### 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势

高旺盛

(中国农业大学农学与生物技术学院/区域农业发展研究中心, 北京 100094)

摘要:本文综合分析国内外保护性耕作技术发展趋势和特点,提出保护性耕作技术概念是泛指为了减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境而采取的综合性技术体系,其核心技术是土壤少耕免耕技术、农田地表微地形改造技术及地表覆盖技术,其技术原理是达到农田"少动土"、"少裸露""少污染"以及"适度湿润"和"适度粗糙"的耕层土壤状态,保持可持续的土地生产力。在此基础上提出了基于中国国情的保护性耕作技术研究方向以及不同区域需要解决的关键技术,建立具有中国特色的保护性耕作技术体系。

关键词:保护性耕作;概念;原理;研究方向

### Development Trends and Basic Principles of Conservation Tillage

GAO Wang-sheng

(College of Agronomy and Biotechnology /Centre of Regional Farming System Research, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract: Based on the systematic analysis of characteristics and development trends of conservation tillage in the world, the definition of conservation tillage (CT) was defined as an integrative technology system, which will reduce soil erosion and protect ecological environment in agricultural system. The key technologies of CT include the technology of minimum tillage and no-tillage, the technology of micro-topographical alteration and the technology of surface coverage. The principles of CT are to achieve lower soil disturbances, less bareness, less pollution, moderate moisture, moderate roughness and to maintain sustainable productivity of farmland. According to the concepts and principles of CT, the research direction and the key technologies suited for different regions in China of CT were put forward to build a CT system with Chinese characteristics.

Key words: Conservation tillage; Definition; Principle; Research direction

### 1 保护性耕作技术发展趋势

#### 1.1 国际发展趋势

美国 20 世纪 30 年代的"黑风暴",导致了土壤少免耕作等保护性耕作技术(conservation tillage)应运而生。目前,保护性耕作技术已成为发达国家可持续农业的主导技术之一。该技术已在美国、加拿大等70 多个国家得到推广应用,全球保护性耕作应用面积达到 1.7 亿公顷,占世界耕地总面积 11%,成为相对使用比率增长最快的新技术之一。近年来,国际有关协会又提出了保护性农业(conservation agriculture)的概念,主要以永久性土壤覆盖(绿色覆盖)、作物

轮作(特别旱田轮作)和减少对土壤的人为干扰,在 减少物质和能量投入基础上,保持和增加作物产量, 增加农民的经济收入。

从国际上来看,保护性耕作根据其发展阶段,其概念和内容有所不同,所涉及的范围也在不断扩大, 其核心技术在不同处理、覆盖技术、配套机械、除草 技术、种植制度以及技术目标等方面的内涵不断演变 和拓展<sup>[1-15]</sup> (表)。

当前国际上保护性耕作技术主要呈现以下变化趋势:

(1)由以研制少免耕机具为主向农艺农机结合并 突出农艺措施的方向发展。传统的保护性耕作技术重

收稿日期: 2006-11-22; 接受日期: 2007-02-01

基金项目: "十一五"国家科技支撑计划"保护性耕作技术体系研究与示范"(2006BAD15B00)课题资助

**作者简介**: 高旺盛(1963-),男,甘肃天水人,教授,博士,研究方向为农业生态与农作制度。Tel: 010-62731163; Fax: 010-62731436; E-mail: wshgao@cau.edu.cn

### 表 发达国家保护性耕作核心技术演变趋势

Table The technology evolvement of conservation tillage in developed countries

技术环节	20 世纪 40~70 年代	20 世纪 80~90 年代	近 10 年来
Technique elements	1940-1970	1980-1990	Recent ten years
土壤处理	减少翻耕次数	免耕技术	少耕、免耕与翻耕结合
Soil treatments	Reducing tillage number	No tillage	Reduced tillage, mixed no-tillage and plow tillage
覆盖技术	作物残茬	高留茬和秸秆直接还田	秸秆+植物绿色覆盖
Coverage technology	Crop stubble	Height stubble and straw returning	Coverage by straw and green crops
机械配套	旋耕、松耕等	大型机械化秸秆处理机械、免耕播种机	高效能、高通过的播种机与全程机械化
Mechanical technology	Rotary till, subsoiling	Large machinery to operate straw, no-tillage	Wide-range of mechanization and high-efficiency
		seeder	seeder
除草技术	大量化学除草剂	除草剂与覆盖	植物覆盖、间作、轮作+除草剂
Weeding technology	Chemical herbicide	Chemical herbicide and coverage	Crop coverage, intercropping, crop rotation and
			chemical herbicide
种植制度	扩大休闲,单作	休闲制与农草结合	多样化和轮作体系
Farming system	Fallow, monoculture	Fallow and mixed crop and grass	Diversification and rotation system
技术目标	保护土壤	保护土壤与获得收益	保护土壤、环境、经济
Technique aims	Soil conservation	Soil conservation and good benefit	Soil conservation, friendly environment and good benefit

点是以开发深松、浅松、秸秆粉碎等农机具。目前的 保护性耕作技术在发展农机具的基础上重点开展裸露 农田覆盖技术、施肥技术、茬口与轮作、品种选择与 组合等农艺农机相结合综合技术。

- (2) 由单纯的土壤耕作技术向综合性可持续技术 方向发展。保护性耕作已经由当初的少免耕技术发展 成为以减少农田侵蚀<sup>[1,2]</sup>、改善农田理化性状<sup>[3]</sup>、减少 能源消耗<sup>[4]</sup>、降低土壤及水体污染<sup>[5]</sup>、抑制土壤盐渍化、 受损农田生态系统恢复等领域的保护性技术研究。
- (3)由单一作物、土壤耕作技术研究逐步向轮作、 轮耕体系发展。越来越多的国家已经意识到轮作体系 在保护性耕作的重要作用<sup>[6~8]</sup>,保护性耕作的研究已经 不是单纯土壤耕作技术及当季作物的生长,更注重一 个种植制度的周期,作物轮作、土壤轮耕的综合技术 配置及其效应。
- (4)由单纯技术效益向长期效应及理论机制研究 发展。保护性耕作最初的研究主要集中在减少耕作、 秸秆管理技术的效果,如水土流失的控制、保土培肥 效果等,现在已经由单纯的技术研究逐步转向保护性 耕作的长期效应及其对温室效应的影响<sup>[9,10]</sup>、生物多 样性等理论研究,为保护性耕作的长期推广提供理论 支撑。
- (5)由简单粗放技术逐步向规范化、标准化方向发展。发达国家已经将保护性耕作技术与农产品质量安全技术、有机农业技术形成一体化,同时引入教育和金融机制[11],进一步提高了保护性耕作技术的规范化和标准化要求。

#### 1.2 中国发展趋势

事实上,中国在几千年的农耕历史中,始终重视 农业的用地养地结合,重视土壤保护和合理利用,这 是中国传统农业技术的重要方面。但是,真正意义上 的开展保护性耕作技术和理论研究,始于20世纪60 年代。在吸收国外保护性耕作先进技术的基础上,针 对中国农业生产实际,经过30多年的理论研究和科研 实践,在保护性耕作理论和技术方面取得了较多的成 果。据统计,自"六五"以来,中国科学家先后研究 提出了陕北丘陵沟壑区坡地水土保持耕作技术、渭北 高原小麦秸秆全程覆盖耕作技术、小麦高留茬秸秆全 程覆盖耕作技术、旱地玉米整秸秆全程覆盖耕作技术、 华北夏玉米免耕覆盖耕作技术以及机械化免耕覆盖技 术、内蒙古山坡耕地等高种植技术、宁南地区草田轮 作技术以及沟垄种植技术,为中国大面积推广应用保 护性耕作技术奠定了良好基础。近年,随着沙尘暴等 环境问题的日益严峻,保护性耕作的大规模试验、示 范、推广在中国也正式提上了日程。总体来说,中国 保护性耕作技术研究发展趋势主要体现在以下几点:

- (1) 土壤少耕技术研究较多,但大面积免耕技术 发展缓慢。
- (2) 秸秆还田技术近年发展加快,但是大量还田 下的稳产丰产配套技术没有突破。
- (3)裸露农田的地表高留茬、等高种植等技术有 所发展,但是防沙固土效果明显的突破性覆盖技术研 究储备不足。
  - (4) 保护性耕作区域性单项技术研究近年来得到

不同程度的发展,但是缺乏对技术标准的统一规范和 技术布局研究。

(5)已有不少保护性耕作的定位试验基地,但是 缺乏相对一致的试验方法和监测标准,试验基地很不 规范,试验手段落后。

## 2 关于保护性耕作技术体系的理论 界定

### 2.1 技术概念

综合国内外研究现状, 迄今为止, 对于保护性耕 作的技术概念依然没有形成比较一致的概念。从比较 狭窄的认识角度,有人认为保护性耕作就是少免耕, 将土壤耕作减少到能保证种子发芽即可,通过化学除 草和秸秆覆盖,减少土壤侵蚀。也有人简单地认为保 护性耕作技术就是"懒汉技术",在中国南方等高产 地区没有应用必要。还有人认为保护性耕作就是主要 进行机械化土壤耕作, 甚至提出没有农业机械就不可 能发展该项技术。美国对保护性耕作定义经历了3个阶 段,第一阶段是20世纪60年代,将保护性耕作定义为 少耕,通过减少耕作次数和留茬来减少土壤风蚀[12,13]。 第二阶段是20世纪70年代,美国水土保持局对保护性 耕作进行了补充和修正,将保护性耕作定义为不翻耕 表层土壤, 并且保持农田表层有一定残茬覆盖的耕作 方式,并且将不翻表层土壤的免耕、带状间作和残茬 覆盖等耕作方式划入保护性耕作范畴; 前两个阶段都 已经涉及到作物残茬覆盖,但都没有明确残茬覆盖量 的问题。第三阶段是20世纪80年代,把保护性耕作定 义为一种作物收获后保持农田表层30%残茬覆盖最终 达到防治土壤水蚀的耕作方式和种植方式[5,6]。全球气 候、土壤类型多样,种植制度变化大,保护性耕作技 术类型繁多,美国对保护性耕作定义也难以概括全貌。

中国学者最初对保护性耕作定义为:以水土保持为中心,保持适量的地表覆盖物,尽量减少土壤耕作,并用秸秆覆盖地表,减少风蚀和水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进农业耕作技术<sup>[14]</sup>。但是,目前国内对保护性耕作的认识也没有统一,存在诸多类型的提法:

- (1) 农业部要求"秸秆覆盖量不低于秸秆总量的30%,留茬覆盖高度不低于秸秆高度的1/3"(农业部颁发的《保护性耕作实施要点》),认为搞保护性耕作就必须实行免耕和少耕<sup>[16]</sup>。
  - (2) 保护性耕作是用大量秸秆残茬覆盖地表,将

耕作减少到只要能保证种子发芽即可,主要用农药来 控制杂草和病虫害的耕作技术<sup>[17]</sup>。

- (3)保护性耕作是按照作物的栽培要求,利用秸秆及残茬覆盖土壤,对农田实行免耕、少耕,主要用农药来控制杂草和病虫害,并适时深松的一种耕作技术<sup>[18]</sup>。
- (4)保护性耕作是指能够保持水土、培肥地力和保护生态环境的耕作措施与技术体系,以秸秆覆盖和少耕、免耕为中心内容,其技术的实质性特点是历年的作物秸秆不断地在土壤表层累积,逐渐形成肥沃的腐殖层<sup>[19]</sup>。
- (5) 保护性耕作是指不引起土壤全面翻转的耕作方法,它与传统的耕作方法不同,要求大量作物残茬留在地表,它要求使用农药来控制杂草和害虫<sup>[20]</sup>。
- (6) 保护性耕作是以减轻水土流失和保护土壤与环境为主要目标,采用保护性种植制度和配套栽培技术形成的一套完整的农田保护性耕作技术体系<sup>[21]</sup>。

笔者认为:保护性耕作技术泛指保土保水的耕作措施,其目的是减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境的综合技术体系,其技术关键是通过土壤少免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖技术,达到"少动土"、"少裸露"、"少污染"并保持"适度湿润"和"适度粗糙"的土壤状态,从而保护土地可持续生产力。

根据笔者提出的概念,保护性耕作的核心技术可划分为三类:一是以改变微地形为主的等高耕作、沟垄耕作等技术;二是改变土壤物理性状为主的少耕、深松、免耕等技术;三是以增加地面覆盖为主的秸秆覆盖、留茬或残茬覆盖等技术。保护性耕作主要有六大共性技术: (1)少耕免耕与合理轮耕技术; (2)地表覆盖技术(生物质覆盖、非生物质覆盖等); (3)改变微地形技术(等高种植、垄耕等); (4)保证全苗技术、稳产高效技术; (5)病虫害杂草防除技术; (6)适宜机具技术<sup>[22]</sup>。

在此基础上,笔者提出了要建立保护性耕作制(conservation farming system )。其基本内涵是对保护性耕作技术的外延拓展,其主要目标是以保护水土资源和环境健康为核心,以建立土壤轮耕技术体系和多元化覆盖技术体系为关键,减少水土侵蚀,维持土地生产力,改善农田生态系统功能,保持稳定产量效益,保证环境不退化,并得到社会广泛应用的技术体系。

### 2.2 技术原理

根据上文提出的保护性耕作概念与内涵,保护性

耕作技术的基本原理可以归纳"三少两高",即少动土、少裸露、少污染、高保蓄、高效益。

- (1) "少动土"原理 主要是通过少免耕等技术 尽量减少土壤扰动,达到减少土壤侵蚀的效果。据笔 者在内蒙古武川县的试验研究结果表明,与传统秋耕 裸地相比,留茬免耕的保护性耕作可以明显减轻农田 土壤的风蚀效果,风蚀量减少了 66.67%<sup>[23]</sup>。此外,不同区域研究证实,保护性耕作可以增加耕层较大粒径 非水稳定性大团聚体,维持良好的孔隙状态,改善土壤结构,提高土壤质量。如对东北不同耕作措施对土壤团聚体的影响研究表明,在 0~30 cm 土层,保护性耕作>0.25 mm 团聚体含量均值明显高于传统耕作。在华北平原保护性耕作试验研究发现,0~5 cm 和 5~10 cm 土层中,免耕措施有利于提高土壤中较大粒径的非水稳定性大团聚体的百分含量,而翻耕和旋耕则减少了土壤中较大粒径的非水稳定性大团聚体的百分含量<sup>[24]</sup>。
- (2) "少裸露"原理 主要是通过秸秆覆盖、绿色覆盖等地表覆盖技术实现地表少裸露,达到减少土壤侵蚀以及提高土地产出效益。华北平原高产麦玉农区试验结果表明,秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率 3 年平均为 58%,多年平均增产 4.35%,水分利用效率平均提高 12.26%,耗水系数平均降低 9.75%<sup>[25]</sup>。西南丘陵区稻田秸秆覆盖可使土壤总孔隙度增加 2 188%~5 176%,土壤容重降低 1 186%~3 173%,可以减少田间蒸发耗水,节水 41.84%。试验表明随秸秆覆盖量的增加,作物增产效果越明显<sup>[26,27]</sup>。
- (3)"少污染"原理 就是通过合理的作物搭配、 耕层改造、水肥调控等配套技术,实现对温室气体、 地下水硝酸盐、土壤重金属等对大气环境不利因素的 控制。研究证明保护性耕作措施能显著增加表层土壤 总有机碳、稳态碳和碳库管理指数,实现"碳汇"功 能,改善农田生态环境。华北平原麦玉两熟区和湖南 双季稻区试验证明保护性耕作(少免耕和秸秆还田) 能增加土层的总有机碳、稳态碳和碳库指数,且达显 著水平。华北平原翻耕所产生的相对温室总效应最大 (9.84),旋耕次之(8.92),免耕最小(7.94),南 方稻田免耕所产生的相对温室总效应最小,保护性耕 作措施对于温室气体的减排具有重要的意义<sup>[28]</sup>。长江 三角洲水田保护性耕作制度的土壤碳收集效应估算结 果表明,小麦的少免耕和作物秸秆的还田分别约增加 土壤耕层有机碳 2.76 Tg 和 3.95 Tg<sup>[29]</sup>。
  - (4) "高保蓄"原理 主要通过少免耕、地表覆

盖以及配套保水技术的综合运用,达到保水效果。保护性耕作可以改善耕层土壤持水性能,增加土壤有效水。东北平原吉林省试验表明,在 0~50 cm 土层,宽窄行保护性耕作方式苗带土壤含水量显著高于其它处理,土壤表层含水量比传统耕作秋翻秋耙匀垄和秋灭茬匀垄分别高出 22.36%和 28.43%; 华北平原试验表明,在 0~30 cm 土层,翻耕、旋耕和免耕 3 个处理的平均有效水含量分别为 0.098、0.117 和 0.124 cm³·cm³,旋耕和免耕明显高于翻耕。通过调节土壤中大小孔隙的比例,保护性耕作技术提高了华北平原小麦/玉米两熟制农田的有效水含量。170 cm 土体中,免耕处理土体蓄水量最高。西南丘陵区稻田麦秸覆盖还田,可以减少田间蒸发耗水,节水 41.84%[27,30]。

(5) "高效益"原理 主要是通过保护性耕作核心技术和相关配套技术的综合运用,实现保护性耕作条件下的耕地最大效益产出。湖南省在益阳市开展了双季稻主产区稻田不同保护性耕作种植模式的作物生长发育与经济效益的比较研究,结果表明,在保护性耕作条件下,双季水稻生长发育具有较明显的优势,经济产量和生物学产量明显增加[15],综合经济效益显著提高[31]。江西省免耕抛秧水稻的产量性状优于对照(常耕移栽)和其它处理,产量比对照高 3.95%~11.57%<sup>[32]</sup>。"十五"期间粮食主产区保护性耕作制与关键技术研究课题,在东北平原、华北平原、长江中下游及成都平原 9 个省市区域推广示范保护性耕作技术与集成模式,作物类型涉及玉米、小麦、水稻及绿色覆盖作物,推广面积 12.07 万公顷,粮食增产 9.96万吨,增加间接效益 1.59 亿元。

## 3 中国保护性耕作研究与实践中存 在的问题与成因分析

### 3.1 关键技术研究上存在的问题

已往的研究在研究范畴上过窄、有些基础较好的 技术缺乏系统性、长期性和针对性,导致了目前中国 保护性耕作关键技术研究上存在许多问题有待于进一 步深入研究突破。例如在土壤耕作技术方面,目前的 研究基础较好,技术基本成熟,但是由于缺乏系统性 和针对性,导致目前在土壤耕层养分、水分、土壤结 构等关键功能调节,机械化/半机械化以及不同耕法有 机结合等关键问题研究上没有突破和创新。在秸秆覆 盖还田保护技术方面,目前的研究基础良好,但是缺 乏规范化、定量化和标准化。在裸露农田绿色覆盖技 术方面,由于以往研究对该技术的生态一经济效益的 "保护"效果认识的不足,导致目前该技术的研究在 有效物种选择及其配套技术等方面尚未突破。在关键 环节适宜机具技术方面,目前适应不同区域自然条件 和种植方式的设备适用改选尚未突破。在稳产、保产 增效关键技术方面,从技术上解决保护性耕作可能导致减产的问题的研究目前尚未完全突破。

#### 3.2 共性理论研究问题

中国保护性耕作发展总体上呈现应用先于理论的 趋势,许多研究主要着眼于技术的改进和效果的提高上,对于保护性耕作的长期生态经济效益等理论问题 的研究相对滞后。例如,由于长期实行大量秸秆还田和免耕措施是否会带来新的生态问题,关于这点目前没有定论。尤其是保护性耕作的产量变动机制、土壤生态功能的长期效应、病虫草害变异规律等问题值得深入研究。

#### 3.3 推广与应用问题

由于缺乏对保护性耕作技术的宏观研究,比如保护性耕作的技术评价与标准的研究不足导致保护性耕作技术规范性差,推广与应用受到一定的局限。中国地域辽阔,气候、土壤、经济、社会等差异性大,作物类型多样,熟制多样,保护性耕作技术种类多样且零散,如东北深松、垄作、少耕和免耕,华北的夏作免耕、麦玉两作全程免耕,西北的砂石等地表覆盖,西南的丘陵多熟免耕,长江中下游地区的轻型耕作、少耕和免耕,各项技术标准不一、规范性差,没有适应于不同区域特色的保护性耕作技术标准,技术的可操作性差,配套的栽培管理技术跟不上,导致保护性耕作技术在适宜区域得不到有效的推广。此外,保护性耕作技术在适宜区域得不到有效的推广。此外,保护性耕作技术的推广扩散机制、技术的区域适宜性布局与规划、技术推广的配套政策等方面研究不足也限制了推广与应用。

# 4 中国特色的保护性耕作技术体系 建设重点方向

# 4.1 从区域多样化出发,建立区域化的保护性耕作技术模式

针对中国目前保护性耕作的研究情况,保护性耕作的研究要突出中国的不同区域特点,应充分发挥其保水、保土的作用。在土地类型上,重点研究干旱土地、南北方坡耕地和南北方裸露农田等三大重点;在区域布局上重点研究北方水蚀区、北方风蚀区、东北

退化区、华北缺水区、南方丘陵区、南方稻草富集区 等六大典型区域,针对区域关键问题,结合共性关键 技术,组合形成区域特色关键技术体系开展研究与示 范。

- (1) 东北平原区 土壤水蚀退化严重,耕层逐年严重变浅,部分地区黑土层由开垦初期的 60~70 cm 减少到 20~30 cm,一些薄层黑土变成露黄黑土,对粮食生产具有潜在的威胁。重点研究遏制土地退化、培肥地力、减轻风蚀的保护性耕作的技术体系。
- (2)长城风沙沿线区 冬春季节农田裸露严重, 是京津地区沙尘暴的主要源头。重点研究防沙减尘的 覆盖作物及保护性耕作技术体系。
- (3) 西北黄土高原区 世界上水土流失最严重的 区域,年土壤流失量达 21 亿吨,侵蚀面积达  $3.4\times10^5$  km²。重点研究减少侵蚀的水土保持型保护性耕作技术体系。
- (4) 华北平原区 水资源矛盾突出,地下水超采 严重,形成多个地下漏斗,粮食高产压力大。重点研 究稳产节水型保护性耕作技术体系。
- (5)南方平原双季稻区 劳动力紧缺,秸秆资源 浪费严重,省时、省工、高效的耕作技术体系是该区 的客观需求。重点研究秸秆资源高效利用及冬季资源 利用技术体系。
- (6) 南方丘陵区 水土流失严重,季节性干旱突出,土地生产力低下。重点研究减少土壤水蚀的保水抗旱保护性耕作技术体系。

### 4.2 进一步深化保护性耕作关键技术研究

"十五"期间保护性耕作技术研究被列入国家科技攻关计划,有力地推进了中国的研究工作,有效地促进了中国保护性耕作技术队伍建设以及近 20 个长期定位试验基地建设。"十一五"期间,要紧紧围绕保护性耕作的关键技术突破与创新,理论研究围绕技术创新开展深入的机理研究,为技术突破提供理论支撑。共性关键技术的研究重点是:

- (1) 土壤耕作技术 重点研究不同区域、不同耕作方式条件下的土壤耕层功能调节关键技术;不同地形土壤耕作的机械化/半机械化;不同区域少一免一松一旋一翻的轮耕模式。
- (2) 秸秆覆盖还田保护技术 重点是不同作物秸秆覆盖技术的规范化、定量化和标准化。
- (3)裸露农田绿色覆盖技术 重点研究东北和内蒙古冷凉地区高抗寒覆盖植物选择与覆盖保护;华北平原大面积棉田冬季裸露覆盖技术;南方冬季高效益

牧草及经济作物覆盖技术。

- (4) 关键环节适宜机具技术 重点研究大量秸秆还田、多熟、丘陵地形等条件下的高保苗率的播种机,以适应不同区域特点,如东北垄作播种机、华北秸秆全量还田播种机、南方稻田免耕播种机等。
- (5)稳产、保产增效关键技术 要从技术上解决保护性耕作可能导致减产的问题。重点研究北方免耕条件下抗低温保苗技术,华北全量还田高保苗技术,黄土高原抗旱保苗技术,关键病虫草害防除技术及低成本、高效益水肥管理技术等。

### 4.3 加强保护性耕作理论研究

从确保技术的科学性角度,笔者认为,保护性耕作需要加强的重大科学理论问题研究重点是:

- (1)加强不同种植制度连续大量秸秆还田长期效应研究。在全国有选择的建立10个左右的不同作物秸秆类型的长期定位基地,重点围绕土壤有机质动态监测、病虫草害变异规律、不同作物反应以及碳循环等环境效应方面开展研究,探明大量秸秆长期还田的负面效应并提出技术方案。
- (2)加强不同侵蚀类型区长期少免耕及不同耕法的长期效应研究。在全国有选择的建立10个左右的不同土壤类型的长期定位基地重点研究长期少免耕条件下的土壤结构、耕层质量、土壤水、微生物及作物反应等,探明少免耕作技术对土壤生态系统的作用机制。
- (3)加强保护性耕作的技术评价体系、技术推广的组织机制与配套技术政策研究。重点解决区域保护性耕作技术标准不一、技术分布零散、缺乏可行的评价技术和规划方案以及配套经济政策滞后等问题。

### References

- [1] 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.农业工程学报,2003,19(2):56-60.
  - Zang Y, Gao H W, Zhou J Z. Experimental study on soil erosion by wind under conservation tillage. *Transations of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2003, 19(2): 56-60. (in Chinese)
- [2] Michels K, Sivakumar M V K, Allison B E.Wind erosion control using crop residue II: effect on millet establishment and yields. *Field Crops Research*, 1995, 40: 111-118.
- [3] Carter M R. Characterization of soil physical properties and organic matter under long-term primary tillage in a humid climate. Soil and Tillage Research, 1996, 38: 251-263.
- [4] Uri N D. Conservation tillage and the use of energy and other inputs in US agriculture. *Energy Economics*, 1998, 20: 389-410.

- [5] Uri N D. Factors affecting the use of conservation tillage in the United States. Water, Air, and Soil Pollution, 1999, 116: 621-638.
- [6] Conservation Tillage Information Center, Indiana. What is conservation tillage? http://www.ctic.purdue.edu/Core4/CT/Definitions.html. 2000
- [7] Govaerts B, Mezzalama M, Sayre K D, Crossa J, Nicol J M, Deckers J. Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on maize/wheat root rot and nematode populations in subtropical highlands. *Applied Soil Ecology*, 2006, 32: 305-315.
- [8] Latta J, O'Leary G J. Long-term comparison of rotation and fallow tillage systems of wheat in Australia. *Field Crops Research*, 2003, 83: 173-190.
- [9] La1 R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. Soil and Tillage Research, 1997, 43: 81-107.
- [10] West T O, Marland G. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2002, 91: 217-232.
- [11] Uri N D. The role of public policy in the use of conservation tillage in the USA. *The Science of the Total Environment*, 1998, 216: 89-102.
- [12] Schertz D. Conservation tillage: an analysis of acreage projections in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1988, 33: 256-258.
- [13] Mannering J, Schertz D, Julian B. 'Overview of Conservation Tillage', Effects of Conservation Tillage of Groundwater Quality. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1987.
- [14] 中国耕作制度研究会. 中国少免耕与覆盖技术研究. 北京: 科学出版社, 1991.
   China Association of Farming System. The Research for the Reduced Tillage, No-tillage, Mulching Farming in China. Beijing: Science Press, 1991. (in Chinese)
- [15] Olaoye J O. Influence of tillage on crop residue cover, soil properties and yield components of cowpea in derived savannah ectones of Nigeria. Soil and Tillage Research, 2002, 64: 179-187.
- [16] 张铁军, 李禹红. 再议保护性耕作. 农机科技推广, 2004, (3): 10-11.
  - Zhang T J, Li Y H. Rediscussing of conservation tillage. *Agriculture Machinery Technology Extension*, 2004, (3): 10-11. (in Chinese)
- [17] 高焕文. 保护性耕作概念、机理与关键技术. 四川农机, 2005, (4): 22-23
  - Gao H W. The concept, mechanism and key technology of conservation tillage. *Sichuan Agricultural Machinery*, 2005, (4): 22-23. (in Chinese)
- [18] 李 曼, 崔和瑞. 发展保护性耕作技术, 促进农业可持续发展. 中

- 国农机化, 2005, (5): 51-53.
- Li M, Cui R H. Developing protective farming technique, promoting agricultural sustainable development. *Chinese Agricultural Mechanization*, 2005, (5): 51-53. (in Chinese)
- [19] 马春梅, 纪春武, 唐远征, 董守坤, 李 姚, 金喜军, 龚振平. 保护性耕作土壤肥力动态变化的研究——秸秆覆盖对土壤温度的影响. 农机化研究, 2006, (4): 137-139.
  - Ma C M, Ji C W, Tang Y Z, Dong S K, Li Y, Jin X J, Gong Z P. The study of the dynamics of soil fertilizer in conservation tillage: the effect of covering straw on soil temperature. *Agricultural Mechanization Research*, 2006(4): 137-139. (in Chinese)
- [20] 冯聚凯, 崔彦宏, 甄 瑞, 李少昆. 华北平原一年两熟区保护性耕作技术研究进展. 中国农学通报, 2006, 22(6): 177-181.

  Feng J K, Cui Y H, Zhen R, Li S K. Review on conservation tillage of double cropping system in North China Plain. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(6): 177-181. (in Chinese)
- [21] 章秀福, 王丹英, 符冠富, 李 华. 南方稻田保护性耕作的研究进展与研究对策. 土壤通报, 2006, 37: 346-351.

  Zhang X F, Wang D Y, Fu G F, Li H. Research progress and
  - Znang X F, Wang D Y, Fu G F, Li H. Research progress and developing strategy in paddy-field conservation tillage in the south of China. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37: 346-351. (in Chinese)
- [22] 高旺盛. 切实加强北方沙尘源农田保护性耕作制度建设的考察报告. 科技日报, 2004-05-20.
  - Gao W S. The report on suggestions to strengthen the construction of conservation tillage in headstream of wind sandstorm of north. Science and Technology Daily, 2004-05-20. (in Chinese)
- [23] 高旺盛,秦红灵,赵沛义. 内蒙古阴山北麓干旱区不同种植模式对农田风蚀的影响. 水土保持研究, 2006, 12(5): 122-125.

  Gao W S, Qin H L, Zhao P Y. The effects of different planting modes on wind erosion from cropland in arid region of north of Yin Mountain of Inner Mongolia. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006, 12(5): 122-125. (in Chinese)
- [24] Du Z L, Ren T S. Evaluation of the S theory in quantify soil physical quality. The Eighteenth Anniversary of World Congress of Soil Science. Pennsylvania: Philadelphia, 2006.
- [25] 陈素英,张喜英,裴 冬,孙宏勇. 秸秆覆盖对夏玉米田棵间蒸发和土壤温度的影响. 灌溉排水学报, 2004, (4): 32-36.
  - Chen S Y, Zhang X Y, Pei D, Sun H Y. Soil evaporation and soil temperature in maize field mulched with wheat straw. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2004, (4): 32-36. (in Chinese)
- [26] 吴 婕, 朱钟麟,郑家国,姜心禄. 秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响. 西南农业学报, 2006, 19(2): 192-196.

Wu J, Zhu Z L, Zheng J G Jiang X L. Influences of straw mulching treatment on soil physical and chemical properties and crop yields. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2006, 19(2): 192-196. (in Chinese)

40卷

- [27] 郑家国,姜心禄,朱钟麟,谢红梅,卿明福.季节性干早丘区的麦秸还田技术与水分利用效率研究.灌溉排水学报,2006,(1): 30-33. Zheng J G, Jiang X L, Zhu Z L, Xie H M, Qing M F. The wheat straw utilization and the water using efficiency in rice cultivation in seasonal drought hilly region of south China. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2006, (1): 30-33. (in Chinese)
- [28] 李 琳, 李素娟, 张海林, 陈 阜. 保护性耕作下土壤碳库管理指数的研究. 水土保持学报, 2006, 20(3): 106-109. Li L, Li S J, Zhang H L, Chen F. Study on soil C pool management index of conversation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(3): 106-109. (in Chinese)
- [29] 芮雯奕,周 博, 张卫建. 长江三角洲水田保护性耕作制度的碳收集效应估算. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 207-212.

  Rui W Y, Zhou B, Zhang W J. A brief assessment of carbon sequestration effects of conservational farming systems in paddy soils of Yangtze Delta Plain. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(2): 207-212. (in Chinese)
- [30] 朱钟麟, 卿明福, 郑家国, 姜心禄, 吴 婕. 免耕和秸秆覆盖对小麦、油菜水分利用效率的影响. 西南农业学报, 2005, 18(5): 565-568.
  - Zhu Z L, Qing M F, Zheng J G, Jiang X L, Wu J. Effect of water utilization efficiency under no tillage and straw mulching to wheat field and rape seeds field. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 18(5): 565-568. (in Chinese)
- [31] 叶桃林,李建国,胡立峰,罗尊长,屠乃美,李 琳,王丽宏,王少斌,张 帆,杨光立. 湖南省双季稻主产区保护性耕作关键技术定位研究. 作物研究, 2006, (1): 34-39.

  Ye T L, Li J G, Hu L F, Luo Z Z, Tu N M, Li L, Wang L H, Wang S B, Zhang F, Yang G L. The location research on the key technology of conservation tillage in the double-rice areas of Hunan. *Crop Research*,
- [32] 黄小洋,漆映雪,黄国勤,张兆飞,刘隆旺,章秀福,高旺盛.稻田保护性耕作研究——I免耕对水稻产量、生长动态及害虫数量的影响. 江西农业大学学报, 2005, 27: 530-535.

2006, (1): 34-39. (in Chinese)

Huang X Y, Qi Y X, Huang G Q, Zhang Z F, Liu L W, Zhang X F, Gao W S. Studies on paddy field conservation tillage-I effects of paddy field conservation tillage on rice yield, growth dynamics and pest quantity. *Acta Agricultural Universitatis Jiangxiensis*, 2005, 27: 530-535. (in Chinese)

(责任编辑 吴晓丽)