

保护性耕作技术在华南两熟区的应用与发展路径

汲文峰 黄海东 黄小毛

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 保护性耕作技术是当今世界农业发展的重要趋势。学习借鉴国内外成功实施和推广应用的经验,对促进中国南方一年两熟区农业的可持续发展具有重要意义。笔者在分析国内外保护性耕作技术研究现状的基础上,总结了目前中国南方一年两熟区保护性耕作技术和机具的应用情况,并对存在的问题和今后发展的方向进行了探讨。

关键词 保护性耕作; 技术; 应用; 发展路径

中图分类号 S 233 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2013)05-0134-07

保护性耕作技术是对传统耕作技术的一次革命,已成为当今世界农业和农业工程领域发展的重要趋势^[1-4]。相对于传统翻耕,保护性耕作是对农田实行免耕和少耕,并用作物秸秆覆盖地表,减少风蚀和水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的先进农业耕作技术。其目的在于克服传统耕作的诸多缺点,以防止水土流失,改善土壤结构,减少土壤水分的无效蒸发,提高水资源利用率,减少劳力、机械和能源的投入,提高劳动生产率与农作物产量,实现农业的可持续发展^[5-8]。进一步完善区域保护性耕作技术模式及技术体系,加大保护性耕作技术示范推广力度,促进该项技术的成熟和发展,对于保护生态环境、发展现代农业具有重大意义^[9]。笔者在分析国内外保护性耕作技术研究现状的基础上,总结了目前中国南方一年两熟水旱轮作区保护性耕作技术和机具的应用情况,并对存在的问题和今后的发展方向进行了探讨,旨在为建立与该区域种植制度相匹配、生态经济相适应的耕作技术和模式提供科学依据。

1 研究概况

1.1 国外保护性耕作技术

保护性耕作作为一项先进的农业耕作技术,在 20 世纪 30 年代起源于美国^[8]。20 世纪 80 年代以

后推广应用面积不断扩大,现已在全球 70 多个国家推广应用^[10]。目前,美国 68.3% 的耕地实施了保护性耕作,涉及的作物种类包括玉米、小麦、高粱、大豆等常规作物,以及棉花、马铃薯、西红柿、牧草等经济作物,主要采用免耕、少耕、垄作免耕、覆盖耕等技术模式,其中少耕和免耕面积较大,分别超过总耕地面积的 38% 和 22%,作物残茬覆盖耕作方式(覆盖率大于 15%)占到 53%^[11-12]。加拿大自 20 世纪 60 年代开始推广应用保护性耕作技术,主要采用高留茬、少免耕等技术模式,现其应用面积已超过总耕地面积的 60%^[13]。自 20 世纪 80 年代起,澳大利亚逐渐取消了铧式犁翻耕的作业方式,大力推广保护性耕作技术,研究的固定道作业式保护性耕作技术,克服了农业机械多次进地作业造成的土壤压实和影响作物生长等问题,应用面积占耕地面积的 73%^[13-14]。巴西和阿根廷等南美洲国家保护性耕作应用面积增长很快,已超过其本国耕地面积的 80%。欧洲保护性耕作应用面积也达到耕地面积的 14%。全世界应用面积总和约占耕地面积的 11% 以上^[14-15]。各国根据气候条件、土壤特性、作物种植生产特点、生产规模等条件,逐步形成了多种保护性耕作模式,如免耕、条耕、带耕、少耕等^[8]。

1.2 中国保护性耕作技术

中国的保护性耕作研究始于 20 世纪 70 年代,

收稿日期: 2013-04-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(51105161)、“十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD20B08)和湖北省自然科学基金项目(2011CDB149)

汲文峰, 博士, 讲师. 研究方向: 保护性耕作技术和仿生技术的应用. E-mail: jiwenfeng@mail.hzau.edu.cn

通信作者: 黄小毛, 博士, 讲师. 研究方向: 农业机械化及装备. E-mail: huangxiaomao@mail.hzau.edu.cn

因重视农艺技术研究,忽视农机具研究,加上认识不足和受相关条件限制,故推广应用面积并不大。进入20世纪90年代,以中国农业大学为代表,开始了中国特色保护性耕作的系统探索,结合理论研究和田间试验,积极开展适合旱作地区机具的创新研究,使保护性耕作技术的应用面积和应用范围不断扩大^[10]。2002年以来,随着保护性耕作技术研究的不断深入,形成了较为成熟的适应中国国情的技术模式,研制开发了一批保护性耕作专用机具,初步形成了推广保护性耕作的运行机制,示范应用取得了一定成效。目前,中国已建立4种类型保护性耕作体系示范区,即黄土高原一年一熟区、西北冷凉风沙区、东北高寒易旱区、华北一年两熟区,示范应用取得初步成效,并形成了适宜区域需求的特色技术模式,如适宜东北垄作区的浅旋灭茬播种技术、免耕错行播种技术和留茬到垄免耕播种技术等,适宜黄土高原坡耕地沟垄蓄水保土耕作技术、农田覆盖抑蒸抗蚀耕作技术和坡耕地留茬登高耕作技术等^[16-21]。截至“十一五”期末,保护性耕作实施面积超过400万 hm^2 ,达到北方地区耕地面积的6%,应用作物由小麦、玉米扩大到杂粮、棉花、向日葵、牧草等,但推广应用面积仅占全国耕地总面积的2.2%,多集中在北京、内蒙古、山东、河北、山西等北方干旱、半干旱地区,且种植作物主要为旱作物种^[22-23]。最新统计数据表明,2012中国保护性耕作推广面积迅速增长,应用范围持续增大,新增162万 hm^2 ,可增产粮食4.9亿~14.7亿 kg ,成本节约7.4亿~9.8亿元,节本增收达17.2亿~39.2亿元。全国实施保护耕作技术保护性耕作面积总和已超过667万 hm^2 ,相当于减少了 CO_2 排放量400万~800万 t ,社会经济效益显著^[24]。

2 应用现状

中国南方种植方式以水旱轮作为主,现行一年两熟的种植模式与北方的种植模式存在明显差异。南方地形地貌复杂多样,有平原、滨湖和丘岗等,田块面积也大小各异,多种种植制度并存,主要有稻一麦、稻一油、稻一棉等,而且与北方相比,南方降水充分、土壤含水量高、土壤粘着性大,因而农业机械田间行走通过性差,易产生粘附和下沉,且田地休耕期短,主要种植作物秸秆还田量大^[25],故南方水旱轮作区保护性耕作技术更复杂且难度更大。但近年来,保护性耕作技术在中国南方发展较快。

2.1 南方旱地保护性耕作技术

通过积极学习和借鉴北方保护性耕作技术的研究成果和推广经验,南方旱作保护性耕作模式基本确立,特别在作物秸秆还田和旱作作物少免耕播种方面日趋完善。如四川省推广应用的小麦免耕露播稻草覆盖栽培技术、稻茬田免耕条播技术、稻茬田小麦免耕破茬播种技术、稻茬田小麦条播剪茬覆盖技术、改表微地形技术(等高种植、垄耕)和丘陵坡耕地抗旱节水栽培等^[25];江苏省示范推广的稻麦套播免耕秸秆覆盖技术、玉米免耕播种技术、少/免耕覆盖油菜苗移栽技术、稻麦带状互套耕作技术和麦稻宽行交互保护性耕作技术模式等^[26-27];江西省集成创新的休闲期绿色覆盖(冬季绿肥养地、豆科作物固氮)技术、培肥土壤与以肥调水技术、深耕细作与表土耕作技术和秸秆覆盖与地膜栽培技术等^[28];湖北省推广应用的小麦机械化免耕直播技术和油菜机械化免耕直播技术等^[29];重庆市围绕水稻、马铃薯、高粱等作物,示范推广的免耕稻草覆盖栽培秋马铃薯技术和免耕秸秆覆盖栽培再生高粱技术等^[30]。

2.2 南方水田保护性耕作技术

在坚持保护性耕作技术“不动土、少动土,秸秆覆盖”的最本质特征的基础上,根据当地气候和田间作业环境特点,通过积极尝试和勇于实践,南方水田保护性耕作技术的研究和应用也有了长足进步,形成了具有区域特色的南方稻田保护性耕作制度。如四川省试验示范的水稻少耕机插技术、水田埋茬起浆技术、水田带状浅旋技术和水稻免少耕早育抛秧栽培技术等^[25];广西省形成了覆盖式稻草还田免耕抛秧技术、免耕抛秧稻鸭共育生态高效栽培技术、免耕抛秧“稻+灯(频振式诱虫灯)+鱼”生态技术和免耕抛秧“稻+灯+蛙”生态高效技术等多种水稻免耕抛秧生态技术模式^[31];湖北省推广应用的水田高茬秸秆旋耕翻埋技术和水稻直播技术等^[32];湖南省在双季稻多熟制保护性耕作关键技术方面取得了进展,研究开发了双季稻田温室气体减排技术和土壤轮耕技术等^[33-34];江西省积极推进免耕稻田小苗移栽种植技术^[28]。

3 研究进展

近年来,一些学者围绕中国南方一年两熟区主要作物,如水稻、小麦、油菜、玉米等,针对当地种植模式和田间作业条件,进行了机械化保护性耕作技术的研究和试验,形成了相应的保护性耕作技术模

式,并研制了若干配套保护性耕作机具。

3.1 作物秸秆还田技术

秸秆还田技术一般将收获后的作物(水稻、小麦、油菜、玉米等)秸秆粉碎或整秆直接翻埋入土壤或覆盖地面,从而避免秸秆焚烧,并提高土壤有机质含量和土壤肥力,减少化肥使用量^[35]。针对南方一年两熟水旱轮作制作业特点,一些研究者进行了秸秆还田技术研究,并取得了阶段性成果。夏俊芳等^[32,36]基于整秆还田技术研制出一种新型秸秆翻埋还田机械化新技术及其机耕船的配套机具,该机采用“浮式”原理,按照机船合一、结构组合、性能综合的创新设计理念,能实现压秆、旋耕、碎土、埋秆、平田等多项工序联合作业,适用于水稻、小麦、油菜等作物的秸秆,实现了水稻播前田间的适度耕整、秸秆埋覆还田,船式旋耕埋草机田间作业如图 1 所示。陈玉仑等^[37]结合墒沟埋草处理田间秸秆技术,设计了稻麦联合收获开沟埋草多功能一体机,该机进地一次即可完成水稻或小麦的收获、开沟、埋草等多项作业,利用该机具的开沟导草装置将收获后秸秆埋入墒沟,实现了稻麦秸秆还田,有效增加了土壤有机质,并避免了秸秆在腐解过程中出现烧苗情况。王金武等^[38]设计了水稻秸秆整株还田机,该机可有效防止缠草、避免由秸秆缠绕引起的刀辊堵塞,可实现田间整株水稻的粉碎还田、埋草、碎土和覆盖等功能,并具有较高的作业效率。



图 1 船式旋耕埋草机

Fig. 1 Stubble-mulch rotocultivator for boat tractor

3.2 水稻少/免耕播种技术

在中国南方一年两熟区,常用的水稻保护性耕作播种技术主要有水稻直播和抛秧。水稻免耕直播是将芽种直接条播或穴播在田中,其技术简便,省去了育秧、插秧等环节,可减轻劳动强度、降低生产成本,并能实现增产增收^[39-40]。水稻少/免耕直播技术模式典型配套机具如下:罗锡文院士等结合水稻种植的农艺和农机要求,设计了水稻机械精量穴直播机(图 2),该机具有量穴准确、直播均匀、播种量可

控、节约人工成本等优点,不仅提高了种植的精度,而且由于开沟起垄种植,增加了水稻的根系入土深度,实现节土栽培和防止倒伏,且解决了传统插秧机无法调节行距的问题^[41-42];华中农业大学研制的 2BFS-8 型水稻芽种播种施肥机(图 3),该机可实现不同播量的杂交水稻和常规水稻芽种直播,采用底肥深施能提高了化肥利用率,且机具结构简单、使用方便,进地一次即可完成平田、开沟、播种、施肥等多种工序^[43]。水稻免耕抛秧兼有免耕和抛秧的优点,即在上一季作物收获后,将前茬作物的秸秆覆盖于地表,用除草剂杀除杂草和落粒谷幼苗后灌水并施肥沤田,待水层自然落干或排浅水层后,将塑盘秧或纸筒秧抛栽到大田中,具有稳定高产、节本增效、节省劳力、节能环保等优点^[44]。该技术自 1996 年由广东省农机院提出以来,已形成较成熟的技术模式,推广速度很快,产生了明显社会效益^[31]。目前,水稻免耕抛秧技术已广泛应用于广西、广东、江西、福建、江苏、四川等地,其中广西推广面积最大^[45-46]。



图 2 水稻精量穴直播机

Fig. 2 Precision rice hill-drop drilling machine



图 3 水稻芽种播种施肥机

Fig. 3 Rice bud seed sowing and fertilizer machine

3.3 小麦少/免耕播种技术

小麦少/免耕播种技术是在前茬作物收获后的田里保留全部前茬秸秆不被焚烧的情况下,进行少/免耕带茬播种小麦的机械化技术^[47]。该技术模式下,前茬作物秸秆和根茬等残茬的还田,可有效增加土壤有机质含量、提高土壤肥力,同时残茬的覆盖作业能防止水土流失。小麦属于旱田作物,近年来一些学者的研究结果表明,少/免耕播种可借助北方成

熟的保护性耕作技术配套机具实施。夏俊芳等^[49]利用河北农哈哈机械有限公司生产的2BMF-6型小麦免耕覆盖施肥播种机(图4)、程少兰等^[25]利用德阳市金星农机制造厂生产的2BMFDC-6型稻茬田小麦免耕施肥条播机,在稻板田进行了免耕覆盖施肥播种小麦试验,试验结果表明达到了节本增效、增产、培肥地力和改善环境的目的^[48]。另外,杨波等^[49-50]针对油菜和小麦的物料特性,开发了一种气力式油菜、小麦兼用精量排种器设计,并设计出2BFQ-6型油麦兼用型联合直播机,可一次性完成灭茬、旋耕、开畦沟、施基肥、开种沟、播种、覆土、镇压等小麦播种所需工序,大大减轻了劳动强度、省工节本,有利小麦机械化、规模化种植,且播种质量好,较好解决了小麦撒播中播量不准、出苗不全、缺苗断垄、深播弱苗、易病早衰等影响小麦产量的问题。油麦兼用型联合直播机如图5所示。



图4 小麦免耕覆盖施肥播种机

Fig. 4 Wheat no-tillage mulch fertilizing planter



图5 油麦兼用型联合直播机

Fig. 5 Combined direct planter for rape and wheat

3.4 油菜少/免耕直播技术

油菜少免耕直播是指在茬作物收获后,不经铧式犁翻耕整地,直接播种油菜的种植方式。该技术是对育苗移栽技术的更新,是当前重点推广的油菜种植先进技术^[51]。传统的油菜播种包含翻耕、耙、施肥、洒种、开沟等工序,不仅劳动强度大、作业成本高、播种量大,且季节性茬口矛盾突出、农时紧,严重制约了油菜产业的发展^[29]。结合少/免耕的耕作模式和联合作业技术,田波平等^[52]设计的2BFQ-6型油菜少耕联合精量播种机如图6所示,该机大

大减少了机具进地次数和作业工序,进地一次即可完成开厢沟、碎茬、种床带状旋耕、施肥、精量播种和覆土等作业,显著提高了作业效率,并能将前茬秸秆还田,避免了翻耕后的地表裸露,从而减少了土壤翻耕引起的风蚀、水蚀^[53]。郭海峰等^[54]、吴明亮等^[55-56]研制了2BYF-6型油菜免耕直播联合播种机和2BYD-6型油菜浅耕直播联合播种机,利用该机可一次性完成浅耕、灭茬、开排水沟、播种、施肥等多项作业。郭小锋等^[57]在神牛1WG-7型微耕机基础上,研制出适用于丘陵山区油菜播种作业的2BM-4型油菜免耕播种机,该机可完成播包衣种、施肥、开沟和覆土等作业。



图6 油菜精量免耕联合播种机

Fig. 6 Rape precision combined direct planter

3.5 玉米免耕直播技术

玉米免耕直播是集保护性耕作与轻型栽培于一体的现代农业技术,它是在前茬作物收获后不进行灭茬和耕翻作业,而直接播种玉米的栽培方式^[58]。南方16省区市玉米产量不到全国的18%,玉米种植区主要分布在地、丘陵地带,如西南山地玉米区(四川、云南、贵州为主)、南方丘陵玉米区(广东、福建、浙江、江西为主)^[59]。近年来,一些研究者通过借鉴、吸收北方保护性耕作技术研究成果,开展了南方一年两熟区的玉米免耕直播技术研究,如黄海东等^[60]在对鄂北岗气候、环境调查的基础上,利用玉米免耕播种机和小型浅松机,实施了机械化玉米免耕直播栽培技术,简化了农艺流程,有效减少了水土流失、风蚀和作业工序,避免了秸秆焚烧造成的环境污染,进而增加了土壤肥力,有利于蓄水保墒,并提高了作物产量。

4 问题与不足

保护性耕作技术在南方一年两熟区的应用已涉及水稻、小麦、油菜、玉米、马铃薯、高粱等多种作物,但因地理、气候、经济等条件的限制,新型保护性耕作制度的探索和机具的研发还存在很大的提升空

间^[61]。目前,存在的问题和不足主要有以下几点。

1) 水田保护性耕作技术及配套机具的研究亟待加强。南方一年两熟区基本形成了具有区域特色的旱作保护性耕作技术体系,但水田保护性耕作技术,特别是关于带水作业的研究相对滞后,虽然已研发出多种水田保护性耕作技术模式,但配套机具的研究有待加强,以期建立区域性机械化水田保护性耕作技术体系^[27]。

2) 农民对保护性耕作缺乏正确的认识。保护性耕作与传统耕作方式迥然不同,目前在南方一年两熟区,只有革新意识较强的农民才接受保护性耕作,但大部分农民对于保护性耕作缺乏客观、正确的认识,有些人甚至还把保护性耕作当成“懒汉种田法”。

3) 配套农艺技术研究进展缓慢。农机农艺应紧密配合、相互协调,农艺的研究是机具研发的重要基础,但目前南方一年两熟区农艺技术的研究相对缓慢,如水肥高效利用、病虫草害防治、土壤质量演变与调控等技术。

4) 保护性耕作机具结构、性能有待优化。与传统耕种机具相比,保护性耕作机具(如免耕播种机)结构复杂、质量大、适应性和可靠性差、价格昂贵,且配套马力的大,农民买不起、用不起。

5) 触土部件土壤粘附严重、机具作业阻力大。南方一年两熟区土壤质地粘重、降水多、土壤含水量大,致使机具作业时触土部件受土壤粘附严重,不仅影响作业效果,且增大了作业阻力和能量消耗。

5 技术发展路径

目前,中国南方一年两熟区旱作保护性耕作技术作业模式和配套机具主要借鉴北方的研究成果,通过引进吸收和自主创新,具有区域特色的保护性耕作技术体系基本成形,但水田保护性耕作技术,特别是关于带水作业的研究相对滞后,具有中国特色的南方稻田保护性耕作制度、模式及其技术体系尚未形成。为推动南方一年两熟区保护性耕作技术的研究,应切实加强如下工作。

1) 加大推广力度,积极推进示范。目前,农民对于保护性耕作在农田增产增效、提高土壤肥力、保护农业生态环境和促进农业发展可持续等重要意义认识还不够,因而应加大推广力度,积极示范生产,用事实表明保护性耕作技术可增产,从而有效提高农民对保护性耕作技术的认知度,进而转变农民“懒汉种田”的观念,让保护耕作技术真正得到农民认同并

乐于接受。

2) 因地制宜,研发适宜不同作物、不同气候和土壤环境的生产技术和装备。各地区种植制度、气候、土壤类型等存在较大差异,且受当地经济条件制约,仅靠一项技术不能“包打天下”,因此应根据地域条件发展与之相适应的保护性耕作技术和配套机具,从而扩大保护性耕作的应用区域和作物种类。如在平原地区,可推广宽幅、联合作业机械,但在丘陵或岗地宜采用中小型机具,并应将小型化、轻量化作为该区机具的发展方向。

3) 开展农机和农艺融合的系统研究。在实施和推广保护性耕作技术中,仅靠机具未必能满足农艺的要求,在机具改进优化的同时,应加强相关农艺的研究,两者的协调统一将极大促进保护性耕作技术的推广。

4) 做好病虫草害防治。能否成功地控制草虫病害,往往成为保护性耕作能否成功的关键^[8]。保护性耕作条件下杂草和病虫相对容易生长,并且可能随秸秆留在地里影响下茬作物,因此应强化田间管理,积极探索除草方式和有害生物生态控制以及综合防治技术,并加强非化学防治技术的试验和应用。

5) 探索秸秆还田后的快速腐烂技术。在一年两熟的种植模式下,田间作物秸秆量大,秸秆腐烂慢会影响下茬作物播种并易滋生杂草,不利于抢农时。因此应着力加强秸秆快速腐烂技术的研究和推广。

6) 寻求高效节能降耗方法。因南方土壤粘重,严重影响农业机械的作业质量和使用寿命,增大了田间作业功耗,故应寻求适宜的节能降耗方法,积极探索土壤对作业机具的作用机理,进而研究开发减少土壤粘附、降低作业阻力的农机具。

7) 提升机具性能和智能化水平。标准化、通用化、信息化和智能化是当前保护性耕作机具发展的方向^[62-63],应积极探索新材料、新工艺以保证制造质量和机具使用寿命,同时推进信息技术在保护性耕作机具上的应用。如耕深自动调节、土壤肥力检测及变量施肥控制、播量和速度自动控制等新技术的研究和推广应用。

保护性耕作技术在许多国家已成功应用,在中国北方现已形成具有中国特色的保护性耕作制度、模式及其技术体系,并获得了巨大经济效益、社会效益和生态效益。北方保护性耕作技术的研究成果和推广经验对于南方旱作保护性耕作模式的建立具有指导意义。近年来,结合引进吸收和因地制宜

地创新,南方一年两熟区的旱作保护性耕作技术发展较快。与此同时,水田保护性耕作研究相对滞后,因此应强化自主创新,积极探索适用于水田的保护性耕作体系。这对于实现当地农业的可持续发展具有重要意义。

参 考 文 献

- [1] ZHANG G S, CHAN K Y, OATES A, et al. Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage [J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 92(1/2): 122-128.
- [2] BERNER A, HILDERMANN I, FLIESSBACH A, et al. Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management [J]. *Soil and Tillage Research*, 2008, 101(1/2): 89-96.
- [3] WANG X B, CAI D X, HOOGMOED W B, et al. Developments in conservation tillage in rainfed regions of North China [J]. *Soil and Tillage Research*, 2007, 93(2): 239-250.
- [4] ZHANG X R, LI H W, HE J, et al. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China [J]. *Australian Journal of Soil Research*, 2009, 47(4): 362-371.
- [5] SU Z Y, ZHANG J S, WU W L, et al. Effects of conservation tillage practices on winter wheat water-use efficiency and crop yield on the Loess Plateau [J]. *Agricultural Water Management*, 2007, 87(3): 307-314.
- [6] HE J, KUHN N J, ZHANG X M, et al. Effects of 10 years of conservation tillage on soil properties and productivity in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China [J]. *Soil Use and Management*, 2009, 25(2): 201-209.
- [7] TEMESGEN M, HOOGMOED W B, ROCKSTROM J, et al. Conservation tillage implements and systems for smallholder farmers in semi-arid Ethiopia [J]. *Soil and Tillage Research*, 2009, 104(1): 185-191.
- [8] 高焕文, 李问盈. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [9] 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.
- [10] 高焕文, 李洪文, 李问盈. 保护性耕作的发展[J]. *农业机械学报*, 2008, 39(9): 43-48.
- [11] CTIC(Conservation Technology Information Center). 2008 Amendment to the National Crop Residue Management Survey Summary [EB/OL]. 2009-01-22. <http://www.ctic.purdue.edu/media/pdf>.
- [12] 金攀. 美国保护性耕作发展概况及发展政策[J]. *农业工程技术: 农产品加工业*, 2010(11): 23-25.
- [13] 王延好, 张肇鲲. 保护性耕作在加拿大的研究及现状[J]. *安徽农学通报*, 2004, 10(2): 5-6.
- [14] 加拿大澳大利亚考察团. 加拿大、澳大利亚保护型耕作考察报告(节选)[J]. *农机科技推广*, 2002(5): 37-38.
- [15] SOUTHORN N J, PACKER I J, MURPHY B W, et al. Future directions for dry land soil management under direct seeding techniques an Australian perspective: part 1 [C]//CIGR International Conference. Beijing: [s. n.], 2004.
- [16] 高焕文. 保护性耕作与农业机械发展[J]. *农机市场*, 2008(6): 45-48.
- [17] 高旺盛. 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(12): 2702-2708.
- [18] 陈源泉, 李媛媛, 隋鹏, 等. 不同保护性耕作模式的技术特征值及其量化分析[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(12): 161-167.
- [19] 张燕卿, 张玉龙. 旱区保护性耕作技术研究进展与应用前景[J]. *干旱地区农业研究*, 2003, 19(3): 1-4.
- [20] 刘武仁, 郑金玉, 罗洋, 等. 东北黑土区发展保护性耕作可行性分析[J]. *吉林农业科学*, 2008, 33(3): 3-4, 13.
- [21] 贾洪雷, 马成林, 李慧珍, 等. 基于美国保护性耕作分析的东北黑土区耕地保护[J]. *农业机械学报*, 2010, 41(10): 28-34.
- [22] 农业部、国家发改委. 保护性耕作工程建设规划(2009-2015) [R]. 北京: 农业部、国家发改委, 2009-06-25.
- [23] 冯华. 大力发展保护性耕作的意见[N]. *人民日报*, 2007-04-23.
- [24] 王东生. 我国保护性耕作技术应用超亿亩[EB/OL]. http://www.farmer.com.cn/xwpd/btxw/201301/t20130118_799552.htm.
- [25] 程少兰. 保护性耕作技术在南方水田地区应用的初步探索 [C]//农业部南京农业机械化研究所. 中国农机化发展论坛: 水稻生产机械化技术交流会论文集. 南京: [出版者不详], 2006.
- [26] 刘建, 魏亚凤, 杨美英, 等. 稻麦带状互套耕作模式及其高产高效种植技术[J]. *金陵科技学院学报*, 2008, 24(3): 52-57.
- [27] 夏晓东, 吴崇友, 张敏. 长江中下游稻田机械化保护性耕作研究展望[C]//农业部南京农业机械化研究所. 中国农机化发展论坛: 水稻生产机械化技术交流会论文集. 南京: [出版者不详], 2006.
- [28] 涂建平, 徐雪红, 夏忠义. 南方农业保护性耕作的进展[J]. *农机化研究*, 2004(2): 30-31.
- [29] 黄海东, 舒彩霞, 段宏兵, 等. 我国油菜机械化播种技术研究现状与发展趋势[C]//中国农业工程学会. 纪念中国农业工程学会成立30周年暨中国农业工程学会2009年学术年会论文集. 太谷: [出版者不详], 2009.
- [30] 高旺盛, 孙占祥. 中国农作制度研究进展[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008.
- [31] 李如平. 广西水稻免耕抛秧技术研究与创新应用[J]. *杂交水稻*, 2006, 21(S1): 9-15.
- [32] 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, 9(10): 214-217.
- [33] 李向东, 隋鹏, 张海林, 等. 南方稻田保护性耕作制的农民认知分析[J]. *农业系统科学与综合研究*, 2007, 23(2): 190-195.
- [34] 陈源泉, 隋鹏, 高旺盛, 等. 中国主要农业区保护性耕作模式技术特征量化分析[J]. *农业工程学报*, 2012, 28(18): 1-7.
- [35] 丁艳, 彭卓敏, 夏建林. 国内典型秸秆还田技术及机具的比较与分析[J]. *中国农机化*, 2010(3): 43-46.
- [36] 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*, 2008, 27(2): 331-334.

- [37] 陈玉仑,丁为民,汪小岳,等. 稻麦联合收获开沟埋草多功能一体机设计[J]. 农业机械学报,2009,40(8):62-66.
- [38] 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.
- [39] 尹洪根,送富根,贺春荣,等. 水稻直播栽培技术探讨[J]. 现代农业科技,2009(22):40-41.
- [40] 杨戈,彭贵喜. 水稻直播技术探讨[J]. 农业科技与装备,2009(2):90-91.
- [41] 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.
- [42] 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.
- [43] 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(10):44-47.
- [44] 吴文革,张健美,张四海,等. 保护性耕作和稻田免耕栽培技术现状与发展趋势[J]. 中国农业科技通报,2008,10(1):43-51.
- [45] 王方明,竭润生,李永英,等. 川北地区水稻免耕抛秧及免耕直播技术应用与前景[J]. 农业科技通讯,2012(6):61-63.
- [46] 潘晓华,李木英,曹勇军,等. 江西双季稻主要种植方式及其配套栽培对策[J]. 江西农业大学学报,2013,35(1):1-6.
- [47] 张益民,贾宝记. 小麦少免耕播种机具初探[J]. 当代农业,2007(8):65-66.
- [48] 农业部农业机械化管理司. 2009年全国保护性耕作座谈会:南方多熟制稻区水旱连作保护性耕作技术创新试验研究[C]. 北京: [出版者不详],2009.
- [49] 杨波,廖庆喜,李旭,等. 气力式油菜、小麦兼用精量排种器设计及排种分析[J]. 农业工程,2011,1(1):97-101.
- [50] 杨波. 油菜小麦兼用型精量排种器设计与试验研究[D]. 武汉: 华中农业大学工学院,2011.
- [51] 郭超永,朱明. 我国油菜直播的研究现状[J]. 农机化研究,2009(10):223-225.
- [52] 田波平,廖庆喜,黄海东,等. 2BFQ-6型油菜精量联合直播机的设计[J]. 农业机械学报,2008,39(10):211-213.
- [53] 黄海东,田波平,舒彩霞,等. 基于免耕直播的油菜生产全程机械化关键技术[J]. 农机化研究,2008(6):222-224.
- [54] 吴明亮,官春云,汤楚宙,等. 2BYF-6型油菜免耕直播联合播种机旋耕开沟部件结构优化设计[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(6):735-738.
- [55] 吴明亮,官春云,罗海峰,等. 2BYD-6型油菜浅耕直播施肥联合播种机设计与试验[J]. 农业工程学报,2010,26(11):138-140.
- [56] 罗海峰,官春云,汤楚宙,等. 稻茬田油菜免耕播种机开沟部件的研究[J]. 农业工程学报,2007,23(11):153-157.
- [57] 郭小锋,李祥,陈建,等. 丘陵山区油菜免耕播种机的设计[J]. 农机化研究,2011(10):78-81.
- [58] 覃雷,覃美林,邹明强,等. 南方山区玉米免耕高产栽培技术[J]. 现代农业科技,2010(21):74.
- [59] 赵小美. 夏播玉米免耕覆盖精播机械化技术[J]. 种业导刊,2007(6):24-25.
- [60] 黄海东,田波平,廖庆喜,等. 鄂北岗地玉米机械化保护性耕作的试验研究与探讨[J]. 农业装备技术,2008,34(1):37-40.
- [61] 章秀福,王丹英,符冠富,等. 南方稻田保护性耕作的研究进展与研究对策[J]. 土壤通报,2006,37(2):346-351.
- [62] 常春丽,刘丽平,张立峰,等. 保护性耕作的发展研究现状及评述[J]. 中国农学通报,2008,24(2):167-172.
- [63] 丛福滋. 我国耕整地机械化技术研究[J]. 农业科技与装备,2010(2):12-14.

Application status and technical developing routes of conservation tillage technology in double cropping areas of Southern China

Ji Wen-feng HUANG Hai-dong HUANG Xiao-mao

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

Abstract Conservation tillage technology represents the tendency of the world agricultural development at present. Drawing lessons from the experiences of successful implementation and application at home and abroad has important realistic meaning for promoting sustainable development of agriculture in double cropping areas of Southern China. In order to improve the application of conservation tillage in areas, the research status of conservation tillage was analyzed, the application situation of conservation tillage in double cropping areas was summarized, and the existing problems and future development trend were discussed.

Key words conservation tillage; technology; application; developing route

(责任编辑:陈红叶)