

旱区保护性耕作技术研究进展与应用前景

张燕卿^{1,2}, 张玉龙¹

(1. 沈阳农业大学, 辽宁 沈阳 110161; 2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘 要: 论述了旱区保护性耕作技术的发展历程及研究现状, 并提出了目前生产应用中存在的一些问题: (1) 低的地温易造成作物出苗困难; (2) 草虫病害较重; (3) 农机农艺配套性差; (4) 播种、施肥质量不高。分析认为, 保护性耕作技术对防风固土、减少土壤蒸发、降低土壤 pH 值和有效地改良盐碱地具有重要的作用。在对现有问题深入研究的基础上, 通过技术创新和集成示范其应用前景仍十分广阔。

关键词: 保护性耕作; 研究进展; 应用前景; 旱区

中图分类号: S344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0119-03

保护性耕作是指在能够保证种子发芽的前提下, 通过少耕、免耕、化学除草技术措施的应用, 尽可能地保持作物残茬覆盖地表, 减少土壤水蚀、风蚀, 实现农业可持续发展的一项农业耕作技术。关键点是改革铧式犁翻耕土壤的传统耕作方式, 实行免耕或少耕, 降低对土壤扰动, 提高降雨入渗率, 增加土壤含水量; 同时, 利用作物秸秆残茬覆盖地表, 保护土壤, 减少风蚀、水蚀和水分无效蒸发, 提高降雨利用率; 实现开沟、播种、施肥一次性作业, 简化工序, 并利用除草剂或机械表土作业控制杂草。通过免耕少耕、秸秆残茬覆盖、合理深松、化学除草灭虫等措施, 达到保水、保土、保肥、抗旱增产的目的, 作为当代旱作农业的一个组成部分, 是旱作农业发展过程中的一个技术飞跃。

1 保护性耕作技术研究进展和应用状况

以少耕和免耕为主要内容的保护性耕作在国外发展很早。其最早的起因是由于一些环境灾难, 如在北美西部开发过程中, 由于盲目开垦破坏了大片森林和草原, 过频耕作使土壤结构受到破坏, 导致区域生态平衡被打破, 出现黑风暴。比较著名的有 20 世纪 30~40 年代在美国发生两场“大尘暴”, 50 年代中期原苏联在中亚地区发生的“黑风暴”。这些灾难使人们对传统深耕及裸地休闲产生了怀疑, 也为保护性耕作法的形成奠定了基础。20 世纪 70 年代初, 《No-tillage Farming》^[1] 一书的出版标志着以免耕为核心的保护性农业进入一个新时期。尤其是随着农业机械及多种除草剂的发展, 以免耕法为代表

的保护性耕作方法在美国、加拿大及澳大利亚等发达国家得到大面积示范和推广。美国对保护性耕作技术的研究最为详尽, 从 20 世纪 30~40 年代开始对保护性耕作的内容、方式、机具及经济效益等进行了研究, 提出了一套完整的以少耕法、免耕法、垄作、覆盖、带状耕作等为内容的保护性耕作新技术, 并与生物技术、灌溉技术相结合在全球范围进行了大面积应用^[2](表 1)。

表 1 2004~2005 年度全球主要国家保护性耕作面积

Table 1 Acreage of protective tillage in certain countries in 2004~2005

国家 Country	保护性耕作面积 Acreage of protective tillage ($\times 10^4$ hm ²)
美国 USA	2530.4
巴西 Brazil	2360.0
阿根廷 Argentina	1826.9
加拿大 Canada	1252.2
澳大利亚 Australia	900.0
南美其它国家 Rest of the South America	303.5
印度恒河平原 Indo-Gangetic Plains	280.0
欧洲 Europe	50.0
非洲 Africa	40.0
中国 China	100.0
其它国家 Other countries	100.0
总计 Total	9738

在 20 世纪 50 年代末 60 年代初期, 我国黑龙江

收稿日期: 2008-08-07

基金项目: 十一五国家“863”项目“山西半干旱区现代节水农业技术与集成”(2006AA100220); 十一五国家科技支撑计划项目“农田水分生产潜力及适度开发研究”(2006BAD29B01); 国家科技基础条件平台建设项目“农业科学数据共享中心”(2005DKA31800)

作者简介: 张燕卿(1963—), 男, 山西省文水县人, 研究员, 主要从事旱作农业和农业环境方面研究。E-mail: zhangyq@cjac.org.cn。

通讯作者: 张玉龙(1954—), 男, 教授, 主要从事土壤和农业环境方面研究。E-mail: ylzhang@syau.edu.cn

国营农场就进行过免耕种麦的试验示范工作;70 年代在江苏太湖、徐州、吴江、无锡等地进行稻茬免耕麦技术研究^[3],与此同时,候光炯通过研究提出了“自然免耕”理论^[4]。从 80 年代初期开始,我国着手研究少、免耕农作系统,尤其是近 20 年来,随着人口的迅速增长,生态环境日益恶化,水土流失及干旱逐年加剧,各地将少耕、免耕、深松耕等保水、保土耕作措施与覆盖措施相结合,形成了多种类型的旱地保护性耕作技术,如地膜覆盖耕作法、秸秆覆盖还田耕作法、少耕秸秆全程覆盖法、免耕整秸秆覆盖法等。

这些措施的推广和应用或多或少地解决了旱作农田“旱”与“薄”的问题,对减少土壤水分蒸发,增加土壤有机质,增加作物产量,简化耕作程序,降低生产成本,提高劳动生产率和经济效益均有一定的效果。

在黄河流域的东部半湿润或偏旱地区,免耕播种并结合秸秆还田的保护性耕作技术在河南、山西和山东等省的水浇地得到广泛的应用,在引进和改进前苏联马尔才夫耕作法的基础上,研究出了适合该类型地区旱田特点的少耕+覆盖的护土保墒型土壤耕作技术,并制定了秸秆还田的技术标准和规程^[5];研发了以耙代耕配合秸秆还田的少耕+培肥技术体系研究,通过耕法定位和技术配套研究,建立了耙秸轮耕新型土壤耕作制^[6]。在黄河流域的西北地区,研发适合坡耕地应用的保护性耕作技术主要有等高带状间隔种植技术,在传统砂田覆盖免耕基础上发展了秸秆覆盖和隔行耕作等保护性耕作技术^[7]。

北方旱区干旱少雨和大风等气候特点极易造成水土流失,秋后翻耕使土壤直接裸露更加剧了这一过程。保护性耕作的一些技术,如少耕、免耕可以有效地减少对土壤的扰动,而秸秆残茬覆盖又可以有效地抑制土壤表土起沙,进而抑制沙尘暴的发生。同时,由于地表覆盖秸秆或留有残茬,增加了地表粗糙度,阻挡雨水在地表的流动,增加了雨水渗透率,减少了地表径流量,减少了太阳辐射和降低了风速,从而可以有效地减少蒸发,增加土壤水分含量和贮水量,提高水分利用率。根据山西寿阳、河南洛阳和内蒙古武川近几年的试验结果,发现免耕能够在一定程度抑制农田扬沙发生,提高农田土壤水分 2%~3%^[8~10]。在黄土高原地区应用“留茬少耕或免耕秸秆全程覆盖”将自然降水的保蓄率由传统耕作法的 25%~35%提高到 50%~65%^[11]。

水资源短缺是旱作区的关键限制因素,尤其是春旱几乎年年发生,农作物的产量在很大程度上受

到水分的制约,保护性耕作技术通过减少地表径流,保蓄尽可能多的水分于土壤中,能够在一定程度上缓解春旱问题。同时,由于保护性耕作能够改善土壤结构,提高耕地地力,因此,可不同程度提高农作物产量^[11]。但不同研究者在不同研究条件下对不同作物研究的结果往往差异很大。一般来说,少耕或免耕等保护性耕作技术在短期内很难提高农作物产量,但实施多年后(一般在三年左右)可以获得高于传统耕作的产量,干旱年尤为明显,如 1997 年特大干旱年,山西省长治县推广秸秆覆盖+少耕技术,使 1.2 万 hm^2 秸秆覆盖农田玉米平均单产仍达 5 625 kg/hm^2 ,比对照田增产 32.4%^[12]。内蒙古自治区清水河和凉城秸秆覆盖试验结果也表现为显著增产^[13],山西寿阳试验结果表明减免耕等保护性耕作技术具有蓄水保墒、培肥地力、增产增收和改善生态环境的综合效益,但初期农作物产量增幅不大^[14]。

2 保护性耕作技术应用面临的主要问题

虽然保护性耕作技术在生产中得到广泛应用,但同时也面临不少问题,存在不少限制该技术应用的不利因素,主要表现在四个方面:第一,局部地区作物播种期较低的地温一直是作物种子萌发的限制因子,如黄河流域上中游地区 3、4 月份的平均气温分别为 3.5℃和 8.4℃,而免耕和覆盖将进一步降低地温。根据在山西寿阳测定数据表明^[9,14],免耕覆盖等保护性耕作技术应用后,4~5 月份农田土壤温度比常规耕作降低 2℃左右,这在一定程度上影响到玉米种子的萌发。第二,深翻和中耕是消灭杂草的最有效手段,应用保护性耕作技术后由于减少了一系列工序,秸秆为农田害虫和植物病原体提供了寄居和栖息场所,病虫草害发生强度可能会增加,而化学防治技术与实际需求又存在一定的距离,这是保护性耕作技术应用面临的一个难题。同时,化学药剂使用还可能造成对土壤和地下水源的污染,这也是保护性耕作应用中必须预防和解决的问题。第三,区域农业生产条件差异很大,尤其是土壤类型、地貌、田块大小、气候、作物种植制度的差异性使得目前一些保护性耕作机械难于适应实际需要,播种质量不高,肥料施入难度加大,这在一定程度上阻碍了保护性耕作技术应用。第四,由于自然条件和传统耕作习惯的影响,保护性耕作的农艺农机不配套,技术集成创新滞后,保护性耕作技术适宜性、效益评价和技术标准研究滞后以及技术成熟度低也是该技术在推广应用中的一大障碍因素。

3 保护性耕作技术的应用前景

干旱缺水、水土流失是北方旱区农业生产面临的主要问题,虽然实践已经证明现有耕作技术在一定程度上适合该地区特点,但事实同时也证明传统的耕作技术使干旱缺水和水土流失进一步恶化。而保护性耕作技术通过减少对土地扰动能够有效地保持土壤水分和防治水土流失,这从根本上保证了该技术在该区域的应用价值。同时,保护性耕作技术的简便易学、可操作性强为该技术扩大推广面积奠定了坚实的基础,目前,有些老百姓将其称之为“懒汉种田技术”,如果能够解决好相应的配套技术措施,保护性耕作技术在旱农区将有广阔的应用前景。北方农区沙尘暴和大量的盐碱地在一定程度上是农业发展的重要限制因子,保护性耕作技术对防风固土、减少土壤蒸发、降低土壤 pH 值和有效地改良盐碱地具有重要的作用,其应用前景十分广阔^[12,15]。

进入 21 世纪以来,国家加大了保护性耕作技术在北方旱农区的推广应用,据统计 2002~2005 年以来,国家在全国 111 县(市)进行了保护性耕作技术的示范推广。据对山西省不完全统计^[16],仅 2005 年散发保护性耕作技术资料 25 万余册,共培训项目区农机户 3 129 户、农民 4.38 万人次,保护性耕作技术的实施面积达到 32 万 hm^2 ,增产粮食 3.8 亿 kg,节约农业生产成本 1.2 亿元,取得了显著的成效。

参考文献:

- [1] Phillips S H, Young H M. No-tillage Farming[M]. Milwaukee: Reiman Associates, 1973;224.
- [2] Lal R, Reicosky D C, Hanson J D. Evolution of the plow over

- 10,000 years and the rationale for no-till farming[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 93;1-12.
- [3] 黄锦法,俞慧明,陆建贤,等.稻田免耕直播对土壤肥力性状与水稻生长的影响[J].浙江农业科学,1997,11(5):226-228.
- [4] 谢德体,魏朝富,杨剑虹.自然免耕下的稻田生态系统[J].应用生态学报,1994,5(4):415-421.
- [5] 高焕文.保护性耕作技术与机具[M].北京:化学工业出版社,2004;19-29.
- [6] 李少昆,赵明,赵秉强,等.保护性耕作技术研究进展[C]//中国作物学会.中国粮食安全战略——第九十次中国科协青年科学家论文集.北京,2004.
- [7] 信乃谄.中国北方旱区农业研究[M].北京:中国农业出版社,2002;300-320.
- [8] 严昌荣,梅旭荣,何文清,等.黄河流域保护性耕作技术的应用现状及特点[J].农业环境科学学报,2006,25(增刊):1-4.
- [9] Wang Xiaobin, Cai Dianxiong, Hoogmoed W B, et al. Scenario analysis of tillage, residue and fertilization management effects on soil organic carbon dynamics[J]. Pedosphere, 2005, 15(4):478-483.
- [10] 贾延明,尚长春,张振国,等.保护性耕作适应性实验及关键技术研究[J].农业工程学报,2002,18(1):78-80.
- [11] 王兆华,李立科,赵二龙,等.西部旱作农业的有效新技术留茬少耕或免耕秸秆全程覆盖[J].生态学杂志,2001,20(3):71-73.
- [12] 常旭虹.保护性耕作技术的效益和应用前景分析[J].耕作与栽培,2004,(1):1-2.
- [13] Liu Jinghui, Li Lijun. Conservation Agriculture for the Dry-land Areas of the Yellow River Basin [M]//Annual Report (Inner Mongolia Site). Beijing: CPWF-CIMMYT, 2007.
- [14] Yang Changrong, He Wenqing, Mei Xurong, et al. Conservation Agriculture for the Dry-land Areas of the Yellow River Basin [M]//Annual Report (Shouyang Site). Beijing: CPWF-CIMMYT, 2007.
- [15] 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,(3):36-37.
- [16] 许继光.保护性耕作是旱作农业发展的历史性跃迁[EB/OL].[2005-09-27].http://www.sxnj.org.cn/njlt.

Advances and prospect of research on protective tillage techniques in arid areas

ZHANG Yan-qing^{1,2}, ZHANG Yu-long¹

(1. Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2. Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The developing course and current situation of research on protective tillage techniques in arid areas are expounded and some existing problems are pointed out, such as: low soil temperature may restrain crop emergence; weeds, pests and diseases are serious; the match of tillage techniques and farm machinery is not good enough; and the quality of sowing and fertilizing needs to be improved. However, it is considered that protective tillage play an important role in preventing wind, fixing soil, reducing soil moisture evaporation, reducing soil pH value and improving the quality of saline-alkali soil, which has a broad prospect of application through technical innovation and integrated demonstration based on further efforts in solving the existing problems.

Key words: protective tillage; advance in research; prospect of application; arid area