

小麦免耕播种机种肥分施机构的改进与应用效果

姚宗路, 王晓燕^{*}, 高焕文, 李洪文, 李问盈, 张学敏

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 中国华北平原小麦—玉米一年两熟地区, 玉米收获后免耕播种冬小麦时由于秸秆覆盖量大, 免耕播种机播种部分易产生壅堵, 播深一致性差, 影响播种质量, 针对这一问题, 研发了尖角开沟器与双圆盘组合式种肥垂直分施装置, 分别在玉米秸秆直立地和粉碎地进行了田间播种试验, 结果表明: 该组合装置中双圆盘播种机构实现了单体仿形, 播种深度变异系数分别为 19.8%、21.3%, 种肥间距合格率达 80%, 提高了播种质量, 同时解决了排种机构易产生壅堵的问题, 通过性良好。因此本装置为小麦免耕播种机提供了技术支持, 对一年两熟地区小麦免耕播种技术的推广具有重要意义。

关键词: 保护性耕作; 小麦免耕播种机; 种肥分施

中图分类号: S345

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)1-0120-05

姚宗路, 王晓燕, 高焕文, 等. 小麦免耕播种机种肥分施机构的改进与应用效果[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 120—124.

Yao Zonglu, Wang Xiaoyan, Gao Huanwen, et al. Improvement and experiment on the device for separate application of fertilizer and seed for no-till wheat drill[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 120—124. (in Chinese with English abstract)

0 引言

不同国家小麦、玉米的种植制度不同, 国外旱作农业的国家多为一年一熟制, 且对产量要求不高^[1], 因此一般采用种肥混施, 施肥量小, 一般不超过 100 kg/hm²。但在中国耕地肥力普遍不高的现状及人多地少、必须提高单位面积产出的压力下, 粮食生产中一般施肥较多, 且多以化肥为主, 如山西一年一熟冬小麦或春玉米种植中化肥施用量达到 375 kg/hm², 华北一年两熟区单季作物的化肥施用量超过 450 kg/hm²^[2]。

传统耕作中可以把如此多的化肥分次施入, 分底肥、种肥、追肥等, 其中底肥量大, 一般在翻耕前撒在地表, 随翻耕埋入土中; 少量的种肥随播种施入, 对种、肥同施影响不大。保护性耕作取消了铧式犁翻耕, 实行免耕, 一般要求把底肥和种肥在播种的同时施入土壤中, 才能保证作物正常生长对养分的需求。为防止烧坏种子, 必须把种、肥分开, 即种、肥在播施到土壤中后, 一般应保证种、肥间距在 4~6 cm 左右^[2,3]。

国外免耕播种机一般采用圆盘破茬防堵, 圆盘破茬

效果好, 同时采用种肥混施^[4-6], 如 John Deere 公司生产的 1590 免耕条播机, 播种同时施少量种肥, 不能同时施足底肥, 若需要施底肥时, 只能先在种箱中加入化肥, 进地作业一遍, 将作业深度调到最大(约 8 cm), 然后二次进地播种^[7]。

国内免耕播种机采用种肥分施, 其方式有两种: 侧分施和垂直分层施肥。侧位分施又可分为侧位水平分施和侧位深施两种, 侧位水平分施是指将化肥施于种子侧面且与种同深, 其特点是必须两次开沟或宽开沟使种、肥分别落在不同位置上, 因此土壤扰动性大, 并且影响机具的通过性; 侧位深施则是将化肥施于种子的侧下方, 如 2BMFS-6/12 型带状浅旋小麦免耕播种机采用侧位深施肥, 即采用宽窄行播种, 存在的问题是土壤扰动性大, 动力消耗大^[2]。

免耕过程中存在的主要问题是秸秆残茬的堵塞^[8-10], 为提高机具的通过性, 目前免耕播种机多采用种肥同沟垂直分施。垂直分层施肥是将化肥施于种子正下方, 与种子同沟但深度不同, 土壤扰动少。如 2BMF-6 型小麦免耕覆盖播种机、2BMD-12 小麦对行免耕播种机^[11]均采用中国农业大学设计的可调式种肥垂直分施开沟装置。此装置结构简单, 由尖角开沟器、种管、肥管构成, 播种时尖角开沟器破茬开沟并施肥, 部分土壤自动回落覆盖肥料后, 再由种管下种。存在的问题是秸秆覆盖量大时在两行种管之间易发生壅堵, 同时播种机构为整体仿形, 播种深度变异系数大, 经测定 2BMF-6 型小麦免耕覆盖播种机播种深度变异系数为 23%^[2]。

目前在保护性耕作示范区, 种肥分施机构多采用可

收稿日期: 2006-03-08 修订日期: 2006-05-10

基金项目: 国家“十五”科技攻关课题(2004BA524B03)

作者简介: 姚宗路(1980—), 男, 山东临沂人, 博士生, 主要从事旱地农业保护性耕作机具的设计研究工作。北京海淀区清华东路 17 号中国农业大学工学院农工系(东区)46#, 100083。Email: yaozonglu@163.com

^{*} 通讯作者: 王晓燕(1973—), 女, 内蒙古人, 副教授, 博士, 主要从事旱地农业保护性耕作研究工作。北京海淀区清华东路 17 号中国农业大学 46#, 100083。Email: xywang@cau.edu.cn

调式种肥垂直分施开沟装置,在一年一熟区或者秸秆覆盖量中等玉米秸秆覆盖地,播种质量能够满足农艺要求,但在玉米秸秆覆盖量大的一年两熟区,在相邻排种机构间易造成壅堵,影响播种质量。因此本文针对这一问题对种肥分施机构作了改进,设计了尖角开沟器与双圆盘组合式种肥分施装置。

1 组合式种肥分施装置的结构与原理

1.1 结构原理

尖角开沟器与双圆盘组合式种肥分施装置结构如图 1 所示,由短翼尖角开沟器 1、肥管 2、固接器 3、平行四连杆机构 4、双圆盘开沟器 6、镇压轮 7 等部分组成。其原理是短翼尖角开沟器破茬开沟并施肥,部分土壤自动回落覆盖肥料后,双圆盘开沟器在肥沟上二次开沟播种,需要的正压力小,同时双圆盘能推开肥沟上的秸秆杂草,能够创造良好的种床,有利于种子发芽,紧随其后的镇压轮覆土镇压。

在前方破茬施肥的短翼尖角开沟器为整体仿形,当地表不是很平整时,对施肥的深度影响比较大,因此为保证播种深度的均匀性,控制播种深度,本装置采用平行四连杆机构单体仿形。平行四连杆机构下端与双圆盘开沟器固接在一起,后端与镇压轮的连杆上端铰接,同时连杆通过调整螺栓与平行四连杆架固接在一起,通过调节调整螺栓来调节镇压轮的高度,从而来控制双圆盘开沟器的播种深度。平行四连杆架通过连杆与后固接器铰接,并通过加压弹簧调节压力,以保证播种镇压单体有足够对地的压力,以适应不同的土壤。播种过程中,双圆盘开沟器在弹簧的作用下可以上下移动,实现播种机构的单体仿形。

1.2 关键部件的设计

1.2.1 开沟铲尖的选择

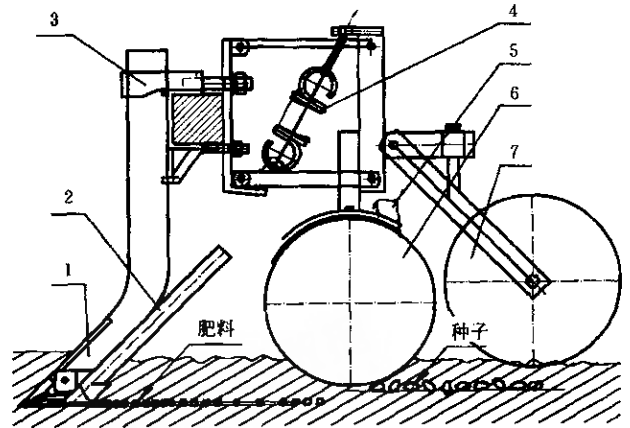
分析目前生产中使用的各种开沟器,结合国际旱作农业技术先进国家的经验,选用了从澳大利亚引进的尖角型开沟器。如图 2 所示;这种开沟器易入土、回土性能好、不易搅混土层。同时由于后翼窄,减小固定部件(铲柄)与土壤的接触面积,从而减小铲柄刮土、挂草,这些优点在生产应用中也已得到证实^[12]。

短翼型尖角式开沟器用于破茬开沟,深施化肥,并回土覆盖。

1.2.2 双圆盘开沟器的设计

为提高播种深度均匀性并解决秸秆的壅堵问题,排种机构采用具有单体仿形机构的双圆盘开沟器。

双圆盘的设计应能保证形成一定沟宽(图 3),并能容纳输种管安装,因此必须适当设计圆盘与前进方向的夹角 φ 和圆盘直径 D 的数值^[13]。



1. 短翼尖角开沟器 2. 肥管 3. 前固接器 4. 平行四连杆机构
5. 种管 6. 双圆盘开沟器 7. 镇压轮

图 1 组合式种肥分施装置结构示意图

Fig. 1 Structure of the combined device for separate application of fertilizer and seed

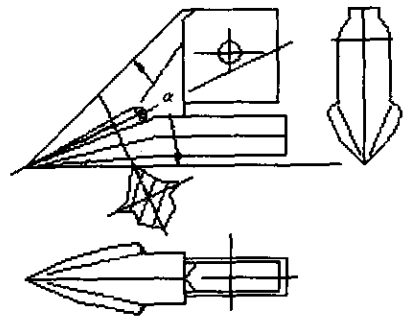


图 2 短翼型开沟器结构示意图

Fig. 2 Structure of tine opener

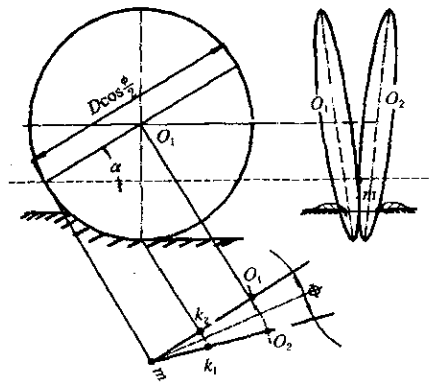


图 3 双圆盘开沟原理图

Fig. 3 Structure of double-disc opener

两圆盘夹角 φ 是保证双圆盘开沟器工作性能稳定的关键。一般来说圆盘夹角越小开出的沟宽就越小,工作阻力也小,投种点也较精确,但是 φ 角过小,会使双圆盘之间的空间无法容纳输种管,一般 φ 角取 $10^\circ \sim 15^\circ$ 较

适宜^[14]。

开沟宽度 K 决定于夹角 φ 的大小和聚点 m 在通过轴心与水平线的夹角 α , 双圆盘开沟器的开沟宽度 K 可由公式(1) 得出

$$K = 2 \overline{mk_1} \times \sin\varphi/2 \quad (1)$$

其中

$$\overline{mk_1} = (R - R\sin\alpha) \quad (2)$$

将公式(2) 代入公式(1) 得

$$K = D(1 - \sin\alpha) \times (\sin\varphi/2) \quad (3)$$

式中 K ——种沟宽度, mm; D ——圆盘直径, mm; φ ——两圆盘夹角; α ——圆盘聚点 m 与水平直径的夹角。

根据研究结果, 短翼尖角开沟器开沟的开沟宽度为 38.6 mm^[12], 因此为降低双圆盘二次开沟时的正压力, 双圆盘播种开沟器的开沟宽度应小于或者等于 38.6 mm, 由式(3) 得

$$K = D(1 - \sin\alpha) \times (\sin\varphi/2) \leq 38.6 \quad (4)$$

所以

$$D \leq \frac{38.6}{(1 - \sin\alpha) \times (\sin\varphi/2)} \quad (5)$$

两圆盘夹角 φ 为 $10^\circ \sim 15^\circ$ 。取 $\varphi = 14^\circ$ ^[13]。

聚点 m 与圆盘水平中心线的夹角 α , 一般 α 约为 $15^\circ \sim 30^\circ$, 取 $\alpha = 15^\circ$ ^[13]。

将 $\varphi = 14^\circ$ 、 $\alpha = 15^\circ$ 带入公式(5), 得

$$D \leq 427 \text{ mm}$$

根据实际要求选择双圆盘开沟器直径 $D = 360$ mm, 带入公式(3) 得播种开沟宽度为 32.4 mm, 满足播种要求。

圆盘材料为 65Mn, 调质处理。

2 田间播种试验与结果分析

2.1 试验地条件

尖角开沟器与双圆盘组合式种肥分施装置设计完成后, 安装在 2BMD-12 型小麦对行免耕播种机上进行田间播种试验, 同时与可调式种肥分施装置进行了对比试验。2BMD-12 型小麦对行免耕播种机采用动力驱动粉碎刀轴防堵, 具有良好的通过性^[7-15]。

试验在北京市大兴区黄村进行, 主要测试种肥分施装置播种施肥质量与排种机构的通过性能。试验地地势平坦, 东西垄向。试验地为一年两熟旱地, 前茬作物为青玉米, 生长后期人工摘穗, 秸秆直立。秸秆覆盖量 3.8 kg/m²; 土壤质地为壤土, 坚实度为 247.5×10^4 Pa; 土壤含水率为 9.3%(0~5 cm)、11.7%(5~10 cm)。

试验地块布置两种地表覆盖: 1) 玉米收获后, 秸秆直立, 未做处理; 2) 玉米收获后, 由秸秆粉碎机全部粉碎

还田。

2.2 试验方法

根据农业部农机试验鉴定总站制定的对小麦免耕播种机播种质量的检测指标, 播种性能试验测试内容包括常规的播种质量、种肥覆土状况、种肥间距等, 主要检验依据为《免耕播种机选型试验大纲》和小麦免耕播种机性能检测项目与检测方法。检测设备包括电子称、土壤硬度计、游标卡尺、秒表及卷尺等。

1) 种肥深度测量

拖拉机以正常作业速度 3~5 km/h 播种后, 随机取 6 行, 每行在 50 m 内随机取 10 个点, 人工扒开土层进行播种深度和施肥深度的测量。种肥间距 4~6 cm 为合格。

2) 机具通过性^[2]

根据农业部农机试验鉴定总站的测试, 机具合格标准为“在刚收获的玉米地, 植被覆盖量为 2.0~4.0 kg/m², 测区长度为 60 m, 往返一个行程, 不发生堵塞或者有一次轻度堵塞。”本试验在 2 种地表覆盖状况下各测试 3 次。

2.3 试验结果及分析

2.3.1 播种质量

尖角开沟器与双圆盘组合式种肥分施装置在玉米整秆覆盖和玉米秸秆全粉覆盖下种子、肥料覆土深度测定分别见表 1 和表 2。

表 1 北京大兴黄村玉米整秆覆盖下种、肥覆土深度

Table 1 Depth of seed and fertilizer under the mulch of the whole maize stubble at Huangcun, Daxing of Beijing

项目类别	平均播深/cm	合格率/%	标准差/cm	变异系数/%
种子	4.1	87.6	0.81	19.8
肥料	8.5	85.4	1.49	17.5
种肥间距	4.4	80.5	1.06	24.1

表 2 北京大兴黄村秸秆全粉覆盖下种、肥覆土深度

Table 2 Depth of seed and fertilizer under the mulch of the maize stubble shattered at Huangcun, Daxing of Beijing

项目类别	平均播深/cm	合格率/%	标准差/cm	变异系数/%
种子	3.9	84.0	0.83	21.3
肥料	8.2	88.5	1.38	16.8
种肥间距	4.3	79.4	1.02	23.7

1) 在两种情况下播种深度在 3~5 cm, 施肥深度在 8~10 cm, 种肥间距合格率达到 80% 左右, 因此播种质量满足免耕施肥播种的农艺要求。

2) 两种情况下种、肥变异系数分别为 19.8%、17.5% 和 21.3%、16.8%, 种深的变异系数均比肥深的

变异系数大,原因是:肥料直接落入沟底,施肥深度与开沟深度单因素有关,但播种时,播深同时要受开沟深度和落种前回土量双因素的影响。本机播种机构采用双圆盘播种镇压单体仿形,因此种肥深变异系数相差不大。秸秆粉碎的种深变异系数较整秆覆盖的大,原因是玉米秸秆粉碎后,部分秸秆和土壤混在一起,播种后影响回土。

3) 晾籽情况:本装置采用双圆盘开沟器播种,能将秸秆、杂草推开,能够创造良好的种床,在查苗过程中没有发现有晾籽情况。

2.3.2 两种分施装置的对比

1) 种肥深度变异系数对比

在玉米秸秆直立地,组合式与可调式种肥分施装置进行了播种对比试验,结果如表 3:两种分施装置的种子深度合格率均达到 85% 以上,能满足免耕施肥播种的农艺要求,但从表中可以看出,组合式播种深度均匀性变异系数为 18.9%,要小于可调式的 23.0%,主要原因是组合式中的排种装置为平行四连杆单体仿形,能够有效地控制播种深度,同时双圆盘能将秸秆、杂草推开,能够创造良好的种床。而可调式中的排种装置为整体仿形,当地表不平时,影响播种质量。

表 3 两种分施装置种、肥深度的对比

Table 3 Comparison of variation coefficients of the depths of seed and fertilizer for two devices %

项目类别	组合式	可调式
播种深度均匀性变异系数	19.8	23.0
种子覆土深度合格率	87.6	88.3
施肥深度均匀性变异系数	17.5	20.3
种肥间距变异系数	24.1	27.1

2) 通过性对比

在玉米秸秆直立地对两种种肥分施装置进行了通过性试验,各测试了 3 次,结果如表 4,组合式种肥分施装置中的排种机构为双圆盘,提高了机具的通过性,在试验过程中没有发现两相邻排种机构壅堵现象,通过性

表 4 两种分施装置通过性对比

Table 4 Comparison of anti-blocking capability for two devices

项目类别	次数	秸秆直立
组合式	1	无堵塞
	2	无堵塞
	3	无堵塞
可调式	1	无堵塞
	2	一次轻度堵塞
	3	无堵塞

万方数据

良好;但可调式种肥分施装置在试验过程中发现一次轻度堵塞,原因是玉米收获时有部分秸秆被压倒,在碰到短翼尖角开沟器时部分被粉碎刀轴的甩刀打碎,未粉碎的秸秆在两种管之间产生轻微堵塞,但在秸秆粉碎地或者秸秆覆盖量中等情况下,能够正常播种。

3 结论与讨论

1) 组合式种肥分施装置采用短翼尖角开沟器破茬开沟施肥,紧随其后的双圆盘开沟器在肥沟上二次开沟播种,降低了双圆盘入土的正压力,减少了机具前进阻力,因此能够增加机具作业速度,提高作业效率。

2) 组合式种肥分施装置在玉米秸秆直立地和粉碎地播种施肥质量满足农艺要求,实现了播种机构的单体仿形,播种深度变异系数分别为 19.8%、21.3%,种肥间距合格率达 80% 左右,提高了播种质量,并且能够适应不同地表状况。

3) 与可调式种肥分施装置相比,组合式实现了播种机构的单体仿形,采用双圆盘开沟器,提高了机具的通过性,解决了可调式种肥分施装置中开沟播种机构易壅堵的问题。双圆盘开沟器在播种过程中能够将秸秆、杂草推开,创造良好的种床,有利于种子发芽。

4) 存在的问题:在试验过程中发现,组合式种肥分施装置使播种机前后长度增加,加长了地头的宽度,需要对此装置进一步优化设计,减少机具前后长度。

[参 考 文 献]

- [1] Conservation Technology Information Center. Executive summary "National Crop Residue Management Survey" [Z]. 1995.
- [2] 高焕文. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京:化学工业出版社,2004:119—141.
- [3] Damora D, Pandey K P. Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills[J]. Soil and Tillage Research, 1995,34(1):127—139.
- [4] Chaudhuri D. Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills—a review[J]. J. Agric. Eng. Res,2001,79(2):125—137.
- [5] Vamerali T, Bertocco M, Sartori L. Effects of a new wide-sweep opener for no-till planter on seed zone properties and root establishment in maize (*Zea mays*, L.): A comparison with double-disk opener [J]. Soil & Tillage Research,2006,89:196—209.
- [6] Tice, Hendrick. Disk coulter force: evaluation of mathematical models[J]. ASAE, 1991,34(6):2291—2298.
- [7] 姚宗路. 小麦对行免耕播种机的改进研究[D]. 北京:中国农业大学,2005.
- [8] 张晋国,高焕文. 免耕播种机新型防堵装置的研究[J]. 农业机械学报,2000,31(4):33—35.

- [9] 魏延富,高焕文,李洪文. 三种一年两熟地区小麦免耕播种机适应性试验与分析[J]. 农业工程学报,2005,21(1):97-101.
- [10] 刘立晶,高焕文,李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系的试验研究[J]. 农业工程学报,2004,20(3):70-73.
- [11] 李洪文,王晓燕,李兵,等. 小麦对行免耕播种机试验研究[J]. 农机化研究,2004,9(5):179-181.
- [12] 苏元升,高焕文,张晋国. 免耕播种开沟器工作性能的测试与分析[J]. 中国农业大学学报,1994,4(4):28-30.
- [13] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上册)[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- [14] 张守勤,马旭,左春桢. 圆盘开沟部件的受力及计算机模拟[J]. 农业工程学报,1995,11(4):52-56.
- [15] 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.

Improvement and experiment on the device for separate application of fertilizer and seed for no-till wheat drill

Yao Zonglu, Wang Xiaoyan^{*}, Gao Huanwen, Li Hongwen, Li Wenying, Zhang Xuemin

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: There is an extremely important problem that too much maize stubble when no-till planting wheat under the bestrow of the whole standing maize stubble and maize stubble shattered in the wheat-maize double cropping situation of North China. To overcome the problem, the new combine device for separate application of fertilizer and seed narrow tone opener and double discs was designed by China Agricultural University. Field performance test of the device was done in the corn stalk standing and shattered field. The result showed that the seeding depth of each row can be controlled separately because the seeding part of the device achieved profile modeling, and improved the planted quality, meanwhile it resolved the problem of anti-blocking between planting unit. Therefore, the combine device provides good technical support for the no-till wheat planter in double cropping areas.

Key words: conservation tillage; no-till wheat drill; device for separate application of fertilizer and seed

小麦免耕播种机种肥分施机构的改进与应用效果

作者: 姚宗路, 王晓燕, 高焕文, 李洪文, 李问盈, 张学敏, Yao Zonglu, Wang Xiaoyan, Gao Huanwen, Li Hongwen, Li Wenying, Zhang Xuemin
作者单位: 中国农业大学工学院, 北京, 100083
刊名: 农业工程学报 ISTIC EI PKU
英文刊名: TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING
年, 卷(期): 2007, 23(1)
被引用次数: 4次

参考文献(15条)

1. Conservation Technology Information Center Executive summary 基金National Crop Residue Management Survey基金 1995
2. 高焕文 保护性耕作技术与机具 2004
3. Damora D;Pandey K P Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills [外文期刊] 1995(01)
4. Chaudhuri D Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills—a review[外文期刊] 2001(02)
5. Vamerali T;Bertocco M;Sartori L Effects of a new wide-sweep opener for no-till planter on seed zone properties and root establishment in maize(Zea mays,L.):A comparison with double-disk opener 2006
6. Tice Hendrick Disk coulter force:evaluation of mathematical models 1991(06)
7. 姚宗路 小麦对行免耕播种机的改进研究[学位论文] 2005
8. 张晋国;高焕文 免耕播种机新型防堵装置的研究[期刊论文]-农业机械学报 2000(04)
9. 魏延富;高焕文;李洪文 三种一年两熟地区小麦免耕播种机适应性试验与分析[期刊论文]-农业工程学报 2005(01)
10. 刘立晶;高焕文;李洪文 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系的试验研究[期刊论文]-农业工程学报 2004(03)
11. 李洪文;王晓燕;李兵 小麦对行免耕播种机试验研究[期刊论文]-农机化研究 2004(05)
12. 苏元升;高焕文;张晋国 免耕播种开沟器工作性能的测试与分析[期刊论文]-中国农业大学学报 1994(04)
13. 中国农业机械化科学研究院 农业机械设计手册 1988
14. 张守勤;马旭;左春桢 圆盘开沟部件的受力及计算机模拟[期刊论文]-农业工程学报 1995(04)
15. 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[期刊论文]-农业工程学报 2004(01)

本文读者也读过(10条)

1. 姚宗路, 高焕文, 王晓燕, 李洪文, Yao Zonglu, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, Li Hongwen 小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究[期刊论文]-农业工程学报2007, 23(7)
2. 王建政 小麦免耕播种机通过性能分析[期刊论文]-农业机械学报2005, 36(8)
3. 李海建 组合式对行条带旋耕小麦播种机的研究[学位论文]2007
4. 李兵 小麦对行免耕播种机的研究[学位论文]2004
5. 张喜瑞, 何进, 李洪文, 李问盈, 李慧, Zhang Xirui, He Jin, Li Hongwen, Li Wenying, Li Hui 免耕播种机驱动圆盘防堵单元体的设计与试验[期刊论文]-农业工程学报2009, 25(9)
6. 高世群 2B-12A型小麦逆旋圆盘播种机[期刊论文]-农业装备技术2002(6)
7. 金玫 玉米免耕播种机免耕播种试验研究[期刊论文]-现代农业科技2009(11)
8. 张西群, 胡春胜, 陈素英, 赵四申, Zhang Xiqun, Hu Chunsheng, Chen Suying, Zhao Sishen 玉米整秸覆盖地小麦免耕播种工艺及配套机具[期刊论文]-农业机械学报2006, 37(7)
9. 蒋金琳, 高焕文, 龚丽农, Jiang Jinlin, Gao Huanwen, Gong Linong 免耕播种机玉米根茬处理装置破茬性能试验[期刊论文]-农业机械学报2007, 38(1)

论文]-农业机械学报2007, 38(9)

10. 赵启新. 张培增. 张建中 2BGM3型覆盖免耕播种机的研制和试验[期刊论文]-农业机械学报2000, 31(2)

引证文献(7条)

1. 薛少平. 朱瑞祥. 姚万生. 韩思明. 杨有刚 机播小麦种子与肥料适宜间隔距离研究[期刊论文]-农业工程学报 2008(1)

2. 赵淑红. 杨悦乾. 闫以勋. 田佰亮 鸭嘴式开沟器的设计试验[期刊论文]-东北农业大学学报 2013(11)

3. 孙浩. 凌刚. 李洪文. 高晓丽. 姚国才 扫描间距对45钢激光熔凝强化组织性能的影响[期刊论文]-农业工程学报 2011(2)

4. 赵丽琴. 郭玉明. 张培增. 韩占省 小麦免耕播种机性能指标的关联度分析与灰色聚类评估[期刊论文]-农业工程学报 2011(9)

5. 高焕文. 李洪文. 姚宗路 轻型高防堵性能免耕播种机研究[期刊论文]-中国工程科学 2007(9)

6. 赵淑红. 蒋恩臣※. 闫以勋. 杨悦乾. 田佰亮 小麦播种机开沟器双向平行四杆仿形机构的设计及运动仿真[期刊论文]-农业工程学报 2013(14)

7. 汤永禄. 李朝苏. 吴春. 吴晓丽. 黄钢. 马孝玲 播种方式对丘陵旱地套作小麦立苗质量、产量及效益的影响[期刊论文]-中国农业科学 2013(24)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb200701022.aspx