

并列组合式种肥分施防堵装置的设计与试验*

王庆杰 李洪文 何进 李问盈 张喜瑞 蔡国华

【摘要】 针对东北垄作区春季玉米免耕播种时施肥量大,正位垂直施肥易烧种,侧位施肥易堵塞的问题,研究设计了一种并列组合式种肥分施防堵装置。在玉米碎秆覆盖地试验结果显示,该装置土壤扰动量为17.8%,播种平均深度为44 mm,施肥平均深度为78 mm,种肥水平间距为32 mm,垂直间距为34 mm,种肥间距合格率达93%,提高了播种质量。与正位垂直施肥和前后侧位深施肥方式相比,该装置防堵能力强,种肥分施效果好。

关键词: 玉米 免耕播种机 种肥分施 设计 试验

中图分类号: S223.2⁺6

文献标识码: A

Design and Experiment on Paratactic Separate Application of Fertilizer and Seed Mechanism

Wang Qingjie Li Hongwen He Jin Li Wenying Zhang Xirui Cai Guohua
(China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract

In view of the exist those main problems in the area of northeast ridge during the spring corn planting, such as large quantity of fertilizer, seed burned easily by the vertical fertilizing while lateral fertilization easily plugs openers, an undynamic anti-blocking mechanism and a paratactic separate application of fertilizer and seed mechanism were designed. The experiment in the field that covered with broken stalks of corn showed that the soil disturbance was 17.8%, planting depth was 44 mm, depth of fertilizer was 78 mm. The trial also showed that the level pitch of seed and fertilizer could be 32 mm, while the vertical spacing was 34 mm, and 93% could meet the requirements of agronomic. Compared to the orthophoric and lateral fertilizer application methods, the planting quality has been upgraded, while the blocking problem existed in the mentioned fertilization was also improved, and the opener could get through the straw more easily now.

Key words Corn, No-tillage planter, Paratactic separate application of fertilizer and seed, Design, Experiment

引言

保护性耕作是对农田实行免耕、少耕、用作物秸秆覆盖地表的一项农业耕作技术^[1]。大量试验已经证明:在东北垄作区施行保护性耕作技术可以减少作业工序,降低生产成本,增加土壤有机质,改善

土壤结构,减少土壤水蚀、风蚀、抑制沙尘暴,提高作物产量,有利于东北农业可持续发展^[2-4]。目前,传统播种方式为:秋季玉米收获后,地表留茬(高度15 cm左右),其余秸秆全部移走,在春季播种前,使用旋耕机灭茬、整地起垄,然后使用传统播种机通过侧位深施肥的方式一次性施肥1 050 kg/hm²左右。

收稿日期:2008-09-10

*“十一五”国家科技支撑计划重点项目(项目编号:2006BAD28B04)

王庆杰 中国农业大学工学院 博士生,100083 北京市

李洪文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师 通讯作者

何进 中国农业大学工学院 讲师 博士

李问盈 中国农业大学工学院 副教授

张喜瑞 中国农业大学工学院 博士生

蔡国华 中国农业大学工学院 博士生

传统播种由于秸秆已基本全部被移走以及旋耕机的旋耕粉碎,因此一般不会有机具堵塞的现象发生。而传统的玉米垄作免耕播种机在秸秆覆盖地免耕播种时,为了防止机具发生堵塞一般采用正位垂直施肥的方式,但该种施肥方式种肥分施效果差,施肥量过大容易造成烧种现象。而免耕播种机采用侧位深施肥技术容易造成施肥开沟器与排种开沟器之间壅堵,影响播种质量^[5]。

针对目前东北垄作区春季播种玉米时施肥量大,正位垂直施肥易烧种,侧位深施肥机具易堵塞等问题,研究设计一种动力破茬圆盘刀与并列组合式种肥分施机构相配合的防堵装置,并研制试验样机,进行田间试验。

1 组合式种肥分施防堵装置的结构和原理

1.1 结构原理

并列组合式种肥分施防堵装置工作原理如图1所示。该装置主要由变速箱、缺口圆盘刀、主动刀轴、支撑切割板、施肥开沟器、播种开沟器、排肥管、排种管等组成。其中破茬圆盘刀的回转平面伸入并列的排种、施肥开沟器铲柄之间,作业时,破茬圆盘刀在开沟器前方主动破茬开沟的同时,打掉、切断挂在两开沟器及两铲柄间的秸秆杂草等以防止堵塞。

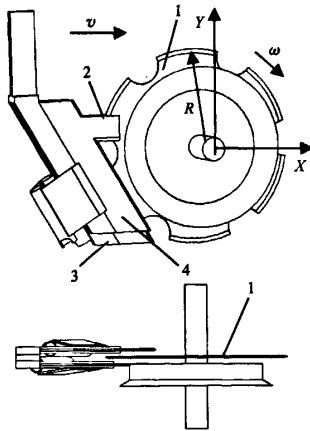


图1 组合式种肥分施防堵装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of combined type application of fertilizer and seed and anti-blocking

- 1. 缺口圆盘刀 2. 支撑切割板 3. 施肥开沟器 4. 播种开沟器

机具作业时,主动破茬圆盘刀由拖拉机后输出轴提供动力,主动旋转,依靠机具自身重力以及破茬圆盘刀的旋转将垄台上的根茬、秸秆和杂草等切断,并且破开一条窄沟,然后并列布置的施肥、播种开沟器在此窄沟两侧开沟施肥播种,未被切断的秸秆或杂草被开沟器挑起,顺着开沟器铲柄方向滑移,在两开沟器铲柄的支撑切割板处进行有支撑二次切断,

完成防堵,防止进一步堵塞。

由于施肥开沟器与播种开沟器并列布置,缩短了机具的前后长度,使机具重心前移,有利于拖拉机在运输和田间转弯时机具悬挂。

1.2 关键部件设计

1.2.1 组合式种肥分施装置

铲柄采用刚性结构,下部倾斜,斜铲柄有利于秸秆沿铲柄上滑,在上滑过程中,借助深入两铲柄间的破茬圆盘刀与铲柄上的支撑板配合,完成秸秆的有支撑切割,防止堵塞。

依据玉米免耕播种深施肥的农艺要求,以及传统免耕播种机的播种开沟器存在缺少防堵装置而易堵塞的问题,将施肥开沟器与播种开沟器设计为并列布置,依靠主动旋转的圆盘刀同时对两开沟器进行防堵。本设计中两个开沟器并列错开3~4cm,以保证破茬圆盘刀能够深入在施肥、播种开沟器铲柄之间以及实现侧位施肥;在垂直高度上施肥开沟器比播种开沟器深3~5cm,以保证实现深施肥。斜铲柄相对于水平方向的倾斜角为60°,有利于秸秆沿开沟器铲柄向上滑移。

1.2.2 破茬圆盘刀刀轴转速

破茬圆盘刀的破茬及切割性能的评价主要是由两个因素组成的:①在一定机具前进速度下,破茬圆盘刀与地表作用开沟破茬所需要的破茬圆盘刀转速 n_1 。②破茬圆盘刀与支撑板作用切断被挑起的秸秆所需要的破茬圆盘刀转速 n_2 。

(1) n_1 的确定。在黑龙江农机研究院 TCC-6型土槽试验台上进行了室内土槽试验。在机具前进速度为5 km/h,秸秆切断率在98%以上前提下,刀轴转速与单圆盘垂直载荷的关系如图2所示。考虑到本次试验的玉米垄作免耕播种机播种单体每个单圆盘的垂直压力在110~120 kg之间,最终确定转速 $n_1 = 150$ r/min。

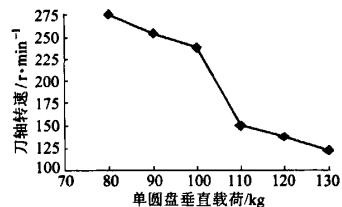


图2 圆盘垂直载荷与转速的关系

Fig.2 Relationship between disk rotational speed and vertical load

(2) n_2 的确定。未被切断的秸秆被开沟器挑起,沿着施肥播种开沟器铲柄向上滑移,在支撑板处被挡住,旋转的破茬圆盘刀在此处完成秸秆二次有支撑切割。由于破茬圆盘刀的旋转轴心与支撑板相

对静止,因此破茬圆盘刀外缘上任意一点切割秸秆的速度即为圆盘刀切割秸秆的绝对速度

$$v_z = \omega R \quad (1)$$

室内秸秆切割试验表明^[6]玉米根茬直径 $d = 1.5 \sim 2.4$ cm,含水率 10.2%~68.8% 范围内,根茬秸秆在有支撑情况下的临界切断速度为 $v = 0.58 \sim 5.9$ m/s。根据式(1)分别取 $v_{z1} = 0.58$ m/s; $v_{z2} = 5.9$ m/s; $R = 260$ mm 进行计算,计算得: $\omega_1 = 2.23$; $\omega_2 = 22.7$ 。

又因为

$$n = 30\omega/\pi \quad (2)$$

将两个临界角速度代入式(2)求得刀轴转速为 $n_2 = 21.3 \sim 216.9$ r/min。为了保证破茬圆盘刀能够顺利地破茬开沟且保证能够将开沟器挑起的秸秆切断,防止机具发生堵塞,取最大转速 217 r/min。

2 田间播种试验与结果分析

并列组合式种肥分施防堵装置设计完成后,装在 2BML-2 型气吸式玉米垄作免耕播种机(图 3)上进行田间试验,同时与正位垂直式和前后侧位深施肥式播种施肥方式进行了对比试验。

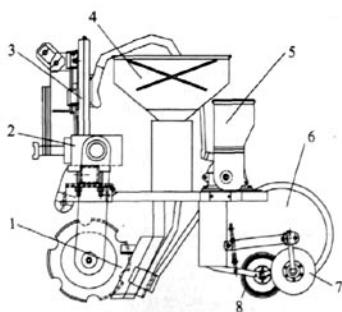


图3 玉米垄作免耕播种机整机示意图

Fig.3 Schematic diagram of the corn ridge-till and no-till planter

1. 并列组合式种肥分施防堵装置 2. 变速箱 3. 风机 4. 肥箱
5. 种箱 6. 地轮 7. 覆土器 8. 压种轮

2.1 试验条件

在辽宁省沈阳市苏家屯区垄作区保护性耕作试验田进行了田间试验。试验地为一年一熟垄作地,前茬作物为玉米,收获后秸秆粉碎还田。秸秆覆盖量为 2.41 kg/m²,土壤质地为壤土,土壤坚实度为 2.76×10^4 Pa;土壤含水率为 13.2% (0~5 cm)、17.1% (5~10 cm)。前茬作物行距为 600 mm。机具配套动力为 20.6 kW。

2.2 试验方法

根据农业部农机试验鉴定总站制定的玉米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》和玉米免耕播种机性能检测项目与检测方法。检测设备包括电子秤、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 2 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 3~6 cm 为合格。

(2) 机具通过性

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 $2.0 \sim 4.0$ kg/hm²;测区长度为 60 m,往返两个行程,不发生堵塞或者有一次轻度堵塞”^[7]。

(3) 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,开沟器的土壤扰动量

$$\eta = \frac{D}{S} \times 100\%$$

式中 D ——实际的开沟宽度,mm

S ——播种行距,mm

2.3 试验结果与分析

2.3.1 沟型尺寸

组合式种肥分施防堵装置的沟型尺寸测定结果如表 1 所示。由表 1 可以看出,开沟深度和翻土高度均能够满足播种要求,翻土高度约为 31 mm,没有明显的翻土现象,组合式种肥分施防堵装置前面的破茬圆盘刀在地表切开一道缝,开沟器后面部分能够向两侧挤压土壤,减少了翻转土壤。作业后沟部剖面图如图 4 所示。

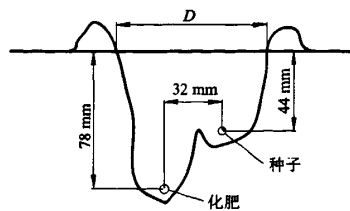


图4 作业后沟部剖面图

Fig.4 Section plan of plow groove after planting

理论开沟宽度为 85 mm,但在试验中发现,实际平均开沟宽度要高于理论开沟宽度,实际平均开沟宽度为 107 mm,则开沟器的土壤扰动量为 17.8%。

2.3.2 播种施肥质量

组合式种肥分施防堵装置在玉米秸秆粉碎地表进行了田间试验,对种肥情况进行了测试。试验结

果如表2所示。

表1 组合式种肥分施装置沟型的测定结果

Tab.1 Test result of the paratactic separate application of fertilizer and seed mechanism

参数	数值
施肥开沟深度/cm	85
播种开沟深度/cm	53
机组前进速度/ $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$	3.2
翻土高度/mm	31
理论开沟宽度/mm	85
实际开沟宽度/mm	107

表2 玉米碎茬覆盖下种肥情况

Tab.2 Depth of seed and fertilizer under the mulch of the corn stubble shattered

项目	平均播深/mm	合格率/%	标准差/cm	变异系数/%
种子	44	89.2	0.66	8.9
肥料	78	83.8	1.04	10.8
种肥水平距离	32	93.7	0.52	6.5
种肥垂直距离	34	92.4	0.50	5.9

表3 3种种肥分施机构田间对比

Tab.3 Comparison the depths of seed and fertilizer for three devices

项目	正位垂直施肥	前后侧位深施肥	并列组合式种肥分施
种子覆土深度合格率/%	85.1	82.1	87.5
施肥覆土深度合格率/%	88.4	83.1	89.6
播种深度均匀性变异系数/%	11.2	13.1	9.7
施肥深度均匀性变异系数/%	10.2	15.8	10.7
种肥间距/mm	32	侧位=27/垂直=23	侧位=32/垂直=34

从表3中可以看出在碎茬覆盖地表情况下作业,并列组合式种肥分施装置无论种子、化肥深度的合格率还是深度变异系数都优于其他两种方式,特别是种肥间距,并列侧位深施肥机构的侧位施肥间距为32 mm,而垂直施肥间距为34 mm,种肥分施效果好,能够有效地防止施肥量大而造成烧种现象。

(2)通过性对比

在3种玉米秸秆覆盖情况下对3种种肥分施装置通过性进行了对比试验,各测试了3次,结果如表4所示,在整个试验过程中没有发现并列组合式种肥分施防堵装置的堵塞现象,通过性好;而前后侧位深施肥方式在整秆覆盖以及高留茬覆盖方式下作业均存在堵塞情况。正位深施肥方式在整秆覆盖方式下存在轻微堵塞。

3 结论

(1)并列组合式种肥分施防堵装置可以在玉米

(1)从试验结果来看,在玉米碎茬覆盖下播种平均深度为44 mm,施肥平均深度为78 mm,种肥间距水平距离为32 mm,垂直距离为34 mm,合格率在93%以上,种肥分施效果好,符合免耕施肥播种机的农艺要求。

(2)作业后,作业地表没有发现露肥现象,这说明在较大施肥量情况下,化肥能够较好地施入深层,覆土器覆土效果好。

(3)凉籽情况,本装置采用并列上下错位的施肥、播种开沟器,简化了机具纵向结构,加大了覆土圆盘与开沟器间的距离,回土效果好,因此没有发现凉籽现象。

(4)并列组合式种肥分施防堵装置,免耕播种过程中土壤扰动量小,动土量仅为17.8%,能够较好保墒。

2.3.3 3种种肥分施装置对比

(1)种肥深度及变异系数对比

在玉米碎茬地表覆盖情况下,分别对正位垂直施肥、前后侧位深施肥以及并列组合式种肥分施3种种肥分施机构进行了田间对比试验。试验结果如表3所示。

表4 3种分施装置通过性对比

Tab.4 Comparison of anti-blocking capability for three devices

秸秆覆盖方式	正位垂直施肥	前后侧位深施肥	并列组合式种肥分施
碎秆	无堵塞	轻微堵塞	无堵塞
整秆	轻微堵塞	堵塞	无堵塞
高留茬	无堵塞	堵塞	无堵塞

整秆覆盖、高留茬覆盖、碎秆覆盖下完成作业,播种机进地一次可以完成破茬,侧位深施肥、播种,覆土,镇压等作业,减少机具进地次数,减轻了压实现象。

(2)并列组合式种肥分施防堵装置采用主动缺口圆盘刀与并列组合式开沟器铲柄联合防堵,能够有效地防止机具在土壤工作部件发生堵塞,通过性能好,土壤扰动量为17.8%,满足免耕、少耕的要求。

(3) 并列组合式种肥分施防堵装置能够在大施肥量情况下有效地实现种肥分施, 其中种肥横向间距为 32 mm, 垂直间距为 34 mm, 分施效果好, 可以有效防止烧种现象的发生。

参 考 文 献

- 1 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 Huanwen, Li Wenying, Li Hongwen. Conservation tillage technology with Chinese characteristics[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(3): 1~4. (in Chinese)
- 2 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 Dijuan, Li Wenying, Wang Qingjie. Development of 2BML-2(Z) type no-till maize seeder in ridge-field[J]. Journal of China Agricultural University, 2006, 11(3): 75~78. (in Chinese)
- 3 Julian J C Dawson, Pete Smith. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management[J]. Science of the Total Environment, 2007, 382(2): 165~190.
- 4 李宝筏, 刘安东, 包文育, 等. 东北垄作滚动圆盘式耕播机[J]. 农业机械学报, 2006, 37(5): 57~59.
Li Baofa, Liu Andong, Bao Wenyu, et al. Rolling disc type till-planter of the ridge cropping system in northeast area of China[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(5): 57~59. (in Chinese)
- 5 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.
Su Yuansheng, Gao Huanwen, Zhang Jinguo. Measurement and analysis on working performance of tine furrow openers on no-tillage soil [J]. Journal of China Agricultural University, 1994, 4(4): 28~30. (in Chinese)
- 6 王庆杰, 何进, 姚宗路, 等. 驱动圆盘式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 Qingjie, He Jin, Yao Zonglu, et al. 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. (in Chinese)
- 7 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.

(上接第 50 页)

参 考 文 献

- 1 Anton VAN Zanten. Bosch ESP system: 5 years of experience[C]. SAE Paper 2000-01-1633, 2000.
- 2 Klier W, Reimann G, Reinelt W. Concept and functionality of the active front steering system[C]. SAE Paper 2004-21-0073, 2004.
- 3 Erkin D, Tankut A. Application of vehicle dynamics' active control to a realistic vehicle model[C]// IEEE Proceedings of American Control Conference, 2007.
- 4 Boada B L, Boada M J L, Diaz V. Yaw moment control for vehicle stability in a crosswind[J]. International Journal of Vehicle Design, 2005, 39(4): 331~348.
- 5 王德平, 郭孔辉, 宗长富. 车辆动力学稳定性控制的仿真研究[J]. 汽车技术, 1999, 30(2): 8~10.
Wang Deping, Guo Konghui, Zong Changfu. A study on stability control simulation of motor vehicle dynamics [J]. Automobile Technology, 1999, 30(2): 8~10. (in Chinese)
- 6 He J J, Crolla D A, Levesley M C, et al. Coordination of active steering, driveline, and braking for integrated vehicle dynamics control[J]. Journal of Automobile Engineering, 2006, 220: 1401~1421.
- 7 余志生. 汽车理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- 8 Gillespie T D. Fundamentals of vehicle dynamics[M]. Warrendale: Society of Automotive Engineers, Inc., 1992.
- 9 Williams D E, Haddad W M. Nonlinear control of roll moment distribution to influence vehicle yaw characteristics[J]. IEEE Trans. on Control Systems Technology, 1995, 3(1): 110~116.
- 10 Sampson D J M. Active roll control of articulated heavy vehicles [D]. Cambridge: University of Cambridge, 2000.
- 11 陆启韶. 分岔与奇异[M]. 上海: 上海科技出版社, 1995.
- 12 Claudio A C. Calculating optimal system parameters to maximize the distance to saddle-node bifurcations[J]. IEEE Transactions on Circuits and System-1: fundamental theory and applications, 1998, 45(3): 225~237.
- 13 黄象鼎, 曾钟钢, 马亚南, 等. 非线性数值分析的理论与方法[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2004.

并列组合式种肥分施防堵装置的设计与试验

作者: [王庆杰](#), [李洪文](#), [何进](#), [李问盈](#), [张喜瑞](#), [蔡国华](#), [Wang Qingjie](#), [Li Hongwen](#),
[He Jin](#), [Li Wenying](#), [Zhang Xirui](#), [Cai Guohua](#)
作者单位: [中国农业大学工学院](#), 100083, 北京市
刊名: [农业机械学报](#) 
英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)
年, 卷(期): 2008, 39(12)
被引用次数: 2次

参考文献(7条)

1. 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)
2. 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[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2006(03)
3. Julian J C Dawson;Pete Smith Carbon losses from soil and its consequences for land-use management 2007(02)
4. 李宝筏;刘安东;包文育 东北垄作滚动圆盘式耕播机[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2006(05)
5. 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)
6. 王庆杰;何进;姚宗路 驱动圆盘式玉米垄作免耕播种机设计与试验[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(06)
7. 高焕文 保护性耕作技术与机具 2004

本文读者也读过(10条)

1. [周士成](#) 玉米精量播种及深施肥技术研究[期刊论文]-[吉林农业C版](#)2011(3)
2. [魏明](#), [WEI Ming](#) 玉米一次全量侧深施肥田间试验[期刊论文]-[现代农业科技](#)2010(3)
3. [张喜瑞](#), [李洪文](#), [仪坤秀](#), [何进](#), [Zhang Xirui](#), [Li Hongwen](#), [Yi Kunxiu](#), [He Jin](#) 主动圆盘防堵式小麦免耕播种机的设计研究[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(7)
4. [高焕文](#), [李洪文](#), [姚宗路](#), [Gao Huanwen](#), [Li Hongwen](#), [Yao Zonglu](#) 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(9)
5. [回爱静](#), [万俊玲](#), [HUI Ai-jing](#), [WAN Jun-ling](#) 玉米化肥机械深施技术[期刊论文]-[黑龙江农业科学](#)2008(1)
6. [孙伟](#) 打穴式免耕播种机的研究[学位论文]2006
7. [贺德](#), [HE De](#) 免耕播种机防堵装置的设计[期刊论文]-[中国农机化](#)2007(4)
8. [赵旭](#), [张祖立](#), [白红春](#), [张国梁](#), [张旭东](#), [Zhao Xu](#), [Zhang Zuli](#), [Bai Hongchun](#), [Zhang Guoliang](#), [Zhang Xudong](#) 一种新型玉米免耕破茬防堵装置[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(6)
9. [赵武云](#), [张锋伟](#), [吴劲锋](#), [韩正晨](#), [吴建民](#) 免耕播种机弹齿式防堵装置[期刊论文]-[农业机械学报](#)2007, 38(3)
10. [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)

引证文献(2条)

1. [林静](#), [刘安东](#), [李宝筏](#), [李博](#), [赵德芳](#), [吕长义](#) 2BG-2型玉米垄作免耕播种机[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2011(6)
2. [刘飞](#), [赵满全](#), [吴英思](#) 膜下播种机的设计及排种装置的室内性能试验[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2010(4)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200812017.aspx