

2BG-2型玉米垄作免耕播种机^{*}

林 静¹ 刘安东² 李宝筏¹ 李 博¹ 赵德芳¹ 吕长义¹

(1. 沈阳农业大学工程学院, 沈阳 110161; 2. 辽宁省农机推广站, 沈阳 110034)

【摘要】 基于东北垄作区保护性耕作各类模式的需要,对免耕播种的工艺进行了分析,并提出了对免耕播种机的农业技术要求。设计了滚动圆盘式破茬犁刀、圆盘螺旋线形清茬器,该装置既能提高机具通过性又可保持垄形。采用双圆盘施肥开沟器实现侧深施肥,二个地轮行驶在垄沟中可确保播种机横向稳定。设计的2BG-2型玉米垄作免耕播种机,田间播种作业与检测结果表明该机达到了设计要求。

关键词: 玉米 免耕播种机 垄作 圆盘式破茬犁刀 清茬器

中图分类号: S223.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)06-0043-04

2BG-2 Type Corn Ridge Planting No-till Planter

Lin Jing¹ Liu Andong² Li Baofa¹ Li Bo¹ Zhao Defang¹ Lü Changyi¹

(1. College of Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China

2. Agricultural Machinery Extended Station of Liaoning Province, Shenyang 110034, China)

Abstract

Based on requirement of conservation tillage models in ridge cropping system in northeast area of China, no-tillage planting technology was analyzed. The agriculture-technique demand for no-till planter was put forward. The rolling disc residue cutting coulter and disc spiral ridge cleaning device were used in the proposed planter to improve the planter pass rate and keep ridge shape. Double disc fertilizer was used. Two ground-drive mechanisms were driven to remain the lateral stability of ridge-till planter. Field test results showed that the proposed 2BG-2 corn ridge planting no-till planter met the design requirement.

Key words Corn, No-till planter, Ridge planting, Disc residue cutting coulter, Ridge cleaning device

引言

保护性耕作在辽宁省实施以来,每年减少耕整地作业次数2~4次,降低成本10%~30%,增产15%~17%,增收20%~30%。与传统种植模式相比,具有蓄水保墒、成穗率高、抗旱、防冻、抗寒、抗逆性强等效果。但是垄作保护性耕作关键技术研究薄弱,缺少适用的垄作免耕播种机。2006年在沈阳市郊区对美国Buffalo垄作免耕播种机试验表明,该机破茬清垄质量好,但凹面圆盘动土大、失墒严重,只有撒施除草剂的设备而无施肥装置。国内有些垄作免耕播种机,虽防堵性能良好,但土壤扰动大破坏

原垄形成新沟,致使出苗缓慢,失去垄作的优势^[1]。本文在分析东北垄作区免耕播种工艺与农业技术要求的基础上,设计2BG-2型玉米垄作免耕播种机。

1 东北垄作区免耕播种工艺分析与农业技术要求

1.1 东北垄作区免耕播种关键技术

(1) 机具通过性

东北玉米产量高,秸秆与根茬粗大,易于缠绕、堵塞播种机,因此需要研究破茬与清垄装置,提高机具通过性。

收稿日期: 2010-08-01 修回日期: 2010-10-19

^{*} “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD28B04)

作者简介: 林静,副教授,主要从事农业机械化研究, E-mail: synydxlj999@126.com

(2) 机具横向稳定性

由于玉米根茬较硬而且分布不均匀,两行之间的阻力不平衡,导致机具迂回前进,甚至造成掉垄,因此需要研究导向装置。

(3) 侧深施肥

播种同时施口肥,其施肥量在 $1\ 050\text{ kg/hm}^2$ 左右^[2]。由于施肥量大,为防止烧种,需要研究新的侧深施肥装置。

(4) 保持垄形

垄作的优点在于存有地面上的原垄。免耕播种机应减轻土壤耕作强度,保持垄形。

1.2 对垄作免耕播种机的农业技术要求

对垄作免耕播种机的农业技术要求是:①适应高留茬、高留茬碎秆覆盖、高留茬整秆覆盖等各类保护性耕作模式。②当秸秆覆盖量为 1.0 kg/m^2 时,一次作业完成原垄破茬、清垄、播种、侧深施肥、镇压和覆土6项功能,实现耕种结合。③破茬犁刀入土深度 $70\sim 100\text{ mm}$,打碎玉米根上节(俗称五叉股),根茬埋田。④清垄器入土深度 $20\sim 30\text{ mm}$,清理垄顶残茬与秸秆而少扰动土壤。⑤播种深度 $40\sim 70\text{ mm}$,肥料在种侧 50 mm 、种下 30 mm 。⑥压种轮压下种子与湿土接触。⑦春旱多风,要求重镇压,最大压强应达到 39.2 kPa ^[3],播后秸秆覆盖率大于 30% ,动土率小于 10% 以便保墒。

2 关键部件设计

2.1 破茬与清垄装置

保护性耕作的残茬管理是切开根茬的根上节,使之体解而不挖出地面以培肥地力。垄顶秸秆需要清理到垄沟,干净的种床既有利播种又可增温利于早出苗。本机采用滚动圆盘式破茬犁刀,后方的圆盘螺旋线形清茬器向侧后方拨开秸秆与残茬。

2.1.1 破茬装置

缺口圆盘齿容易入土,阻力矩小于圆盘,开沟宽度比圆盘大 $2\sim 3\text{ mm}$ ^[4]。为减轻土壤耕作强度,保持垄形,本机采用滚动缺口圆盘作为破茬装置。

2.1.2 清垄装置

如图1所示,清茬轮安装在缺口圆盘破茬装置的一侧与机器前进方向偏斜 30° ,机器前进时呈螺旋线形的刀刃被土壤阻力带动旋转,可将垄顶的残茬切断并与其他秸秆一起向侧后方推移至垄沟。缺口圆盘破茬装置的另一侧安装双圆盘施肥开沟器以起辅助清垄作用。

清茬装置的工作原理如图2所示。免耕播种时

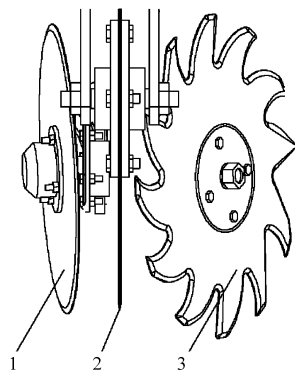


图1 破茬清垄装置示意图

Fig.1 Residue cutting coulter and ridge cleaning device

1. 双圆盘施肥开沟器 2. 缺口圆盘破茬装置 3. 清茬轮

垄顶宽度一般在 160 mm 左右,清茬轮清垄宽度要大于垄顶宽度的一半。清垄宽度取决于清茬轮半径 R 和清茬轮与机器前进方向的夹角 α 。为使清茬轮少动土,入土深度 h 设为 20 mm 。清茬轮半径 R 不宜过大,半径过大则清茬轮回转角速度减小,不利清垄。经试验,选清茬轮半径 $R = 165\text{ mm}$;而考虑滑切一般 α 为 $30^\circ\sim 35^\circ$, α 越小推移秸秆越容易,选 $\alpha = 30^\circ$ ^[5]。清垄宽度计算式为^[6]

$$b = L \sin \alpha = 2 \sin \alpha \sqrt{R^2 - (R - h)^2} = 2 \sin \alpha \sqrt{2Rh - h^2}$$

式中 L ——清茬轮清垄长度

计算得到清垄宽度 $b = 80\text{ mm}$,满足清垄要求。

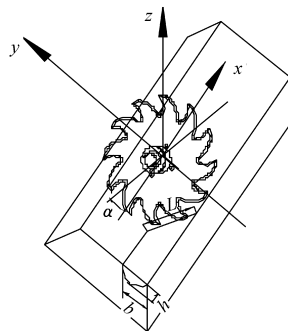


图2 清茬装置工作示意图

Fig.2 Working layout of ridge cleaning device

滚动圆盘式破茬犁刀要切开残茬与土壤,每行单体需要 $2\ 224\text{ N}$ 的下压力^[7]。本机整机结构质量 465 kg ,每行单体承担下压力 $2\ 278.5\text{ N}$ (当肥料箱、种子箱装满,其使用质量可达 520 kg)。与几种国外免耕播种机比较,按每行单体分配质量,2BG-2 属配重较大^[8]。在辽宁省各种土壤条件下进行试验,均可达到破茬、防堵、入土能力的要求。

2.2 气吸式排种装置

气吸式排种装置能够精播多种中耕作物种子,通用性好、对种子要求不严、不伤种,排种性能好,能适用较高速度的播种作业。本机采用后风机型气吸式排种装置,适用于有动力输出轴的轮式拖拉机。

风机及其传动装置总成质量 60 kg, 安装在机架前方, 有利于加大单行下压力。适合的播种作业速度为 5 ~8 km/h。

2.3 双圆盘侧深施肥器

由于东北地区施肥量大, 需要侧深施肥装置。单圆盘施肥开沟器肥料覆盖不严, 普通双圆盘开沟器入土能力差, 不适应东北垄作地区的需要。经多次试验, 设计了双圆盘施肥开沟器(图 3), 播种种沟一侧为缺口圆盘(直径 340 mm, 直立保持种沟整齐); 另一侧为光面圆盘(直径 300 mm, 与缺口圆盘面呈 7°斜角), 施肥管设置于双圆盘中间。b 为缺口圆盘伸出光面圆盘的长度, 这样设计使入土更容易, 肥料覆盖效果好。

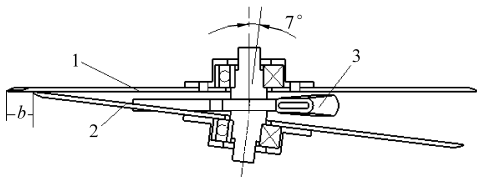


图 3 双圆盘侧深施肥器结构图
Fig. 3 Double disc fertilizer attachment
1. 缺口圆盘 2. 光面圆盘 3. 施肥管

2.4 地轮机构

2 个地轮作为整机的支撑装置, 田间土壤坚实度不同, 可经弹簧调整地轮的接地压力(图 4)而保持破茬圆盘犁刀等工作深度稳定。作为传动动力来源, 地轮同步带动排种和排肥。

由于左、右行间原茬分布不均, 播种机受到的阻力不平衡会产生迂回前进而导致掉垄的现象。为提高机器的横向稳定性, 本机加大机器结构质量为 465kg; 总体结构合理布置; 工作部件全部采用滚动圆盘式以减少牵引阻力; 在外侧靠后安装 2 个地轮, 行驶在垄沟中限定了播种机的横向位置, 增加其横向阻力, 起到导向机构的作用。

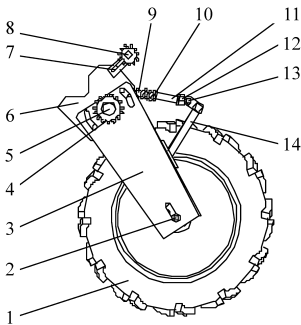


图 4 地轮机构结构图
Fig. 4 Ground-drive mechanism

1. 地轮 2. 地轮轴 3. 地轮外支撑 4. 链轮 5. 链轮轴 6. 地轮固结卡具 7. 张紧轮固定装置 8. 张紧轮 9. 弹簧 10. 弹簧支棍套 11. 伸缩杆 12. 小轴 13. 轴套 14. 支撑架

2.5 工作部件单体

整个播种机单体通过安装卡与机架的横梁连接在一起。通过平行四杆机构, 实现单体仿形(图 5)。播种开沟器入土深度为 40 ~70 mm, 改变弹簧压杆长度和弹簧的弹力, 可以调节播种深度。调整各部分弹簧, 保持压种轮、覆土轮、镇压轮适应地形起伏。遇到石头等障碍物时, 弹簧压缩可实现过载保护。

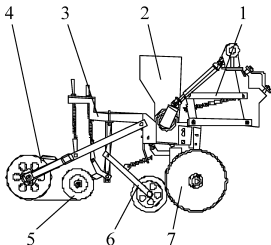


图 5 工作部件单体结构图
Fig. 5 Unit of working part

1. 平行四杆机构 2. 种子箱与排种器 3. 后机架 4. 镇压轮
5. 覆土轮 6. 压种轮 7. 播种开沟器

3 总体结构与技术参数

3.1 总体结构

如图 6 所示, 本机由三点悬挂在拖拉机上, 将风机安置于机架最前端, 以便动力输入。破茬装置装在前端, 正后方安置播种开沟器。施肥开沟器与播种开沟器侧位配置, 实现侧深施肥。为保证株距准确, 播种开沟器内设零速投种管, 其后配置压种轮, 实现接墒播种。凹面双圆盘覆土轮, 保证覆土均匀, 机架的横梁上设置镇压轮, 另附调节覆土压力的弹簧, 保证在风沙地区实现重镇压, 使其最大压强可达到 39.2 kPa。

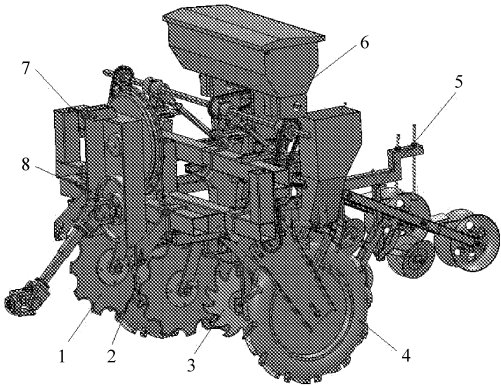


图 6 2BG-2 型玉米垄作免耕播种机总体结构图
Fig. 6 General drawing of 2BG-2 corn ridge planting no-till planter

1. 破茬装置 2. 双圆盘施肥开沟器 3. 清垄装置 4. 地轮机构
5. 覆土镇压机构 6. 肥料箱 7. 机架 8. 风机及万向节

3.2 技术参数

技术参数如表 2 所示。

4 性能检测结果与分析

样机于2008年5月,在沈阳市苏家屯区沙河镇高力屯,通过了农业部农业机械试验鉴定总站的性能检测,按农业部《免耕播种机选型试验大纲》各项指标均达标。检测结果如表3所示。

表 2 2BG-2 型玉米垄作免耕播种机技术参数
Tab.2 Technical specifications of 2BG-2 corn ridge planting no-till planter

项 目	技术参数
配套动力	18.3 kW 以上轮式拖拉机
外形尺寸(长×宽×高)/mm	1 550×1 700×1 290
行数	2
适应行距/mm	500 ~650
工作幅宽/mm	1 000 ~1 300
排种器型式	气吸式,每穴播玉米1粒(更换排种盘可播大豆、高粱、谷子、向日葵等),种箱容积7.24 L
排肥器型式	外槽轮式 Φ60 mm,最大施肥量0.105 kg/m ² ,肥箱容积43.9 L
破茬部件型式	缺口圆盘犁刀 Φ430 mm,切茬深度70~100 mm
清垄器型式	圆盘螺旋线型,圆盘直径 Φ330 mm,入土深度20 mm
施肥开沟器型式	双圆盘式,缺口盘直径 Φ340 mm,光面盘直径 Φ300 mm,种下施肥30 mm,与播种开沟器侧向距离50 mm
播种开沟器型式	双圆盘式 Φ350 mm,播种深度40~70 mm,玉米平均粒距170~340 mm
压种器型式	零压圆滚轮 Φ190 mm
覆土轮	分离式凹腰型,直径25 cm,滚轮宽度14 cm,轮下最大压强39.2 kPa
生产率	0.30~0.39 hm ² /h(行驶速度5 km/h,时间利用率0.6)
结构质量/kg	465
传动机构	链传动式,排种速比1:1.238,排肥速比1:0.842
地轮	橡胶轮式,轮缘宽度13 cm,直径56 cm
风机	叶轮直径340 mm,叶轮质量3.5 kg,工作转速6 000 r/min
防堵部件	滚动圆盘式破茬部件,圆盘螺旋线型清垄器
运输间隙/mm	360

表 3 2BG-2 型玉米垄作免耕播种机田间检测结果

Tab.3 Field test results of 2BG-2 corn ridge planting no-till planter

参数	检测结果
各行排肥量一次性变异系数/%	2.5
各排肥量稳定性变异系数/%	0.5
粒距合格指数/%	79.2
种子破损率/%	0.1
种子覆盖深度/cm	4.0
种子覆盖深度合格率/%	100
肥料覆土深度/cm	6.8
肥料覆土深度合格率/%	96
种子与肥料侧向距离/cm	5.1
地轮滑移率/%	11.6
机具通过性/%	无堵塞

样机并于2008年5月到2010年5月在辽宁省彰武县、抚顺县、沈阳市苏家屯区田间播种作业共计14.87 hm²,证明适用于高留茬、碎秆覆盖和整秆覆盖等模式免耕播种。由田间播种作业与检测结果可以看出,本机型采用滚动圆盘式破茬犁刀、圆盘螺旋线形清茬器既能提高机具通过性又可保持垄形,选择双圆盘施肥开沟器可以侧深施肥,2个地轮行驶在垄沟确保播种机横向稳定;解决了上述4项关键技术,达到了农业技术的要求,并于2009年2月通过了农业部的科技成果鉴定。

5 结论

(1)采用气吸式排种装置,通用性好,能够精播多种中耕作物、适用较高速度的播种作业(作业速度5~8 km/h)。随着作业速度提高,不仅破茬清垄效果更好,而且提高了机器的小时生产率。

(2)整机方案既能破茬清垄又可保持垄形,发挥垄作的优势,接触土壤的工作部件全部采用滚动圆盘式。经田间试验证明:耕作强度小,保持垄形好,整机牵引阻力小。

(3)本机的播种机单体,可以组合为与大中型拖拉机配套的多行免耕播种机。

参 考 文 献

1 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 no-tillage planter for ridge-tillage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(6):68~72. (in Chinese)

2 王庆杰,李洪文,何建,等. 并列组合式种肥分施防堵装置的设计与试验[J]. 农业机械学报,2008,39(12):73~77.
Wang Qingjie, Li Hongwen, He Jian, et al. Design and experiment on paratactic separate application of fertil izer and seed mechanism[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(12):73~77. (in Chinese)

验对象的动摩擦因数 $\mu_2 = 0.039$, 可见 μ_2 远小于 μ_1 , 用 45 号淬火钢滑块替换尼龙材料滑块, 双螺旋轴的磨损量会更小, 因此耐磨尼龙 66 双螺旋轴和 45 号淬火钢滑块 (滑块加工简单, 无需制作尼龙模具) 的工作寿命完全满足插秧机的工作寿命。通过查阅相关资料和测量可知, 耐磨尼龙 66 双螺旋轴的生产成本为 20 元, 质量为 0.24 kg, 而 45 号淬火钢双螺旋轴的生产成本为 120 元, 质量为 1.5 kg。耐磨尼龙 66 双螺旋轴相对于 45 号淬火钢双螺旋轴从生产成本和质量上都有了显著减小。

6 结论

(1) 通过在双螺旋轴两端添加缓冲弹簧, 优化双螺旋轴回转阶段曲线和缓冲弹簧弹性系数, 使得滑块在回转阶段对滑道的正压力显著减小, 避免双螺旋轴回转阶段剧烈磨损而局部失效, 为采用尼龙材料生产双螺旋轴提供了可能性。

(2) 插秧机上的双螺旋轴应用尼龙材料使零件质量变小, 加工成本大大降低。

参 考 文 献

- 1 杨文珍, 赵匀, 李革, 等. 高速水稻插秧机移箱螺旋轴回转轨道优化设计[J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 167 ~ 168.
- 2 赵匀. 农业机械分析与综合[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- 3 韩玉娟. 圆柱分度凸轮的曲线设计与数控加工解析[J]. 现代制造技术与装备, 2009(4): 32 ~ 33.
Han Yujuan. Cylindrical indexing cam curve design and CNC machining analysis[J]. Modern Manufacturing Technology and Equipment, 2009(4): 32 ~ 33. (in Chinese)
- 4 杨文珍, 杨友东, 赵匀, 等. 高速水稻插秧机四轴移箱机构原理设计[J]. 中国农机化, 2005(5): 67 ~ 69.
Yang Wenzhen, Yang Youdong, Zhao Yun, et al. Design of four-axes seeding feeder mechanism of high efficient rice transplanter[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2005(5): 67 ~ 69. (in Chinese)
- 5 徐飞军, 李革, 赵匀. 水稻插秧机移箱机构的发展研究[J]. 农机化研究, 2008, 30(5): 1 ~ 4.
Xu Feijun, Li Ge, Zhao Yun. Develop and research of the seedling feeder mechanism[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008, 30(5): 1 ~ 4. (in Chinese)
- 6 赵匀, 张国凤, 陈建能, 等. 高速水稻插秧机的减冲击移箱机构: 中国, ZL 200510049492.4[P]. 2007-09-01.
- 7 骆志高, 陈保磊, 庞朝利. 金属塑料复合材料减振耐磨性能的试验研究[J]. 塑料工业, 2009, 37(5): 60 ~ 63.
Luo Zhigao, Chen Baolei, Pang Chaoli. Test research on vibration and anti-wear behaviors of metal-plastic compound materials[J]. China Plastics Industry, 2009, 37(5): 60 ~ 63. (in Chinese)
- 8 陈传志, 崔冬芳. 含油尼龙材料摩擦系数的影响因素[J]. 铁道技术监督, 2005(12): 9 ~ 11.

(上接第 46 页)

- 3 孙占祥. 辽西旱地农业高产高效技术体系研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2005.
Sun Zhanxiang. Study on technical system of dryland farming for high yield and efficiency in western Liaoning province [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2005. (in Chinese)
- 4 马洪亮, 高焕文, 李洪文, 等. 驱动圆盘刀切断玉米秸秆和根茬的土槽试验[J]. 农业机械学报, 2007, 38(5): 47 ~ 50.
Ma Honglian, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Experimental study on corn stalk and rootstalk cutting by driven disc[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(5): 47 ~ 50. (in Chinese)
- 5 北京农业工程大学. 农业机械学: 上册[M]. 北京: 农业出版社, 1996.
- 6 包文育. 东北垄作免耕播种机关键部件研究与整机设计[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2009.
Bao Wenyu. Study on key parts and holistic device of the no-till planter of the ridge cropping system in northeast area of China [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2009. (in Chinese)
- 7 Grisso R B, Holshouser D, Pitman R. Planter/drill considerations for conservation tillage systems[R]. Virginia Cooperative Extension, 2007: 442 ~ 457.
- 8 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)