

螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验

王庆杰, 李洪文*, 何进, 卢彩云, 苏艳波

(中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 针对现有玉米垄作免耕播种机存在的堵塞, 功耗大, 播种后种带存有大量秸秆影响播种质量等问题, 研究设计了一种与玉米垄作免耕播种机配套使用的螺旋刀型垄台清理装置。在玉米秸秆覆盖垄作地试验结果表明, 该装置的土壤扰动量约为 18.3%~26%, 秸秆覆盖率降低了 35%~53%, 能够满足免耕播种要求, 有利于提高播种质量。相比条带旋耕式垄台清理装置, 免耕播种机单位面积耗油量降低了 13.8%, 能够减少拖拉机的动力消耗。因此螺旋刀型垄台清理装置不仅解决了条带旋耕式垄台清理装置动力消耗大的问题, 而且能够创造清洁的种床, 对垄作保护性耕作技术的推广具有重要意义。

关键词: 农业机械, 设计, 机械试验, 种床, 免耕播种机, 垄台清理

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.06.019

中图分类号: S223.2*6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-06-0109-05

王庆杰, 李洪文, 何进, 等. 螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 109-113.

Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jin, et al. Design and experiment on twist type ridge-clear device[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6): 109-113. (in Chinese with English abstract)

0 引言

垄作保护性耕作技术是将保护性耕作技术和中国传统垄作技术相结合的一项新型农业技术。国内外的大量研究表明, 垄作保护性耕作具有改善土壤结构, 提高土壤蓄水量, 减少作业环节, 降低生产成本, 减少油耗, 提高产量等优势, 有利于东北农业可持续发展^[1-4]。种床是种子萌发、扎根、出苗的土壤环境, 也是幼苗和植株生长的场所。免耕播种时由于地表存在大量秸秆, 播种时易出现部分种子播在秸秆上, 发生晾籽的现象, 或者播种后大量秸秆覆盖播种带, 影响出苗, 因此需要有清洁的种床^[5-6]。

垄台清理装置安装于开沟器正前方, 其主要作用是清除垄台上的覆盖物及根茬, 防止开沟器发生堵塞, 创造良好的播种条件, 确保播种质量。国外垄作免耕播种机所采用的垄台清理装置主要有水平圆盘、双圆盘、缺口双圆盘、箭铲式等几种^[7-9]。这几种垄台清理装置主要与大型玉米垄作免耕播种机配套, 存在动土量大, 垄台破坏严重等问题^[10]。目前中国玉米垄作免耕播种机最常用的垄台清理装置是条带旋耕式, 这种方式的优点是防

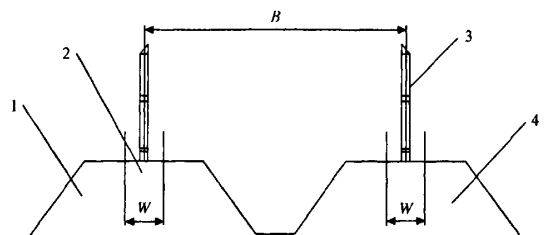
堵能力强, 缺点是动力消耗大, 且不能够创造清洁的种床。

针对以上问题, 本文设计了一种驱动螺旋刀型垄台清理装置, 并安装在玉米垄作免耕播种机上进行了田间试验。

1 螺旋刀型垄台清理装置的设计

1.1 工作原理

针对东北地区保护性耕作实施过程中存在的问题及种植特点, 设计一种垄台清理装置, 对垄台实行种带清理。根据实测, 当地作物行距一般为 590~620 mm, 单行玉米根茬横向变动幅度一般在 100 mm 以内, 因此设计播种机的单垄种带清理幅宽为 $W=100$ mm。确保种带秸秆清理效果, 为开沟、覆土等后续工序提供条件(图1)。



1. 垄台 2. 垄台中心 3. 根茬 4. 垄台 W——螺旋刀清理带 B——垄距

图1 螺旋刀与垄台作业位置关系

Fig.1 Position relationship between twist blade and ridge

螺旋刀型垄台清理装置主要由刀轴以及焊接在刀轴上的螺旋刀组成(图2)。作业时, 垄台清理装置安装在施肥开沟器的正前方, 由拖拉机后输出轴提供动力, 经

收稿时间: 2009-11-10 修订时间: 2010-01-06

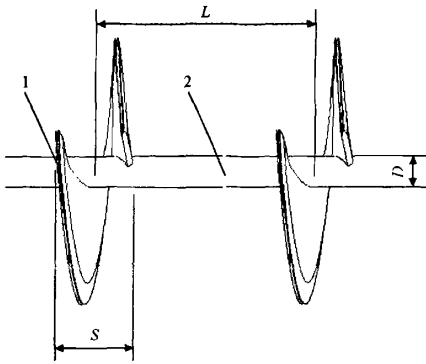
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAD28B04); 中国农业大学可研启动基金资助项目(2009JS17)

作者简介: 王庆杰(1979-), 男, 山东烟台人, 博士, 主要从事机械化保护性耕作研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: wangqingjie@cau.edu.cn

※通信作者: 李洪文(1968-), 男, 江苏人, 教授, 博士生导师, 中国农业工程学会会员(E041200280S), 主要从事保护性耕作方面研究。北京 中国农业大学工学院, 100083。Email: lhwen@cau.edu.cn

变速箱、传动系统传递给螺旋刀轴，从而带动螺旋刀旋转。螺旋刀利用自身锋利刃口以及螺旋刀刃口的滑切作用将垄台上的秸秆和根茬切断，然后利用其螺旋结构将切断的秸秆和根茬输送到垄沟内。根据当地农艺特点及玉米根茬横向变动幅度确定螺旋刀节距 S 为 100 mm，作业行距为 600 mm，作业后，垄台上清理出约 100 mm 宽的种带，保证后方开沟器顺利通过，减少播种后种带内秸秆覆盖量，有利于作物顺利出苗。



1.螺旋刀 2.螺旋刀轴 L —作业行距 D —刀轴直径 S —螺旋刀节距

图2 螺旋型垄台清理装置

Fig.2 Twist type ridge-clear device

1.2 螺旋刀结构及转速设计

1.2.1 螺旋刀结构设计

螺旋刀表面由垂直于刀轴的元线绕轴做等速移动而形成(图3)。由于螺旋刀同一元线上各点半径不同，故各点螺旋角也不同，外径螺旋角 α_r 最小，内径处螺旋角 α_t 最大。为了使垄台内秸秆顺利清理到垄沟内，螺旋刀内径处螺旋角 α_t 和螺旋刀平均半径处螺旋角 α_g 应满足如下条件：

$$\begin{cases} \alpha_t \leq 90^\circ - \beta \\ \alpha_g \approx 45^\circ - \beta / 2 \end{cases} \quad (1)$$

式中 β ——作物秸秆摩擦角。

经查阅^[11]，玉米秸秆与钢板的摩擦角 $\beta=23^\circ\sim 33^\circ$ 。

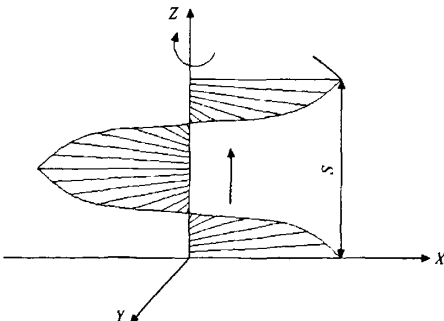


图3 螺旋刀的形成

Fig.3 Design of twist blade

根据公式(1)得： $57^\circ < \alpha_t < 67^\circ$ ； $28.5^\circ < \alpha_g < 33.5^\circ$

万方数据

根据机加工能力及其加工容易程度将螺旋角设计值定为 $\alpha_r=60^\circ$ ； $\alpha_g=30^\circ$

根据当地土壤条件及螺旋刀工作强度要求，螺旋刀材料选为 65 Mn，螺旋刀开刃后刃部进行调制处理，以提高耐磨性。

1.2.2 螺旋刀滑切条件

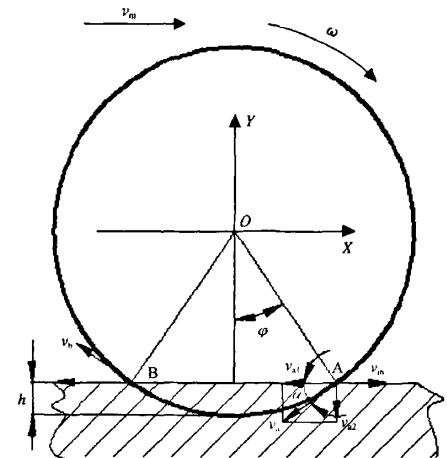
设螺旋刀滑切秸秆时刀轴转速为 n_1 ，由微分可知，任一时刻，螺旋刀与土壤接触界面皆为圆形，如图4所示，其中 A、B 点位于螺旋刀外径处。为了满足螺旋刀对秸秆根茬的滑切作用，螺旋刀与土壤接触的 AB 段水平绝对速度应满足 $v_{AB} > 0$ ，由于 A 点与 B 点的线速度 $v_a=v_b$ ，且两点在 AB 段的绝对水平速度最小，因此只需 A 点满足 $v_{a1} \geq v_m$ 的滑切条件即可保证 AB 段满足滑切条件，由公式(2)可得：A 点的角速度 $\omega > v_m / (R \times \cos \alpha)$

$$\begin{cases} v_{a1} = v_a \times \cos \alpha \\ v_a = \omega R \\ v_{a1} = v_m \end{cases} \quad (2)$$

根据机具空间结构及圆盘刀常用半径，确定螺旋刀半径 $R \leq 225$ mm，但由于螺旋刀半径越大，切割效果越好，因此取 $R=225$ mm；根据实测，玉米根茬主根深度为 $h \approx 40$ mm，因此设计螺旋刀入土深度 $h=40$ mm；机具作业速度 $v_m=3\sim 5$ km/h，为了保证滑切效果，计算时取 $v_m=5$ km/h；将相关数值带入公式(2)可得： $\omega > 7.51$ rad/s 由公式(3)

$$n_1 = 30\omega / \pi \quad (3)$$

求得刀轴转速 $n_1 > 71.75$ r/min，即机具作业时，为了满足螺旋刀土壤接触部分产生滑切作用，刀轴转速应大于 71.75 r/min。



注：O——回转轴心；h——入土深度； v_m ——机具前进速度； ω ——刀轴角速度；A——螺旋刀入土点；B——螺旋刀离土点

图4 螺旋刀滑切条件的确定

Fig.4 Conditions of slide cutting

1.2.3 螺旋刀切断秸秆条件

设螺旋刀切断秸秆时刀轴转速为 n_2 ，作业时，螺旋刀端点的绝对速度是由机组的水平前进速度 v_m 和螺旋刀

自身角速度 ω 合成。建立坐标系 XOY ，可得出驱动螺旋刀的任何一端点的运动轨迹方程为

$$\begin{cases} X = v_m t + R \cos \omega t \\ Y = R \sin \omega t \end{cases} \quad (4)$$

该轨迹是一个以时间 t 为参数的余摆线方程。将式 (4) 对时间求导数，便可求得驱动螺旋刀端点在 x 轴和 y 轴方向的分速度

$$\begin{cases} v_x = v_m - R\omega \sin \omega t \\ v_y = R\omega \cos \omega t \end{cases} \quad (5)$$

根据公式 (5) 求得驱动螺旋刀任意端点的绝对速度为

$$v_a = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_m^2 + R^2 \omega^2 + 2v_m R \omega \sin \omega t} \quad (6)$$

根据室内土槽秸秆切割试验结果表明，玉米根茬直径 $d=1.5\sim 2.4$ cm，含水率 10.2%~68.8% 范围内，根茬的临界切断速度为 $v_q=0.83\sim 7.7$ m/s^[12]，为了保证切割效果应满足 $v_a \geq v_q$ ，因此，由公式 (6) 以及机组前进速度 $v_m=3\sim 5$ km/h，求得刀轴的角速度 $\omega=23.4\sim 35.1$ rad/s，由公式 (3) 求得刀轴转速 $n_2=224\sim 336$ r/min。

为了尽可能减少机具功率消耗，同时满足滑切条件，保证螺旋刀具有足够切割秸秆和根茬能力，螺旋刀刀轴的设计转速为 336 r/min。

2 整机工作原理与结构参数

螺旋刀型垄台清理装置安装在 2BML-2 型玉米垄作免耕播种机上进行田间试验。驱动螺旋刀型玉米垄作免耕播种机的工作原理：机具作业时，由拖拉机后输出轴提供动力，经变速箱、传动装置，带动螺旋刀旋转，利用螺旋刀切割及螺旋结构将垄台上 100 mm 范围内的秸秆或根茬清理到垄沟内，然后由施肥、播种开沟器开沟播种，最后进行覆土镇压。同时与 2BML-2 条带旋耕式玉米垄作免耕播种机进行了对比试验。螺旋刀型与条带旋耕式玉米垄作免耕播种机主要技术参数如表 1。

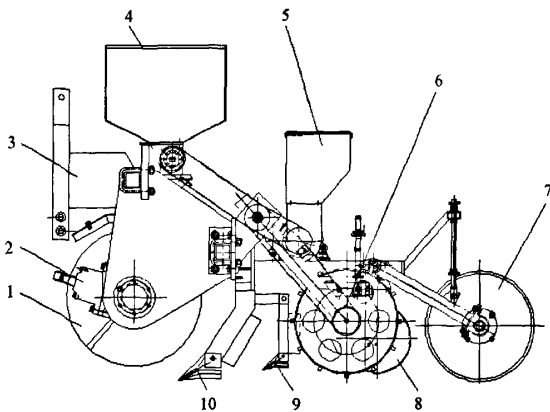


图 5 驱动螺旋型玉米垄作免耕播种机整机示意图
Fig.5 Schematic diagram of the powered-twist no-till planter for ridge tillage

表 1 2 种玉米垄作免耕播种机参数对比

Table 1 Comparison of parameters of two no-till planters for ridge tillage

项 目	螺旋刀型玉米垄作免耕播种机	条带旋耕式垄作免耕播种机
外形尺寸/mm	1809×1207×1096	1820×1200×1100
结构质量/kg	242	273
垄台清理形式	螺旋刀式	条带旋耕式
理论种床清理宽度/mm	100	100
配套动力/kW	20.6	20.6

3 性能试验分析

3.1 试验条件

在辽宁省沈阳市苏家屯区垄作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 2.07 kg/m²，土壤质地为壤土，土壤坚实度为 2.56×10⁶ Pa；土壤含水率为 10.7% (0~5 cm)、14.3% (5~10 cm)。前茬作物行距为 600 mm。机具配套动力为 20.6 kW。

3.2 测试方法

1) 晾籽情况

晾籽主要是指播种后种子裸露在地表或者种子播在秸秆上。测试时主要采用观测法，首先观测地表裸露种子数量，然后轻轻拨开土壤表层观测播在秸秆上的种子数量，重复测试 3 次，每次测试长度 5 m，求得平均晾籽数量。

2) 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。土壤扰动量可以由公式 (7) 求得。

$$\eta = \frac{W}{L} \quad (7)$$

式中： η ——土壤扰动量； W ——实际的开沟宽度，mm； L ——播种行距，mm。

3) 秸秆覆盖率

地表覆盖率的测定方法为用 20 m 长的绳子，每隔 10 cm 作一个记号。测定时，沿测试区域对角线铺设绳子，数记号下有秸秆的点数，再除以总记号数，即为覆盖率。每个测试区域测定 5 次，求平均值即为该区域的秸秆覆盖率。

4) 油耗测试

在播种过程中，使用 CTM-2003B 农机综合测试仪分别对螺旋型玉米垄作免耕播种机和条带旋耕式玉米垄作免耕播种机进行田间油耗测试。该综合测试仪能够在播种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

$$P = \frac{P_t}{vD_w} \times 10 \quad (8)$$

式中： P ——单位面积油耗，L/km²； P_t ——小时油耗，

L/h ; v ——机组前进速度, km/h ; D_w ——播种机工作幅宽, m 。

3.3 试验结果与分析

1) 土壤扰动和秸秆覆盖率

2 种玉米垄作免耕播种机的土壤扰动量和秸秆覆盖率如表 2 所示。螺旋刀型玉米垄作免耕播种机的土壤扰动量为 18.3%~26.0%，二者差别不明显，而螺旋型垄台清理装置播种后种带内的秸秆覆盖率为 27%~36%，低于条带旋耕式玉米垄作免耕播种机的 41%~63%，这有利于提高播种质量^[13-14]。垄沟内，螺旋刀型玉米垄作免耕播种机的秸秆覆盖率升至 94%~99%，而条带旋耕式播种前后秸秆覆盖率变化不明显，这是由于螺旋刀型垄台清理装置在开沟器前方，切断秸秆的同时，将秸秆清理到垄沟内，而条带旋耕式垄台清理装置高速旋转将秸秆粉碎后与土壤混合，仍然保留在播种带内。

表 2 螺旋刀型垄台清理装置的土壤扰动和秸秆覆盖率
Table 2 Soil disturbance and straw mulching ratio of ridge-clear device of two ridge till and no till planters

机具类型	土壤扰动/ %	秸秆覆盖率/%			
		播种带内		非播种带	
		播种前	播种后	播种前	播种后
螺旋刀型	18.3~26.0	71~80	27~36	82~87	94~99
条带旋耕	19.6~28.1	71~80	41~63	82~87	83~91

2) 动力消耗

2 种玉米垄作免耕播种机的田间油耗试验结果如表 3 所示。

表 3 2 种玉米垄作免耕播种机的油耗对比试验
Table 3 Comparison of fuel consumption of two ridge till and no till planters

机型	机组前进速度 $v/(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	小时生产率 $P/(\text{hm}^2 \cdot \text{h}^{-1})$	刀轴转速 $n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	单位面积耗油量 $Q/(\text{L} \cdot \text{hm}^{-2})$
螺旋刀型	4.2	0.54	336	11.05
条带旋耕	4.2	0.54	306	12.82

田间油耗试验结果表明，在相同前进速度下，螺旋刀型玉米垄作免耕播种机比条带旋耕式玉米垄作免耕播种机减少 1.77 L/hm^2 柴油消耗，这是由于螺旋刀型玉米垄作免耕播种机的垄台清理装置入土深度浅，仅为 40 mm 左右（带状旋耕式垄台清理装置的旋耕深度 100 mm 左右），而且作业过程中不抛动土壤，仅将播种带的秸秆切断后清理到垄沟内，减少了机具的动力消耗。

3) 晾籽情况

由于螺旋刀型垄台清理装置的切割及清理作用，开沟器开沟作业前，垄台上的秸秆已被清理到垄沟内，开沟器在较清洁的地表作业，能够有效防止种子播在秸秆上，而且机具采用尖角式开沟器，开沟宽度窄，回土效果好。测试结果显示，螺旋刀型玉米垄作免耕播种机在 5 m 测试区域内均没有发现晾籽现象，而条带旋耕式垄台清理装置在测试区域内每 5 m 出现 1.3 次晾籽现象。

5 结论

1) 根据玉米垄作免耕播种机的要求设计了螺旋刀型垄台清理装置，该螺旋刀在作业时能够在切断垄台上秸秆根茬的同时，将切断秸秆和根茬清理到垄沟内，防止发生堵塞，并且保证播种后能够形成较好的种床。

2) 螺旋刀型垄台清理装置入土深度小，不抛土，与条带旋耕式垄台清理装置相比，动力消耗降低了 1.77 L/hm^2 。

3) 螺旋刀型玉米垄作免耕播种机采用螺旋型垄台清理装置，先将播种带内秸秆和根茬清理到垄沟内，然后进行施肥播种，减少了动力消耗和土壤扰动，该机进地一次便可完成种带清理、施肥、播种、覆土、镇压等作业工序。

【参考文献】

- [1] 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)
- [2] Stockfish N, Forstreuter T, Ehlers W. Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany[J]. Soil and Tillage Research. 1999, 52(8): 91-101.
- [3] 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 with English abstract)
- [4] 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 are[J]. Transactions of the CSAM, 2007, 38(8): 57-61. (in Chinese with English abstract)
- [5] 胡春胜, 陈素英, 赵四申, 等. 玉米整秸覆盖地小麦免耕播种技术初步研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 118-120. Hu Chunsheng, Chen Suying, Zhao Sishen, et al. No-tillage seeding technique for wheat under the bestrow of the whole corn stalk[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 118-120. (in Chinese with English abstract)
- [6] 高亚军, 李生秀. 旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 15-19. Gao Yajun, Li Shengxiu. Cause and mechanism of crop yield reduction under straw mulch in dryland[J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(7): 15-19. (in Chinese with English abstract)
- [7] 罗红旗. 玉米根茬地垄作免耕播种机研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006. Luo Hongqi. Study on the Ridge-till and No-till Planter for

- Maize Stubble Field[D]. Beijing: China Agricultural University, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [8] 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 CSAM, 2006, 37(5): 57-59. (in Chinese with English abstract)
- [9] Mark Hanna, Jeff Lorimor. Planters for Ridge-till. ISU Extension Pub# AE-3057, 1990.
- [10] 吴仕宏, 李宝筏, 包文育. 新型垄作耕播机破茬清垄装置的研究[J]. 农机化研究, 2007, (1): 116-122.
Wu Shihong, Li Baofa, Bao Wenyu. Research on the new type residues cutting and ridge cleaning device of till planter[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, (1): 116-122. (in Chinese with English abstract)
- [11] 张佳喜, 王学农, 陈法, 等. 秸秆粉碎还田、回收机导辊工作参数的研究[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(S2): 139-144.
Zhang Jiayi, Wang Xuenong, Chen Fa, et al. Study on the knife roller working parameters of the field straw chopper and harvester[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2008, 45(S2): 139-144. (in Chinese with English abstract)
- [12] 李卫, 李问盈, 孙先鹏. 几种圆盘驱动破茬开沟性能的土槽试验比较[J]. 农机化研究, 2008, (8): 127-130.
Li Wei, Li Wenyong, Sun Xianpeng. Comparison and experiment on cutting and ditching capability of four driven disc[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, (8): 127-130. (in Chinese with English abstract)
- [13] 王庆杰, 何进, 姚宗路, 等. 驱动圆盘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 n-tillage planter for ridge-tillage[J]. Transactions of the CSAM, 2008, 39(6): 68-72. (in Chinese with English abstract)
- [14] 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 CSAM, 2008, 39(4): 78-82. (in Chinese with English abstract)

Design and experiment on twist type ridge-clear device

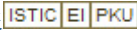
Wang Qingjie, Li Hongwen^{*}, He Jin, Lu Caiyun, Su Yanbo

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

Abstract: From the view of the existing problems, such as straw blocking, high energy consumption, too many straw covered after planting in the seedbed, a twist type ridge-clear device for corn ridge till and no-till planter was designed. Field experiment that covered with broken stalks of corn showed that the soil disturbance was 18.3%-26%, the straw percentage of coverage was decreased by 35%-53% in the seedbed, which met the challenges of conservation tillage and was favorable for improving the seeding. Compared with the strip-rototilling ridge till and no-till planter, the ridge till and no-till planter with twist type ridge-clear could reduced fuel consumption by 13.8%. Therefore the twist type ridge-clear solved the problems of high power consumption with strip-rototilling device, and also created the clean seedbed. This experiment showed that it was significantly important to popularize and apply for ridge-till and no-till seeders in the northeast area of China.

Key words: agricultural machinery, design, mechanical testing, seedbed, no-till planter, ridge clearing device

螺旋刀型垄台清理装置的设计与试验

作者: [王庆杰](#), [李洪文](#), [何进](#), [卢彩云](#), [苏艳波](#), [Wang Qingjie](#), [Li Hongwen](#), [He Jin](#),
[Lu Caiyun](#), [Su Yanbo](#)
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): 2010, 26(6)
被引用次数: 2次

参考文献(14条)

1. 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](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2004(03)
2. Stockfish N;Forstreuter T;Ehlers W [Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany](#) 1999(08)
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;高焕文;李洪文 [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(08)
5. 胡春胜;陈素英;赵四申 [玉米整秸覆盖地小麦免耕播种技术初步研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2005(03)
6. 高亚军;李生秀 [旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2005(07)
7. 罗红旗 [玉米根茬地垄作免耕播种机研究](#)[学位论文] 2006
8. 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)
9. Mark Hanna;Jeff Lorimor [Planters for Ridge-til](#) 1990
10. 吴仕宏;李宝筏;包文育 [新型垄作耕播机破茬清垄装置的研究](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2007(01)
11. 张佳喜;王学农;陈法 [秸秆粉碎还田、回收机导辊工作参数的研究](#)[期刊论文]-[新疆农业科学](#) 2008(z2)
12. 李卫;李问盈;孙先鹏 [几种圆盘驱动破茬开沟性能的土槽试验比较](#)[期刊论文]-[农机化研究](#) 2008(08)
13. 王庆杰;何进;姚宗路 [驱动圆盘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)
14. 高焕文;李洪文;姚宗路 [我国轻型免耕播种机研究](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2008(04)

本文读者也读过(4条)

1. 何进. 李洪文. 李慧. 张学敏. 张喜瑞. He Jin. Li Hongwen. Li Hui. Zhang Xuemin. Zhang Xirui [往复切刀式小麦固定垄免耕播种机](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2009, 25(11)
2. 李洪文. 李娇. 苏艳波. 张喜瑞. 王庆杰 [玉米茬地免耕播种机具导向系统设计与试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2010, 41(4)
3. 左彦军. 马旭. 齐龙. 玉大略. 廖醒龙. Zuo Yanjun. Ma Xu. Qi Long. Yu Dalue. Liao Xinglong [窝眼窄缝式气吸滚筒排种装置的试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#)2010, 26(11)
4. 苏艳波. 凌刚. 李洪文 [免耕播种机开沟圆盘试验土槽的设计](#)[会议论文]-2008

引证文献(2条)

1. 王汉羊. 陈海涛. 纪文义 [2BMFJ-3型麦茬地免耕精播机防堵装置](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2013(4)
2. 王汉羊. 陈海涛. 纪文义 [麦茬地免耕播种机清秸覆秸装置设计与试验](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012(z2)