

# 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机改进与试验研究

姚宗路, 王晓燕, 李洪文, 邸英良

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

**摘要:** 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机用于一年两熟地区夏玉米整秆覆盖下免耕直播冬小麦, 一次作业可同时完成秸秆粉碎、开沟、施肥、播种、镇压等多道工序。通过粉碎刀轴打碎玉米秸秆和田间杂草, 并将碎秆、杂草等抛送至开沟器侧后方, 有效地解决了玉米整秆覆盖下免耕播种小麦易发生严重堵塞的问题。在其第二代样机的基础上改进设计完成了第三代样机, 通过对刀座的排列及对刀轴受力分析的研究, 改进设计了粉碎刀轴, 并进行了播种性能试验。试验表明在玉米整秆覆盖下对行免耕播种小麦技术可行, 机具结构设计合理, 为一年两熟地区冬小麦免耕播种提供技术支持。

**关键词:** 保护性耕作; 一年两熟; 免耕播种机; 防堵; 对行; 冬小麦

**中图分类号:** S223.2<sup>+4</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2005)05-0046-06

我国保护性耕作技术推广面积不断扩大, 一年一熟地区小麦免耕播种机的研究已趋于成熟, 但在一年两熟地区的研究还有待进一步提高, 国外没有成熟的经验可以借鉴, 国内的研究也刚刚起步。一年两熟地区玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦难度较大, 原因有以下三点: 一是小麦属于窄行密植作物, 行距较窄, 易在开沟器间产生堵塞; 二是玉米根茬粗, 不易灭除, 根茬被拔起后, 容易形成大坑, 影响播种质量; 三是玉米秸秆粗大、含水量大、韧性好, 且覆盖量大, 几乎达到小麦秸秆的两倍, 粉碎时动力消耗大<sup>[1,2]</sup>。

中国农业大学农业部保护性耕作研究中心研制了2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机, 首次提出了对行免耕播种小麦的思路, 填补了一年两熟地区玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机的空白, 是我国北方一年两熟地区冬小麦实施保护性耕作的关键配套机具。该机型与43 kW以上的四轮拖拉机配套, 采用三点悬挂式挂接, 在直立玉米秸秆地中播种小麦, 一次作业可同时完成秸秆粉碎、开沟、施肥、播种、镇压等多道工序, 极大地减少了作业次数, 降低了作业成本; 作业农耗少, 抢时效果明显<sup>[3]</sup>。

2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机在实际使用过程中还存在如下问题: (1) 行距问题。该播种机只适用于行距为600~650 mm的玉米地且播种小麦的行距为150 mm, 都不能进行调节, 适用的范围小; (2)

振动、动平衡问题。在工作过程中振动比较大, 影响播种施肥质量以及机具零件寿命。针对上述问题, 在其第二代样机的基础上对粉碎刀轴、种肥机构、镇压机构进行了改进, 以使机器作业故障率降低50%以上, 适用玉米的行距范围由60~65 cm扩大到55~70 cm, 改进设计完成了第三代样机。本文详细介绍了2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机第三代样机的结构及关键部件的设计, 并进行了田间播种性能试验。

## 1 小麦对行免耕施肥播种机的设计原理与整机结构

### 1.1 设计原理

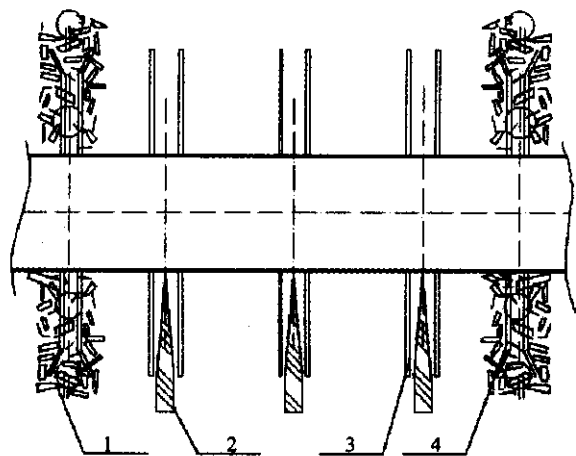
在一年两熟地区, 小麦免耕播种机在有大量玉米秸秆残茬及杂草覆盖地面上工作, 为避免秸秆杂草缠绕开沟部件产生堵塞, 必须有较强的防堵能力<sup>[1]</sup>。2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机采用动力驱动高速旋转粉碎刀轴防堵, 利用刀轴上的甩刀打碎玉米秸秆和杂草; 采用对行作业, 在两行玉米之间播三行小麦, 实行小麦宽窄行播种, 铲式开沟器避开玉米根茬, 破茬入土性能良好且动土量小, 动力消耗小, 能够有效地解决一年两熟地区免耕播种小麦堵塞问题。该机防堵机构原理如图1。粉碎刀轴上安装直刀和L型弯刀, 其中L型弯刀主要用于粉碎玉米行上的秸秆,

① 收稿日期: 2005-04-11

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, 在读硕士, 主要从事旱地农业保护性耕作机具的设计研究工作。

而直刀不仅可以打碎秸秆,且其回转半径与开沟器有100 mm的重叠,能有效地打掉开沟器上缠绕的秸秆和杂草,防止开沟器堵塞。切断后的秸秆及杂草随刀片的旋转被带入罩壳并在定刀片的作用下进一步被打碎,粉碎后的秸秆抛送至开沟器侧后方,有利于提高播种质量,同时覆盖在种行的碎秸秆较少,有利于种子发芽。粉碎刀轴上的刀片离地约有4~5 cm的间



1. 秸秆粉碎带 Stalk chopping strip; 2. 开沟器 Opener;  
3. 直刀 Straight knife; 4. L型弯刀 L-knife

图1 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机防堵原理简图

Fig.1 The anti-blocking mechanism of the 2BMD-12 row-controlled no-tillage wheat drill

该机适用于一年两熟玉米秸秆覆盖地,玉米行距为650~700 mm的地区,实行小麦宽窄行播种,能增强通风透光能力,宽行300 mm,窄行200 mm,平均行距为233 mm。机具一次作业能完成秸秆粉碎、开沟、施肥、播种、覆土、镇压等多道工序。工作时高速旋转粉碎刀轴打碎玉米秸秆以及杂草。窄翼型铲式开沟器直接进行开沟播种小麦并施肥,实行种肥同沟垂直分施。双肋镇压轮进行覆土镇压。

主要技术参数如下:

外形尺寸:3150 mm×1600 mm×1280 mm

播种幅宽:2800 mm

播种行距:宽行:300 mm

窄行:150~200 mm

平均:200~233 mm

玉米行距:650~700 mm

开沟深度:80~100 mm

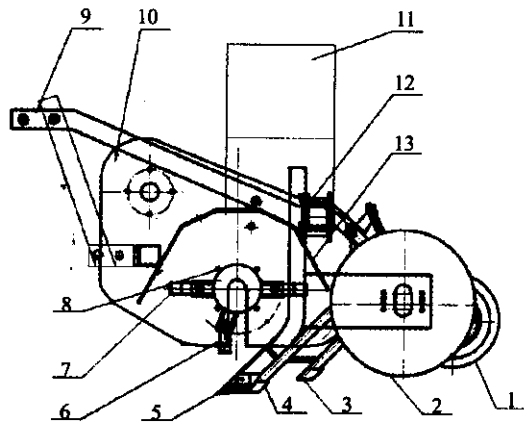
作业速度:1.88~2.32 km/h

刀轴转速:1215 r/min

距,工作时刀片不入土,主要用于破碎玉米秸秆而不灭根茬,以减少动力消耗<sup>[3~5]</sup>。

## 1.2 整机结构与技术参数

2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机主要由粉碎刀轴(防堵装置)、开沟器、种肥垂直分施装置、镇压覆土装置、仿形地轮、变速箱以及种肥箱等机构组成(图2)。



1. 镇压轮总成 Press wheel; 2. 仿形地轮 Ground wheel;  
3. 种管 Seed tube; 4. 肥管 Fertilizer tube; 5. 开沟器 Opener;  
6. L型弯刀 L-knife; 7. 直刀 Straight knife;  
8. 粉碎刀轴总成 Chopping axis; 9. 悬挂杆 Three-point linkage;  
10. 侧板 Side board; 11. 种肥箱 Hooper; 12. 连接器 Joint unit;  
13. 罩壳 Housing

图2 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机构简图

Fig.2 Structure of the 2BMD-12 row-controlled no-tillage wheat drill

配套动力:43 kW 以上轮式拖拉机

排种器形式:外槽轮式

排肥器形式:外槽轮式

## 2 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机关键部件的设计与改进

### 2.1 粉碎刀轴的设计

2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机的粉碎刀轴总长2.8 m,采用双边皮带传动。本机的刀片刀尖的回转半径为255 mm,拖拉机动力输出轴转速为540 r/min,安装在播种机上变速箱的传动比为1:2.25,皮带传动比为1:1,这样刀轴的转速为1 215 r/min。机具对粉碎秸秆后的秸秆长度没有要求,只要玉米秸秆在开沟器之间不发生堵塞,能够顺利开沟播种施肥即可,设计刀尖线速度为33 m/s。粉碎刀轴为大直径的空心管轴,内径160 mm,外径180 mm,能提高粉碎刀轴高速旋转时转子的动力性能,降低振动,又能防止秸秆及杂草的缠绕。

2.1.1 刀座排列 直刀和L型弯刀由销子固接在粉碎刀轴的刀座上,刀座的合理排列是设计粉碎刀轴的关键。该机粉碎刀轴上共有6个弯刀刀座,24个直刀刀座,每个刀座上有两把刀片,刀片数目较多,故采用类似双螺旋线左右对称排列(图3)。

在此种排列方式中,刀座的轴向间距和周向间角

均相等,刀轴负荷均匀,因此保证了静平衡;在工作过程中相继入土的两把刀片沿中心截面基本对称,这样刀轴受力均匀,动力消耗小,避免了刀轴的左右摆动。而且不会使秸秆有向一侧推移的趋势,使粉碎后的秸秆抛撒均匀<sup>[6]</sup>。

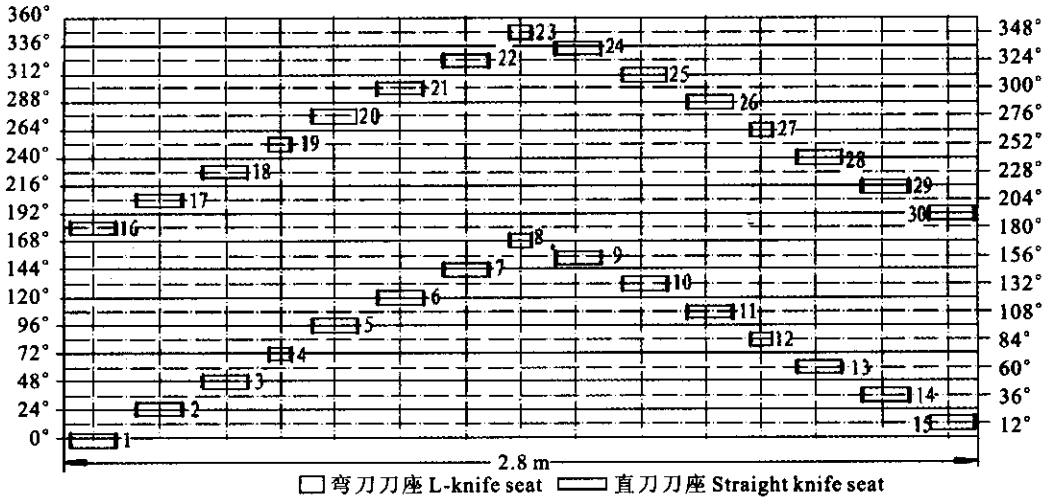


图3 刀座排列图

Fig. 3 The arrangement of knife seats

2.1.2 粉碎刀轴的受力分析 合理排列的刀座焊接到粉碎刀轴上已经满足动平衡的条件,将直刀和L型弯刀通过销子固接在刀座上,在小麦对行免耕播种机实际工作过程中,刀片在高速旋转刀轴的带动下产生离心力,并通过粉碎刀轴的支座传递给机具,能够引起机具的振动。因此高速旋转的刀片产生的离心合力矩是否为零或者达到最小,是机具能否消除振动和正常工作的关键<sup>[8]</sup>。下面对整个刀轴进行受力分析:

以刀轴左端轴承支点为坐标原点,以刀轴左起第一把刀的离心力方向为X轴正方向,刀轴轴线为Z轴,过坐标原点且垂直于XOZ平面的轴线为Y轴,建立空间直角坐标系。粉碎刀轴上的刀座、刀片及其销子的离心力构成空间力系,其受力分析如图4所示。

对整个粉碎刀轴进行受力分析,由粉碎刀轴的受力分析图可知第*i*刀和第(*i*+15)把刀为对称排列,则对X轴、Y轴的受力方程为<sup>[7]</sup>:

$$F_X = \sum_{i=1}^{15} |F_i - F_{i+15}| \times \sin[(i-1) \times 24^\circ]$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 15$$

$$F_Y = \sum_{i=1}^{15} |F_i - F_{i+15}| \times \cos[(i-1) \times 24^\circ]$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, 15$$

式中, $F_i$ 为粉碎刀轴上第*i*把刀所受的离心力; $F_X$ 、 $F_Y$ 分别为粉碎刀轴在高速旋转时刀片对X轴、Y轴的合离心力。

粉碎刀轴的各离心力对X轴、Y轴的合离心距方程为:

$$\sum M_X = \sum_{i=1}^{15} |F_i - F_{i+15}| \times [(i-1) \times S + n] \times \sin[(i-1) \times 24^\circ]$$

$$\sum M_Y = \sum_{i=1}^{15} |F_i - F_{i+15}| \times [(i-1) \times S + n] \times \cos[(i-1) \times 24^\circ]$$

式中, $\sum M_X$ 、 $\sum M_Y$ 为各离心力分别对X轴、Y轴的离心距; $S$ 为相邻两个刀座的轴向距离; $n$ 为最左端刀座距轴承支撑点的距离。

由上式可知:当对应两组的刀片及其附件的质量相等,即在高速旋转时两组刀片的离心力 $F_i = F_{i+15}$ 时,则粉碎刀轴的旋转轴通过质心,所以刀片对X轴、Y轴的合离心力 $F_X = 0$ 、 $F_Y = 0$ ,此时,中心轴也是粉碎刀轴的主惯性轴,即 $\sum M_X = 0$ 、 $\sum M_Y = 0$ ,所以则当取刀轴上支点为坐标原点时,合力矩也为0。因此满足上述达到平衡的条件,在理论上粉碎刀轴达到

平衡,不产生振动。

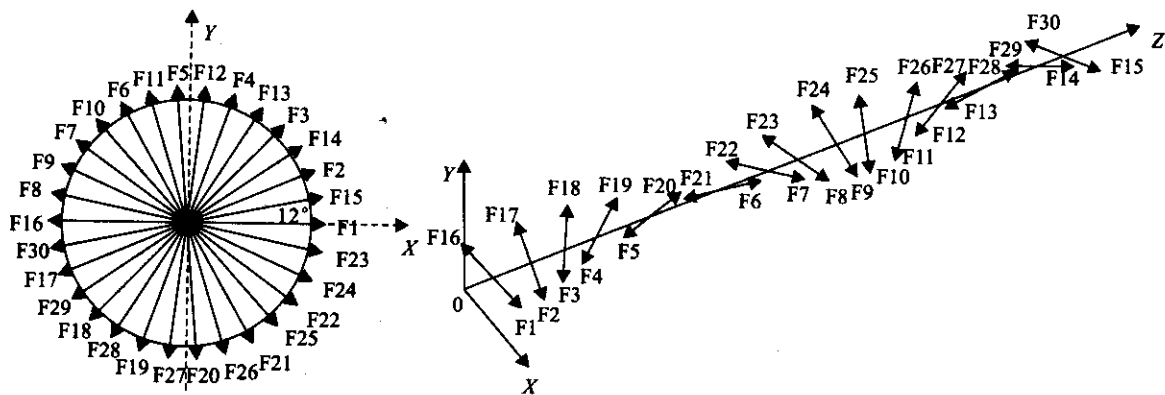


图4 粉碎刀轴受力分析简图

Fig. 4 Force analysis of the chopping axis

但在实际过程中,由于加工精度、加工误差以及安装误差的存在,  $F_i$  不可能等于  $F_{i+15}$ 。刀座焊接上后做了动平衡试验,达到了平衡的要求。销子为标准件,刀片为铸件,经过对每个刀片的测量称重后,测得任两组刀片平衡质量误差范围在5g以内。因此将刀片安装到刀座上以后,作为一个整体,整个粉碎刀轴的加工及安装误差在平衡所要求的范围内,即能使粉碎刀轴上的刀座、刀片以及销子等产生的离心力对轴承支承点的合力距为零或者达到最小,因此粉碎刀轴能满足平衡。

### 2.1.3 刀片的安装

刀片参数的选择:

直刀:长125 mm,宽40 mm,厚5 mm,刀刃厚度0.5~1 mm,质量185 g;

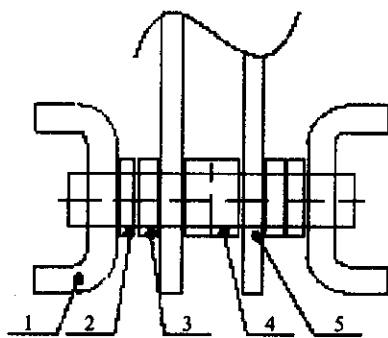
L型弯刀:长120 mm,宽40 mm,厚5 mm,刀刃厚度0.5~1 mm,质量180 g。

刀片由销子固接在粉碎刀轴的刀座上,共有12把L型弯刀,48把直刀。两刀片之间以及刀片与刀座之间用间隔套隔开(图5),间隔套有20 mm、25 mm、36 mm三种,其中两刀片之间为36 mm的间隔套。通过调整间隔套以及开沟器的相对位置,可以适用不同小麦行距要求。本机具设计了150 mm、175 mm和200 mm三种小麦行距。

### 2.2 种肥机构与镇压轮组的设计

2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机采用窄翼型铲式开沟器,其特点是开沟窄、节省动力。实行种、肥同沟正位施肥,为保证防堵刀片能同时将缠绕在肥管上的秸秆或杂草打碎<sup>[1]</sup>,本机设计将排肥管与开沟器焊接在一起且在下端在同一水平线上。排种管和排

肥管之间装有种肥距离调节板和播深调节板,以实现种肥间的调整和播深的调整。考虑到回土效果,种管下部分与肥管在在前后保持15~20 cm的距离;为防止烧苗,实行种肥分施,在垂直方向保持3~5 cm的距离。



1. 刀座 Knife seat;

2,3,4. 间隔套 Space cover; 5. 刀片 Knife

图5 刀片调整原理

Fig. 5 The theory of the knife adjustment

镇压轮是免耕播种机的一个重要部件,合适的镇压,可减少土壤中的大孔,减少水分蒸发,使土壤保墒,加强土壤毛细管作用,起到“调水”和“保墒”的作用<sup>[1]</sup>。2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机在工作过程中由于开沟器的回土效果差,而且在种肥沟内会出现大的土块,因此本设计选用有回土能力且镇压效果较好的双肋镇压轮。

为了调整方便,将原有机具的独立镇压轮改为镇压轮组,每3行小麦共用一个镇压轮组。在同一组中,

中间一个镇压轮固定,边上两个可以左右调节,调节范围是0~50 mm,这样可以适应150 mm、175 mm、200 mm 小麦的行距。作为一个整体后,可以简化镇压轮的结构,安装方便、排列整齐,而且又保证了镇压的效果。

### 3 播种性能试验与结果分析

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,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、播种后晾籽情况以及机具通过性等,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。分别对玉米整秆覆盖和玉米秸秆

青贮粉碎两种情况进行播种性能试验,主要测试播种质量与整机通过性能。

#### 3.1 玉米整秆覆盖下的播种性能试验

2004年9月22~24日,在北京市房山区良乡农场进行了田间播种试验,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,未进行处理;覆盖量 $4.74 \text{ kg/m}^2$ ;土壤质地为壤土;土壤重量含水率为14.98%(0~5 cm)、15.23%(5~10 cm);土壤坚实度 $222.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ ;秸秆含水率37.1%;播种量为 $187.5 \text{ kg/hm}^2$ 。

地轮滑移率测量的结果为:左轮6.554%;右轮7.747%,能够满足播种要求。

播后种子、肥料覆土深度测定见表1。

表1 玉米整秆覆盖下的种、肥覆土深度

Table 1 The depth of seed and fertilizer under whole corn stalk mulching

项目 Item	平均播深 Depth (cm)	合格率 Eligibility rate (%)	标准差 <i>Sd</i> (cm)	变异系数 <i>CV</i> (%)
种子 Seed	4.50	83.3	1.106	24.6
肥料 Fertilizer	8.71	86.7	1.307	15.0
种肥间距 Interval between seed and fertilizer	4.21	78.3	1.143	27.1

#### 3.2 玉米秸秆青贮粉碎后的播种性能试验

2004年10月10~15日,在北京市昌平区白善镇大辛峰村进行了田间播种试验,试验地为一年两熟旱地,前茬作物为青玉米。生长后期由玉米联合收割机收获青贮,部分进行粉碎,玉米平均留茬高度为33.45 cm,秸秆覆盖量 $3.76 \text{ kg/m}^2$ ;土壤质地为粘土;0~5

cm 土壤含水率为15.546%、5~10 cm 为15.059%;土壤坚实度 $439.3 \times 10^4 \text{ Pa}$ ;秸秆含水率51.69%。播种量 $300 \sim 337.5 \text{ kg/hm}^2$ ,施肥量 $375 \sim 450 \text{ kg/hm}^2$ 。

地轮滑移率测量的结果为:左轮4.992%;右轮6.568%,能够满足播种要求。

播后种子、肥料覆土深度测定见表2。

表2 玉米秸秆青贮粉碎下的种、肥覆土深度

Table 2 The depth of seed and fertilizer under partial corn stalk chopping

项目 Item	平均播深 Depth (cm)	合格率 Eligibility rate (%)	标准差 <i>Sd</i> (cm)	变异系数 <i>CV</i> (%)
种子 Seed	4.374	86	1.19	27.2
肥料 Fertilizer	8.57	83.3	1.36	15.9
种肥间距 Interval between seed and fertilizer	4.196	76.6	1.166	27.8

#### 3.3 试验结果分析

上面两个试验结果表明:

(1) 在玉米整秆覆盖下的播种,机具通过性能良好,对行播种作业200 m 没有发生堵塞;播种后秸秆粉碎效果好,粉碎后的秸秆覆盖率为82.52%。

(2) 在玉米整秆覆盖和青贮粉碎两种情况下的种子覆土深度在4~5 cm,肥料的覆土深度在8~9 cm,种肥深度相差3~5 cm。机具工作过程中,播种平

稳,播种机能够正常工作。播种质量完全满足免耕施肥播种的农艺要求。

(3) 从表1、表2中可以看出,种深的变异系数明显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,尤其是免耕地开沟后土块大小不均,影响回土量。

(4) 在玉米秸秆直立地及玉米联合收割机收割后留茬30~40 cm 的地上,无论玉米秸秆的干湿、高

低、粗细如何,本播种机都有良好的适应性能,粉碎后覆盖效果较好,机具的通过性能良好。

(5) 本播种机的开沟器形式为窄翼型铲式开沟器,能开出8~9cm深的种肥沟,在查苗过程中没有发现有晾籽情况。

## 4 结 论

2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机与国内外免耕播种机相比,性能优良,价格低,作业质量符合保护性耕作技术的要求。该机的设计首次提出了小麦对行播种的思路,创造了带状粉碎玉米秸秆、种肥分施的一年两熟保护性耕作新技术。粉碎播种后秸秆覆盖均匀,出苗率高,节水、保水效果好,增加了土壤保墒能力。秸秆粉碎、开沟、施肥、播种、覆土、镇压等联合作业减少了投入成本,降低了能耗,减少了作业工序,对一年两熟地区增产、增收、抢农时以及提高机械化作业水平效果比较明显。为一年两熟地区冬小麦免耕播种提供了强有力的技术支持,是我国北方一年两熟

地区冬小麦实施保护性耕作的关键配套机具。

## 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] 郑东旭,姜海勇,李兵,等. 玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机研究[J]. 河北农业大学学报,2003,26(增刊): 285—287.
- [3] 李兵. 小麦对行免耕播种机的研究[D]. 北京:中国农业大学, 2004. 8—16.
- [4] Lee K S, Park S H, Park W Y. Strip tillage characteristics of rotary tiller blades for use in a dryland direct rice seeder[J]. Soil and Tillage Research, 2003, 71(1). 25—32.
- [5] John E Morrison Jr. Strip tillage for “no-till” row crop production[J]. Applied Engineering in Agriculture. 2002, 18(3). 277—284.
- [6] 姬江涛,李庆军,蔡苇. 刀具布置对秸秆切碎还田机振动的影响[J]. 农机化研究,2003,10(4) P63—64.
- [7] 黄锡恺,郑文纬. 机械原理(第六版)[M]. 北京:高等教育出版社, 1989. 88—95.
- [8] 刘廷柱,陈文良,陈立群. 振动力学[M]. 北京:高等教育出版社, 1998. 121—135.

## Modification and experiment on 2BMD-12 Row-controlled No-till Wheat Drill


YAO Zong-lu, WANG Xiao-yan, LI Hong-wen, DI Ying-liang

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

**Abstract:** 2BMD-12 Row-controlled No-till Wheat Drill has been developed to plant wheat between rows of standing maize residue under double cropping condition. With the new idea of row-controlled no-till planting, the machine can accomplish multiple procedures, such as stubble chopping, furrow opening, seed sowing, fertilizer placement and pressing, in one pass. A powered rotary strip-chopping unit with straight and L-knives is placed to ensure that the aboveground section of the seeder tines is kept free from residue blockage which is a serious problem in no-till planting areas. The arrangement of the knives and the force on the knife axis is analyzed in the paper and the design of the chopping axis is improved to reduce vibration and power consumption. The field test results show that the technique of row-controlled wheat seeding under the standing maize stubble is feasible, and the machine is reasonably designed. The machine provides a good solution to the conservation tillage system and wheat no-till drilling in double cropping areas.

**Key words:** conservation tillage; double cropping; no-tillage drill; anti-blockage; row-controlled; winter wheat

# 2BMD-12型小麦对行免耕施肥播种机改进与试验研究

作者: [姚宗路](#), [王晓燕](#), [李洪文](#), [邸英良](#), [YAO Zong-lu](#), [WANG Xiao-yan](#), [LI Hong-wen](#),  
[DI Ying-liang](#)  
作者单位: [中国农业大学工学院, 北京, 100083](#)  
刊名: [干旱地区农业研究](#)   
英文刊名: [AGRICULTURAL RESEARCH IN THE ARID AREAS](#)  
年, 卷(期): 2005, 23(5)  
被引用次数: 15次

## 参考文献(8条)

1. [高焕文](#) 保护性耕作技术与机具 2004
2. [郑东旭](#); [姜海勇](#); [李兵](#) 玉米整秆覆盖下小麦免耕播种机研究[期刊论文]-[河北农业大学学报](#) 2003(ZK)
3. [李兵](#) 小麦对行免耕播种机的研究[学位论文] 2004
4. [Lee K S](#); [Park S H](#); [Park W Y](#) Strip tillage characteristics of rotary tiller blades for use in a dryland direct rice seeder[外文期刊] 2003(01)
5. [John E Morrison Jr](#) Strip tillage for "no-till" row crop production[外文期刊] 2002(03)
6. [姬江涛](#); [李庆军](#); [蔡苇](#) 刀具布置对茎秆切碎还田机振动的影响[期刊论文]-[农机化研究](#) 2003(04)
7. [黄锡恺](#); [郑文纬](#) 机械原理 1989
8. [刘延柱](#); [陈文良](#); [陈立群](#) 振动力学 1998

## 本文读者也读过(10条)

1. [王学农](#). [陈发](#). [王庆惠](#). [张佳喜](#). [蒋永新](#). [牛长河](#) 悬挂式棉秸秆还田及残膜搂集联合作业机的改进设计及试验研究[期刊论文]-[农业技术与装备](#)2009(4)
2. [王丽艳](#) 2BQM-2型免耕播种机改进与试验研究[学位论文]2005
3. [蒋金琳](#). [高焕文](#). [王军山](#) 切控处理播种带玉米根茬研究[期刊论文]-[农机化研究](#)2004(3)
4. [黄钢](#). [周鹏](#) 地膜播种机分种器的改进设计与试验[期刊论文]-[农业机械学报](#)2003, 34(4)
5. [李渤海](#). [吴新锋](#). [王吉桂](#). [张吉军](#) 2BS-1200型水稻育秧播种机的改进设计[期刊论文]-[农机化研究](#)2003(4)
6. [杨悦乾](#). [赵淑红](#). [赵艳忠](#). [纪文义](#). [李杞超](#). [杨秀章](#) 2BM-2免耕播种机的改进及试验研究[会议论文]-2007
7. [赵永满](#). [梅卫江](#). [Zhao Yongman](#). [Mei Weijiang](#) 垂直换向悬挂翻转五铧犁的虚拟设计[期刊论文]-[农机化研究](#) 2010, 32(4)
8. [荆毅](#). [Jing Yi](#) 2BCL-3型蚕豆播种机的研制与应用[期刊论文]-[机械研究与应用](#)2010, 23(6)
9. [郑炫](#). [秦朝民](#). [贾首星](#). [汤智辉](#). [周艳](#) 翻转双向超深耕犁的研发[期刊论文]-[安徽农业科学](#)2010, 38(19)
10. [蒋永新](#). [牛长河](#). [陈发](#). [王学农](#). [王庆惠](#). [Jiang Yongxin](#). [Niu Changhe](#). [Chen Fa](#). [Wang Xuenong](#). [Wang Qinghui](#) 11B-240水平摆式双铧犁的研制[期刊论文]-[农机化研究](#)2009, 31(1)

## 引证文献(15条)

1. [何卿](#). [高焕文](#). [李洪文](#). [王晓燕](#) 机械式拖拉机导向探测装置[期刊论文]-[机械工程学报](#) 2007(8)
2. [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)
3. [陈恩明](#). [赫慧云](#). [魏作见](#). [马根众](#) 小麦玉米两用免耕播种机研究与设计[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(3)
4. [马月虹](#). [王庆惠](#). [伊明](#). [冯斌](#). [刘跃](#) 小麦铺膜穴播机性能试验研究[期刊论文]-[农机化研究](#) 2009(7)
5. [张喜瑞](#). [李洪文](#). [仪坤秀](#). [何进](#) 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(7)
6. [马洪亮](#). [高焕文](#). [李洪文](#). [魏淑艳](#) 驱动圆盘刀切断玉米秸秆和根茬的土槽试验[期刊论文]-[农业机械学报](#)

2007(5)

7. [贾娜](#), [东梅](#), [李瑾](#), [魏涛](#) [我国农产品可追溯体系的现状及问题分析](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2014(2)
8. [赵金英](#), [李伟明](#), [李建东](#), [杨然兵](#), [赵明](#), [郝才林](#) [2BMQJ6型气吸式玉米免耕播种机的研制](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(7)
9. [许剑平](#), [徐涛](#), [毛俐](#) [1DF-7760型复式少耕整地机的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2011(4)
10. [张喜瑞](#), [李洪文](#), [仪坤秀](#), [何进](#) [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(7)
11. [李海建](#), [李洪文](#), [李问盈](#), [姚宗路](#) [分体式小麦免耕播种机的设计](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2007(11)
12. [张宁](#) [基于关联数据的农业信息空间数据组织研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2012(4)
13. [马洪亮](#), [高焕文](#), [魏淑艳](#) [斜置驱动缺口圆盘刀功耗模型的试验研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2007(6)
14. [张勇](#), [安世才](#), [王赞](#), [刘鹏霞](#) [1MLQS-40/70起垄全铺膜联合作业机的改进设计](#)[期刊论文]-[中国农机化](#) 2011(4)
15. [马洪亮](#), [魏淑艳](#) [一年两熟地区玉米秸秆根茬处理和小麦免耕作业方式的分析](#)[期刊论文]-[中国农机化](#) 2012(1)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ghdqnyyj200505009.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_ghdqnyyj200505009.aspx)