

船式旋耕埋草机核心技术熟化及配套技术集成

周勇 许绮川 夏俊芳 张国忠 黄海东

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 为了提高船式旋耕埋草机的田间作业质量,以便满足下茬水稻播栽的技术要求,针对多种不同种植制度的水田进行了生产试验与示范。通过在生产试验与示范过程中对船式旋耕埋草机核心技术熟化提升及配套技术组装集成,使该项技术经济指标达到新产品开发阶段的计划任务指标,形成了水田适度耕整和秸秆埋覆还田的水稻生产机械化保护性耕作新技术;构建了一种以船式旋耕埋草机技术为中心的水田耕、种、收机械化技术体系。

关键词 旋耕埋草机;核心技术;保护性耕作;水稻

中图分类号 S 222.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)05-0652-05

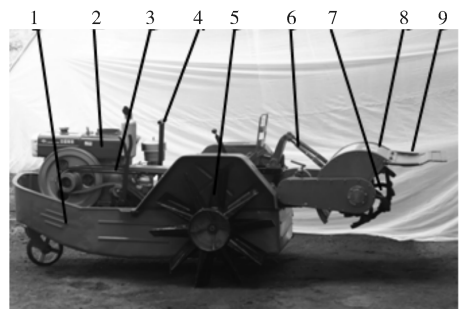
伴随我国联合收获机械化的快速发展和机收服务产业化的加快,为了抓农时、抢季节、减轻收获机械作业负荷及提高收获质量,与下茬稻作有关的油菜、小麦、早稻等收获后残留田间的秸秆(割茬)愈留愈高,普遍达到50~60 cm,给水稻播栽前的耕整地造成了较大的困难。现有人畜力作业方式劳动强度大、工艺复杂又落后(耕→耙→耖→滚→平)、用工量多、作业技术要求高、作业效率很低,且随着目前农村产业结构的调整和劳动力的加速流转,其作业成本正在与日俱增。采用带秸秆切碎装置的联合收获机或专用的秸秆粉碎机,其切碎后的短秸秆在水田耕整时漂浮于水面,现有旋耕机很难予以埋覆,这样既增加了秸秆直接还田的生产成本,又不能保证后续作业所需质量。

为了解决我国南方油-稻、麦-稻、稻-稻、肥-稻等多熟制水稻产区在前茬作物收获后,田间秸秆愈留愈高,而常规人畜、机械耕整技术又难以将其埋覆还田的突出难题^[1-2],笔者研究了船式旋耕埋草机的新技术,提高船式旋耕埋草机的作业质量,努力满足下茬水稻播栽的技术要求,通过生产试验与示范,对其核心技术进行熟化提升,并根据水稻生产全程机械化发展的要求,以船式旋耕埋草机技术为中心,进行耕、种、收机械化配套技术组装集成,旨在为实现水田适度耕整和秸秆埋覆还田的保护性耕作提供科学依据。

1 整机结构与工作原理

1.1 整机结构

船式旋耕埋草机由船式旋耕埋草机(机耕船)和旋耕埋草机2部分组成^[3-4],主要包括船体、发动机、传动系统、操纵系统、水田行走机构、悬挂提升机构、螺旋刀辊、旋耕机罩壳、平地装置等(图1)。



1. 船体 Boat hull; 2. 发动机 Engine; 3. 传动系统 Drive system; 4. 操纵系统 Controlsystem; 5. 水田行走机构 Travelling mechanism; 6. 悬挂提升机构 Suspension system; 7. 螺旋刀辊 Spiral knife roll; 8. 旋耕机罩壳 Encloser; 9. 平地装置 Smoothing device.

图1 船式旋耕埋草机

Fig. 1 Stubble-mulch rotocultivator for boat tractor

1.2 技术经济指标

在技术研究阶段,针对油茬、麦茬、稻茬田进行大规模生产试验与示范,使新技术、新装备不断熟化提升,其技术经济指标达到了预定目标^[5-6](表1)。

收稿日期: 2011-01-11

基金项目: 农业部农业科技跨越计划项目(2007跨18)

周勇, 硕士, 讲师, 研究方向: 农业机械设计及性能试验. E-mail: zhyong@mail.hzau.edu.cn

表 1 技术经济指标统计表¹⁾

Table 1 Statistical table of technical and economic indexes

项目 Items	技术研究 Technology studies			新产品开发(技术熟化) New product development(technology upgrading)		
	设计要求 Design requirements	试验报告 Test report	检验报告 Survey report	计划任务 Scheduled tasks	试验报告 Test report	检验报告 Survey report
作业幅宽/mm Working width	680	700	695	700	700	725
耕深/cm Tilling depth	10~12	11	11.7	≥12	13	12.2
耕深稳定性系数/% Stability coefficient of tilling depth	≥85	90.5	90.7	≥85	≥92	92.4
植被覆盖率/% Vegetation coverage	≥90	95.6	94.6	≥90	≥96	95.6
地表平整度/cm Surface smoothness	≤5	≤1.8	1.8	≤5	≤1.8	1.6
作业速度/(km/h) Working speed	4.0~4.5	4.0~4.5	4.3	4.0~5.0	4.5~5.5	5.0
纯小时生产率/(mu/h) Productivity	2	1.7~2.5	2.49	2.0~2.5	2.5~3.0	2.51
主燃油消耗率/(kg/mu) Fuel consumption rate	0.8~1.1	1.0~1.3	1.04	0.8~1.1	0.9~1.1	1.09
前茬秸秆高度/cm Straw height	50	70	65.5	≤65	不限 Azonic	44.0
前茬秸秆量/(kg/m ²) Straw amount	3	3.42	3.51	3	不限 Azonic	3.06

1) 试验报告数据为项目组多次生产试验实测结果;检验报告数据为湖北省农业机械鉴定站生产现场检测结果。

Data of test report is measured by our project team in multiple production tests;Data of survey report is measured by the Agricultural Machinery Authenticate Station of Hubei Province.

1.3 核心技术及工作原理

船式旋耕埋草机作业机组由机耕船与其后置的卧式旋耕埋草机组组成。机组在动力机驱动下,通过传动系统,将一部分动力经双级齿轮减速器传递给船体两侧叶轮,驱动机组前进,并将秸秆有序推倒和压服,同时产生平衡工作部件耕作阻力的驱动力;另一部分动力经一级链传动传递给旋耕埋草机主轴,再通过二级齿轮传动传递给刀辊轴,带动刀辊回转,对土壤进行切割、破碎,对秸秆进行压埋,并使土壤和秸秆得以揉合,直至融为一体,实现水田适度耕整与秸秆埋覆还田(图 2)。刀辊一方面随机组前进作等速直线运动,另一方面作回转运动,左右对置螺旋刀具不断地向下辊轧、揉切土壤和残留秸秆,同时将

切下的土堡抛向并撞击罩壳后落回地表,再由平土拖板趟平地表。机组前进的同时,刀辊连续不断地对未耕地进行松碎和辊轧,最终使得秸秆埋覆地下,土壤细碎、起浆好、地表平整。

1.4 核心技术熟化提升

2007—2009 年期间,在湖北省的团风县、监利县、浠水县、鄂州市和湖南省的岳阳县以及江西省的瑞昌市累计投放 52 台船式旋耕埋草机进行生产试验与示范,与此同时还辐射推广了 196 台该机。采用对部分试验示范和辐射推广机具进行实地跟踪调查和检测的方式,收集意见与建议,以提高作业质量和使用可靠性为目标,对旋耕埋草核心技术及其机耕船配套技术不断地进行熟化提升和集成(图 3)。

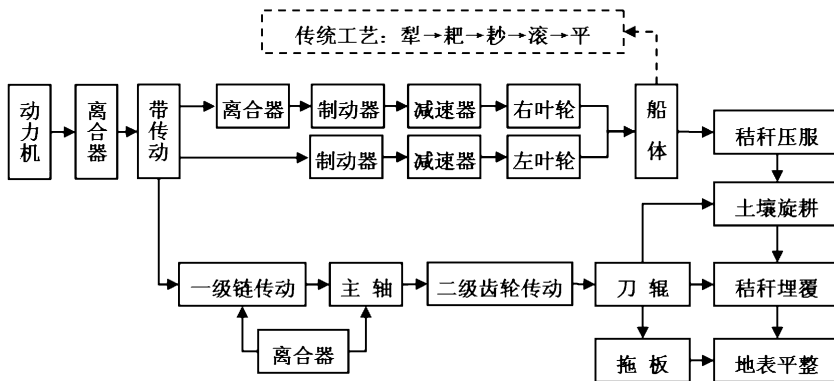


图 2 技术路线

Fig. 2 Technical route

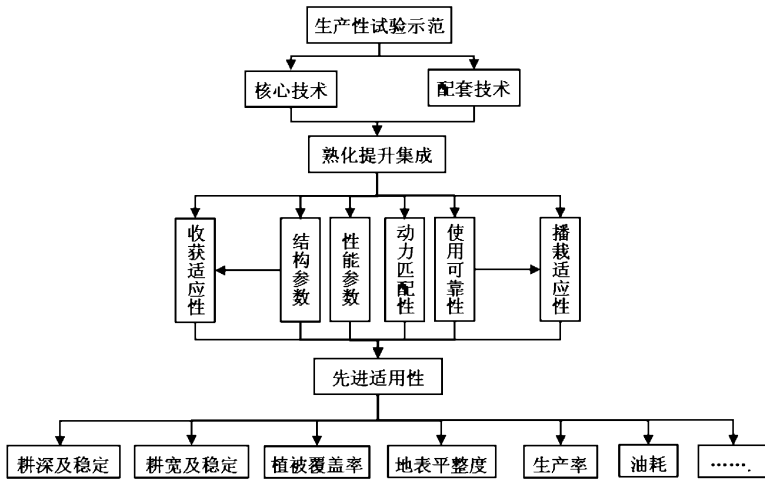


图 3 技术熟化集成工作路线

Fig. 3 Work route of technology upgrading and integrating

在核心技术熟化提升过程中,针对主轴强度不够、二级链传动调节不便、有的链轮失效,链盒及支撑板刚度不足,整机过硬有翘头失衡现象等问题,采取了将主轴缩短三分之一,增加直径、提高材质、三点调心支承等有效措施;将第二级链传动改为五轴全齿轮传动;对船体双向加长并调整了机组重心。此外,为了确保旋耕埋草装置整体不变形,对主轴、刀轴均采用了双向锁定和支撑板适当加厚等办法;为了保证操控可靠性,对离合器改用了钢珠弹簧定位的成熟技术;为了提高生产率,改变了传动系统参数和增加驱动轮直径,加快了作业速度。经核心技术熟化集成后,其技术经济指标达到和部分优于计划任务指标(表 1)。

2008 年度产品经过各地各类农田作业的试验示范和推广应用,来自各方面的信息和项目组的巡回跟踪监测调查及企业“三包”服务统计等情况表明:当年这批产品取得了“两低三高”的显著进步,一是故障率显著降低,机具维修率从 2007 年的 38% 降至 2008 年的 12%;二是维修费用显著降低,企业每台“三包”服务费由 2007 年的 447 元降至 2008 年的 193 元,下降率达 57%;三是视不同作业条件和使用技能,其纯小时生产率平均提高 35% 左右;四是耕整后的地表平整度显著提高,且新增平田杠的选用,使地表平整度更高;五是机手作业服务收益和受益农户效益显著提高,企业对用户满意率的调查也从 2007 年的 76% 上升至 2008 年的 92%。

2009 年产品的生产试验示范和辐射推广表明,其产品维修率从 2008 年的 12% 降至 2009 年的 3%,其技术效果得到了用户的进一步肯定。

2 配套技术组装集成

与船式旋耕埋草机技术配套的油菜、小麦、水稻机械收获技术和水稻机械播栽技术相互适应性试验与示范,是本项目技术体系组装集成的重要内容。

2.1 机械收获技术的配套性

从表 1 中技术经济指标来看,该船式旋耕埋草机实现对机收后残留的高秆进行埋覆还田,与现有收获机械配套性好。

此外,3 年的规模化试验示范结果也表明:船式旋耕埋草机的作业条件对收获机械和机械收获后的秸秆种类、秸秆高度、秸秆状态、单位面积秸秆量没有特定要求,而且认为联合收获机收获时,秸秆没有必要切碎,这样还可以节省收获能源消耗。

2.2 水稻机械播栽技术的适应性

船式旋耕埋草机作业质量的好坏直接影响到后茬水稻的播栽,因此,其耕整水田的质量必须符合水稻播栽的农艺要求^[7]。

为此,在生产试验与示范过程中,还开展了与水稻机械播栽技术相互适应性的研究。

1) 水稻机械化插秧的适应性。仅就生产试验示范区 52 台船式旋耕埋草机的 128 台年生产试验示范而言:累计完成作业面积 6 533 hm²,其中含上年遗留中稻、晚稻、杂草等秸秆的冬闲田 3 397 hm²,占 52%;当年油菜秸秆田 634 hm²,占 9.7%;当年小麦秸秆田 444 hm²,占 6.8%;当年早稻秸秆田 1 405 hm²,占 21.5%;当年香莲秸秆、西瓜藤蔓、抛荒杂草田 653 hm²,占 10%。与试验示范作业面积配套的机械插秧试验示范面积累计达到 2 067

hm²,其中早稻面积占46.8%,中稻面积占38.2%,晚稻面积占15%。

3年来共完成“水稻机插配套生产试验示范质量检测记录表”138份(表2)。检测结果表明:船式旋耕埋草机不仅能满足水稻机插的农艺质量要求,而且能节约传统精耕细作后需要沉淀2~3d才能机插的时间,优质、高效地达到了船式旋耕埋草机与水稻即耕即插配套的目的,操作机手和广大农户都很满意。

表2 水稻机插配套生产试验示范质量检测统计表

Table 2 Statistical table of quality test for machine rice transplantation

项目 Items	冬闲田 Winter fallow field	油菜 Rape	小麦 Wheat	早稻 Early rice	其他 Other
秸秆高度/cm Straw height	35.4	44.6	37.1	35.5	132.1
插秧机械 Transplanting machine	富来威 FLYWHALE,春苗 CHUNMIA,东洋 TONGYANG,久保田 KUBOTA,洋马 YANMAR,科里亚 KOLEA				
水层深度/cm Water depth	2.62	2.79	2.93	2.75	2.96
伤秧率/% Damaged seedling rate	1.99	2.11	2.18	2.15	2.11
漂秧率/% Floating seedling rate	2.10	2.36	2.28	2.50	2.25
漏插率/% Miss seedling rate	2.53	2.91	3.00	2.95	2.95
翻倒率/% Turnover seedling rate	1.81	1.97	1.93	2.14	1.93
插秧深度合格率/% Qualified rate of transplanting depth	95.36	95.31	95.50	94.60	95.28
相对均匀度合格率/% Qualified rate of relative uniformity	91.58	89.81	89.40	90.86	89.77

2)水稻机械直播的适应性。在船式旋耕埋草机技术与水稻机械直播技术适应性研究的进程中,华中农业大学研制的2BFS-8型水稻播种施肥机,能一次性完成平田、开沟、作畦、播种、施肥、压种和盖肥等多道联合作业工序^[8]。

2009年5月在湖北省团风县金锣港农场试验田,开展了船式旋耕埋草机和2BFS-8型水稻播种施肥机配套作业同步试验示范,并对2BFS-8型水稻播种施肥机进行了性能检测(表3)。

试验结果表明:2BFS-8型水稻播种施肥机主要性能指标均能达到国家相关标准规定。至此,形成了一种以船式旋耕埋草机技术为中心的水田耕、种、收机械化技术体系(图4)。

表3 2BFS-8型水稻播种施肥机性能指标

Table 3 Performance indexes of 2BFS-8 type rice seed sowing and fertilizer machine

项目 Items	标准要求 Standard request	检测结果 ¹⁾ Test results
作业速度/(km/h) Working speed	3~5	3.85
各行排种量一致性变异系数/% CV of every row seeding amount consistency	≤11.0	10.4
总排量稳定性变异系数/% CV of total seeding amount stability	≤7.5	6.4
播种均匀性变异系数/% CV of seeding uniformity	≤45.0	40.7
种子伤芽率/% Damaged bud rate	≤1.5	1.2
各行排肥量一致性变异系数/% CV of every row fertilizer sowing amount consistency	≤13.0	12.5
总排肥量稳定性变异系数/% CV of total fertilizer sowing amount stability	≤7.8	2.7
施肥深度合格率/% Qualified rate of fertilization depth	≥75.0	99.0
断条率/% Breaking rate	≤2.0	1.0

1)检测结果为湖北省农业机械鉴定站生产现场检测结果。

Test results is measured by the Agricultural Machinery Authenticate Station of Hubei Province.

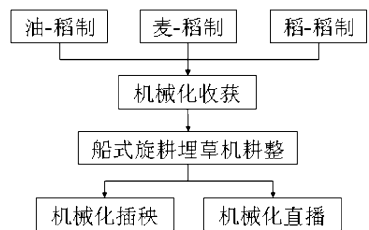


图4 水田耕、种、收机械化技术体系

Fig. 4 Technology system of mechanization for paddy farming

3 结论与讨论

通过大规模生产试验与示范,船式旋耕埋草机核心技术熟化提升后的技术经济指标达到新产品开发阶段的计划任务指标,解决了常规人畜、机械耕整技术难以将高秆埋覆还田的突出难题,其与现有的收获机械配套性好。

水稻机插配套生产试验示范质量检测结果和2BFS-8型水稻播种施肥机性能指标表明:船式旋耕埋草机技术与水稻机械播栽技术适应性好;船式旋耕埋草机技术及装备优质高效地实现了水田适度耕

整和秸秆埋覆还田,不仅能满足水稻机插机播的农艺质量要求,而且能优质高效地达到了水稻即耕即插或即耕即播的配套目的,构建了水田耕整、水稻前茬收获和水稻播栽机械化技术新体系。

船式旋耕埋草机技术在满足水稻适时播栽和生长要求的适度耕整的同时,优质快捷地将秸秆埋覆至耕作层,并使耕层土壤与秸秆有机融为一体,是一举多得、先进适用的水稻生产机械化保护性耕作新技术;船式旋耕埋草机通过一道工序就可完成“压秆→旋耕→碎土→埋秆→平田”的联合作业新工艺,为水田耕整联合作业机械的设计提供了参考。

船式旋耕埋草机核心技术熟化提升主要是针对其在生产试验与示范中出现的问题而进行的,尚需进一步对核心工作部件螺旋刀辊进行结构参数和运动参数优化来提高作业质量。

试验结果表明,船式旋耕埋草机作业质量能满

足水稻播栽技术,但对作物后续生长的影响有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 陆为农. 水稻生产机械化发展现状及展望[J]. 农机科技推广, 2006(2):13-15,22.
- [2] 王金武,尹大庆,韩永俊,等. 水稻秸秆整株还田机的设计与试验[J]. 农业机械学报,2007,38(10):54-56.
- [3] 罗锡文. 农业机械化生产学(下册)[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [4] 拖拉机编辑部. 机耕船文集[M]. 北京:中国林业出版社,1982.
- [5] 张国忠,许绮川,夏俊芳,等. 1GMC-70型船式旋耕埋草机的设计[J]. 农业机械学报,2008,39(10):214-217.
- [6] 夏俊芳,张国忠,许绮川,等. 多熟制稻作区水田旋耕埋草机的结构与性能[J]. 华中农业大学学报,2010,29(2):331-334.
- [7] 李宝筏. 农业机械学[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [8] 夏俊芳,许绮川,王志山,等. 2BFS-8型水稻芽种播种施肥机设计与试验[J]. 农业机械学报,2010,41(10):44-47.

Core technology upgrading and matching technology integrating of stubble-mulch rotocultivator for boat tractor

ZHOU Yong XU Qi-chuan XIA Jun-fang ZHANG Guo-zhong HUANG Hai-dong

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract To improve the quality and meet the requirements of sowing and planting, the production testing and demonstration have been done for stubble-mulch rotocultivator for boat tractor in different paddy fields with multiple rice cropping system. By upgrading core technology and integrating matching technology in the production testing and demonstration process, the technical and economic indexes of stubble-mulch rotocultivator for boat tractor have met expectations, a new conservation tillage technology for rice production mechanization has been formed and it has been used to achieve moderate tillage and stubble-mulch returning. A kind of mechanization technology system for cultivating, seeding and harvesting of paddy has been created, and it uses the stubble-mulch rotocultivator for boat tractor as the prime technological device.

Key words stubble-mulch rotocultivator; core technology; conservation tillage; rice

(责任编辑:陈红叶)