

保护性耕作研究进展与评述^[20]

师江澜, 刘建忠, 吴发启

(西北农林科技大学资环学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 概括总结了近六十多年来保护性耕作在关键技术、配套机具、技术效益以及推广应用等方面所取得进展, 评述了当前存在的一些问题, 提出今后我国应把保护性耕作区划、不同生态经济区的农机与农艺技术体系、发展模式及其技术规程作为研究的重点与核心。

关键词: 保护性耕作; 研究进展; 评价

中图分类号: S 344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006) 01-0205-08

20 世纪 30 年代北美大陆遭遇了前所未有的“黑风暴”肆虐, 1943 年美国农民 E·H·Faulkner 用圆盘耙表土作业结合作物残茬覆盖措施进行了耕作改革实践, 其结果引起人们对传统耕作措施的反思与质疑, 同时也揭开了世界各地开展保护性耕作研究的序幕。经过 60 多年的发展, 特别是近 20 多年的发展, 保护性耕作研究在世界范围内已相当深入, 经历了“免耕法”到以“免耕法”为基础, 以配套机具为支撑的集秸秆残茬覆盖、少免耕、深松、地表作业及水肥管理和病虫草害防治等技术为一体的机械化保护性耕作技术体系的发展历程。我国在单项技术、农艺试验、技术模式及技术效益等方面作了大量研究, 形成了适合我国的旱作区保护性耕作农艺技术体系, 并在小型配套机具研发方面取得重大突破。本文总结半个多世纪来保护性耕作研究进展, 并对存在的问题及研究趋势加以评述, 供广大同行科学工作者参考。

1 保护性耕作概况

保护性耕作技术是对农田实行免耕、少耕, 尽可能减少土壤耕作, 并用作物秸秆、残茬覆盖地表, 用化学药物来控制杂草和病虫害, 从而减少土壤侵蚀, 提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进耕作技术, 包括农艺措施、作业机具、杂草防治、农田土壤养分动态与施肥技术、生态经济效益评价、推广以及相关政策等各个方面。

美国等发达国家由于人少地多、农业集约化和

机械化程度高, 少免耕等技术与轮作休闲农作制易结合, 保护性耕作技术已得到广泛应用。当前犁铧翻耕基本被机械化保护性耕作代替, 不同地区依据自然条件和作物特点, 结合旱农技术发展了各具特色的保护性耕作技术模式, 形成了玉米、大豆、高粱、小麦、棉花、烟草以及蔬菜等多样化的作物体系, 配套机具实现了专业化、多功能、机械化, 并向大型化、产业化和智能化发展, 杂草控制以化学除草为主, 逐步开始重视非化学除草技术的综合防治技术体系研究。

我国保护性耕作研究与应用基于国外成熟经验和技术, 以保护生态环境和实现农业可持续发展为目的, 是一场革新传统耕作制的新农业技术革命, 受各级政府和研究人员的广泛关注。从 20 世纪 60 年代起, 开始试验研究单项技术; 70 年代起部分高校和农业科学院开始覆盖和少(免)耕等试验研究, 取得显著的增产效果^[1]; 90 年代起开始了农艺农机结合的系统性试验, 在适合中国国情的保护性耕作机械设计和耕作技术方面取得了重大进展^[2], 总结出适合山西的 3 种玉米机械化保护性耕作体系和 3 种小麦机械化保护性耕作体系^[3]; “九五”到“十五”期间, 被列入国家科技攻关项目计划^[4], 农业部启动国家级示范县项目, 在北方 8 省(自治区、直辖市) 38 县内进行示范研究。但我国人多地少, 农户耕地小而分散, 资源环境等条件地域差异大, 农业集约化和机械化程度不高的现实限制了保护性耕作技术的大面积推广应用, 总体尚处于起步阶段, 对技术的理解和掌

[20] 收稿日期: 2004-12-22

基金项目: 农业科技成果转化基金项目(03EFN 217100323); 农业部“发展生态农业治理沙漠化土地”项目

作者简介: 师江澜(1975-), 女, 陕西清涧人, 讲师, 在读博士, 主要从事资源与环境生态研究。

通讯作者: 吴发启(1957-), 男, 陕西洛川人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀与流域管理研究。

握存在差异,如有的将地膜覆盖也称作保护性耕作,这与国内外对保护性耕作所作的原初定义相悖,地膜覆盖算不算保护性耕作范畴,还待有关部门界定;对保护性耕作适宜区域、相应技术与规范及作业机具尚需进一步研究与配套化。

2 保护性耕作技术研究进展

2.1 关键技术研究进展

国内的研究与应用以残茬(秸秆)覆盖耕作、深松耕、少(免)耕较为普及,以土壤耕作与覆盖技术组装为主要形式,如:浅旋覆盖、灭茬覆盖、重耙覆盖、高留茬免耕、深松覆盖、免耕覆盖、立杆铁茬播种、秸秆粉碎免耕播种、秸秆粉碎还田少耕播种、留茬深松膜侧沟播、留茬免耕膜侧沟播、碎秆+表土作业(包括深松、免耕+播前耙及深松+播前耙)等^[5~9],着重研究农艺技术本身及其对土壤养分、土壤温度、土壤生物群落结构、土壤水分动态和产量的影响及生态经济效益的评价等方面。在少免耕、等高耕作、沟垄耕作等保护性土壤耕作,留茬覆盖和秸秆覆盖等覆盖耕作及间套混、轮作、复种和休闲填茬等方面有了长足发展。目前覆盖技术^[7,10~13]主要集中在以作物秸秆、残茬覆盖为主的覆盖方式及其效益研究上,常见对秸秆整株覆盖、秸秆粉碎还田覆盖、秸秆粉碎浅旋覆盖、秸秆高留茬、整秆立地以及地膜+秸秆覆盖等的研究。因覆盖方式、土壤耕作方式及各地区的实际条件不同,形成各不相同保护性耕作工艺体系或模式。虽然一些省区已探索出具有地区特色的技术模式,如:内蒙古自治区农业厅农机局 20 世纪 90 年代起在自然条件不同的 20 个旗县建立试点,对保护性耕作技术工艺等开展了科学试验,通过单项技术集成配套,初步探索出全区不同类型区的保护性耕作技术途径^[14];李昱等^[11]试验得出冷凉风沙区宜采用“机械化收获留高茬—休闲—播前喷施除草剂或浅松机械除草—免耕施肥播种—机收”的机械化保护性耕作工艺体系,但在覆盖作物及与覆盖耕作相适应的种植技术模式方面还有许多空白^[1]。

国外形成以免耕、带状耕作、垄耕、草田轮作和覆盖耕作等为主要形式的保护性耕作技术^[15]。美国从技术到机具及除草剂等方面,尤其在降低耕作强度和增加地表作物残留物覆盖方面作了大量研究试验,目前田间作业次数由 7~8 次减到 1~3 次^[16]。澳大利亚^[17]重视免耕、少耕及秸秆覆盖、倒茬轮作等保护性耕作技术的研究,目前旱作农区田间耕作基

本上用翼形铲取代了铧式犁,秸秆还田覆盖已受到农业生产者的青睐,许多农场利用牧草、水稻或小麦、三叶草等作物倒茬轮作以有效辅佐免、少耕技术。加拿大主要研究并实施免耕播种、秸秆残茬处理、土壤深松等机械化保护性耕作技术,并以土壤深松技术为核心技术措施^[18]。前苏联 20 世纪 50 年代起试验用无壁犁深松(35~40 cm)或浅松(12~18 cm)代替传统有壁犁耕作法,小麦留茬 20 cm,地表保留 80% 左右的根茬和残株,用茬地播种机直接播种^[19]。日本 20 世纪 40 年代开始研究水稻旱地直播,90 年代初配套机具与农艺成熟,其做法是用少耕播种机实施土壤旋切、碎土、播种、施肥等工序一次完成种植稻麦,行间大面积不耕并以残茬覆盖^[19]。

我国农田杂草防除重视防除手段和效果的研究,贯彻化学、非化学方式结合的杂草综合防治方针。国外以化学除草剂为主,也开始重视非化学除草技术的综合防治技术体系研究,如南美诸国大量采用覆盖作物控制杂草,生物防治病虫害^[19]。

2.2 配套机具研究进展

国外已经形成了适合自身的配套机具,包括深松机具、免耕机具、带状耕作机、苗带联合耕整机、耕作辅助装置(滚齿耙、钉齿与滚齿组合耙)以及免耕整地施肥联合作业机具等。深松机具可与其他工作部件或机具联合作业,如美国的深松整地联合作业机就是配置圆盘耙片、深(浅)松铲、合墒圆盘和碎土平整辊等部件,实现了耙茬、浅松、深松合墒、平整压实等工序一次联合作业。还如欧州深松机与圆盘犁组成深松浅翻联合作业机具,深松机与圆盘耙或动力耙组成深松整地联合作业机具,深松机与播种机(条播、精播机)组成深松播种联合作业机具,深松机与动力耙、播种机(条播、精播机)组成深松整地播种联合作业机具等。

我国保护性耕作机具从无到有,实现了重大突破。同时针对缺少高性能、高质量、适应性强的保护性耕作机具的现实,加大机具开发的投入,涌现出一些新机型^[20]。中国农业大学^[21]研发了适用于小地块的与中小型拖拉机配套的小麦、玉米免耕覆盖播种机、深松机和浅松机等机具,如 3mqf-4 中型玉米免耕精播机、3MF-6 型小麦免耕播种机、SY-210 中型凿形带翼深松机、1QJ-120 型箭铲式浅松机;中国农机院研制了保护性耕作机械系列产品 3J-6 型气力式玉米免耕施肥精密播种机、3MG-18 型精少量施肥免耕播种机等;中国农业大学工学院^[22]设计了 1GHY-140 型玉米秸秆带状切碎灭茬机。一

些省区也开展保护性耕作机具的改制与研发,如山西旋耕机厂和临汾市尧都区农机局共同研制了 3-2 型/3 型/5 型系列深松机,还如河南省许昌华亿工程装备有限公司研制生产的 3BMXS 系列智能免耕施肥覆盖旋播机。2003 年农业部农机试验总站牵头,对免耕播种机进行试验鉴定选型,初步形成了小麦免耕播种机推荐目录^[23]。

国内深松机具^[24]可以满足全方位深松、间隔深松、底层全层深松及表层浅翻间隔深松等技术要求,可与大中型拖拉机配套使用,如 3Q-340 型刀刃式全方位深松机、3B-7 型凿式间隔深松机、3LZ-300 型宽铲式全层深松联合整地机、3NL-175 型浅翻灭茬深松机等。目前形成深松机具与其他机具联合作业的新趋势,已投产的主要有深松整地(起垄)联合作业机具、深松整地播种联合作业机具、深松施肥联合作业机具等,典型产品如 3L-200 型深松整地联合作业机具。并研制了低能耗的深松机具,如 3Z 系列振动深松机等。

2.3 技术效益

根据各地试验资料^[25],少耕秸秆覆盖的有利作用可归结为:改良土壤结构,增强蓄水性能,提高土壤微生物量及有机质含量,减少用工,降低成本,增加收入。

(1) 对水分动态的影响 保护性耕作在增加蓄水、提高水分利用效率等方面的作用基本取得一致结论,但众多研究取得结果有差异。张海林等^[26,27]研究表明:覆盖免耕使夏玉米前期耗水减少,后期耗水量增加,蒸散量加大,且有效地减少株间土壤蒸发,增加了作物的蒸腾量,变非生产性耗水为有效耗水,提高了水分利用效率。樊向阳等以常规小畦平播作对照,进行了不同覆盖条件下春玉米地耗水特征研究,结果表明^[28]:不同生育期春玉米耗水规律在覆盖与不覆盖处理下没有差异,秸秆、地膜覆盖均使棵间土壤水分蒸发减少,总耗水量减少。蔡典雄等^[29,30]认为免耕、深松等可增加降水入渗,提高土壤贮水量与水分利用效率。蔺海明等^[31]得出:0~100cm 土层中,夏闲免耕地膜比对照多贮水 37.24mm,作物生长季节多耗水 40.7mm,水分利用率提高 37.2%。于舜章等研究表明^[32]:降雨充足时秸秆覆盖保墒效果不太明显,但水分利用效率(WUE)有较大的提高,秸秆覆盖对 0~30cm 表土层保墒效果明显,但在 100~110cm 土层中形成一个缺水带。牟善积等证明“冬小麦-夏玉米轮作体系下麦秸立茬覆盖-玉米免耕播种-化控-苗期深松节水雨养模

式”能减少土壤水分蒸发 3~3.4 个百分点,节省用水约 50%,多蓄降水 100~150mm。晋中旱坡地覆盖丰产沟蓄水聚肥改土耕作技术^[33],降雨利用率由 38.5% 提高到 82.5%,晋东南屯留试区的夏闲期和作物生育期秸秆覆盖技术及晋东寿阳试区的秸秆覆盖少(免)耕机械化耕作技术体系,比露地栽培蓄水量增加 50~80mm,保蓄率提高 25%~30%。刘立晶等研究^[34]雨后玉米、小麦秸秆覆盖地与裸地 0~20cm 土层土壤含水率分布发现:小雨后,秸秆覆盖地 0~5cm 土层土壤含水率短时间内低于裸地,但降雨 24h 后玉米秸秆覆盖地与裸地持平,以后逐渐高于裸地,降雨 52h 后小麦秸秆覆盖地高于裸地,且裸地水分蒸发量高于秸秆覆盖地;中雨后,秸秆覆盖阻滞入渗作用表现在土壤 5~20cm 土层;大雨后,秸秆覆盖阻滞入渗作用表现在 10~20cm 土层。王丽学等对秸秆覆盖条件下播种的土壤临界含水率试验^[35]表明:室内塑料薄膜覆盖下,玉米发芽出苗的土壤临界含水率为 14%;室外 5cm 麦秸覆盖土壤重量含水率为 14.36%,8cm 麦秸覆盖为 14.57%,裸地为 14.89%,覆盖条件下播种的土壤临界含水率比裸地的低,秸秆覆盖利于干旱地区的抗旱播种。李昱等^[1]在冷凉沙区研究表明:保护性土壤耕作加一定残茬覆盖,土壤含水率和贮水量均高于对照。D. L Tanaka, R. L. Anderson 试验表明^[36]美国北部平原冬小麦实行免耕、少耕和残茬覆盖对收割后和冬闲期土壤蓄水量影响不显著,冬闲期降水贮存率最高(约 59%),夏闲期最低(13%~20%),少、免耕土壤蓄水量和降水贮存效率分别比残茬覆盖高 12%和 16%。

(2) 对土壤理化性质的影响 多数研究证明保护性耕作能改善土壤理化性质。对亚热带免耕土壤有机质组分变化研究表明^[37]:作物覆盖种植体系中颗粒状有机质和矿物结合态有机质的 C 和 N 贮量比裸露土壤中增加,矿物结合态有机质中 C 和 N 比颗粒状有机质中分别高 5~9 倍和 13~26 倍。国外研究还报道^[38]:美国式覆盖免耕对 0~7.5cm 土层的影响高于 7.5~30cm 土层,免耕地 0~5cm 土层中有机质、全氮含量高于对照。也有研究表明^[39]免耕与传统耕作的 0~15cm 或 0~30cm 土层中有机质和全氮无差别。农业部保护性耕作研究中心 9a 的试验测定^[40]:保护性耕作技术增加有机质 0.03%~0.06%。高焕文多年研究表明^[41],保护性耕作技术比翻耕土壤有机质年均提高 0.03%~0.05%。张树海等对连续 6a 免耕试验地的土壤养分分析发现^[42]:

免耕覆盖比常规耕作 0~5 cm 土层中有机质平均高 0.55%, 土壤 pH 值降低 0.19, 硝态氮低 30.35%, 0~20 cm 土层中铵态氮低 58.3%, 水解氮低 4.97%, 认为秋耕覆盖和秋耕秸秆还田是调控土壤供氮强度的两条主要措施。刘世平研究表明^[43]: 连续 11a 少免耕使土壤有机质、全氮、速效钾等在上层富集和积累, 提高土壤耕层养分含量。娄成后等研究结果表明^[25], 应用秸秆覆盖减耕技术进行连续 10a 小麦—夏玉米一年两熟轮作后, 0~20 cm 耕层内有机质含量比翻耕田高出 15.6%, 全 N 高出 17.4%。孙海国等^[44]研究表明: 随土壤耕翻程度的降低, 土壤养分含量逐渐增加。免耕表土(0~10 cm)有机质、全 N、速效磷和速效钾的含量显著($P < 0.05$)高于常规耕作, 速效磷和速效钾的增加与免耕土壤有机质含量的提高以及 pH 值下降存在着显著($P < 0.05$)的线性关系, 秸秆覆盖与其他秸秆还田方式积累养分量未形成显著差异。张磊等^[45]研究发现半旱式厢作、垄作免耕能迅速提高土壤有机质、全氮、速效氮、全磷和速效磷水平, 还发现各处理土壤上下层的基本肥力和微生物特征无明显差异。张志国等长期研究发现^[46]: 免耕未使土壤容重增加, 但表层土壤有机 C 和有机 N 显著增加, 且与 N 肥施用量成正相关趋势。李昱等^[1]研究则表明: 0~30 cm 耕层内, 免耕高茬、免耕低茬、深松耙地高茬的容重显著大于对照, 免耕高茬和免耕低茬容重没有明显差异, 深松耙地的容重则介于免耕和对照之间。王昌全等^[47]却得出: 免耕地容重比翻耕地小, 且有随免耕年限增加而趋小。据研究^[48]: 免耕 1a 后, 土壤表层 7.6 cm 内微生物量最大, 10a 后趋于平衡, 比对照多 30%。高云超等^[49]发现: 多年连续免耕秸秆覆盖可提高 0~10 cm 土层土壤细菌总数、放线菌数和棒状细菌数量, 使芽孢杆菌数量增多几倍。沈世华发现^[50]: 水稻土免耕对土壤动物生长繁殖有利, 并能改善土壤化学性质。陈素英等研究秸秆覆盖对土壤温度影响表明^[51]: 秸秆覆盖可以有效地平抑地温变化, 降低地温的日振幅, 缓和昼夜温差, 避免了地温的剧烈变化, 能有效地缓解地温激变对作物根部伤害。

(3) 对土壤侵蚀的影响 多数研究肯定了保护性耕作减轻土壤侵蚀的功能。农业部保护性耕作研究中心测定^[49]: 保护性耕作技术减少地表径流量 50%~60%, 减少土壤流失约 80%, 增加土壤蓄水量 16%~19%, 提高水分利用率 12%~16%。作物残茬覆盖免耕法可减轻土壤侵蚀 48%, 增加防风蚀能力 20%以上^[1]。周建忠等^[52]研究得出: 13 m/s

风速时, 25 cm 以上留茬高度的土壤风蚀量较小, 低于 25 cm 尤其低于 20 cm 时, 风蚀会明显增加, 且风蚀量随覆盖度减少而增加, 当秸秆覆盖度小于 30% 时, 地表受净风和风沙流同时侵蚀, 并随风速增大以风沙流侵蚀为主。臧英等^[53]研究表明: 秸秆覆盖和少免耕结合可明显地减少农田土壤损失, 覆盖可减少 71.24% 的沙尘量, 耕作仅能减少 14.17% 的沙尘量。王晓燕等^[54]研究保护性耕作对农田地表径流与水蚀影响表明: 在暴雨情况下, 秸秆覆盖与少免耕结合具有明显的保持水土作用, 少免耕而无秸秆覆盖的水土流失高于对照, 免耕覆盖不压实的保水保土效果最佳; 秸秆覆盖保持水土作用最大, 压实次之, 耕作影响较小。李昱等^[1]研究表明: 抑制扬沙效果为免耕高茬 > 免耕低茬 > 深松耙地 > 对照, 且不受风速变化影响, 相同风速下, 比对照减少风蚀量 33.1%~48.3%。李洪文等^[55]研究耕作措施对产流影响表明: 1.375 mm/min 降雨强度下, 传统耕作 5 min 产生径流, 而免耕 25 min 产生径流, 且径流量最少。刘洪禄等数值模拟不同田间工程措施的降水入渗规律表明^[56]: 深松与覆盖均能提高土壤入渗能力, 且以 30 cm 松土深度的深松覆盖结合效果最好。刘刚才等^[57]多年研究则表明聚土免耕法对水土流失的削减能力更好。T. C. Kaspar 等^[58]的研究发现覆盖作物能减轻雨滴溅蚀和冻融侵蚀。M. Tiscareno Lopez 等^[59]在坡度为 8% 的坡地上研究得出: 残茬覆盖和免耕可减少 80% 的土壤损失和 76% 的径流, 免耕可提高约 30% 的水分入渗。王晓燕等^[60]以人工降雨的方法试验秸秆覆盖、表土耕作及机具压实对降雨入渗的影响, 结果表明: 降雨入渗主要受秸秆覆盖和机具压实的影响, 受表土耕作的影响较小; 在同等土壤干燥度和降雨强度下, 秸秆覆盖使产流延迟, 稳定入渗率提高, 机具压实相反; 在 0~70% 秸秆覆盖率内, 同等降雨条件下, 径流量随着秸秆覆盖率的增大近似按二次曲线减少, 秸秆覆盖对降雨入渗影响随土壤含水量增大而减弱, 压实相反; 证明了表层土壤孔隙结构对降雨入渗起决定性作用。王育红用田间试验与实验室模拟降雨的方法进行了残茬、秸秆覆盖对黄土坡耕地水土流失的影响研究, 结果表明^[61]: 覆盖减少坡耕地土壤侵蚀, 随覆盖量与年限的增加, 效果更明显; 在 80 mm/h 和 100 mm/h 雨强下, 泥沙侵蚀率分别减少 97.8% 与 98.8%, 几乎没有溅蚀, 降雨入渗增加 2.12 倍和 1.87 倍, 侵蚀沉淀中氮、钾浓度及土壤氮、钾总流失量也大幅度降

低。

(4) 对作物产量的影响 对作物产量的影响分歧最多,研究者在不同作物及不同研究条件下得出的结果不同。实践证明:覆盖少耕或免耕技术初年会出现减产,但随年限增加可获得高于或者相当于常规耕作的产量,如 1997 年在遭遇特大干旱的情况下^[62],山西省长治县 1.2 万 hm^2 秸秆覆盖(少耕)地平均单产达 $375\text{kg}/667\text{m}^2$,比对照田增产 32.4%。李有忠等^[63]研究表明:半干旱地区免耕地膜覆盖、免耕秸秆覆盖和少耕分别比对照增产 49.2%、29.4% 和 14.5%。田秀平等^[64]研究表明:免耕、深松、翻耕的玉米、小麦和大豆产量均以免耕最低,而玉米、小麦以深松产量最高。王光明^[65]研究表明:免耕垄作稻比平作稻增产,免耕 2~3a 的比免耕 1a 的增产 6.6%~16.2%。付国占研究^[66]表明:开花后干物质和籽粒产量均为覆盖显著高于不覆盖,深松显著高于翻耕和免耕,残茬覆盖与深松结合最好。李昱等^[11]研究表明:尽管免耕高茬与低茬的有效穗数比对照低 35.15%,但受土壤水分影响,穗粒数和千粒重明显高于对照,在最终产量上比对照平均高 17.23%,而免耕高、低茬间无显著差异。李立科对留茬少耕秸秆全程覆盖技术试验表明^[67]:在年均 550mm 降水量的旱塬种植小麦,8a 平均单产达 $7105\text{kg}/\text{hm}^2$,比对照增产 72.6%;玉米 5a 平均单产达 $8587.5\text{kg}/\text{hm}^2$,比对照增产 75.6%。澳大利亚少耕、免耕和秸秆覆盖分别较对照增产 25%、30% 和 20%^[68]。

(5) 对杂草防除的影响 化学除草剂的出现为保护性耕作大面积推广应用提供了科技支持,有人认为除草剂代替了土壤耕作控制杂草的作用。研究证明^[13]作物轮作、种植竞争性作物、增加播种量、改进施肥方法等作物管理措施的改进以及播前、收后对杂草跟踪喷雾均可减少除草剂用量。研究还表明^[10]秸秆覆盖能有效防除杂草,并随覆盖量增加防杂效果越好,秸秆覆盖结合喷施除草剂、杀虫剂可省去中耕除草工序。王秀等对不同高度麦茬中兑水量影响除草剂分布研究^[69]结果表明:无麦茬时用大雾滴防漂移系列喷头适当减少兑水量,可减少能耗,提高作业效率;有麦茬时增加兑水量可提高除草剂在地面分布以及麦茬行间地面分布的均匀性,减少高麦茬上除草剂的分布。姜德锋等^[70]研究不同耕作方式下除草剂混用的防治效果表明:除草剂混合制剂一次使用能有效防治免耕复种玉米全生育期杂草危害,效果等同于人工除草,

同时获得玉米产量显著高于对照的效果;但旋耕后除草效果降低。

(6) 其他 高焕文^[4]多年研究表明,保护性耕作技术与翻耕比,节约人畜用工量 50%~60%,增加纯收入 20%~30%。作物残茬覆盖免耕法可降低燃油消耗 50% 以上,节约劳动力 30% 以上,增产 20% 以上^[1]。

3 保护性耕作推广应用

免耕技术在美国、加拿大、巴西、阿根廷等美洲国家和英国、前苏联等欧洲国家推广速度较快,在非洲、亚洲等地推广较慢^[71]。全世界免耕面积约为 $45\times 10^6\text{hm}^2$ 。Derpsch 估计^[19],95% 的免耕地在美洲,其中北美洲为 51%,南美洲为 44%。亚洲、非洲和东欧国家的免耕面积则难以统计。根据保护性耕作信息中心统计^[72],2000 年美国采用保护性耕作措施的农田面积已达 $4415\times 10^4\text{hm}^2$,占耕地总面积的 37%,其中免耕为 $2100\times 10^4\text{hm}^2$,是世界上免耕面积最大的国家,保护性耕作技术主要在玉米和大豆的种植上采用,也应用到高粱、小麦、棉花、烟草和蔬菜上。1985~1995 年保护性耕作在加拿大得到大面积推广应用,据统计^[73],1994 年加拿大免耕耕作面积占总耕作面积的 36%,2001 年则占到 63%。意大利^[71]从 1968 年开始推广免耕技术,1994 年谷类作物免耕面积达 $3\times 10^4\text{hm}^2$,大豆面积达 3000hm^2 ,1997 年免耕面积达 $10\times 10^4\text{hm}^2$ 。

我国在浙江、江苏、四川、广西、上海、湖南、湖北、山东、河南、河北、陕西、山西、天津、内蒙等地都有推广。除粮食作物外,还有油菜、大豆、花生等作物,有山区、丘陵坡地也有平原,也从旱地和干旱地区发展到水田。辽宁省根据气候条件、作物品种、耕作习惯及技术、物资基础,重点推广残茬处理、表土耕作、免耕精量播种、化学除草、合理深松与轮作技术;2002 年辽西地区建设以秸秆粉碎还田和高留茬为主导模式的高标准试验示范田 1862.5hm^2 ,2003 年凌源等成为农业部级示范区,重点试验浅旋覆盖、灭茬覆盖、重耙覆盖、留茬、深松覆盖、免耕覆盖等模式^[3]。2002 年天津市农机局^[9]示范夏秋季保护性耕作 1.24万hm^2 ,其中秸秆还田占实施面积的 95%,免耕占 84%,深松占 41%,推广小麦、玉米两茬平作保护性耕作技术模式。山西省已有 31 个县开始示范推广适合县情的技术模式^[74],如,寿阳县一年一熟玉米覆盖深松加地表处理技术,潞城市秸秆还田后浅旋耕模式,天镇县一年一熟玉米留高茬秸秆粉碎还

田浅旋耕作技术和谷黍豆类留茬固土轮作倒茬保护性耕作技术等,总面积在 10 万 hm^2 以上。河北省十几年研究^[3]已探索出适合省情的以小麦联合收获一麦秸覆盖还田或切碎覆盖还田一玉米免耕播种为主的保护性耕作技术模式,目前每年推广玉米种植达 120 万 hm^2 。水田自然免耕技术已在南方 10 多个省(市)大面积示范推广^[7],如广西省浦北县 2002 年早稻免耕抛秧示范面积 553 hm^2 ,桂林阳朔县 131.3 hm^2 “国家优质水稻免耕抛秧技术示范基地”成为国内免耕抛秧技术的样板田,宾阳县种植 1 333 hm^2 。

4 问题与趋势评述

保护性耕作技术在国外已趋成熟,对发展旱地农业及农业生态环境保护具有重要意义。我国从 20 世纪 90 年代以后才真正开始研究,历时短,大多数地区还处在试验与示范阶段。

4.1 存在的问题

第一,缺乏针对不同作物专用的配套机具,且已有机具性能不尽完善,如播种精度不高,实践操作中出現漏播或重播、肥料下料不匀以及不下种等情况,还如免耕播种机作业时的堵塞问题等。第二,缺乏保护性耕作的区划研究。我国地域辽阔,各地区在自然条件、经济水平上存在着相当差异,反映在采取农业生产形式、耕作制度等方面具有多样化特征。虽然一些地方(如山西、天津、河北等省市)保护性耕作技术比较成熟,尤其对免耕有了较大面积推广,但其适宜区并不明确;虽然部分地区(如天津市)对保护性耕作技术做出试行规范,但大部分地区依然还缺乏相应的技术规程。第三,存在一些技术问题。①杂草防除不力,尚缺乏对除草剂使用方式、施用时间、用量等的专门研究,对一些伴生的恶性杂草因缺乏专用除草剂而不能有效防治。比如河北坝上地区莠麦田中的野燕麦,不能用现有的除草剂有效防除。②施肥问题。施用农家肥是个大问题,地表施用既浪费且肥效又差,也使耕地变劣,还缺少混埋农家肥配套机具;化肥施用技术也需研究,常用深施和一次性施入,那么现存施肥深度和方法是否合理?有无更科学的?③低温问题。秸秆覆盖形成土壤低温,推延播期甚至影响产量等,研究表明:免耕使早春地温降低 2~10℃,为此美国玉米带南部免耕玉米播期通常推迟 7~10 d^[7];国内研究认为低温直接影响小麦返青和早期生长,覆盖过多使幼苗发黄、苗质差,分蘖推迟且减少,直接导致了有效穗数减少和产量下降^[7]。总之,低温问题在时空影响上表现不同,在研

究中应给予重视。

4.2 趋势评述

从微观上,首先应集中解决各地区存在的技术问题。保护性耕作技术对机具很依赖,而国外机具贵而大,不适合我国农民购买能力低及多山地、高原少平川的地形地貌特征且地块小而分散的实情,应开发有中国特色的小型机具。中国农业大学等在此领域的研究已有了成效,但对机具堵塞问题、作物专用机具研制还须加强。在杂草防除及喷药器械、施肥技术、残茬处理技术以及有机肥施用等方面存在的问题也应专门研究;其次,保护性耕作是个技术体系问题,包括了多种单项技术。我国地域广阔,各地区生态环境差异大,一个地区不可能“包罗万象”,一项技术也不可能“包打天下”,应根据区域自然及社会经济特点分别研究并筛选适宜技术及技术标准。如,应针对覆盖物、覆盖度、覆盖方式等研究覆盖技术,制订区域覆盖技术参数;对一些生长季节短、因低温问题影响到作物成熟的冷凉地区或缺少覆盖物的地区,不适宜秸秆、残茬覆盖或应寻求其替代技术;最后,扩大保护性耕作作物体系,并对各类作物的最佳保护性耕作技术进行综合研究。从宏观上应对保护性耕作适宜地区、相应的技术体系以及发展模式作详细研究,为相关政策抉择、资金扶持提供科学依据。

总之,在全方位系统研究基础上逐渐完善适用于不同生态经济区完备的农机与农艺技术相结合的保护性耕作技术体系模式及适用的作业机具,制订相应的技术规程,应是我国保护性耕作今后研究的重点与核心。

参考文献:

- [1] 张飞,赵明,张宾.我国北方保护性耕作发展中的问题[J].中国农业科技导报,2004,6(3):36-39.
- [2] 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.
- [3] 赵其斌,郝强.漫谈保护性耕作的现状与发展前景[J].农业机械,2001,(13):26-27.
- [4] 马俊贵.保护性耕作技术简介[J].新疆农机化,2004,(4):19-20.
- [5] 李宝筏,杨文革,王勇,等.东北地区保护性耕作研究进展与建议[J].农机化研究,2004,(1):9-13.
- [6] 贾延明,尚长青,张振国.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.
- [7] 付增光,杜世平,廖允成.渭北旱地小麦留茬深松侧沟播种耕作技术体系研究[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):13-17.
- [8] 杜兵,李问盈,邓健,等.保护性耕作表土作业的田间试验

研究[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(4): 65- 67.

[9] 张宝乾, 赵昌娜. 天津市两茬平作保护性耕作技术发展现状及模式探讨[J]. 新疆农机化, 2004(3): 23- 24, 58

[10] 余泳昌, 刘晓文, 李明枝, 等. 夏玉米免耕秸秆覆盖机械化栽培技术的研究[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(4): 309- 312

[11] 李 昱, 李问盈. 冷凉风沙区机械化保护性耕作技术体系试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(3): 16- 20

[12] 王世学, 高焕文, 李洪文. 冷寒风沙区保护性耕作种植试验[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 120- 123

[13] 邹应斌. 国外作物免耕栽培的研究与应用[J]. 作物研究, 2004(3): 127- 132

[14] 郝 影, 周晓东, 赵玉峰, 等. 关于大范围推广农业保护性耕作制度的建议[J]. 内蒙古工作, 2004(6): 26- 27.

[15] 马兴旺. 干旱区沙漠化土地治理与保护性耕作[J]. 新疆农业科学, 2004, 47(3): 138- 142

[16] 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(3): 30- 31.

[17] 吴 兰. 澳大利亚机械化旱作节水农业和保护性耕作情况[J]. 四川农机, 2001(3): 20- 21.

[18] 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(3): 5- 6

[19] Derpsch R. Frontiers of conservation tillage and advances in conservation practice [R]. USA: West Lafayette Institute, 1999

[20] 吴崇友, 金诚谦, 魏佩敏, 等. 保护性耕作的本质与发展前景[J]. 中国农机化, 2003(6): 8- 11.

[21] 高焕文. 旱地农业保护性耕作技术与机具研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(1): 75- 76

[22] 王世学, 高焕文, 李洪文. JGHY -140型玉米秸秆带状切碎灭茬机的试验研究[J]. 农机化研究, 2003(4): 175- 177, 188

[23] 农业部. 农业部推荐的十种小麦免耕播种机[J]. 农机市场, 2004(4): 33

[24] 高尔光. 国内外深松机具的发展趋势和产品特点[J]. 农业机械, 2004(4): 40- 42

[25] 山 仑. 旱地农业技术发展趋向[J]. 中国农业科学, 2002, 35(7): 848- 855

[26] 张海林, 陈 阜, 秦耀东, 等. 覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 36- 40

[27] 张海林, 秦耀东, 朱文珊. 覆盖免耕土壤棵间蒸发的研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(4): 259- 261

[28] 樊向阳, 齐学斌, 郎旭东, 等. 不同覆盖条件下春玉米田耗水特征及提高水分利用率研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(3): 60- 64

[29] 蔡典雄, 张志田, 高绪科, 等. 半湿润偏旱区旱地麦田保护性耕作技术研究[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(4): 67- 74

[30] 徐福利, 严菊芳, 王渭玲. 不同保墒耕作方法在旱地上的保墒效果及增产效应[J]. 西北农业学报, 2001, 10(4): 80- 84

[31] 蔺海明, 陈 垣, 李有忠, 等. 半干旱区少免耕对土壤水分动态的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 1996, 31(1): 32- 35

[32] 于舜章, 陈雨海, 周勋波, 等. 冬小麦期覆盖秸秆对夏玉米土壤水分动态变化及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 175- 178

[33] 王龙昌, 马 林, 赵惠青, 等. 国内外旱区农作制度研究进展与趋势[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 188- 194

[34] 刘立晶, 高焕文, 李洪文. 秸秆覆盖对降雨入渗影响的试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(5): 12- 15

[35] 王丽学, 张玉龙, 刘洪禄, 等. 秸秆覆盖对玉米播种临界含水率影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(5): 50- 52

[36] D L Tanaka, R L Anderson. 保护性耕作制中土壤蓄水量与降水贮存效率的研究[J]. 水土保持科技情报, 1999(1): 21- 24

[37] 李淑芬. 巴西对亚热带免耕土壤有机质组分变化的研究[J]. 水土保持科技情报, 2002(4): 4- 8

[38] Angers D A, Bissonnette N, Leger A and Samson N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production [J]. Canadian Journal, 1993, 73(1): 39- 50

[39] Needeman BA, Wander MM, Bollero GA et al. Interation of tillage and soil texture: biologically active soil organic matter in Illinois[J]. Soil Sciences Society of America Journal, 1999, 63(5): 1326- 1334

[40] 胡 伟. 保护性耕作推广项目简介[J]. 农机市场, 2002(7): 29

[41] 高焕文, 李洪文, 陈君达. 可持续机械化作农业研究[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(1): 63- 66

[42] 张树梅, 薛宗让. 旱地玉米免耕系统土壤养分研究—土壤有机质、酶及氟变化[J]. 华北农学报, 1998, 13(3): 42- 47.

[43] 刘世平. 长期少免耕土壤供肥特征及水稻吸肥规律的研究[J]. 江苏农学院学报, 1995, 16(3): 77- 80

[44] 孙海国, Francis J. Larney. 保护性耕作和植物残体对土壤养分状况的影响[J]. 生态农业研究, 1997, 5(1): 47- 51

[45] 张 磊, 肖剑英, 谢德体, 等. 长期免耕水稻田土壤的生物特征研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 111- 114

[46] 张志国, 徐 琪, R L Blevins. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(4): 384 - 391

[47] 王昌全, 魏成明, 李廷强, 等. 不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(3): 152- 155

[48] D L Karlen. 美国的水土保持耕作系统及研究方向[J]. 水土保持科技情报, 1995(1): 60

[49] 高云超, 朱文珊. 秸秆覆盖免耕对土壤细菌群落区系的影响[J]. 生态科学, 2000, 19(3): 27- 32

[50] 沈世华. 免耕生态系统中土壤动物对土壤养分影响的研究[J]. 农村生态环境, 1996, 12(4): 8- 10, 14

[51] 陈素英, 张喜英, 裴 冬, 等. 秸秆覆盖对夏玉米田棵间蒸发和土壤温度的影响[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(4): 32- 36

[52] 周建忠, 路 明. 保护性耕作残茬覆盖防治农田土壤风蚀的试验研究[J]. 吉林农业大学学报, 2004, 26(3): 170- 173, 178

[53] 臧 英, 高焕文, 周建忠. 保护性耕作对农田土壤风蚀影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 56- 60

[54] 王晓燕, 高焕文, 李洪文, 等. 保护性耕作对农田地表径流与土壤水蚀影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2000, 16(3): 66- 69

[55] 李洪文, 陈君达. 旱地农业三种耕作措施的对比研究[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(1): 7- 11

[56] 刘洪禄,杨培岭,刘玉桥,等.不同田间工程措施条件下降水入渗规律的数值模拟[J].农业工程学报,1998,14(3):143-148

[57] 刘刚才,高美荣,张建辉,等.川中丘陵区典型耕作制下紫色土坡耕地的土壤侵蚀特征[J].山地学报,2001,19(增刊):65-70

[58] 李俊华,王立青.美国有关覆盖作物对水土流失影响的研究[J].水土保持科技情报,2002(1):15-17.

[59] M Tiscareno Lopez, A D Baz Gonzalez, M Velazquez Valle, et al.墨西哥中部流域农地生产力恢复的研究[J].水土保持科技情报,2001(1):1-3

[60] 王晓燕,高焕文,杜 兵,等.保护性耕作的不同因素对降雨入渗的影响[J].中国农业大学学报,2001,6(6):42-47.

[61] 王育红,姚宇卿,吕军杰.残茬和秸秆覆盖对黄土地耕地水土流失的影响[J].干旱地区农业研究,2002,20(4):109-111

[62] 贾彦宙,王俊英,庞黄亚,等.土壤保护性耕作技术应用研究[J].内蒙古农业科技,2002(6):12-13

[63] 李有忠,陈 垣,胡恒觉,等.半干旱地区覆盖少耕免耕的保墒效应[J].甘肃农业科技,1997(6):1-3

[64] 田秀平,陶永香,王立军,等.不同耕作处理对白浆土养分状况及农作物产量的影响[J].黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(3):9-11

[65] 王光明.冬水田水旱复种连续免耕的效益及土壤肥力和杂草动态研究[J].西南农学报,1995,17(4):344-347.

[66] 付国占,李潮海,王俊忠,等.残茬覆盖与耕作方式对夏玉米叶片衰老代谢和籽粒产量的影响[J].西北植物学报,2005,25(1):0155-0160

[67] 李立科.小麦留茬少耕秸秆全程覆盖新技术[J].陕西农业科学,1999(4):40-41.

[68] 亨 耳.国外农机[J].农村机械化,1998(13):42

[69] 王 秀,傅泽田,Tom Wolf.不同高度麦茬田中兑水量对除草剂分布的影响[J].中国农业大学学报,2001,6(3):53-57.

[70] 姜德锋,衣先众,牟中谦,等.不同耕作方式种植玉米对除草剂混用的防治效果影响[J].耕作与栽培,1998(3):53-54

[71] 王法宏,冯波,王旭清.国内外免耕技术应用概况[J].山东农业科学,2003(6):49-53

[72] 杨学明,张晓平,方华军.北美保护性耕作及对中国的意义[J].应用生态学报,2004,15(3):335-340

[73] 崔向红,王树奇.保护性耕作技术的发展现状[J].农业机械学报,2004(1):165-169

[74] 宗 和.保护性耕作在这里[J].山西农机,2004(3):34-35

[75] 常旭虹.保护性耕作技术的效益及应用前景分析[J].耕作与栽培,2004(1):1-3,44

[76] 孙海国,任图生.直立作物残茬和整株秸秆覆盖对麦田土壤温度及湿度的影响[J].干旱地区农业研究,1996,14(3):1-4

Research advances and comments on conservation tillage

SHI Jiang fan, LIU Jian zhong, WU Fa qi

(College of Resource and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100, China)

Abstract: This paper summarizes the research advances on the key techniques, machines, benefits and applications of conservation tillage in the last sixty years, and reviews the existing problems. Moreover, it suggests that emphasis be put on the regionalization of conservation tillage, and its technique systems, suitable modes and practical rules for different districts in China in the future.

Key words: conservation tillage; research advances; comment