

免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验

王庆杰, 何进, 李洪文^{*}, 卢彩云, Rabi G. Rasaily, 苏艳波

(中国农业大学工学院 北京 100083)

摘要: 为了解决华北一年两熟区玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦存在的秸秆覆盖量大,开沟困难, 机具堵塞、功耗大等问题, 该文设计了一种伸缩拨杆式开沟防堵单元体。通过正交试验和结构分析相结合的方式, 确定了开沟防堵单元体的主要参数, 并在玉米秸秆覆盖地进行了田间试验。试验结果表明, 伸缩拨杆式开沟防堵单元体开沟能力强, 防堵效果好, 能够创造良好的种床, 改善作业质量; 与带状旋耕式开沟防堵装置相比, 表层土壤扰动量减少了 21.5%; 在开沟深度 10 cm 左右时, 单位面积油耗量降低了 23.65%, 能够减少拖拉机动力消耗。该研究对免耕播种机的推广应用具有重要意义。

关键词: 农业机械, 试验, 伸缩, 播种机, 免耕, 拨杆, 开沟, 防堵

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.01.006

中图分类号: S223.2⁺2; S.776.24⁺3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-01-0027-05

王庆杰, 何进, 李洪文, 等. 免耕播种机开沟防堵单元体设计与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 27-31.

Wang Qingjie, He Jin, Li Hongwen, et al. Design and experiment on furrowing and anti-blocking unit for no-till planter[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 27-31. (in Chinese with English abstract)

0 引言

中国华北一年两熟区玉米秸秆覆盖地免耕播种小麦难度大, 玉米秸秆易缠绕施肥开沟器铲柄发生壅堵, 导致开沟效果差, 动力消耗大^[1-3]。因此, 解决施肥开沟器铲柄堵塞问题是设计小麦免耕播种机的关键^[4-6]。

目前, 在华北一年两熟区应用的小麦免耕播种机主要有 2 种开沟防堵形式: 一种是被动式, 以美国 John Deere 公司生产的 1560 和 1590 型小麦免耕播种机为代表^[7], 该类机具的开沟防堵装置依靠机具自身质量, 利用圆盘刀锋利刃口滚动切断秸秆、切开土壤开沟, 防堵能力强, 但当地表秸秆覆盖量较大时, 秸秆不能被切断而被压入土壤, 导致开沟器入土困难, 出现晾籽, 影响播种质量; 另一种是主动式, 如河北农哈哈农机厂生产的 2BMFS-10 (5) 型带状旋耕式小麦免耕播种机, 该类机具的开沟防堵装置是利用高速旋转的旋耕刀对播种条带进行旋耕, 特点是开沟能力强, 防堵效果好, 但存在土壤扰动量大, 功耗高, 机具震动强烈, 作业环境恶劣等问题^[8-10]。

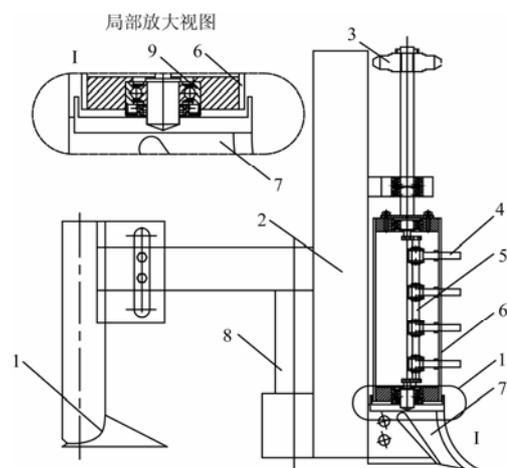
针对中国华北一年两熟区小麦免耕播种时秸秆覆盖量大的特点, 结合主动式开沟防堵装置防堵能力强及被动式开沟防堵装置土壤扰动量和功率消耗小的优点, 设计了伸缩拨杆式开沟防堵单元体, 并将其安装在小麦免耕播种机机架上与带状旋耕式小麦免耕播种机的防堵、

开沟、功耗等性能进行了对比试验, 以期免耕播种机的推广应用提供技术支持。

1 结构与工作原理

伸缩拨杆式防堵装置主要由偏心轴、拨杆、转筒、轴承等组成。该装置与刀型开沟器共同构成伸缩拨杆式开沟防堵单元体, 如图 1 所示。其中伸缩拨杆式防堵装置和刀型开沟器是整个单元体的核心部件。

伸缩拨杆式防堵装置的拨杆 4 穿过转筒 6 的外壁, 与偏心轴 5 之间铰连接, 而偏心轴 5 通过轴承安装在转筒 6 上, 其下端通过螺栓固结在开沟器 7 的上端。转筒 6 旋转时通过壁孔驱动拨杆 4 绕偏心轴 5 旋转, 由于拨杆 4 与转筒 6 的回转中心不同。因此, 拨杆 4 可相对于转筒 6 的外壁做伸缩运动。



1. 播种开沟器 2. 铲柄 3. 链轮 4. 拨杆 5. 偏心轴 6. 转筒 7. 开沟器 8. 施肥管 9. 轴承

图 1 带有伸缩式拨杆防堵装置开沟施肥单元体结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of furrowing and fertilizing unit with telescoping lever anti-blocking device

收稿日期: 2011-05-06 修订日期: 2011-11-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51175499); “十二五” 国家科技支撑计划课题(2011BAD20B08)。

作者简介: 王庆杰 (1979-), 男, 博士, 讲师。研究方向为保护性耕作技术与机具。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: wangqignjie@cau.edu.cn

*通信作者: 李洪文 (1968-), 男, 江苏人, 教授, 博士生导师, 主要从事农业机械化研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: lhwen@cau.edu.cn

在小麦免耕播种时, 拖拉机动力经播种机变速箱、链条、链轮驱动转筒转动, 拨杆在转筒壁孔的驱动下绕偏心轴旋转, 同时相对于转筒壁做伸缩运动。当转筒壁孔朝向机具前进方向时, 拨杆伸出筒壁并搂集前方的秸秆、残茬, 同时携带残茬等转动, 当壁孔转向侧面时, 拨杆开始慢慢缩回壁孔, 释放搂集物, 将秸秆、残茬等清理到行间, 当壁孔朝向机具正后方时, 拨杆外端基本缩进转筒内, 将搂集物完全脱卸。刀刃型开沟器在秸秆覆盖地开沟时, 其锋利刃口可破开种带内的根茬, 并导向残茬滑向伸缩拨杆式防堵装置, 被伸出滚筒的拨杆搂集转移到行间, 形成清洁的播种带。刀刃型开沟器完成破茬开沟施肥后, 播种开沟器在肥沟上 2 次开沟播种, 实现种肥同沟垂直分施。

2 设计

伸缩拨杆式开沟防堵单元体的关键部件是伸缩拨杆式防堵装置和刀刃型开沟器。

2.1 伸缩拨杆式防堵装置结构参数

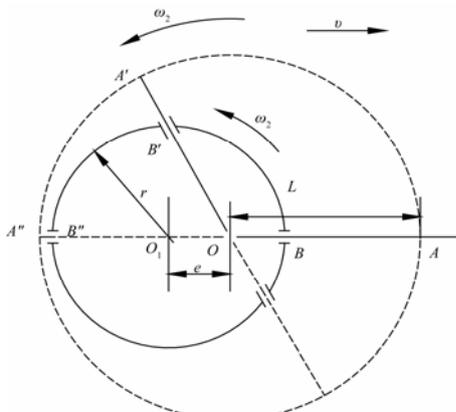
为保证开沟质量, 防止发生堵塞, 伸缩拨杆式防堵装置安装在施肥开沟器铲柄的正前方(刀刃型开沟器的正上方)。其中伸缩拨杆防堵装置的上下相邻 2 个拨杆间距为 40 mm, 共 4 组。为了增大相邻部件空间, 保证秸秆流动性, 参照农业机械设计手册^[11]与保护性耕作技术与机具^[12], 设计转筒外径为 60 mm, 内径为 55 mm, 转筒转动过程中, 拨杆在筒体外最小伸出量为 2 mm, 拨杆最长伸出量 30 mm。

伸缩拨杆式防堵装置主要由偏心轴、转筒、拨杆等部件组成, 确定其结构、转筒转速 X_2 等参数是设计伸缩拨杆式防堵装置的关键。

如图 2 所示, 参照薄膜回收机捡拾器的设计理念^[13-14], 可知伸缩拨杆防堵装置结构参数应满足下列公式

$$\begin{cases} L = r + e + 2 \\ L = r - e + 30 \end{cases} \quad (1)$$

式中, L 为拨杆长度, mm; r 为转筒半径, mm; e 为偏心距, mm。



注: v 为机具前进速度; r 为转筒半径; L 为拨杆长度; O_1 为回转中心; O 为偏心轴中心; $OO_1=e$ 为偏心距; ω_1 为转筒角速度; ω_2 为拨杆角速度; A 、 A' 、 A'' 分别为拨杆外端点; B 、 B' 、 B'' 分别为滚筒壁孔。

图 2 伸缩式拨杆运动分析示意图

Fig.2 Schematic diagram of motion analysis for telescoping lever

将 $r=30$ mm 代入公式(1), 求得拨杆长度 $L=46$ mm, 偏心距 $e=14$ mm。

转筒转速 X_2 , r/min, 对防堵装置的防堵效率和性能影响很大。转速过高, 将造成拨杆对秸秆根茬的过度打击, 增加无用功耗。转速过低, 秸秆根茬清除效果不好, 且会限制机具的前进速度, 影响机具的工作效率。因此, 需要确定合适的转筒转速。

影响防堵装置功耗及防堵能力的因素主要有机具前进速度 X_1 、转筒转速 (X_2)、作物行距 (X_3)、入土深度、土壤条件以及秸秆特性等。在开沟深度、宽度一定, 秸秆覆盖量相同的情况下, 防堵装置的秸秆清除率 η 可以用秸秆通过量来反映^[15], 即

$$\eta = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中, σ_1 为作业停止时, 机具(整体播种机)垂直投影范围内的秸秆覆盖量; σ_2 为作业开始时, 机具(整体播种机)垂直投影范围内的秸秆覆盖量。

为了确定转筒转速, 以功耗 P 、秸秆清除 η 为考核指标, 选取机具前进速度、转筒转速、作物行距 3 个因素, 每个因素有 3 个水平, 设置正交试验。因素水平表见表 1, 试验结果见表 2, 方差分析结果见表 3 和表 4。

表 1 试验因素水平表

Table 1 Factors and levels of test

水平	试验因素		
	机具前进速度 X_1 /(km·h ⁻¹)	转筒转速 X_2 /(r·min ⁻¹)	作物行距 X_3 /cm
1	3	150	18
2	4	190	20
3	5	230	22

表 2 试验结果

Table 2 Experimental data

试验号	X_1	X_2	X_3	功耗/kW	秸秆清除率/%
1	1	1	1	8.89	59.7
2	1	2	2	8.76	96.3
3	1	3	3	8.67	97.8
4	2	1	2	9.12	54.3
5	2	2	3	9.29	98.6
6	2	3	1	9.55	89.7
7	3	1	3	8.75	80.1
8	3	2	1	9.42	90.3
9	3	3	2	9.36	95.7

注: X_1 为机具前进速度; X_2 为转筒转速; X_3 为作物行距。

表 3 功率方差分析结果

Table 3 Analysis result for variance

方差来源	离均差平方和	自由度	均方差	F	p
X_1	0.482	2	0.241	11.992	0.077
X_2	0.132	2	0.066	3.285	0.233
X_3	0.221	2	0.110	5.494	0.154
误差	0.040	2	0.020		

注: X_1 为机具前进速度; X_2 为转筒转速; X_3 为作物行距。决定系数=0.954 (判定系数=0.816)。

表 4 秸秆清除率方差分析结果
Table 4 Variance analysis result of straw clearing rate

方差来源	离均差平方和	自由度	均方差	F	p
X ₁	92.109	2	46.054	0.984	0.504
X ₂	1804.669	2	902.334	19.275	0.049
X ₃	256.649	2	128.324	2.741	0.267
误差	93.629	2	46.814		

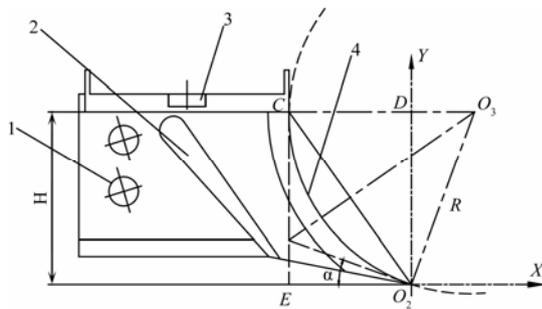
注：X₁为机具前进速度；X₂为转筒转速；X₃为作物行距。决定系数=0.958（判定系数=0.833）。

从表 3 方差分析结果可以看出，机具前进速度 X₁、转筒转速 X₂ 和作物行距 X₃ 对功率的影响并不显著 (p>0.05)；从表 4 方差分析结果可以看出，机具前进速度 X₂ 对秸秆清除率存在显著性影响 (p<0.05)，而机具前进速度 X₁ 和作物行距 X₃ 对秸秆清除率的影响并不显著 (p>0.05)。通过 3 因素 X₁、X₂、X₃ 对 2 指标功率和秸秆清除率影响的综合分析，转筒转速 X₂ 对秸秆清除率影响显著，其它影响均不显著；根据表 2 试验结果，选取转筒转速为 190 r/min。

2.2 刀刃型开沟器设计

刀刃型开沟器的结构如图 3 所示，由连接螺栓 1、侧翼 2、转筒底座 3 和前刀刃 4 组成。转筒底座焊接在开沟器正上方，防堵装置能够方便更换。

入土隙角的存在有利于开沟器入土，入土隙角过小，入土性能差，增加摩擦阻力，加速开沟器底部的磨损；入土隙角过大，易造成土壤提前回落，并且容易使沟底不平，一般取入土隙角为 5°~10°，在此设计入土隙角 γ=7°。



注：α为入土角；H为入土高度；R为曲线半径；O₁为曲线圆心；O₂为开沟器尖点；C为前刀刃曲线上端点；D为点O₂到O₁C的垂线交点；E为点C到O₂X的垂线交点。

1. 连接螺栓 2. 侧翼 3. 滚筒底座 4. 前刀刃

图 3 前刀曲线 O₂C 结构示意图

Fig.3 Schematic diagram for curve of face edge

开沟器侧翼的作用是疏松种床，利于种子发芽，侧翼过大易翻转土壤，增加土壤扰动量，增加开沟阻力，过小种床疏松能力差。该开沟器侧翼参照楔刀型免耕开沟器侧翼进行设计^[16]。

开沟器前刀刃具有锋利的刃口，能够破茬开沟，减少土壤扰动，降低开沟器阻力。研究表明，刀刃厚度越小，刀刃越锋利，开沟阻力越小。为提高伸缩拨杆开沟防堵单元体防堵能力，保证秸秆根茬等能够顺利滑向防

堵装置，开沟器前刀刃参照旋耕刀正切刃曲线设计，采用一段圆弧作为前刀刃口曲线^[8]。设计开沟器入土角 α=20°，入土高度 H=100 mm，刃口曲线最上点与垂直线相切，以保证秸秆残茬等顺利滑向伸缩拨杆式防堵装置，提高伸缩拨杆式开沟防堵单元体防堵能力。

以曲线 O₂C 的最下点 O₂ 为坐标原点建立坐标系 XO₂Y，则圆弧端点的坐标分别为：O₂(0, 0)，C 点位(-O₂E, H)，圆心 O₁ 坐标为 (a, b)，设圆的半径为 R，因此，假设曲线所在的圆方程为

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = R^2 \quad (3)$$

在 ΔDO₂O₃ 中，

$$\begin{cases} \cos \alpha = \frac{O_2D}{R} = \frac{H}{R} \\ \sin \alpha = \frac{R-O_2E}{R} \end{cases} \quad (4)$$

将 H=100 mm；α=20°；带入公式 (4)，得，R=106.5 mm，O₂E=70 mm。

将 O₂ 点 (0, 0)，C 点 (-70, 100) 以及 R=106.5 带入公式 (3)，得，a=36.5；b=100，因此，刀刃型开沟器的刃口曲线应满足 (x-36.5)² + (y-100)² = 11342.25 方程。

3 田间试验及结果分析

3.1 试验条件

伸缩拨杆式开沟防堵单元体设计完成后，安装在具有变速箱的小麦免耕播种机机架上，进行了田间试验，机具前进速度为 4.0 km/h，开沟器开沟深度为 100 mm，并与小麦免耕播种机常用的带状旋耕式开沟防堵装置进行对比。

田间试验在河北省邢台市一年两熟试验地进行，前茬作物为玉米，行距为 520 mm，收获后秸秆粉碎还田，秸秆覆盖量为 2.38 kg/m²，0~10 cm 土层的土壤含水率为 12.1%。

3.2 试验内容与方法

1) 通过性

根据农业部农机鉴定总站免耕播种机性能检测要求，以 60 m 作业距离内发生堵塞的程度进行分类，如果出现秸秆堵塞、不停机无法继续作业为严重堵塞；如果秸秆堵塞、不需停机清堵为一般堵塞；如果发生秸秆堵塞、但能从开沟器间自动流过则为轻度堵塞^[17-18]。

2) 土壤扰动量

保护性耕作要求免耕播种时土壤扰动小，即要减少开沟动土量，达到保墒保水的目的，同时减少拖拉机的动力消耗。土壤扰动量可以由公式 (5) 求得^[9]。

$$\kappa = \frac{D}{S} \quad (5)$$

式中，κ 为土壤扰动量；D 为实际的开沟宽度，mm；S 为播种行距，mm。

3) 动力消耗

在田间测试中，使用 CTM-2003B 农机综合测试仪分别对伸缩拨杆式开沟防堵单元体机和带状旋耕式

开沟防堵装置进行田间油耗测试。该综合测试仪能够在机具作业的同时测试机具的作业速度、时间、测试距离、油耗等。

单位面积油耗计算公式如下^[19-20]

$$P = \frac{P_t}{vD_w} \times 10 \quad (6)$$

式中, P 为单位面积油耗, L/hm^2 ; P_t 为小时油耗, L/h ; v 为机组前进速度, km/h ; D_w 为播种机工作幅宽, m 。

3.3 试验对比结果与分析

3.3.1 通过性

防堵能力对比试验结果如表 5 所示, 试验共有 6 次重复。由于伸缩拨杆式开沟防堵单元体能够在开沟的同时将秸秆拨到行间, 防止秸秆堆积, 因此, 仅发生了 1 次轻度堵塞; 带状旋耕式开沟防堵装置依靠高速旋转的旋耕刀旋耕播种带进行破茬开沟防堵, 未被彻底切断的秸秆会被后方的开沟器挑起, 并壅堵在前方, 在试验中共发生了 2 次轻度堵塞, 1 次严重堵塞。

表 5 通过性能对比试验
Table 5 Comparison test of passing capacity

项目	无堵塞/次	轻度堵塞/次	严重堵塞/次
伸缩拨杆式	5	1	0
条带旋耕式	3	2	1

注: 机具前进速度为 4 km/h; 开沟深度为 100 mm。

3.3.2 沟型尺寸与土壤扰动量

2 种开沟防堵装置的沟型尺寸测定结果见表 6。由表 6 可看出, 二者的开沟深度均能满足种肥分施要求, 其中带状旋耕式开沟尺寸略大于伸缩拨杆式, 为 105 mm。从翻土情况来看, 带状旋耕式开沟防堵装置翻土现象明显, 翻土高度达到 50 mm。而伸缩拨杆式开沟防堵单元体仅为 35 mm, 有利于降低动力消耗, 减少土壤水分损失^[12]。

表 6 2 种开沟防堵装置沟型的测定结果

Table 6 Test result of furrow shapes for two furrowing and anti-blocking devices

项目	施肥开沟深度/cm	机组前进速度/(km·h ⁻¹)	翻土高度/mm	理论开沟宽度/mm	实际开沟宽度/mm	土壤扰动/%
伸缩拨杆式	100	4.0	35	60	82	45.7
带状旋耕式	105	4.0	50	100	130	65.2

注: 机具前进速度为 4 km/h; 开沟深度为 100 mm。

伸缩拨杆式和带状旋耕式开沟防堵装置的理论开沟宽度分别为 60 和 100 mm, 但在试验过程中发现, 二者的实际平均开沟宽度均要高于理论开沟宽度, 分别为 82 和 125 mm, 土壤扰动量分别为 45.7%和 62.5%。

3.3.3 动力消耗

2 种开沟防堵装置的油耗测试结果如表 7 所示, 伸缩拨杆式和带状旋耕式开沟防堵装置的油耗分别为 10.85 和 14.21 L/hm^2 , 单位面积油耗降低了约 23.65%。这说明伸缩拨杆式开沟防堵单元体能够有效减少土壤扰动强度, 减少开沟阻力, 从而降低了机具单位面积的油耗。

表 7 2 种开沟防堵装置的油耗对比

Table 7 Comparison of consumption for two furrowing and anti-blocking unit

机具类型	机具前进速度 $v/(km·h^{-1})$	单位面积油耗 $P/(L·hm^{-2})$
伸缩拨杆式	4	10.85
带状旋耕式	4	14.21

注: 机具前进速度为 4 km/h; 开沟深度为 100 mm。

4 结论

1) 根据中国华北一年两熟区玉米地免耕播种的作业要求设计了伸缩拨杆式开沟防堵单元体。试验表明, 该单元体开出的沟槽能够满足免耕播种的要求, 开沟深度、开沟宽度以及翻土高度都能够达到保护性耕作技术条件, 表层土壤扰动小, 能够在免耕条件下创造良好的种床。

2) 伸缩拨杆式开沟防堵单元体利用伸缩拨杆搂集开沟器前方的秸秆, 将搂集的秸秆释放到行间, 在开沟同时防堵能力强, 刀刃型开沟器锋利的圆弧形刃口在切开根茬的同时导向秸秆流向伸缩拨杆式防堵装置完成防堵, 且动土量小, 功耗低, 与带状旋耕式小麦免耕播种机相比, 土壤扰动量减少约 21.5%, 油耗降低 23.65%。

[参考文献]

- [1] 姚宗路, 高焕文, 李洪文, 等. 一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 57-61.
Yao Zonglu, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experiment on no-till wheat planter under the bestrow of the maize stubble in double cropping area[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8): 57-61. (in Chinese with English abstract)
- [2] He Jin, Li Hongwen, Wang Xiaoyan, et al. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 94(2): 493-502.
- [3] 刘立晶, 高焕文, 李洪文. 玉米-小麦一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 70-73.
Liu Lijing, Gao Huanwen, Li Hongwen. Conservation tillage for corn-wheat two crops a year region[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3): 70-73. (in Chinese with English abstract)
- [4] 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.
Liao Qingxi, Gao Huanwen, Shu Caixia. Present situations and prospects of anti-blocking technology of no-tillage planter[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(1): 108-112. (in Chinese with English abstract)
- [5] 张喜瑞, 何进, 李洪文, 等. 免耕播种机驱动圆盘防堵单元体的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(9): 117-121.
Zhang Xirui, He Jin, Li Hongwen, et al. Design and experiment on the driving disc of anti-blocking unit for no-tillage planter[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(9): 117-121. (in Chinese with English abstract)
- [6] 赵小蓉, 赵燮京, 陈先藻. 保护性耕作对土壤水分和小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 6-10.

- Zhao Xiaorong, Zha Xiejing, Chen Xianzao. Effects of conservation tillage on soil moisture and wheat yield[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(1): 6—10, 590. (in Chinese with English abstract)
- [7] 高焕文, 李洪文, 姚宗路. 我国轻型免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2008, 39(4): 78—82.
- Gao Huanwen, Li Hongwen, Yao Zonglu. Study on the Chinese light no-till seeders[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(4): 78—82. (in Chinese with English abstract)
- [8] 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: 7—9.
- Ma Hongliang. Study on the Cutting Corn Stalk and Rootstalk Device of No2tillage Drill[D]. Beijing: China Agricultural University, 2006: 7—9. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王庆杰, 李洪文, 何进, 等. 大垄宽窄行免耕种植对土壤水分和玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 39—43.
- Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jin, et al. Effects of wide-ridge and narrow-row no-till cultivation on soil water and maize yield[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(8): 39—43. (in Chinese with English abstract)
- [10] 姚宗路, 高焕文, 李洪文, 等. 一年两熟区玉米覆盖地小麦免耕播种机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(8): 57—61.
- Yao Zonglu, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experiment on no-till wheat planter under the bestrow of the maize stubble in double cropping area[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(8): 57—61. (in Chinese with English abstract)
- [11] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(下册)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007: 970—971.
- [12] 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.
- [13] 农业部农业机械化管理局. 中国保护性耕作[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 3—5.
- [14] 宋建农. 农业机械与设备[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 424—425.
- [15] 赵海军, 史建新, 陈发, 等. 两种捡膜齿滚筒结构对工作性能影响的对比分析[J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2005, 26(1): 64—67.
- Zhao Haijun, Shi Jianxin, Chen Fa, et al. Comparative analysis of working capacity effect on structure of two kinds of platen for collecting plastic film residue[J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science, 2005, 26(1): 64—67. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王庆杰, 姚宗路, 高焕文, 等. 楔刀型免耕开沟器设计与试验[J]. 机械工程学报, 2008, 44(9): 177—182.
- Wang Qingjie, Yao Zonglu, Gao Huanwen, et al. Design and experiment on a wedge shaped no-tillage opener[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2008, 44(9): 177—182. (in Chinese with English abstract)
- [17] Sidhu H S, Singh M, Humphreys E, et al. The happy seeder enables direct drilling of wheat into rice stubble[J]. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2007, 47(7): 844—854.
- [18] 罗红旗, 高焕文, 刘安东, 等. 玉米垄作免耕播种机研究[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 45—63.
- Luo Hongqi, Gao Huanwen, Liu Andong, et al. Study on ridge-till and no-till corn planter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4): 45—63. (in Chinese with English abstract)
- [19] 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.
- Liao Qingxi, Gao Huanwen, Shu Caixia. Present situations and prospects of anti-blocking technology of no-tillage planter[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(1): 108—112. (in Chinese with English abstract)
- [20] Zhang X R, Li H W, He J, et al. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China[J]. Australian Journal of Soil Research, 2009, 47(4): 362—371.

Design and experiment on furrowing and anti-blocking unit for no-till planter

Wang Qingjie, He Jin, Li Hongwen^{*}, Lu Caiyun, Rabi G.Rasaily, Su Yanbo
(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve the problems of residue blocking and difficulty to open the furrow of no-till wheat planter in heavy corn residue cover fields in annual double cropping areas of the North China, a telescopic lever furrowing and anti-blocking unit was designed for no-till planter. Its key parameters were determined based on a band between orthogonal test and the structure analysis, and a telescopic lever furrowing and anti-blocking unit was used to conduct the field experiment. The field experiment showed that the telescopic lever furrowing and anti-blocking unit could solve the problem of straw blocking effectively and improve the seeding quality. Compared with the strip rotary-tilling anti-blocking unit, the telescopic lever furrowing and anti-blocking unit could reduce topsoil disturbance quantity by 21.5%; fuel consumption per unit area was reduced by 23.65% when the depth of furrow opening was 10cm, which could reduce power consumption of tractor. Above all, the telescopic lever furrowing and anti-blocking unit has important value in extending no-tillage planter.

Key words: agricultural machinery, experiments, expansion, planter, no-till, shifter lever, furrow, anti-blocking