

不同结构免耕开沟器对土壤阻力的影响

姚宗路¹, 高焕文², 李洪文², 王晓燕²

(1. 农业部规划设计研究院, 北京 100125; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 在免耕播种过程中, 免耕开沟器的结构形状能够影响前进阻力, 从而影响拖拉机的动力消耗, 因此制作了不同入土角、不同入土隙角以及不同侧翼的开沟器, 并在土槽中试验测定不同角度开沟器的受力情况以及开沟后的土壤扰动情况。试验结果表明: 不同角度开沟器对侧向力和垂直反力的影响不大, 对前进阻力有明显影响, 开沟器的入土隙角在 5° 左右时有最小的前进阻力, 有侧翼的开沟器比无翼的前进阻力增加了17%, 但地表土壤扰动不明显。有前刀的开沟器比无前刀的前进阻力降低了27.3%, 而且地表的土壤扰动明显降低。因此, 在设计开沟器时必须考虑到有较小的入土角、入土隙角以及锋利的前刀, 以降低前进阻力, 这为新型开沟器主要参数的选取提供了试验数据和依据。

关键词: 免耕开沟器; 阻力; 土槽; 土壤

中图分类号: S223.2*5

文献标识码: A

文章编号: 1003-188X(2009)07-0030-05

0 引言

开沟器是播种机的关键部件之一, 其功用是在播种机工作时, 开出种沟, 引导种子和肥料进入种沟, 并且将湿土覆盖种子和肥料。免耕播种机与普通播种机相比, 除了要求具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^[1-2]。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, 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3~5cm宽, 8~10cm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。同时, 施肥播种时开沟器不应度土壤表层过度扰动, 以满足免耕保墒的基本要求, 减少牵引阻力^[3-4]。因此, 要求免耕开沟器有较好的结构, 不仅能够产生适于种子发芽的种床, 而且能够产生较小的阻力, 从而降低拖拉机的动力消耗。

目前, 在我国少免耕播种机上多采用圆盘和尖角型开沟器。圆盘开沟器(包括单圆盘、双圆盘以及三圆盘开沟器等)的通过性良好, 土壤扰动性小, 种沟深度变异系数小, 但需要较大的垂直压力^[5], 不适合于

我国中小型播种机, 而尖角型开沟器易入土、回土性能好、不易搅混土层, 因此我国中小型免耕播种多采用尖角型开沟器^[6]; 但尖角型开沟器需要有较大的牵引力, 尤其是在坚硬的免耕土壤中, 其结构能够影响前进阻力^[7]。

为此, 本文制作了多种不同入土角、入土隙角以及侧翼的尖角型开沟器, 并通过便携式开沟部件测试装置测试了不同角度开沟器的前进阻力、侧向力以及垂直反力等, 通过分析影响开沟器阻力的因素, 为免耕开沟器的优化设计提供了试验数据和依据。

1 试验设备

1.1 试验开沟器

为研究不同角度和结构的开沟器对阻力的影响, 本文制作了不同入土角、不同入土隙角、不同侧翼与水平面夹角以及不同结构的开沟器。在免耕播种过程中, 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要。为防止烧坏种子, 必须把种、肥分开, 即种、肥在播施到土壤后, 一般应保证种、肥间距在4~6cm左右^[1]。采用尖角型开沟器的免耕播种机多采用垂直分层施肥, 即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, 开沟深度在100mm左右。因此开沟器的高度要大于100mm, 但当开沟器的入土角低于 30° 时, 开沟器的长度要大于175mm, 这对开沟器的制作、使用都很不方便。因此, 在本试验中, 制作开沟器的入土角在 30° ~ 60° 之间。

收稿日期: 2008-10-09

基金项目: 国家“十一·五”科技支撑项目(2006BAD28B04)

作者简介: 姚宗路(1980-)男, 山东临沂人, 博士, (E-mail) yaozonglu@163.com。

通讯作者: 高焕文(1939-)男, 成都人, 教授, 博士生导师, (E-mail) ghwbgs@cau.edu.cn。

1.1.1 不同入土角 α 的开沟器

为研究不同入土角开沟器在实际播种开沟过程中的受力情况,设计制作了入土角 α 为 $30^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 60^\circ$ 的5个开沟器(如图1所示)。其中,高度 H 为 100mm (入土深度),厚度 20mm ,入土隙角 γ 为 6° ,不同的入土角开沟器对应的长度 L 分别为: $173.2, 119.2, 100, 83.9, 57.7\text{mm}$ 。

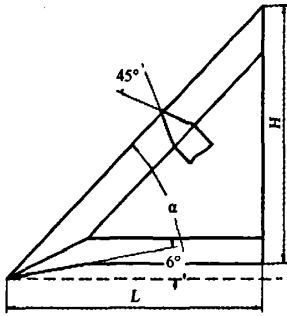


图1 不同入土角的开沟器

1.1.2 不同入土隙角 γ 的开沟器

为研究入土角相同,而不同入土隙角的开沟器在实际播种开沟过程中的受力情况,设计制作了入土隙角 γ 为 $0^\circ, 2^\circ, 5^\circ, 7^\circ, 10^\circ, 12^\circ$ 的6个开沟器(如图2所示)。开沟器高度 H 为 100mm (入土深度),长度 L 为 100mm ,厚度 20mm ,入土角为 45° 。

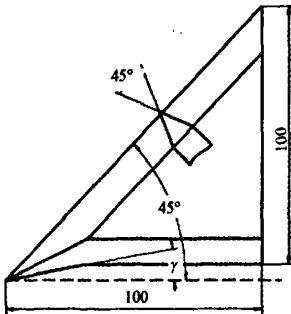


图2 不同入土隙角的开沟器

1.1.3 不同侧翼与水平面夹角 β 的开沟器

侧翼的主要目的是疏松沟槽内的土壤,创造良好的种床。侧翼太大容易翻转土壤,导致沟槽内的上下干湿土层混合,增加土壤扰动,太小不易疏松两侧的土壤。因此设计高度为 $10, 20\text{mm}$ 的侧翼,侧翼与水平面的夹角 β 分别为 $5^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 35^\circ$,共计10种不同侧翼的开沟器,如图3所示。开沟器高 $H: 100\text{mm}$;厚度 20mm ;长度 $L: 120\text{mm}$;入土角 $\alpha: 45^\circ$;入土隙角 $\gamma: 6^\circ$ 。

1.1.4 不同结构形状的开沟器

为研究侧翼、前刀对开沟器前进阻力的影响,制

作了3种开沟器,即有侧翼有前刀(D1)、无侧翼有前刀(D2)、有侧翼无前刀(D3),结构类似图3。3种开沟器的区别如下:

- 1) 有侧翼有前刀即侧翼高度为 10mm ,与水平面夹角为 25° ,与地面的距离为 50mm ,其中刃口厚度为 0.5mm ;
- 2) 无侧翼有前刀即为无侧翼,其中刀刃厚度为 0.5mm ;
- 3) 有侧翼无前刀即侧翼高度为 10mm ,与水平面夹角为 25° ,与地面的距离为 50mm ,其中刃口厚度超过 1mm 。
- 4) 其它参数:入土角为 45° ,入土隙角为 6° ,高度为 100mm ,长度为 120mm ,厚度为 20mm 。

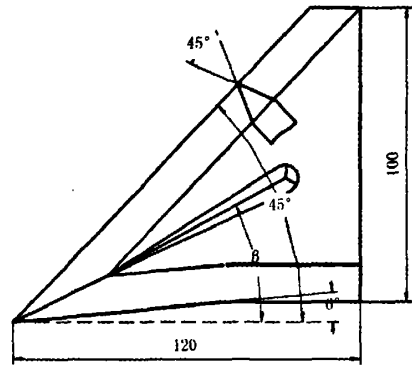


图3 不同侧翼与水平面夹角开沟器

1.2 试验设备

1.2.1 试验土槽

本试验主要是在借助于黑龙江省农业机械工程科学研究院土壤耕作实验室 TCC-6 土槽计算机监控及辅助测试试验车的辅助条件下完成的。试验时,先将土槽台车通过土槽控制系统将速度设置为 $0.5, 1, 1.25\text{km/h}$ 3个速度,将开沟部件测试装置安装在台车的悬挂架上。其中,悬挂架的高度(即开沟器入土深度)由液压控制。便携式开沟部件测试装置安装在悬挂架的方梁上,再将要测试的开沟器安装在便携式开沟部件测试装置上,先通过液压控制系统调整入土深度,然后运行台车,当台车的速度匀速后,开始采集数据。每个开沟器的测试长度在 $5 \sim 8\text{m}$ 范围内。为使土槽土壤状况与田间实际情况尽量一致,采用的整土工艺为:①土壤旋耕粉碎整平,旋耕深度在 20cm 左右;②人工洒水;③采用压实棍压实。试验时,土槽内平均土壤含水量: 34.8% ($0 \sim 100\text{mm}$),土壤坚实度为 $2.185(0 \sim 50\text{mm}), 2.233\text{MPa}(50 \sim 100\text{mm})$ 。

1.2.2 便携式开沟部件测试装置^[8]

采用便携式开沟部件测试装置测试开沟器的受

力情况。本装置主要由测试调节部件、传感器、数据采集部分等组成,能够安装在播种机机架或者土槽台车上,在田间试验地或者土槽上完成数据测试,能够方便灵活地测试前进阻力、垂直反力、侧向力等参数,并且能够实时地采集保存数据,采集数据速度高达200次/s,可以根据不同的前进速度设定采集次数,采集数据精度在95%以上。

2 试验结果

2.1 开沟器入土深度与阻力的关系

采用无侧翼有前刀(D2)的开沟器进行入土深度与阻力的试验。开沟器的受力情况,如图4所示。开沟器的前进阻力随着入土深度的增加而增加,开沟器在入土深度的10cm处的前进阻力比5cm处增加了66.7%,当入土深度超过10cm时,开沟器阻力的增加更为迅速。其主要原因可能是表层的土壤硬度小,对开沟器产生的阻力小;另一方面开沟器的设计高度为10cm,而当入土深度超过10cm时,会有部分铲柄进入土壤,这可能影响了前进阻力,因此在设计开沟器的时候,要考虑到开沟器的高度一定要大于入土深度,防止开沟器铲柄入土。

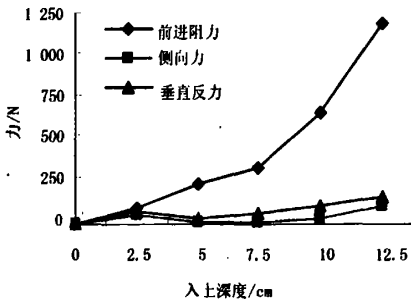


图4 入土深度与开沟器阻力的关系

不同的入土深度对开沟器所受的侧向力影响不大,而垂直反力是随着深度的增加而增加,但由于尖角开沟器有较好的入土性能,变化不是很大。

2.2 不同入土角开沟器的受力分析

在土槽中对不同入土角的开沟器进行测试,受力包括前进阻力、侧向力、垂直反力等。不同开沟器的入土角(α)与前进阻力(F)之间曲线如图5所示,则入土角与阻力之间关系拟合方程为

$$F = 2.66\alpha^2 + 54.26\alpha + 246.58$$

试验结果表明,开沟器的前进阻力随着入土角的增加而增加,呈线性关系。因此,在设计开沟器时,在满足加工条件以及实际情况的条件下,应尽量减少开沟器的入土角,以降低其前进阻力。

垂直反力有相反的趋势,即随着开沟器入土角的

增加,垂直反力降低;在入土角为60°时,有最小的垂直方向上的力。对于侧向力,试验结果表明,随着入土角的增加,侧向力有增加的趋势,但没有明显的影响,基本在15~40N的范围内变化,这可能是前进阻力的变化引起了侧向力的变化。

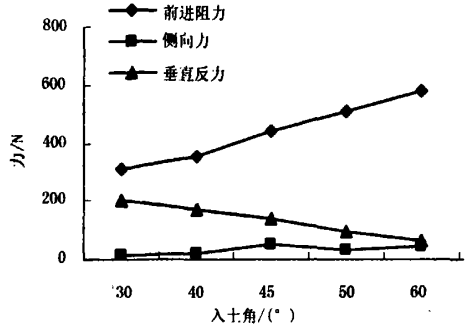


图5 不同入土角开沟器受力分析

2.3 不同入土隙角开沟器的受力分析

入土隙角有利于开沟器的入土能力,不同入土隙角开沟器的受力情况如图6所示。入土隙角在0~12°范围内时,开沟器的前进阻力有明显的变化,总的变化趋势是先降低后增加,在3°~10°时较低,其值在427~586N之间变化。其中,当入土隙角在5°附近时,有最低的前进阻力。当入土隙角增加到10°以上时,开沟器的前进阻力迅速增加。因此,在设计开沟器时,应该考虑选择较小的入土隙角,有利于降低开沟器的阻力,同时增加入土能力。

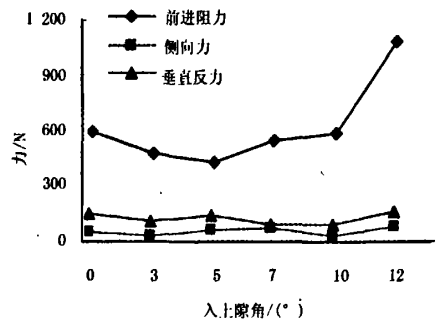


图6 不同入土隙角开沟器受力分析

对于开沟器侧向力和垂直反力,入土隙角没有明显的影响,分别在25~75N,80~150N范围内变化。

2.4 不同侧翼开沟器的受力分析

侧翼的角度与大小对种床的形成以及开沟器的受力有一定的影响。当侧翼高度为10mm时,开沟器的平均前进阻力随着侧翼与水平面夹角(γ)的增加而增大,如图7所示。在 γ 为10°,20°,25°,30°时,开沟器受到的平均前进阻力分别为521,542,551,574N。垂直反力的变化趋势与前进阻力的变化趋势一致,但没有明显的影响,基本在50~80N范围内变化。开沟

器的侧翼大小以及水平面夹角对侧向力没有明显变化,侧向力基本在 35~50N 范围内变化。但侧翼高度对前进阻力有明显变化,结果如表 1 所示。开沟器的前进阻力随着侧翼高度的增加是明显增加的,侧翼高度为 20mm 时,不同 γ 的前进阻力分别为 640,694,726,780 N,其平均前进阻力比高度为 10mm 的平均增加 22.8%。因此,设计开沟器侧翼的时,在保证创造良好种床的前提下,应选择较低的侧翼高度。

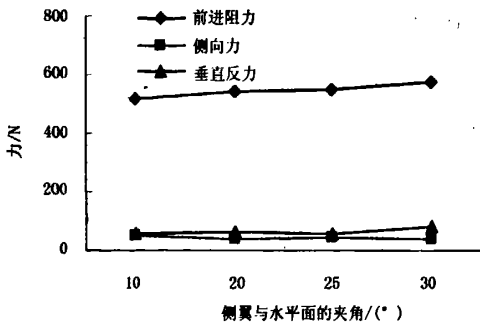


图 7 不同侧翼的开沟器受力分析

表 1 不同侧翼高度开沟器平均前进阻力 N

侧翼高度	与水平面夹角			
	10 $^{\circ}$	20 $^{\circ}$	25 $^{\circ}$	30 $^{\circ}$
10mm	521.1	542.4	551.3	574.1
20mm	640.5	694.4	726.8	780.0

2.5 不同结构形状开沟器的试验分析

有侧翼有前刀(D1)、无侧翼有前刀(D2)、有侧翼无前刀(D3)3种不同结构形状的开沟器的试验情况如表 2 所示。

表 2 不同形状开沟器的平均前进阻力(N)和地表开沟宽度(mm)

参数	有侧翼有前刀	无侧翼有前刀	有侧翼无前刀
	(D1)	(D2)	(D3)
平均前进阻力 /N	407.5 ^a	338 ^b	560.3 ^c
地表开沟宽度 /mm	45 ^a	41 ^a	58 ^b

同一列内相同字母表示没有显著差异(LSD P<0.05)。

其前进阻力分别为 407,338,560N,侧翼、刀刃对 3 种开沟器的前进阻力均有显著影响。其中,D1 比 D2 的前进阻力增加了 17%,侧翼虽然能疏松沟槽内的土壤,但也增加了开沟器的前进阻力。对于前刀,D1 比 D3 的前进阻力降低了 27.3%,这表明前刀对降低开沟器前进阻力有重要作用,在设计开沟器的时候,要有锋利的前刀。

开沟器的厚度为 20mm,地表开沟宽度越小,土壤扰动量越小。由表 2 可以得出,3 种开沟器的地表开沟宽度都比理论宽度大,但 D3 的开沟宽度为 58mm,

与 D1(45mm),D2(41mm)相比有明显的增加。结果表明,前刀不仅能降低开沟器的前进阻力,而且能减少开沟后的地表土壤扰动。虽然有侧翼的 D1 的开沟宽度要高于无侧翼的 D2,但二者没有显著变化,这说明侧翼没有影响地表的土壤扰动。其原因是由于侧翼的高度小,而且在地表 50mm 以下,因此能够对地表下的土壤产生扰动,而对地表的土壤影响不大。

3 结论

1)不同角度开沟器对侧向力的影响不大,平均侧向力很小,但试验数据显示瞬间的侧向力变化较大。因此在设计开沟器铲柄时,要考虑到开沟器瞬间产生较大的侧向力,因为在免耕地中,当开沟器碰到根茬或者石块时,瞬间会产生的较大的侧向力。不同入土隙角以及不同侧翼的开沟器对垂直反力的影响不大,但不同入土角的开沟器对垂直反力有明显影响,随着入土角的增加,作用在开沟器上前进阻力增加,但垂直反力降低。

2)开沟器的人土深度对前进阻力有明显影响,入土深度 10cm 处的前进阻力比 5cm 处增加了 66.7%。但在免耕播种过程中,要实现种肥分施,开沟深度一般要达到 10cm,所以不能通过开沟深度这个因素来降低开沟器的前进阻力。因此,在设计开沟器时,其高度要超过 10cm,以降低其阻力。

3)在免耕条件下,开沟器的人土角、入土隙角以及侧翼与地面的夹角对前进阻力均有明显影响。随着入土角的增加、侧翼与水平面夹角的增加,开沟器的前进阻力均增加。开沟器的人土隙角在 5 $^{\circ}$ 左右时有最小的前进阻力,当入土隙角增加到 10 $^{\circ}$ 以上时,开沟器的前进阻力迅速增加。

4)侧翼对开沟器的前进阻力有明显影响,有侧翼的开沟器比无翼的前进阻力增加了 17%,但由于侧翼在地表以下,不会翻转地表土壤,因此地表土壤扰动不明显。前刀能够明显降低开沟器的前进阻力以及地表的土壤扰动,有前刀的开沟器比无前刀的前进阻力降低了 27.3%,而且地表的土壤扰动明显降低。因此,在设计开沟器时必须考虑到能够降低前进阻力的前刀,以及能够产生表层下土壤扰动的侧翼。

参考文献:

[1] 高焕文,李问盈.保护性耕作技术与机具[M].北京:化学工业出版社,2004.
 [2] J R Murray, J N Tullberg, B B Basnet. Planters and their components [M]. Canberra: Australian Centre for International

Agricultural Research, 2006.

- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 梅峰, 李洪文, 吴红丹. 一沟双行小麦播种专用开沟器的试验研究[J]. 农机化研究, 2006(12): 167 - 170.
- [6] 苏元升. 免耕播种开沟器及其测试系统的研究[D]. 北京: 中国农业大学, 1999.
- [7] 高焕文, 李洪文, 姚宗路. 轻型高防堵性能免耕播种机研究[J]. 中国工程科学, 2007(9): 15 - 20.
- [8] 姚宗路. 楔刀型免耕开沟器研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2008.

Effect of Different Structural No - till Openers on Soil Resistant Force

Yao Zonglu¹, Gao Huanwen², Li Hongwen², Wang Xiaoyan²

(1. China Academe of Agriculture Engineer, Beijing 100125, China; 2. College of Engineer, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The structure of no - till openers can affect the soil resistant force and fuel consumption of tractor during no - till planting. In this study, different openers including different penetration angle, penetration clearance angle and side wedge were designed and manufactured. The soil resistant force and situation of surface after opened groove were measured in the soil bin. The results showed the influences of penetration angle and penetration clearance angle were significant for soil resistant force and no significant for side force and upright force. The low values of soil resistant force were observed at 5° of penetration clearance angle. Compared with the opener without side wedge, opener with side wedge increased soil resistant force by 17%, but there were no significant effect for the surface soil disturbance. While the opener without front blade improved 27.3% of soil resistant force and decreased the surface soil disturbance as compared to the opener with front blade. So the less penetration angle, penetration clearance angle and sharp - edged knife should be considered in order to increase the soil resistant force during design no - till openers, and it will provide trail data for the designment of new no - till openers.

Key words: no - till opener; soil resistant force; soil bin; soil

不同结构免耕开沟器对土壤阻力的影响

作者: [姚宗路](#), [高焕文](#), [李洪文](#), [王晓燕](#), [Yao Zonglu](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#), [Wang Xiaoyan](#)

作者单位: [姚宗路, Yao Zonglu\(农业部, 规划设计研究院, 北京, 100125\)](#), [高焕文, 李洪文, 王晓燕, Gao Huanwen, Li Hongwen, Wang Xiaoyan\(中国农业大学, 工学院, 北京, 100083\)](#)

刊名: [农机化研究](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF AGRICULTURAL MECHANIZATION RESEARCH](#)

年, 卷(期): 2009, 31(7)

被引用次数: 1次

参考文献(8条)

1. [高焕文;李问盈](#) [保护性耕作技术与机具](#) 2004
2. [J R Murray;J N Tullberg;B B Basnet](#) [Planters and their components](#) 2006
3. [蒋金琳;马廷玺](#) [免耕播种机土壤工作部件评述](#) 1996(27)
4. [Damora D;Pandey K P](#) [Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertilizer drills](#)[外文期刊] 1995(01)
5. [梅峰;李洪文;吴红丹](#) [一沟双行小麦播种专用开沟器的试验研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2006(12)
6. [苏元升](#) [免耕播种开沟器及其测试系统的研究](#)[学位论文] 1999
7. [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(09)
8. [姚宗路](#) [楔刀型免耕开沟器研究](#) 2008

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)
3. [刘昱程. 刘立晶. 狄明利. Liu Yucheng. Liu Lijing. Di Mingli](#) [两种免耕开沟器的对比分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(7)
4. [于慧春. 刘俊峰. 冯晓静. 杨欣. 封莉](#) [双圆盘开沟器开沟沟形的计算机模拟分析](#)[期刊论文]-[河北农业大学学报](#) 2004, 27(1)
5. [王庆杰. 姚宗路. 高焕文. 李洪文. 王晓燕. WANG Qingjie. YA Zonglu. GAO Huanwen. LI Hongwen. WANG Xiaoyan](#) [楔刀型免耕开沟器设计与试验](#)[期刊论文]-[机械工程学报](#)2008, 44(9)
6. [王洪锋](#) [圆盘施肥开沟器的改进](#)[期刊论文]-[农业开发与装备](#)2010(4)
7. [尤晓东. 张旭. 刘忠泽. 徐迪娟. 章惠全. You Xiaodong. Zhang Xu. Liu Zhongze. Xu Dijuan. Zhang Huiquan](#) [2BQM-2型免耕气吸播种施肥机的研制与试验](#)[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(7)
8. [姚宗路. 高焕文. 李洪文. 王晓燕](#) [楔刀型免耕开沟器的试验研究](#)[会议论文]-2007
9. [蒋金琳. 龚丽农. 王明福. Jiang Jinlin. Gong Linong. Wang Mingfu](#) [免耕播种机单体工作性能试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2000, 16(5)
10. [蒋金琳. 高焕文](#) [免耕播种机播种带玉米根茬处理装置研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2004, 20(2)

引证文献(1条)

1. [赵金辉. 杨学军. 周军平. 刘立晶. 杨慧](#) [播种机开沟器及其性能测试装置的现状分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2014(1)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhyj200907008.aspx