度,测得各行出苗数,每个小区测定 3 次并求均值,出苗率按式(1)求得。

$$C = \frac{Q_s}{Q_c Y} \times 100\%$$

(1)

式中: C 为田间出苗率(%); Q_s 为实际出苗数(株·hm⁻²); Q_c 为播种密度(粒·hm⁻²); Y 为种子用价(mm)(种子用价=种子发芽率×纯洁率)。

式(1)中的播种密度可由测得的平均种子间距与行距进行计算,计算方法如式(2)所示。

$$Q_c = \frac{10\,000}{XJ}$$

(2)

其中 X 为平均种子间距(m); J 为种子行距(m)。

2.3.5 生产率 免耕播种机的生产率是指单位时间内的作业量,可通过式(3)计算。

$$W = \frac{u}{T_p}$$

(3)

其中 W 为班次生产率(hm²·h⁻¹); u 为班次作业量(hm²); T_p 为班次作业时间(h)。

2.3.6 可靠性 可靠性是评价免耕播种机质量的一个重要指标,通过可靠性系数能够反映机具的可靠性,可靠性系数的计算方法如式(4)所示。

$$\tau_k = \frac{T_p}{T_p + T_q}$$

(4)

其中 τ_k 为可靠性系数; T_q 为班次故障及排除时间(h)。

2.4 试验结果与分析

2.4.1 播种及施肥质量 根据中华人民共和国机械行业标准 JB/T51017-1999《中耕作物精密播种机产品质量分等》的技术要求,样机在大面积作业条件下的粒距均匀性各指标均达到了优等品的要求水平,播种深度指标达到了一等品的要求水平。播种平均深度为 4.7 cm,施肥平均深度为 9.5 cm,种肥间距平均合格率均大于 92%(表 1)。说明机具的仿形装置较好地适应了麦茬地的不平整性,有效提高了播种深度和施肥深度的一致性,符合免耕播种及施肥的农艺要求。

2.4.2 秸秆覆盖率 经测定,播种后地表秸秆覆盖率达 98% 以上,秸秆和残茬覆盖一方面为实现已播地表保土、保水、保肥提供了保障,使土壤免受雨水的直接冲击,保护表层土壤结构,另一方面可以减弱土壤空气和大气之间的乱流交换强度,有效地抑制土壤蒸发,使土壤深层储蓄较多的水分,同时能够抑制杂草的生长,从而减少无效的水消耗,提高土壤水分利用率。

2.4.3 晾籽情况 测试区段内均未发现有晾籽现象,这是由于清秸覆秸装置对秸秆的清扫以及对根

表 1 生产试验田间播种及施肥质量测定结果

Table 1 Seeding and fertilizing quality of field production test

	测定项目	测定结果
	Test items	Test results
粒距 Space	合格指数 Qualified rate/%	79.6
	重播指数 Multiple rate/%	5.7
	漏播指数 Missed rate/%	14.7
播种深度 Seeding depth	变异系数 CV/%	25.4
	合格率 Qualified rate/%	85.7
	平均值 Mean/cm	4.7
	标准差 SD	1.1
施肥深度 Fertilization depth	变异系数 CV/%	23.4
	合格率 Qualified rate/%	92.5
	平均值 Mean/cm	9.5
	标准差 SD	0.9
种肥平均 ASF 水平间距 HD	变异系数 CV/%	9.4
	合格率 Qualified rate/%	95.7
	平均值 Mean/cm	4.6
种肥平均 ASF 垂直间距 VD	标准差 SD	0.9
	变异系数 CV/%	19.6
	合格率 Qualified rate/%	92.3
	平均值 Mean/cm	4.4
	标准差 SD	0.9
	变异系数 CV/%	20.5

ASF: Average of seed and fertilizer; HD = Horizontal distance of seeds and fertilization; VD = Vertical distance of seeds and fertilization; CV = Coefficient of variability; SD = Standard deviation.

茬的切断和清除作用,为免耕播种机土壤工作部件清理出干净的播种带,保证开沟器在清洁的地表作业,能够有效防止播种时种子落在秸秆上;而且本机采用锐角滑靴式开沟器,开沟宽度较窄,回土效果好,三向可调式覆土镇压器能够根据不同的土壤和作业条件,调整适当的覆土量和覆土深度,从而保证已播种子的最佳覆土效果。

2.4.4 出苗率 由表 2 可知,田间出苗率超过 90%,出苗率高,苗带整齐,苗齐、苗壮,且无断条现象。主要是因为对该免耕播种机的机械式排种器进行了优选和改进,保证了该免耕播种机在高速作业条件下仍具有较高的粒距合格指数和较低的漏播

表 2 田间出苗率测定结果

Table 2 Testing data of field emergency rate

测区	粒距数	出苗数	出苗率	平均出苗率
Test region	Number of spacing	Number of emergence	Emergence rate/%	Average emergence rate/%
1	18	16	91.45	91.08
2	16	16	100.00	
3	20	18	92.60	
4	17	14	84.73	
5	19	16	86.64	

种子发芽率 98.2%;纯洁率 99%。
Emergence rate 98.2%;Pure rate is 99%.

指数,而且本机的播种单体采用分体仿形的形式,使整个播幅内的种子均保持较高的播深一致性,从而提高了出苗率。

2.4.5 生产率及可靠性 试验分4个班次进行。本机能够实现高速、连续作业,生产率较高,性能稳定,可靠性高,平均生产率达 $0.27\text{ hm}^2\cdot\text{h}^{-1}$,平均可靠性系数为95%(表3)。

表3 生产率及可靠性系数测定结果

Table 3 Testing data of productivity and reliability ratio

班次 Order	作业量 Quantity/ hm^2	作业时间 WT/h	故障及 排除时间 TTE/h	平均生 产率 AE/ $\text{hm}^2\cdot\text{h}^{-1}$	平均可靠 性系数 ARC/%
1	0.87	3.1	0.15	0.27	95
2	0.71	2.7	0.06		
3	0.84	3.2	0.17		
4	0.91	3.5	0.29		

WT = Working time; TTE = Time of trouble and eliminating; AE = Average efficiency; ARC = Average reliability coefficient.

3 结 论

在有秸秆覆盖、根茬残留的麦茬地上进行免耕播种时,本机一次进地能顺利完成种床整备、侧深施肥、精密播种、覆土镇压和秸秆覆盖等作业,性能稳定,作业效率和可靠性较高,对不同地区具有较强的适应性。

在作业速度 $4.5\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$,理论粒距6和8 cm条件下,粒距均匀性指标均达到了国家标准优等品水平;在理论播深3~5 cm条件下,播种深度合格率达到国家标准一等品水平,种肥深度适宜,种肥间距合格率均高于92%,符合农业技术要求。

播后地表秸秆覆盖率达98%以上,且无晾籽现象。田间出苗率达90%以上,出苗率高,苗带整齐,苗全、苗齐、苗壮,无断条现象,为增产、增收奠定了良好的基础。

本机有效地解决了麦茬地免耕播种时的秸秆堵塞问题,且平均可靠性系数为95%,平均生产率为 $0.27\text{ hm}^2\cdot\text{h}^{-1}$,与同类型免耕播种机相比具有显著的优势。为更好地推广免耕覆秸播种技术,提高免耕覆秸播种生产率,必须研制与大马力拖拉机配套的系列机型,以适应农业的快速发展。

参考文献

- [1] 高焕文,李洪文,李问盈. 保护性耕作的发展[J]. 农业机械学报,2008,39(9):43-48. (Gao H W, Li H W, Li W Y. Development of conservation tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(9):43-48.)
- [2] 高焕文,李问盈,李洪文. 中国特色保护性耕作技术[J]. 农业工程学报,2003,19(3):1-4. (Gao H W, Li W Y, Li H W. Conservation tillage technology with Chinese characteristics[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3):1-4.)
- [3] 王汉羊,陈海涛,纪文义,等. 2BMFJ-3(B)型麦地大豆免耕覆秸精播机性能试验研究[J]. 大豆科技,2012(2):43-46. (Wang H Y, Chen H T, Ji W Y, et al. Performance test on 2BMFJ-3(B) no-tillage soybean precision seeder in stubble field[J]. Soybean Science and Technology, 2012(2):43-46.)
- [4] 余嘉,陈海涛,纪文义,等. 小麦茬地免耕大豆精密播种机性能试验研究[J]. 大豆科技,2010(3):31-33. (Yu J, Chen H T, Ji W Y, et al. Performance test on no-tillage soybean precision seeder in stubble field[J]. Soybean Science and Technology, 2010(3):31-33.)
- [5] 张喜瑞,何进,李洪文,等. 水平拔草轮式玉米免耕播种机设计和试验[J]. 农业机械学报,2010,41(12):39-43. (Zhang X R, He J, Li H W, et al. Design and experiment on no-till planter in horizontal residue-throwing finger-wheel type for maize[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12):39-43.)
- [6] 徐迪娟,李问盈,王庆杰. 2BML-2(Z)型玉米垄作免耕播种机的研制[J]. 中国农业大学学报,2006,11(3):75-78. (Xu D J, Li W Y, Wang Q J. Development of 2BML-2(Z) type no-till maize seeder in ridge-field[J]. Journal of China Agricultural University, 2006, 11(3):75-78.)
- [7] 廖庆喜,高焕文,舒彩霞. 免耕播种机防堵技术研究现状与发展趋势[J]. 农业工程学报,2004,20(1):108-112. (Liao Q X, Gao H W, Shu C X. Present situations prospects of anti-blocking technology of no-tillage planter[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(1):108-112.)
- [8] 王庆杰,李洪文,何进,等. 螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验[J]. 农业工程学报,2010,26(6):109-113. (Wang Q J, Li H W, He J, et al. Design and experiment on twist type ridge-clear device[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6):109-113.)
- [9] 蒋金琳,高焕文. 免耕播种机播种带玉米根茬处理装置研究[J]. 农业工程学报,2004,20(2):129-131. (Jiang J L, Gao H W. Corn rootstalk and cutting mechanism of no-tillage planter[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(2):129-131.)
- [10] 王庆杰,何进,李洪文,等. 免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验[J]. 农业工程学报,2012,28(1):27-31. (Wang Q J, He J, Li H W, et al. Design and experiment on furrowing and anti-blocking unit for no-till planter[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1):27-31.)
- [11] 张喜瑞,何进,李洪文,等. 免耕播种机驱动圆盘防堵单元体的设计与试验[J]. 农业工程学报,2009,25(9):117-121. (Zhang X R, He J, Li H W, et al. Design and experiment on the driving disc of anti-blocking unit for no-tillage planter[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9):117-121.)
- [12] 王庆杰,何进,姚宗路. 驱动圆盘玉米垄作免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报,2008,39(6):68-72. (Wang Q J, He J, Yao Z L. Design and experiment on powered disc no-tillage planter for ridge-tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(6):68-72.)
- [13] 高焕文,李洪文,姚宗路. 我国轻型免耕播种机研究[J]. 农业机械学报,2008,39(4):78-82. (Gao H W, Li H W, Yao Z L. Study on the Chinese light no-till seeders[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4):78-82.)
- [14] 王庆杰,李洪文,何进,等. 凹形圆盘式玉米垄作免耕播种机的设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(7):117-122. (Wang Q J, Li H W, He J, et al. Design and experiment on concave disc type maize ridge-till and no-till planter[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(7):117-122.)
- [15] 罗红旗,高焕文,刘安东,等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报,2006,37(4):45-47,63. (Luo H Q, Gao H W, Liu A D, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4):45-47,63.)