

秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计

薛惠岚, 薛少平, 杨青, 姚万生, 雷树武

(西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 针对国内外在发展和推广秸秆覆盖保护性种植技术过程中, 现行分阶段作业给施肥播种作业(特别是象小麦一类的小行距作物的施肥播种)所带来的因秸秆缠、堵而使机具无法正常工作的问题, 提出了“乘被锤爪打碎的高速秸秆沿风道越过种肥箱向斜后上方抛出, 未落地前地面处于洁净裸露之机, 及时进行开沟施肥播种, 随后碎秸秆再自然撒覆于种后地表之上”的联合作业方式, 并依此开发研制出 9QBF-150/8 型秸秆覆盖免耕施肥播种联合作业机。大田应用试验结果表明: 机具工作正常、性能良好, 作为主要技术指标的茎秆切碎长度合格率不低于 96.3%、种肥播深变异系数分别小于 8.47% 和 6.54%, 作业中基本不出现秸秆缠堵的问题, 所用与同等 1.5 m 幅宽秸秆粉碎还田机相同的 36.8 kW 拖拉机, 工作负荷无明显增加, 证明了联合作业原理的可行性和合理性。样机目前尚存在机体质量偏大、重心置后、靠近两侧地轮处偶尔会发生夹挂秸秆等问题, 还有待进一步改进和完善。

关键词: 秸秆覆盖; 免耕种植; 联合作业; 保护性耕作; 机具设计

中图分类号: S223.2⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)03-0104-04

1 前言

随着近年土地荒漠化问题的日益严重和沙尘暴的频繁发生, 保护生态环境已经成为当前摆在我们国家和农业生产面前的一个急需解决的重大问题。党中央“西部大开发”的号召和目前在全国范围内所实施的大规模退耕还林还草工作, 正在使彻底根治这些灾害、再造山川秀美成为可能。而与此同时, 一项作为农业可持续发展的有力措施和我国在“十五”计划期间农机化技术重点发展方向之一的——秸秆覆盖还田、少免耕保护性机械化种植技术也正在稳步而快速地在中西部旱作农业区得到大力普及和运用^[1]。虽然以秸秆覆盖和少免耕为特征的保护性耕作模式, 20 世纪 70 年代才出现于美国和澳大利亚, 但发展推广很快, 目前已成为美、澳两国农业生产的主体种植模式。据 1995 年统计, 在全美 1.13 亿 hm^2 的粮田面积中, 实行保护性少免耕的已达 60% 以上, 90% 的土地已取消了铧式犁耕作。其它国家, 如英国的玉米种植, 已有一半面积采用几年不翻地的免耕法; 加拿大为保证免耕法的实施, 制定了废除铧式犁的法规; 日本、伊朗和菲律宾等国也以立法的形式推广免耕种植技术^[2,3]。在国内, 中国农业大学早在 1992 年即会同山西省农机局深入开展了迄今还在进行的“旱地机械化保护性耕作体系项目”的研究^[4], 其成果和经验对近年在全国范围内推广保护性耕作技术起到了极好的示范和带动作用。

随着机械化保护性耕作技术的日益普及, 今后对性能优良的秸秆还田覆盖机具及免耕种植机具的需求, 必定会有大幅度的增加。但是, 由于当今的秸秆还田覆盖机以及免耕播种机具在配套使用的功能上还存在诸多

问题, 远不能适应和满足保护性耕作的需要, 因此有必要对其加以改进提高或完全推陈出新。依据生产实际需求, 本文提出了将秸秆粉碎还田覆盖与免耕施肥播种结合在一起、一次性联合完成的工艺。

2 秸秆还田覆盖、免耕种植技术及机具的现状

2.1 秸秆还田覆盖、免耕种植技术的实施现状

秸秆还田覆盖免耕种植技术是对原先在无秸秆地里进行少免耕作业的发展与改进。它除了具有以前免耕作业的基本优点(如: 减少土壤的风蚀和水蚀, 减少机械进地工作次数, 降低作业能耗与成本等)之外, 还可以防止土壤水分蒸发、蓄水保墒、增加土壤肥力以及改善土壤结构, 因而被认为今后保护性种植技术的发展方向。

目前国内外进行秸秆覆盖免耕种植有以下两种方式, 一种是事先将秸秆从地里收走, 腾净地面, 用传统的免耕播种机(也称为硬茬播种机)进行播种, 然后再把粉碎的秸秆重新铺撒到播种后的地里去。另一种则是首先使用秸秆还田机, 对地里的秸秆进行粉碎还田覆盖, 然后再在覆有秸秆的地里用免耕播种的专门机具进行少耕或免耕播种作业。

2.2 现行秸秆还田覆盖、免耕播种方式存在的问题

以上两种秸秆还田覆盖免耕播种方式均存在有一些明显的不足。第一种方法主要是秸秆处理太麻烦费事, 应用于小面积地块试验尚可, 要想大面积推广, 农民不可能接受。而第二种方法存在的主要问题在于机具, 秸秆还田机虽已成熟, 性能和工作质量均可, 但专用免耕播种机, 在小麦这类的小行距作物播种时, 极易引发秸秆缠、堵等现象以致无法正常作业。因此, 国内外现在都将推行秸秆还田覆盖免耕播种的研究, 集中在解决防堵问题。

解决防堵的措施, 目前国内外应用较多的装置主要是“重力式限深切草园盘”、“指盘式侧向拨草轮”和“鸭嘴式穴播器”等^[5,6]。限深切草园盘是仅靠机具的质量和行进速度产生的滚动作用去把草切断, 效果不佳; 而最

收稿日期: 2002-09-02 修订日期: 2002-11-07

基金项目: 国家科技部 863 项目(2001AA 242011-3)

作者简介: 薛惠岚(1947-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事旱作节水农机具及农产品加工方面的开发研究。陕西杨凌 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 712100

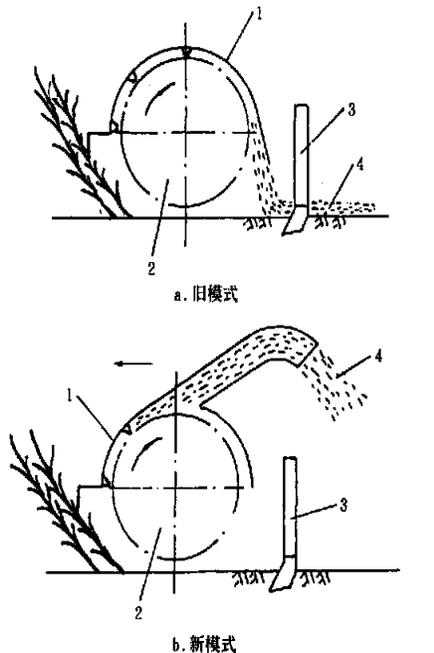
先应用于美国秸秆覆盖免耕播种机上的指盘式侧向拨草轮, 经田间试验, 较适合于大行距作物(如玉米等)的免耕播种, 像小麦这样的小行距作物, 则拨分草性能很差, 甚至出现相互干涉影响; 鸭嘴式穴播器在覆草地面上滚动, 容易挂草; 而且种子落在鸭嘴扎下的锥形孔中, 过分集中, 不利于作物生长发育。

3 实现秸秆粉碎覆盖和免耕播种联合作业的新模式

上述可见, 国内外现行的秸秆还田覆盖及免耕播种的作业方式是分阶段作业, 截止目前还没有人提出和进行过一次完成联合作业设想与试验^[7], 而我们通过试验研究证明, 联合作业是可以实现的。

新型的联合式秸秆覆盖免耕播种机不能简单地传统秸秆粉碎还田机与播种开沟装置拼合组成。因为如果那样作, 则开沟器仍在有秸秆层的地况下工作, 必然与前述分阶段式作业一样, 不可避免地要发生秸秆与杂草的堵塞, 因此联合式作业机必须要有新的工作原理。

要一次性完成秸秆粉碎还田覆盖和免耕施肥播种等多项作业, 工作步骤必须是先粉碎秸秆, 然后进行开沟播种施肥。新的作业模式采用“让秸秆粉碎后沿风道越过种肥箱向斜后上方抛出; 并乘秸秆未落下、地面清爽的空档进行免耕施肥播种, 随后碎秸秆再撒覆于种后的地面上”(见图 1)。其优点在于为施肥、播种开沟器创造一个相当于无秸秆覆盖的“洁净”地面工作条件, 从根本上用不着再去考虑秸秆缠堵和拨分的问题。



1. 滚筒罩 2 带锤爪滚筒 3 开沟器 4 碎秸秆
图 1 新旧作业模式对比示意

Fig 1 Diagram of comparison between the new work pattern and the old

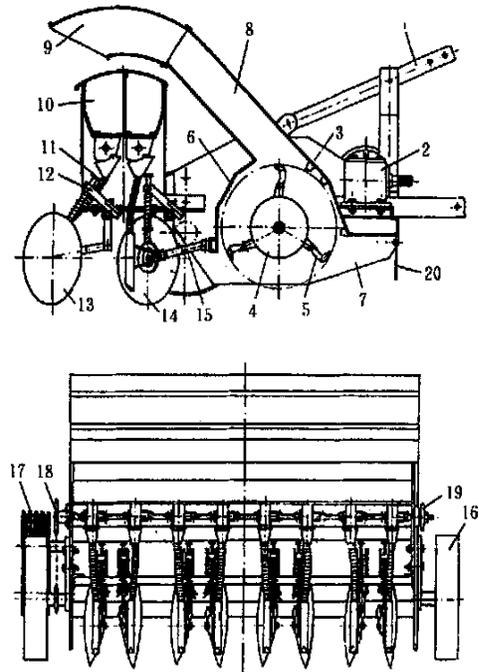
上述创新的方案, 我们进行了实际样机的研制, 并取得了预期的良好效果。9QBF-150/8 型秸秆粉碎覆盖

免耕施肥播种机已申请国家发明专利。

4 9QBF-150/8 型秸秆粉碎覆盖免耕施肥播种机

4.1 机具的结构与工作情况

1) 结构 9QBF-150/8 型秸秆粉碎覆盖免耕施肥播种机是一种一次性完成多功能的新型联合作业机具, 其结构与外形如图 2。



1. 三点悬挂架 2 变速箱 3 定刀 4 滚筒 5 锤爪 6 滚筒罩
7. 机架 8 前抛送风道 9 后抛送风道(弯头) 10 种肥箱总成
11. 种肥输送软管 12 弹簧加压装置 13 施肥用单园盘开沟器
14 播种用单园盘开沟器 15 开沟器拉杆 16 地轮 17 滚筒传动皮带轮 18 播种施肥链传动 19 种肥播量调节轮 20 吊板

图 2 9QBF-150/8 型联合作业机的外形与结构

Fig 2 Profile and structure of the model 9QBF-150/8 combined work machine

该机由秸秆粉碎抛送装置及播种施肥装置两大部分组成, 其中秸秆粉碎抛送装置可由目前国内定型生产的秸秆粉碎还田机做适当的改动而成, 主要工作部件包括: 机架、带打击锤爪的滚筒、滚筒罩、碎秸秆抛送风道、滚筒动力传递系统、三点悬挂架和地轮等; 播种施肥装置主要由: 种肥箱总成、12 组单园盘开沟器(其中播种 8 组, 施肥 4 组)、弹簧加压装置、排种与施肥传动装置等组成。其中的种肥箱总成被悬置于机架后伸出的框架上, 位于秸秆抛送风道出口段的正下方; 播种和施肥单园盘开沟器分成前后两排布置, 分别通过拉杆铰连在机架的后横梁上。

2) 工作方式 该机作业时, 滚筒由拖拉机的动力输出轴经万向连轴节、变速箱和皮带轮传动高速逆时针回转; 被机架前端推倒的秸秆则在锤爪及固定在罩壳内壁上定刀的共同作用下被打碎, 随滚筒旋起的气流经抛送风道向后斜上方飞出; 粉碎滚筒锤爪离地(2~ 8 cm)

的高度,通过机架两侧地轮的上下位置调整。在滚筒粉碎秸秆起清净地面作用的同时,单园盘开沟器即在地面上进行开沟播种施肥;种肥箱上的排种轴和排肥轴,由地轮借助链传动,所排的种肥分别通过输种、输肥软管,导入开沟器园盘背面的下料管,落入种、肥沟内;实行种、肥侧位分施,每两种行之间开有一道肥沟。

3) 主要技术参数

表 1 机具的主要技术参数

项 目	数 值
结构尺寸(长×宽×高)	1900 mm × 1850 mm × 1120 mm
自重/kg	580
作业幅宽/mm	1500
配套动力/kW (p.s)	36 8~ 40 48/50~ 55
作业速度/km · h ⁻¹	3~ 5
锤爪回转直径×转速/mm × r · min ⁻¹	∅500 × 2000
锤爪离地要求高度/cm	2~ 8
秸秆切碎长度/cm	10 cm 以下 90%
行数×行距/行×cm	小麦: 8 × 20 玉米: 3 × 60
排种器、排肥器型式及组数	标准小外槽轮式 排种器: 8 组; 排肥器: 4 组
开沟器型式	凹面单园盘式

4.2 有关设计要点

1) 在定刀数目减少情况下,如何确保打击秸秆的效果:由于要在滚筒罩上引出抛送风道,必然使罩壳内表面设置板齿状定刀的弧面段角度范围远较现在的普通秸秆粉碎还田机要小。9QBF-150/8 型机的角度仅有 50° 左右,大约比秸秆还田机小了 40°~ 45°,少装定刀 1/3 以上。在此情况下,要确保锤爪和定刀对秸秆的打

击粉碎效果,必须提高滚筒转速。国内现定型的秸秆粉碎还田机转速一般为 1 600~ 1 800 r/min,锤爪回转直径为 ∅500 mm,其线速度被控制在 42~ 47 m/s 之间。当提高滚筒转速时,会因滚筒静平衡不佳以及滚筒锤爪在作业中受力的不平衡而振动,影响轴承寿命。因此 9QBF-150/8 型样机的滚筒转速提升到 2 000 r/min,半径 $r = 250$ mm。

2) 抛送风道的结构形式:如图 2 所示做成前后分段铰接且后部为弯头的形式,保证后部弯头向上掀起后,可以让种肥箱盖充分打开,便于给箱内添加种子和肥料。风道后部带弯头,让碎秸秆均匀铺撒在播后的地面上。另外,抛送风道后部弯头的仰起高度,保持在 950 mm 左右。这样,安装于弯头下方的种肥箱不致过低,加种肥比较适宜,同时还能使输种肥的软管形成溜送所需要的适当角度。

3) 开沟器型式及其配置:锤爪在离地数厘米条件下,打击清理出的地况比传统耕整过的地面要差,以及减小机体质量、重心后移等的影响,因此选用质量较轻且越障能力较好的单园盘开沟器比较适宜。

播种和施肥开沟器间的配置,分前后排布置,避免相互影响,增大通过性能。前排播种开沟器排布较密,采取各盘的凹面两两相向布置的方式,这样可防止开沟器拉杆缠、挂草。

4.3 试验使用效果

对 9QBF-150/8 型秸秆粉碎覆盖免耕施肥播种机,2002 年初至 8 月底,曾在不同阶段、在留有不同作物(秸秆)的田地里进行过 3 次生产性作业试验,如表 2。

表 2 9QBF-150/8 型样机生产性试验结果汇总

Table 2 Results of the field performance test of the model 9QBF-150/8 test machine

试验日期	地点	试验面积 /hm ²	试验前地里 生长物	试验项目	试 验 结 果				
					切碎长度 合格率/%	播深变异 系数/%	肥深变异 系数/%	秸秆堵塞 程度	拖拉机 负荷
2002-05-06	杨凌区畜牧场	1.3	苜蓿	检验秸秆切碎 及抛送质量	97.4				无黑烟,声音 正常,负荷适当
2002-06-21	陕西省农机化新技术 新装备试验基地	0.67	高麦茬(30 cm) 及散落麦秸	将麦茬、麦秸粉 碎覆盖,种玉米	98.1	6.37	5.58	未出现过秸秆 拥堵,工作顺畅	声音清亮,烟 少,负荷较轻
2002-08-24	本校农作一站	0.2	早玉米	将玉米秸粉碎 覆盖,种小麦	96.3	8.47	6.54	偶尔发生夹秆, 需人力清除。	与通常秸秆 还田作业负 荷基本相同

*: 表中各试验均在拖拉机正常作业速度(II 档)下进行。

从实际应用考核结果可见,机具性能表现良好,主要技术指标均达到了现行秸秆粉碎还田机和施肥播种机的性能要求,证明一次性联合作业模式的合理性与可行性,表明机具设计是成功的。

5 结 论

1) 秸秆粉碎覆盖与免耕施肥播种一次性联合作业,较目前通行的分段式作业具有显著的优点。在推广保护性耕作技术方面,有必要开发这种高效率机具。

2) 实现秸秆粉碎覆盖与免耕施肥播种联合作业模式原理和实践是可行的。

3) 样机存在的一些结构设计问题还有待进一步改进。

[参 考 文 献]

- [1] 农业部农业机械化管理局. 农业机械化“十五”计划汇编[Z]. 北京: 2001. 12
- [2] 高焕文. 可持续机械化旱作农业研究[J]. 干旱地区农业研究, 1999(1): 57~ 62

- [3] 贾延明, 尚长青, 张振国, 等. 保护性耕作适应性试验及关键技术研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 78~ 81.
- [4] 翟通毅. 山西省发展机械化保护性耕作农业的报告[J]. 农机推广, 2001, (2): 4~ 5.
- [5] 李洪文, 陈君达, 高焕文. 旱地玉米免耕覆盖播种机具试验研究[A]. 北方旱地农业综合发展与对策学术讨论会论文集. 北京: 1993. 7.
- [6] 高志文. 介绍一种保护性小麦播种机具[N]. 农业科技报, 2002. 7. 25.
- [7] 陕西省科技情报所. 秸秆覆盖免耕施肥播种联合作业机查新检索报告[R]. 2002. 5.

Implementation of combined work of straw crushed for mulching and seeding with fertilizer and design of the machine

Xue Huilan, Xue Shaoping, Yang Qing, Yao Wansheng, Lei Shuwu

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Sci-tech

University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In the process of developing and popularizing conservative tillage planting technology of straw mulching, for the problem that currently the work pattern by stages does not make the seeding work with fertilizer (especially for the small row-spacing crops such as wheat) done normally because of the tangling and blocking of the straw, and based on the design idea that before the straw, which is crushed by the hammer-claw and thrown towards inclined back-top side with a high speed crossing the seed-fertilizer box along the wind hole, falls on the soil and the soil is clear and bare, the machine furrows to seed with fertilizer and subsequently the crushed straw spreads over the soil naturally. And the model 9QBF-150/8 of seed and fertilizer seeder for straw mulching and without furrowing work is developed. The results of field test indicate that: the machine works well; the performance is good; the qualified index of the crushed straw's length is not less than 96.3%; the coefficient of variation of the seed depth is no more than 8.47% and that of the fertilizer is no more than 6.45%. In the test, the tractor power is 36.8 kW, which is the same as that used in the straw-returning machine for the width of 1.5 m. And in the working process, the work load is not increased obviously. Meanwhile, the feasibility and the reasonability of combined work of seeding with fertilizer and crushing straw for mulching are proved in principle and by facts. Although there are some problems in the sample machine which should be improved and perfected, for example, the machine is a little heavier and the center of gravity is a little on the backside.

Key words: straw mulching; no-tillage seeding; combined work; conservative tillage; design of the machines and tools