

小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究

姚宗路, 高焕文*, 王晓燕, 李洪文

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 为了研究具有不同开沟器的免耕播种机对动力消耗以及作物生长的影响, 该文利用 3 种典型开沟器即短翼尖角、单圆盘和旋耕刀式在一年两熟区玉米收获地的壤土中进行了田间免耕播种试验研究, 分别从土壤扰动量、返青期小麦根系状况以及单株干重和产量等方面进行了测定与分析。结果表明, 3 种开沟器对小麦产量影响不大, 但对土壤扰动和耗油量以及返青期的小麦生长影响较大。旋耕刀开沟器土壤扰动较大, 高达 40%~60%, 动力消耗多, 返青期小麦的次生根数也最多; 单圆盘开沟器播种后土壤扰动较小, 仅为 10%~15%, 动力消耗较小, 返青期小麦的次生根数和单株干重也最小; 尖角开沟器土壤扰动、耗油量以及小麦根系情况居于其间。因此, 可以看出不同的开沟器适应于不同的地区和需要, 在保护性耕作实施过程中, 可根据当地的气候环境等实际情况来设计或选用。

关键词: 保护性耕作; 免耕播种机; 开沟器; 种床

中图分类号: S223

文献标识码: B

文章编号: 1002-6819(2007)7-0117-05

姚宗路, 高焕文, 王晓燕, 等. 小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 117-121.

Yao Zonglu, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, et al. Effect of three furrow openers for no-till wheat seeder on crop growth performance[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(7): 117-121. (in Chinese with English abstract)

0 引言

华北一年两熟地区玉米收获后免耕播种小麦, 由于玉米秸秆覆盖量大、秆粗, 根茬大, 对免耕播种机的防堵性能和播种质量方面要求很高^[1-3]。经过几年的不断试验改进研究, 目前已有两种国产小麦免耕播种机基本解决了堵塞问题, 即机具的通过性达到免耕播种的要求, 实现了批量生产, 分别是中国农业大学农业部保护性耕作中心研发的 2BMDF-12 型小麦免耕播种机和河北农哈哈有限公司生产的 2BMFS-6/12 型带状浅旋小麦免耕播种机, 此外从美国引进的 John Deere 1590 型小麦免耕播种机也能正常进行播种作业^[4,5]。但免耕过程中的播种质量问题, 即开沟器能否在免耕地上形成有利于种子生长发芽的种床, 还有待进一步研究。

免耕播种机与普通播种机相比, 除了要求有较好的防堵性能外, 对形成种床、影响播种质量的土壤工作部件—开沟器, 也有特殊的要求。因为传统翻耕整地后, 开沟器在疏松的耕层中播种, 阻力小, 且种子播在疏松的

种床中有利于发芽。但免耕茬地上, 地表坚实, 且有大量的秸秆覆盖, 开沟器入土困难, 阻力大, 需要有良好的破茬入土性能, 需要在免耕地上开出 3~5 cm 宽, 8~10 cm 深的种沟, 既能同时分施种肥, 又能为种子发芽创造良好的条件。施肥播种时开沟器不应应对土壤表层过度扰动, 以满足免耕保墒的基本要求, 减少牵引阻力, 因此, 在满足为种子发育创造一定的种床前提下, 应该最大限度地减少地表破碎^[1,6,7]。

国内外专家学者在无秸秆或者少量秸秆覆盖的免耕地条件下, 对不同的开沟器进行了大量研究, 主要是对开沟器的牵引阻力、垂直反力、开沟深度, 以及不同的开沟器对种沟的土壤湿度、温度以及蒸发率和产量等方面的研究^[8-13]。但对秸秆覆盖量大的免耕地, 各种类型开沟器创造的种床对种子生长和根系发育方面的影响没有进行深入的研究。

因此本文对小麦免耕播种机 3 种类型的开沟器, 即短翼尖角开沟器、旋耕刀开沟器和圆盘开沟器, 进行了性能特征分析和田间试验研究, 主要从土壤扰动量、返青期根系情况以及单株干重和产量方面进行了比较研究, 以期对一年两熟地区小麦免耕播种机开沟器的选择或设计提供理论依据, 从而有助于一年两熟地区保护性耕作的推广。

1 试验机具

3 种机型分别采用不同的开沟器, 即 2BMDF-12 型小麦免耕播种机采用的尖角型开沟器, 2BMFS-6/12 型带状浅旋小麦免耕播种机采用的旋耕刀开沟器, John

收稿日期: 2006-07-04 修订日期: 2006-09-04

基金项目: 国家“十五”科技攻关课题“一年两熟地区保护性耕作关键技术与配套机具研究(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: 高焕文(1939—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事旱地农业保护性耕作、农业装备与计算机测控等研究工作。北京海淀区清华东路 17 号 中国农业大学 46#, 100083。Email: ghwbgs@cau.edu.cn

Deere1590型小麦免耕播种机采用的单圆盘开沟器。

1.1 短翼尖角型开沟器

由中国农业大学农业部保护性耕作中心研发的2BMDf-12型小麦免耕播种机,采用动力驱动粉碎刀轴防堵,解决了开沟器铲柄堵塞问题^[4],开沟器为从澳大利亚引进的短翼尖角型开沟器,结构如图1所示,能够开出U型沟,沟形如图4a所示。其特点是入土能力强,起土方便、回土性能好、不易搅混土层。同时由于后窄,使它在铲柄上固定时,减小固定部件与土壤的接触面积,从而减小刮土、挂草。采用种肥同沟垂直分施,种肥间距在3~5 cm。存在问题是随着开沟深度的增加,土壤扰动量增大,牵引阻力增加^[14]。

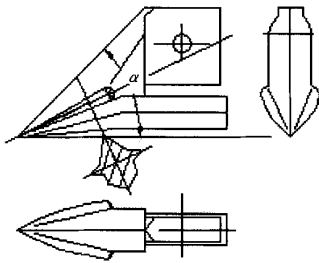


图1 短翼型开沟器结构示意图
Fig.1 Structure of tine furrow opener

1.2 旋耕刀开沟器

由河北农哈哈机械有限公司生产的2BMFS-6/12型带状浅旋小麦免耕播种机是采用动力驱动旋耕刀旋耕苗带,结构如图2所示。其特点是播种施肥开沟器前面装有了旋耕切刀破茬开沟,解决了开沟器铲柄缠绕秸秆、杂草的问题。实行条带旋耕,仅旋耕播种带,相对全部旋耕,减少了动力消耗。

破茬旋耕刀能将播种带上的秸秆粉碎,并与土壤混合,形成疏松的种床,沟形如图4b所示。肥管在疏松的种床中开沟施肥,由于沟形较宽,其后的两个种管可播种2行,实行宽窄行播种,侧深施肥,种肥间距3~5 cm。

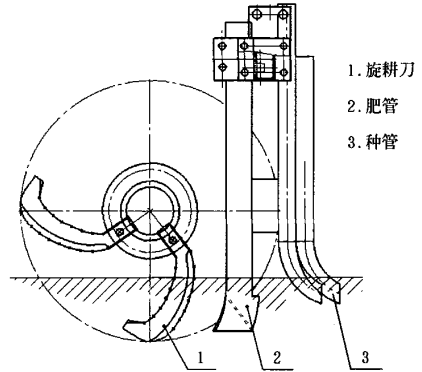


图2 旋耕刀开沟器结构示意图
Fig.2 Structure of the rotary furrow opener

1.3 单圆盘开沟器

由 John Deere 公司生产的 JD1590 型小麦免耕播种机采用直径 460 mm 单圆盘开沟器^[4],结构如图3所示,能够开出V型沟,沟形如图4c所示,其特点是入土角度小,对土壤扰动小;在单圆盘的侧面装有橡胶限深轮,能够有效控制开沟深度;自身质量大,增加了单圆盘开沟器的入土性能;机架离地间隙大,秸秆通过性好。

单圆盘与前进方向有7°夹角,能开出深为40~50 mm、宽为20~30 cm的种肥沟,动土量为10%~15%;种子进入种沟后,由压种轮压实,播种质量好;覆土轮进行覆土;但种、肥混施,施肥量不能太大,且在秸秆覆盖量大时易将秸秆压入种沟,影响播种质量。

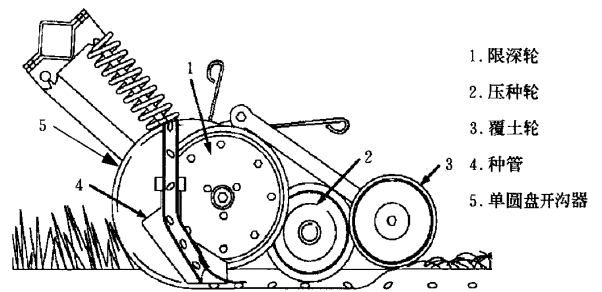


图3 单圆盘开沟器结构示意图
Fig.3 Structure of the single-disc furrow opener

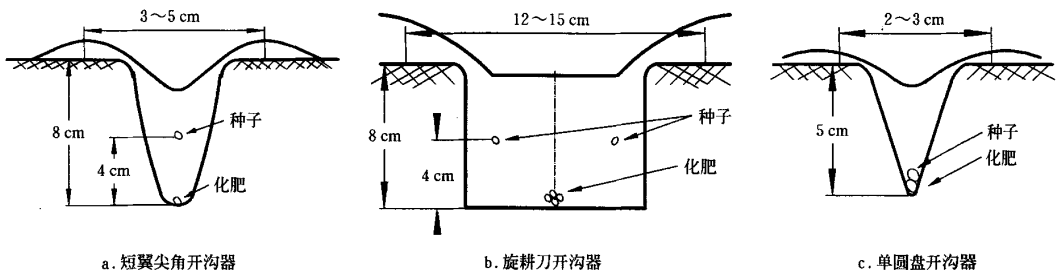


图4 3种开沟器对应的种沟截面图
Fig.4 Structure of the groove of the three types of furrow openers

2 试验条件和方法

2.1 试验条件

试验地在北京市大兴区黄村青云店沙子营,为一年两熟灌溉地,面积 30 hm²,平整连片,土壤肥力比较均匀一致。前茬作物为玉米,玉米收获后,秸秆全部粉碎还田,秸秆覆盖量 2.6 kg/m²;土壤质地为壤土,根据 50 个样点测定,平均坚实度 192.7×10⁴ Pa,土壤含水率 10.2%(0~5 cm)及 13.6%(5~10 cm)。

试验用小麦品种为新 9428,千粒重为 42.6 g,种子含水率为 12.3%,播种量为 375 kg/hm²;试验用肥料为美国二铵,施肥量为 225 kg/hm²。

播种时间 2005 年 10 月 7 日~10 日。

拖拉机为 TN654L。

2.2 试验方法

3 种装有不同开沟器的免耕播种机进行播种试验,每个播种机的播种面积约 10 hm²,播种时分别测量 3 种开沟器的土壤扰动量,在小麦返青期挖取耕层根系,测量次生根数和分蘖数,然后烘干称重,在 6 月份收获前分别测产量。但由于没有进行随机布置的重复试验,难以消除肥力对产量的影响,因此产量仅作参考。用 spss 软件对数据进行分析。

1) 理论土壤扰动量

保护性耕作要求播种时土壤扰动量要小,即开沟播种时动土量要小,达到保墒保水的目的,同时减少拖拉机的动力消耗。开沟器的理论土壤扰动量可以由以下公式求得:

$$\eta = \frac{d}{D} \quad (1)$$

式中 η ——土壤扰动量,%; d ——开沟宽度,mm;
 D ——播种行距,mm。

2) 次生根数和分蘖数

小麦出苗返青时(3月15日),挖取小麦耕层(0~20 cm)根系,用水冲洗后,分别数麦苗的次生根数和分蘖数。

3) 单株干重

将挖取后的麦苗分别装入信封,在 105℃下烘 2 h 杀青,然后在 70±1℃下烘 48 h 至恒重,用万分之一天平称重。

4) 产量

收获前进行田间测产,每种处理方式冬小麦收割 5 个点,每个点面积为 1 m²,然后测量株高、穗长、亩穗数、穗粒数和千粒重等指标,然后计算产量。

3 试验结果及分析

1) 土壤扰动量

万方数据

3 种开沟器的土壤扰动量如表 1 所示。破茬旋耕刀开沟器播种时需要旋耕种床,理论土壤扰动量为 31.6%,但实际播种时,大量的土壤被扰动,实际土壤扰动量高达 40%~60%,动力消耗最大,耗油量为 17.5 L/hm²;短翼尖角开沟器开沟播种时,由于采用动力驱动粉碎刀片防堵,但刀片不入土,耗油量比破茬旋耕刀小,为 13.5 L/hm²,理论土壤扰动量为 15%,实际土壤扰动量在 15%~25%之间;而圆盘开沟器开沟宽度窄,动力小,动力消耗也最小。单圆盘开沟器在开沟播种过程中,仅开出 30 mm 宽的沟槽,因此土壤扰动量最小,仅为 10%~15%,开沟的牵引阻力较小,但由于单圆盘开沟器存在入土能力差的问题,因此机具的自身重量较大,仍需要相当的牵引力,试验测得耗油量为 10.2 L/hm²。

表 1 3 种开沟器土壤扰动量比较

Table 4 Comparison of the soil disturbance of the three types of furrow openers

类型	土壤扰动量/%	耗油量 ^[15] /L·hm ⁻²
短翼尖角开沟器	15~25	13.5
旋耕刀开沟器	40~60	17.5
单圆盘开沟器	10~15	10.2

2) 次生根数与分蘖数

3 种开沟器播种的冬小麦在返青期的单株次生根数和分蘖数如表 2 所示。

表 2 返青期冬小麦的次生根数和分蘖数

Table 2 Comparison of the adventitious root and tillering counts for the three types of furrow openers at early growth stages

类型	次生根数/条·棵 ⁻¹	分蘖数/株·棵 ⁻¹
短翼尖角开沟器	6.358 ab	2.523 a
旋耕刀开沟器	6.674 a	2.783 a
单圆盘开沟器	6 b	2.52 a

注:同一列内相同字母表示没有显著差异(LSD $P < 0.05$)。

结果分析:对于分蘖数,3 种开沟器相当 ($P > 0.05$)。对于次生根数,短翼尖角开沟器与其他两种开沟器相当,只是采用破茬旋耕刀开沟器播种的冬小麦,每棵小麦的次生根数高于单圆盘开沟器 ($P < 0.05$)。原因可能是破茬旋耕刀开沟器播种时能将种沟内的土壤与秸秆混和,形成疏松的种床,而疏松的种床环境有利于冬小麦的根系生长;而圆盘开沟器播种时仅仅在地表开出一条种沟,土壤扰动量小,不能形成疏松的种床,不利于冬小麦的根系生长。

3) 单株干重

干物质是形成产量的基础,作物要获得高产,必须形成较多的干物质,最终获得高产。3 种开沟器播种的

冬小麦单株总干重如表3所示,从表中可以看出,短翼尖角开沟器和破茬旋耕刀的总干重相当($P > 0.05$),而单圆盘开沟器的总干重比其他两种开沟器小($P < 0.05$)。

采用单圆盘开沟器播种,返青期的次生根数较少,因此生物质量也较小。短翼尖角开沟器和旋耕破茬刀开沟器虽然土壤扰动量大,但能够形成松软的种床,有利于根系的生长和干物质的积累,因此单株总干重比圆盘开沟器大。

为了减少土壤扰动量,旋耕刀开沟器采用宽窄行播种,一沟两行小麦,虽然次生根数较高,但种行内苗密,导致苗弱根细,因此单株的总干重和短翼尖角开沟器相当。

表3 3种开沟器在返青期冬小麦的单株总干重

Table 3 Comparison of the plant weight of winter wheat for the three types of furrow openers at the early growth stage

类 型	单株干重/mg
短翼尖角开沟器	261.93 a
旋耕刀开沟器	262.17 a
单圆盘开沟器	245.51 b

注:同一列内相同字母表示没有显著差异(LSD $P < 0.05$)。

4) 产量分析

表4比较了3种类型开沟器对小麦收获后产量的影响,从表中可以看出,3种开沟器与传统翻耕地对产量的影响相当。因此,可以认为3种开沟器对产量没有影响。

表4 3种开沟器对冬小麦产量影响比较

Table 4 Comparison of the yield of winter wheat for three types of furrow openers

类 型	穗长 /cm	株高 /cm	穗粒数 /粒	千粒重 /g	公顷穗数 /万穗·hm ⁻²	产量 /kg·hm ⁻²
短翼尖角开沟器	6.915	67.83	32.4	38.08	493.5	6075.9a
破茬旋耕刀	7.05	69.15	32.3	41.24	468.75	6207.6a
单圆盘开沟器	6.6	63.73	31.6	40	469.5	5934a
传统耕作地	7.23	69.6	33.8	38.94	468	6010.5a

注:同一列内相同字母表示差异不显著(LSD $P < 0.05$)。

4 结 论

1) 3种开沟器对小麦产量影响不大,但对返青期的次生根数和单株干重有影响,对土壤扰动和耗油量影响较大。旋耕刀开沟器土壤扰动较大,高达40%~60%,动力消耗多,返青期小麦的次生根数也较多;单圆盘开沟器播种后土壤扰动较小,仅为10%~15%,返青期小麦的次生根数也较少,动力消耗较小;尖角开沟器

土壤扰动和耗油量居于其间。因此,可以看出不同的开沟器适用于不同的地区,在保护性耕作实施过程中,要根据当地实际情况来设计或者选用不同的开沟器,以适应当地的气候环境条件。

2) 对开沟器的设计 requirements 是表层土壤扰动量小,但在地表下面能形成疏松的种床环境,即上实下虚,有利于种子的发芽、根系的生长;同时减少动力消耗,以满足机具配套动力为中小型拖拉机的要求。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 高焕文,李向盈,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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 蒋金琳,马廷玺. 免耕播种机土壤工作部件评述[J]. 农业机械学报,1996,10(27):68-71.
- [7] 贾延明,尚长青,张振国. 保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J]. 农业工程学报,2002,18(1):78-81.
- [8] 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.
- [9] Tessier S, Hyde G M, Papendick R I, et al. No-till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence [J]. Transactions of the ASAE, 1991,34(3):733-739.
- [10] Doan V, Chen Y, Irvine B. Effect of residue type on the performance of no-till seeder openers [J]. Canadian Biosystems Engineering, 2005,47():29-35.
- [11] Baker C J. Experiments relating to techniques for direct drilling of seeds into untilled dead turf [J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1976,21(2):133-134.
- [12] Baker C J, Afzal C M. Fertilizer placement in conservation tillage: seed damage in direct drilling [J]. Soil and Tillage Research, 1986,7(2):241-250.
- [13] Choudhary M A, Baker C J. Effects of drill coulter design and soil moisture status on emergence of wheat seedlings [J]. Soil and Tillage Research, 1982,2(2):131-142.
- [14] 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.
- [15] 马洪亮. 免耕播种机玉米秸秆根茬切断装置的研究[D]. 北京:中国农业大学,2006.

Effect of three furrow openers for no-till wheat seeder on crop growth performance

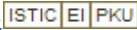
Yao Zonglu, Gao Huanwen^{*}, Wang Xiaoyan, Li Hongwen

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

Abstract: The structure of furrow opener can affect the power consumption and the wheat early growth. To overcome those problems, three furrow openers, which include the tine opener, the single-disc opener and the rotary opener were studied in the field in Beijing. The soil disturbance, the wheat early growth and the yield were measured and analyzed. The results showed that the yield of different furrow openers were not different statistically ($p = 0.05$), but the different furrow openers could form different seedbed, so it can affect the seed germination, the wheat early growth. The rotary opener can form the loose groove, compared with the tine opener and the single-disc opener, the counts of the adventitious root are the most, but the soil disturbance is bigger, up to 40%~60%, so the power consumption is the highest; The lowest counts of the adventitious root and single plant weight occurred on the condition of single-disc opener, but the soil disturbance is the lowest, with about 10%~50%. So the different furrow openers can adapt to the different areas, people should design and select the suitable furrow openers based on the local characteristics of conservation tillage.

Key words: conservation tillage; no-till seeder; furrow opener; seedbed

小麦免耕播种机开沟器对作物生长的试验研究

作者: [姚宗路](#), [高焕文](#), [王晓燕](#), [李洪文](#), [Yao Zonglu](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Xiaoyan](#),
[Li Hongwen](#)
作者单位: [中国农业大学工学院](#), 北京, 100083
刊名: [农业工程学报](#) 
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2007, 23(7)
被引用次数: 10次

参考文献(15条)

1. [高焕文](#) [保护性耕作技术与机具](#) 2004
2. [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)
3. [高焕文](#); [李问盈](#); [李洪文](#) [中国特色保护性耕作技术](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2003(03)
4. [姚宗路](#) [小麦对行免耕播种机的改进研究](#)[学位论文] 2005
5. [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)
6. [蒋金琳](#); [马廷玺](#) [免耕播种机土壤工作部件评述](#) 1996(27)
7. [贾廷明](#); [尚长青](#); [张振国](#) [保护性耕作适应性试验及关键技术研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2002(01)
8. [Damora D](#); [Pandey K P](#) [Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills](#)[外文期刊] 1995(01)
9. [Tessier S](#); [Hyde G M](#); [Papendick R I](#) [No-till seeders effects on seed zone properties and wheat emergence](#) 1991(03)
10. [Doan V](#); [Chen Y](#); [Irvine B](#) [Effect of residue type on the performance of no-till seeder openers](#) 2005
11. [Baker C J](#) [Experiments relating to techniques for direct drilling of seeds into untilled dead turf](#) 1976(02)
12. [Baker C J](#); [Afzal C M](#) [Fertilizer placement in conservation tillage: seed damage in direct drilling](#) 1986(02)
13. [Choudhary M A](#); [Baker C J](#) [Effects of drill coulter design and soil moisture status on emergence of wheat seedlings](#) 1982(02)
14. [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)
15. [马洪亮](#) [免耕播种机玉米秸秆根茬切断装置的研究](#) 2006

本文读者也读过(10条)

1. [姚宗路](#), [李洪文](#), [高焕文](#), [王晓燕](#), [张学敏](#), [Yao Zonglu](#), [Li Hongwen](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Xiaoyan](#), [Zhang Xuemin](#) [一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(8)
2. [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](#) [小麦免耕播种机种肥施机构的改进与应用效果](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2007, 23(1)
3. [姚宗路](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [王晓燕](#), [Yao Zonglu](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#), [Wang Xiaoyan](#) [不同结构免耕开沟器对土壤阻力的影响](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(7)
4. [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, 21(1)
5. [王继山](#), [WANG Ji-shan](#) [免耕播种机开沟器的适应性分析](#)[期刊论文]-[中国农机化](#)2007(4)
6. [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)

7. [姚宗路, 王晓燕, 高焕文, 李洪文](#) [一年两熟区玉米覆盖地三种小麦免耕播种机试验研究](#)[会议论文]-
8. [姚宗路, 高焕文, 王晓燕, 李洪文, 李问盈, Yao Zonglu, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, Li Hongwen, Li Wenying](#) [2BMX-5型小麦-玉米免耕播种机设计](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(12)
9. [魏淑艳, 马洪亮, 牛博英, 邸英良, 吴运涛, Wei Shuyan, Ma Hongliang, Niu Boying, Di Yingliang, Wu Yuntao](#) [小麦免耕播种机驱动双向螺旋刀开沟防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2008, 39(12)
10. [马洪亮, 高焕文, 李洪文, 魏淑艳, Ma Hongliang, Gao Huanwen, Li Hongwen, Wei Shuyan](#) [斜置驱动圆盘免耕播种机设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#)2006, 37(5)

引证文献(12条)

1. [邵志](#) [浅谈我国木工机械的测绘移植](#)[期刊论文]-[新财经（理论版）](#) 2011(8)
2. [冉英杰](#) [机械化全膜双垄覆盖沟播机具的使用与调整](#)[期刊论文]-[现代农业科技](#) 2010(10)
3. [马爱平, 王娟玲, 崔欢虎, 王裕智, 靖华, 张红芳](#) [农作物小区试验开沟器的研制与应用](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(5)
4. [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)
5. [王延龙, 丁为民, 丁启朔, 孙小虎](#) [黏性水稻土条件的开沟器开沟阻力研究](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2011(6)
6. [魏淑艳, 马洪亮, 牛博英, 邸英良, 吴运涛](#) [小麦免耕播种机驱动双向螺旋刀开沟防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(12)
7. [张杰, 赵春花](#) [小型山地苜蓿播种机开沟器的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械](#) 2013(10)
8. [马云海, 马圣胜, 贾洪雷, 刘玉成, 彭杰, 高知辉](#) [仿生波纹形开沟器减黏降阻性能测试与分析](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2014(5)
9. [张喜瑞, 何进, 李洪文, 李问盈, 李慧](#) [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(9)
10. [王建政, 米志峰](#) [2BX-6型小杂粮播种机的研制](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2010(2)
11. [孙伟, 吴建民, 黄晓鹏, 孙步功, 胡靖明, 戴飞](#) [2BFM-5型山地免耕播种机的设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(11)
12. [陈博, 欧阳竹, 章少辉](#) [不同畦面结构下畦灌过程和效果评估](#)[期刊论文]-[资源与生态学报（英文版）](#) 2012(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nygcxb200707023.aspx