

基于农机与农艺相结合的水稻 精量穴直播技术及机具

王在满¹, 罗锡文¹, 唐湘如², 马国辉³, 张国忠¹, 曾 山¹

(1 南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 华南农业大学 工程学院, 广东 广州 510642;

2 华南农业大学 农学院, 广东 广州 510642; 3 国家杂交水稻工程技术研究中心, 湖南 长沙 410125)

摘要:对水稻直播存在的农艺技术难点, 基于农机与农艺相结合的理念, 提出了同步开沟起垄水稻精量穴直播技术、同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术和同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播技术, 研制成功 2BD 系列水稻精量穴直播机. 生产试验结果表明, 采用精量穴直播技术的水稻群体结构合理, 减少了直播稻的倒伏现象, 实现了水稻节水灌溉种植, 产量可比人工撒播、人工抛秧和人工插秧分别增加 10%、8% 和 6% 以上; 采用同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术可节肥 30% 以上, 产量提高 10% 以上; 采用同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播技术在直播时同步喷施液体地膜成苗率可提高 18% 以上, 产量提高 5% 以上.

关键词:农机与农艺; 开沟起垄; 水稻穴直播; 施肥; 喷施

中图分类号: S223.23

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2010)01-0091-05

Precision Rice Hill-Direct-Seeding Technology and Machine Based on the Combination of Agricultural Machinery and Agronomic Technology

WANG Zai-man¹, LUO Xi-wen¹, TANG Xiang-ru², MA Guo-hui³, ZHANG Guo-zhong¹, ZENG Shan¹

(1 Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, College of Engineering,

South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 College of Agriculture, South China Agricultural

University, Guangzhou 510642, China; 3 China National Hybrid Rice R&D Center, Changsha 410125, China)

Abstract: Based on the combination of agricultural machinery and agronomy technology, the technologies and machines of precision rice hill-direct-seeding with “row and hill” and “furrow and ridge”, precision rice hill-direct-seeding with fertilizing simultaneously and precision rice hill-direct-seeding with spraying simultaneously were developed. The precision rice hill-direct-seeding technology can form a reasonable group structure, reduce the lodging, and save water in rice planting, increase rice yield 10%, 8%, 6%, respectively, compared to the manual broadcasting, manual seedling broadcasting and manual transplanting. The precision rice hill-direct-seeding with fertilizing simultaneously technology can save fertilizer more than 30% and increase rice yield 10% compared to the manual fertilizing. The precision rice hill-direct-seeding with spraying simultaneously technology can increase the seedling rate more than 18% and rice yield 5%.

Key words: agricultural machinery and agronomy technology; furrow and ridge; rice hill-direct-seeding; fertilizing; spraying

收稿日期: 2009-08-06

作者简介: 王在满(1979—), 男, 实验师; 通讯作者: 罗锡文(1945—), 男, 教授, 硕士, E-mail: xwluo@scau.edu.cn

基金项目: 863 计划项目(2006AA10A307); 农业科技成果转化资金项目(2007GB2E000235); 粤港关键领域重点突破招标项目(2007A020904001)

水稻直播包括人工撒播、机械直播和飞机撒播。与移栽稻相比,直播稻具有省工、省力、省本、省秧田等特点^[1-3],但是,直播稻存在一定的风险和技术难点。综合有关文献^[4-7],直播稻大体上存在以下问题:直播田平整精度要求高、人工撒播的直播稻群体结构不合理、成苗率低、除草难、容易倒伏等。直播稻存在的这些农艺技术难点在一定程度上制约了水稻直播技术及相关机具的推广应用。农机与农艺相结合是解决直播稻问题最有效的方法。有专家认为完全抛开现有农艺去设计机具是不符合实际的;单方面地要求农机服务于农艺的思维也已过时,正确的方法应是农机与农艺各自调整,相辅相成,融为一体,共同为提高农业生产的综合效益服务^[8]。本文针对水稻机械直播的农艺技术难点,充分利用农机与农艺相结合的优势,对适应农艺要求的水稻直播机具设计和适应水稻机械直播的农艺技术进行了深入研究。

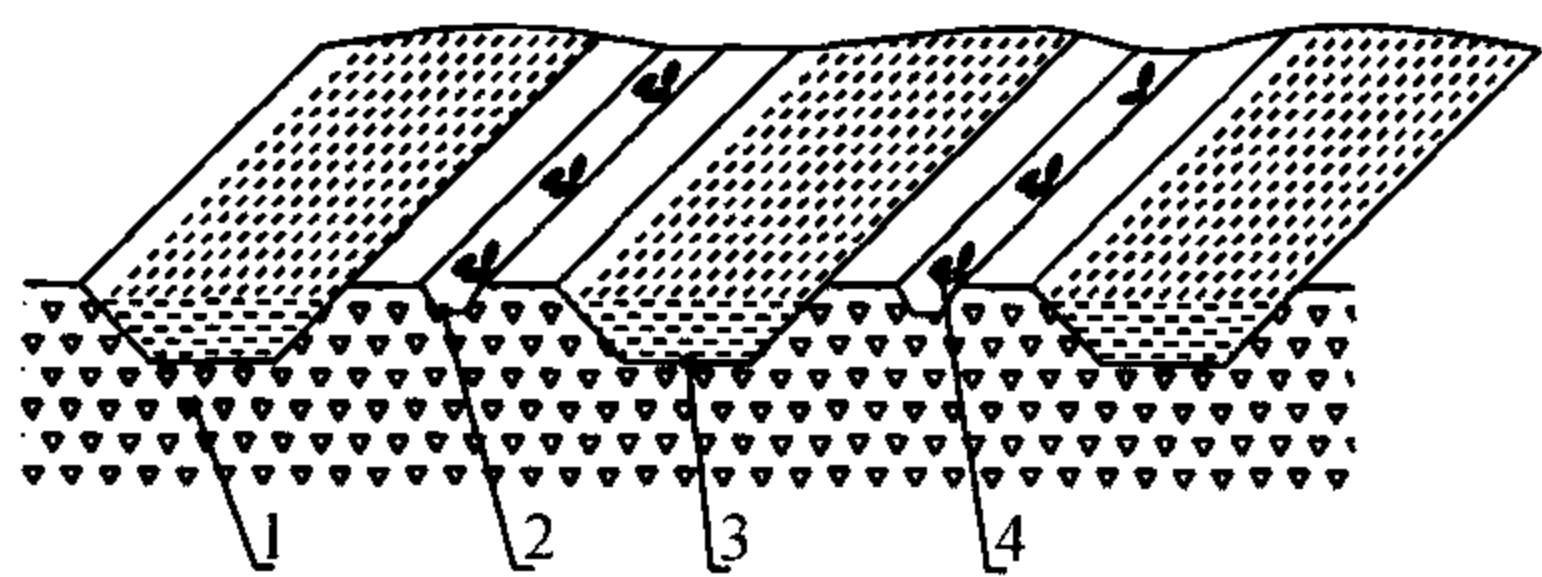
1 研究方法

1.1 同步开沟起垄水稻精量穴直播技术

水稻群体结构不合理是指水稻群体过密、过稀或疏密不匀,结果加剧了个体与群体、主穗与分蘖穗、穗数与粒数的矛盾,使各个产量构成因素不能得到协调发展,进而导致减产。播种疏密不匀和播种量不合理是造成水稻群体结构不合理的两大原因^[7]。针对这个问题,本研究提出了“成行成穴”直播技术,即将催芽至破胸露白的芽种成行定距定量地播到大田中。

虽然水稻栽培学界一直提倡湿润灌溉的理念,但由于人工开沟的难度和工作量较大,导致该技术一直难于大面积推广。水稻直播的又一技术难题是倒伏问题。直播水稻容易倒伏的原因是多方面的,如苗期植株根系入土浅、封行时未烤田、氮肥过量、病虫害、恶劣天气(如台风)等。

综上所述,本研究提出一种以“开沟起垄”和“成行成穴”为主要特点的水稻精量穴直播方式,如图1所示。



1:土壤;2:播种沟;3:蓄水沟;4:稻种

图1 水稻精量穴直播方式

Fig. 1 Principle of precision rice hill-direct-seeding

经过多年的试验和优化设计,华南农业大学研制成功2BD系列水稻精量穴直播机(图2),主要由动力底盘、传动装置和播种装置组成,播种装置由排种器、种箱、开沟起垄装置等组成。排种器采用型孔轮式排种轮,对排种轮型孔形状、充种室、限种机构、护种机构和清种机构进行了深入研究,实现了“行距可选、穴距可调、播量可控和同步开沟起垄”的目标。

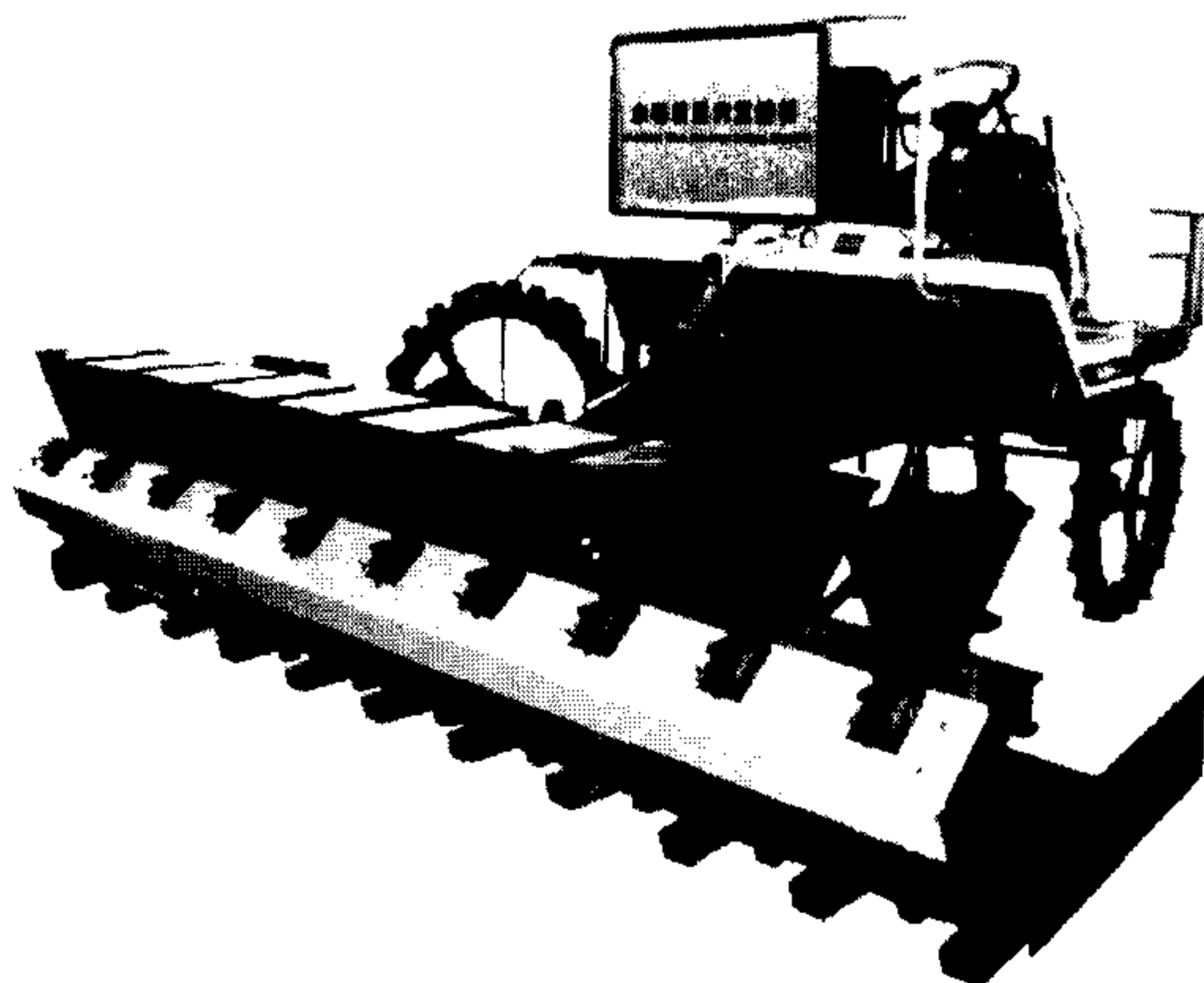


图2 水稻精量穴直播机

Fig. 2 Precision rice hill-direct-seeding machine

行距可选:为了适应不同茬口(早稻、中稻、晚稻)、不同品种(常规稻、杂交稻、超级稻)、不同区域和不同种植习惯的要求,2BD系列水稻精量穴直播机有20、25和30 cm 3种固定行距和(15+35)cm宽窄行距,根据用户要求,还可装配其他行距的水稻精量穴直播机。2BD系列水稻精量穴直播机分别有6、8、10、12和14行等机型。由于采用独立的排种器和种箱,2BD系列水稻精量穴直播机可以用于制种直播,还可以在同一田块中同时播不同的品种。

穴距可调:根据不同品种的生长特点、基本苗要求、播期和田间成苗率可调整播种穴距,以保证666.7 m²的基本苗。2BD系列水稻精量穴直播机根据所选用的底盘结构,有多种穴距可调,如选用井关牌乘坐式高速插秧机底盘,穴距从10~25 cm有6级可调。

播种量可控:根据直播稻的品种特性、茬口、直播区域和成苗率等情况,可调整每666.7 m²的播种量,如在南方地区,杂交稻666.7 m²播种量一般为1.0~1.5 kg,常规稻666.7 m²播种量一般为2.5~3.0 kg;在北方地区(如新疆),由于气候原因,666.7 m²播种量一般要求6 kg以上。2BD系列水稻精量穴直播机采用型孔轮式排种器,通过理论计算和高速摄像技术,优化设计了排种轮的瓢型孔形状;设计了

弹性随动护种带,降低了芽种的损伤. 实际应用中,可选用不同型孔大小的排种轮,并可通过调整限种板和毛刷轮的位置调整播种量,调整范围为每穴3~10粒,从而实现了播种量可控的目的.

同步开沟起垄:2BD系列水稻精量穴直播机可一次完成平地、开沟、起垄和播种. 为了适应开沟起垄的农艺要求,优化设计了开沟起垄装置,该装置主要包括滑板、蓄水沟开沟器和播种沟开沟器. 滑板将田面拖平后,蓄水沟开沟器开出蓄水沟,两蓄水沟之间形成一定高度的垄台,然后在垄台上开出播种沟,垄沟截面均为梯形. 垄台面宽和蓄水沟面上宽的比例视不同行距而定,一般取2:1左右. 垄沟深以不妨碍水稻根系正常生长和保证水稻生产期间所需用水为原则. 以25 cm行距为例,垄沟面上宽9 cm,沟深6 cm,从而实现了“沟中有水,水不上畦”的湿润灌溉直播方式,为水稻湿润灌溉的实现提供了技术支撑.

针对直播稻倒伏的问题,开沟起垄水稻精量穴直播机工作时,将破胸露白的稻种采用穴播方式播在播种沟中. 根据水稻生长特点,为保证穴径小于或等于5 cm和成穴的要求,播种沟设计成上宽为5 cm、下宽为4 cm、深3 cm. 采用播种沟播种方式,可减少由于稻种播在泥面被雨水或灌溉水冲散的现象;可实现稻种在湿润的泥面上生长;水稻长到一定程度时,播种沟能自动填满,可保证与机械插秧和人工插秧相当的根系入土深度.

1.2 同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术

水稻生产用水、用肥量大. 在大田生产过程中,直播水稻减少了育秧环节的施肥,因此,与移栽水稻相比,生产相同数量的稻谷,直播水稻可以减少氮肥(纯氮)使用量8~10 kg/hm². 我国的肥料利用率不高,造成资源浪费和环境污染^[15]. 采用肥料深施和使用缓释肥、控释肥是提高肥料利用率的重要途径之一,其中最有效的方法是播种时同步施放缓释肥、控释肥,以提高肥料利用率,减少施肥次数和生产成本. 在旱作作物中已有一些同步(深)施肥播种机具^[16-17],但由于水田的特殊性和水稻生长的特点,难以在人工插秧、机械插秧、人工撒播和人工抛秧时同步深施肥料.

本研究在同步开沟起垄水稻精量穴直播技术的基础上进一步提出了同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术. 通过实现“开沟、起垄、施肥、穴直播”联合作业,将肥料集中施于水稻根系附近,有利于根系吸收和水稻生长,减少肥料用量,达到高效、增产、节

肥、节水和减少田间甲烷排放量的目的.

为此,研制了同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机具,实现了平地、开沟、起垄、施肥和穴直播一体化(图3),该机具主要由开沟装置、施肥装置和播种装置等组成. 在两蓄水沟之间的垄台上的播种沟一侧开设一条施肥沟,施肥沟与播种沟之间的距离(两沟中心距)、播种沟的宽度和深度(距田表面的深度)根据农艺要求确定,一般为60、25和80 mm,并可根据实际需要调整. 播种机工作时先开出施肥沟并施肥,随之开出播种沟并播种,最后由蓄水沟开沟器开出蓄水沟,同时将施肥沟覆盖.

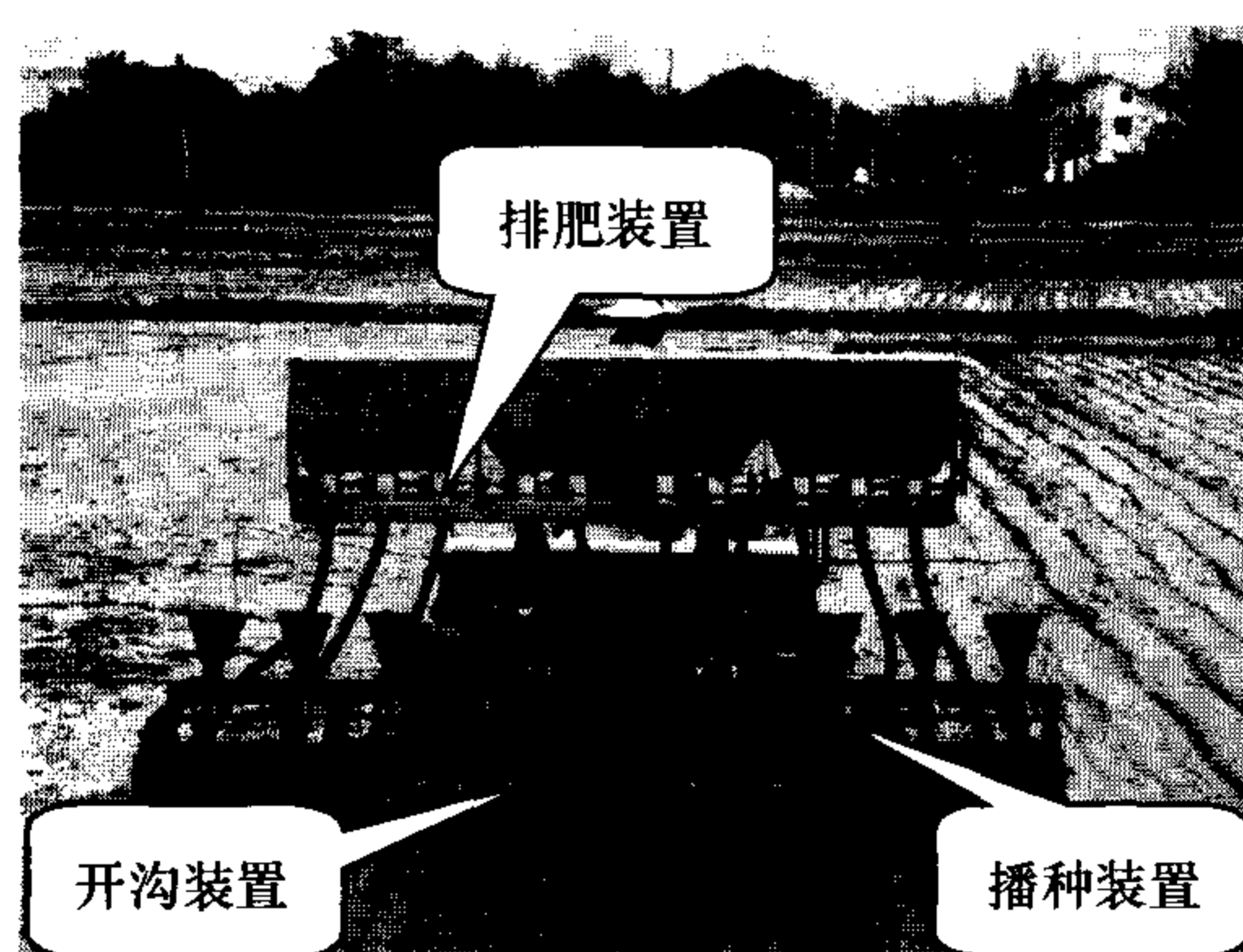


图3 同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机

Fig. 3 Ditching, ridging, fertilizing and precision rice hill-direct-seeding machine

同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机作业时,同步形成“三沟一垄”,即播种沟、施肥沟、蓄水沟和垄台. 施肥沟的开设可实现将肥料施于靠近水稻根系生长区的土壤深处,解决了水田肥料难以深施的问题;对肥料进行覆盖,可以减少因挥发、反硝化、淋失等原因造成的肥料损失. 将缓(控)释肥料施于靠近水稻根系生长区的土壤深处,其营养元素能根据水稻生长定时定量释放,满足水稻不同生长时期需要,一次施肥可满足全程生长需要.

1.3 同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播技术

采用直播后加覆盖物的方式,可以起到增温、保湿、防鸟、防霜冻、防雨冲的作用,对立芽、出苗及生长都有好处. 目前,生物可降解液体喷洒地膜已逐渐替代塑料地膜^[18],使用方便,快捷,不用回收,自然分解为有机肥料,总体成本比塑料地膜低. 加入肥料时可变成液体肥料地膜,加入农药又可变成液体农药地膜. 地膜覆盖已在农作物生产中广泛使用,并取得了很好的效果,但在一般水稻生产中难以大面积推广应用.

除草是大家共同关注的直播稻技术难点之一。目前,高效除草剂技术已逐渐成熟,基本上可以解决直播稻除草难的问题,关键在于要采用正确的喷施方法、选择正确除草剂和适期防止。一般情况下,化学除草可以采用“一封二杀三扑”的综合防治技术^[19],其中,“封”是指在直播后3 d内,666.7 m²用扫弗特75 mL加水40~50 kg,做土壤封闭处理,控制稗草、莎草等一年生杂草的萌发,降低基数。

多年来我国植保机械、农药、植物保护等部门之间的联系和沟通不够,特别是对农药和药械的产品生产和病虫害防治实际需要之间的相互影响研究不够,因此,施药技术存在以下问题:农药有效利用率低、浪费大、流失严重、环境污染和人畜中毒。施药过程中飘移、流失的农药形成重要的环境污染源^[20]。

针对直播稻的覆盖要求、化学除草和农药喷施等农艺技术难点,本研究在开沟起垄精量穴直播技术的基础上又进一步提出了同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播技术,并研制了同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播机具。如图4所示,该机是在2BD-10型水稻精量穴直播机的基础上加装了喷施装置,包括液体箱、机动喷雾机、喷管和喷头等。喷施装置的动力可由水稻精量穴直播机的汽油机或柴油机提供,或由水稻精量穴直播机的蓄电池提供(采用电泵),或由独立汽油机提供。

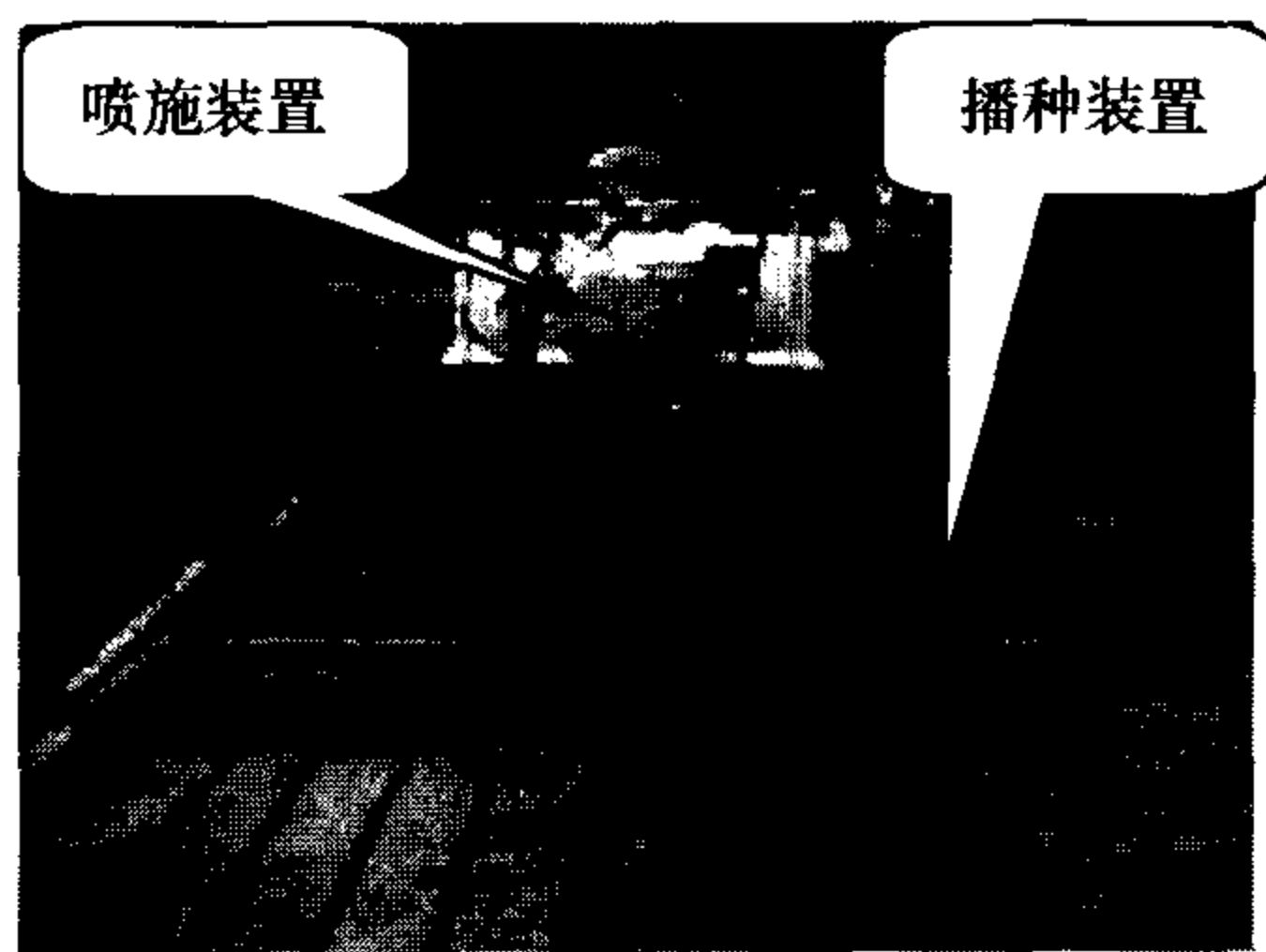


图4 同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播机

Fig. 4 Ditching, ridging, spraying and precision rice hill-direct-seeding machine

该机具可在开沟起垄水稻精量穴直播时同步喷施液体地膜、除草剂、农药和液体肥料等。在完成开沟、起垄、穴直播之后,采用机动喷雾机将装在液体箱中的液体从喷头喷出,每个喷头对应一个播种行。同步喷施装置的喷头距地面的高度、喷施角、雾化状况可根据实际需要和喷施物料调整,如喷液体地膜时喷幅仅需覆盖播种沟即可,喷除草剂时只需覆盖垄台即可(因蓄水沟中有水可抑制杂草生长),喷农药和液体肥料时可根据需要调整喷幅。

2 试验结果

2.1 同步开沟起垄水稻精量穴直播机

同步开沟起垄水稻精量穴直播机的播种效果如图5所示。“成行成穴”式水稻精量穴直播生产试验结果表明:与撒播、条播和人工抛秧相比,精量穴直播水稻成行成穴生长,改善了水稻的群体结构,分蘖节位低,有效分蘖穗多,通风透气好,采光充足,病虫害少,还可减少水稻后期倒伏的现象。2008年在广东省雷州市早稻生产中大田测定的结果表明:1粒杂交稻种有效分蘖穗最多可达25穗,产量可比人工撒播、人工抛秧和人工插秧分别增加10%、8%和6%以上;齐穗期精量穴直播水稻的纹枯病发病率平均为3.5%,而人工撒播水稻的纹枯病发病率平均为23.2%,是精量穴直播水稻的6.6倍。

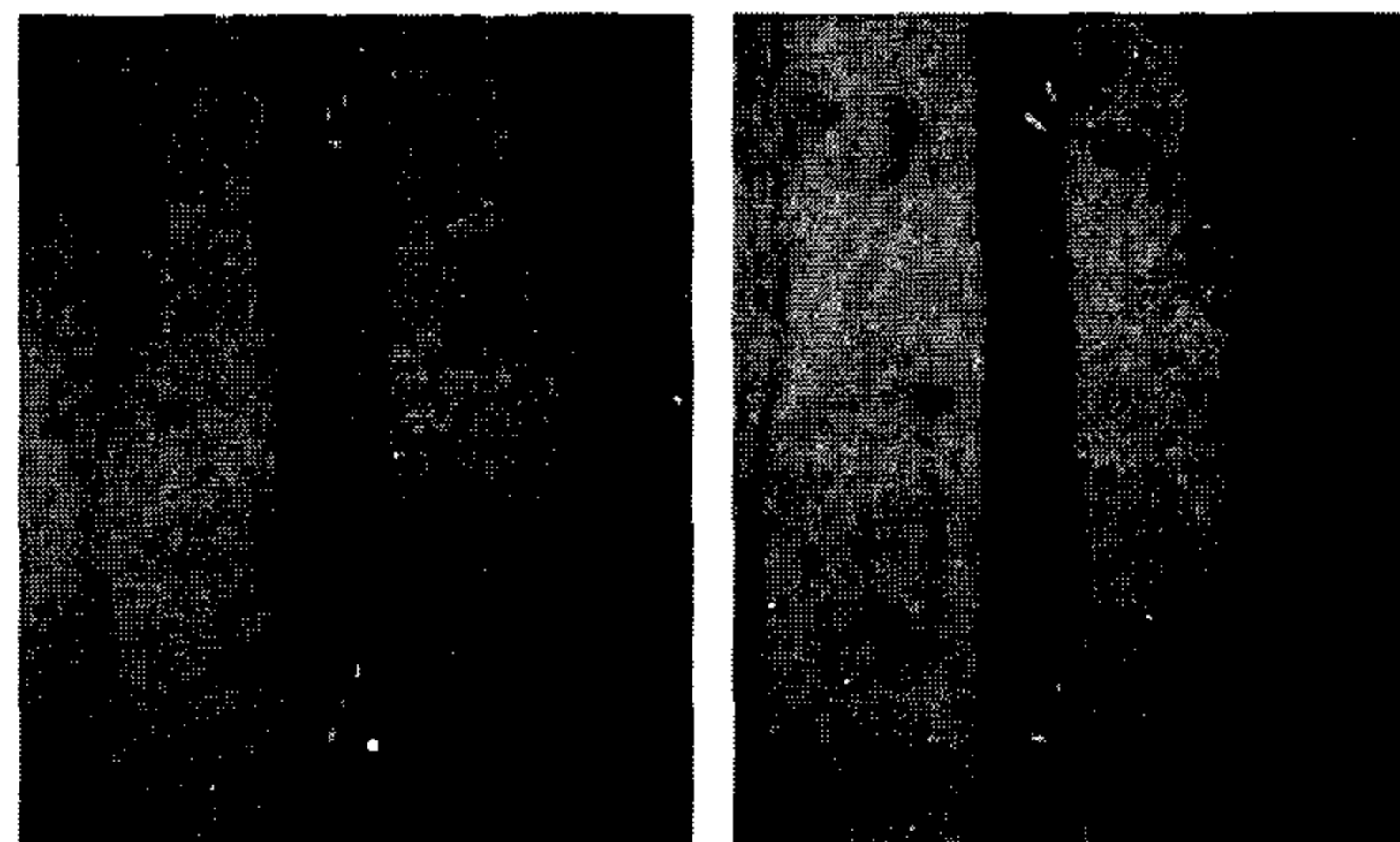


图5 穴直播效果

Fig. 5 Effects of hill-direct-seeding

“开沟起垄”式水稻精量穴直播生产试验结果表明:①增加根系入土深度,在一定程度上克服了一般直播稻由于直接播在田面上根系入土较浅容易倒伏的问题;②由于垄面少淹水或不淹水,土壤中氧化还原电位高,有利于根系生长和改善根系结构,增加了根系活动,促进了根系生长。2008年在广东省雷州市早稻生产齐穗期调查显示,人工撒播常规淹水方式的水稻黄根占72.94%、黑根占15.45%、白根占11.61%,而精量穴直播湿润灌溉方式的水稻黄根仅占52.90%,减少了20.04%,黑根仅占2.87%,减少了12.58%,白根占44.23%,增加了32.62%;③采用开沟起垄精量穴直播方式,保证了水稻根系在垄台中较湿润的环境中生长,只需在蓄水沟中灌入一定深度的水供水稻生长之用,无需整个田面灌水,既减少了灌溉水量,又减少了水分蒸发,节省了水稻生产用水。在华南农业大学实验农场进行的对比试验结果表明,在湿润灌溉的条件下,与移栽水稻相比,精量穴直播可以节约水稻生产用水39.1%,而水稻的产量未下降。在广东省雷州市进行的大田试验结

果也表明精量穴直播可节水 30% 以上;④由于无需整个田面灌水,可降低水稻田的甲烷排放量,从而减少了对环境的污染。

2.2 同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播机

2009 年在湖南省长沙县开慧乡国家杂交水稻工程研究中心水稻生产基地进行了同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播早稻生产试验,采用杂交稻株两优 15 品种,水稻根系发达,低节位分蘖,长势好,干谷产量 8 209.35 kg/hm²,比习惯施肥水稻精量穴直播产量提高 15.6%;采用该技术可大幅度提高肥料利用率,一般可节省施肥量 30% 以上,且播种时同步施肥后在整个水稻生长期间不需再施肥,减少了施肥次数和施肥用工。

2.3 同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播机

同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播机大田试验表明:喷量调节方便,喷施均匀,成膜效果好,可节省播后工序,节省作业成本,使用方便,效率高。在华南农业大学实验农场进行的喷施液体地膜试验结果表明,成苗率可提高 18% 以上,产量可提高 5% 以上。

3 结论

采用“成行成穴”和“开沟起垄”方式的水稻精量穴直播技术及机具很好地适应了水稻直播栽培的农艺要求,改善了水稻群体结构,实现了水稻节水灌溉种植,在一定程度上减少了直播稻的倒伏现象。

同步开沟起垄施肥水稻精量穴直播技术及机具实现了同步播种施肥和肥料深施,可减少施肥量 30% 以上,产量提高 10% 以上,减少了施肥次数和施肥用工,减少了环境污染。

同步开沟起垄喷施水稻精量穴直播技术及机具实现了同步播种喷施,省工、高效,喷施液体地膜可使成苗率提高 18% 以上,产量提高 5% 以上。

本研究所探讨的水稻精量穴直播机具很好地适应了水稻直播的农艺要求,但是,农艺技术也应适当地配合机具的实现,如降低液体地膜的生产成本、研究更适应播后喷施的除草剂以及配套的田间农艺管理等。

参考文献:

[1] 于吉森,赵冰,田新庆. 水稻直播机械的发展状况及前

景展望[J]. 农业装备技术,2006,32(2):14-16.

[2] 王琳,臧英,罗锡文. 我国水稻生产机械化发展对策[J]. 农机化研究,2009(6):1-4.

[3] 朱德峰,严学强. 国外水稻直播栽培发展概况[J]. 耕作与栽培,1997(1/2):102-103.

[4] 赵力勤,郑金林. 水稻机械直播技术研究与探讨[J]. 中国农机化,2003(3):17-19.

[5] 毛永兴. 直播水稻生长发育特性及其配套栽培技术研究[J]. 耕作与栽培,2003(1):30-31.

[6] 何金均,王立臣,宋建农,等. 水稻种植机械化发展现状及制约因素分析[J]. 农机化研究,2009(2):1-4.

[7] 陈翻身,许四五. 水稻直播栽培三个技术瓶颈问题形成原因及对策[J]. 中国稻米,2006(2):33-34.

[8] 蒋亦元. 农机科技创新中的农机与农艺相结合问题[J]. 农业机械学报,2007,38(3):179-181.

[9] 韩休海,吕金庆,侯国强. 水田全程机械化与农艺要求的研究[J]. 农机化研究,2009(5):244-246.

[10] 罗锡文,刘涛,蒋恩臣,等. 水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J]. 农业工程学报,2007,23(3):108-112.

[11] 罗锡文,蒋恩臣,王在满,等. 开沟起垄式水稻精量穴直播机的研制[J]. 农业工程学报,2008,24(12):52-56.

[12] 顾掌根,王岳钧. 水稻直播栽培高产机理研究初报[J]. 作物研究,2001(2):5-8.

[13] 沈铭,方华,李金泉,等. 节水高效栽培对直播水稻生长及其生理特性的影响[J]. 农业与技术,2003,23(5):50-55.

[14] 步勤仲,李仲华. 水稻直播节水栽培技术探讨[J]. 垦殖与稻作,2006(增刊):109-110.

[15] 张福锁,王激清,张卫峰,等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报,2008,145(15):915-924.

[16] 马旭,马成林,桑国旗,等. 变量施肥机具的设计[J]. 农业机械学报,2005,36(1):50-53.

[17] 薛惠岚,薛少平,杨青,等. 秸秆粉碎覆盖与施肥播种联合作业的实现及机具设计[J]. 农业工程学报,2003,19(3):104-107.

[18] 杨青华,韩锦峰,贺德先,等. 液体地膜覆盖保水效应研究[J]. 水土保持学报,2004,18(4):29-32.

[19] 吴爱民. 直播稻田杂草综合防除策略及除草剂安全性评析[J]. 杂草科学,2006(2):1-3.

[20] 何雄奎. 改变我国植保机械和施药技术严重落后的现状[J]. 农业工程学报,2004,20(1):13-15.

【责任编辑 周志红】