

农牧交错带地区发展保护性耕作的意义与前景

何文清¹, 赵彩霞², 隋鹏², 高旺盛², 严昌荣¹

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要: 在系统总结保护性耕作技术的内涵、技术内容和类型的基础上, 阐述了保护性耕作保土、保水、提高土地生产力、增加农业效益的重要作用, 并根据北方农牧交错带的实际情况, 从气候、土壤、农作物和社会因素四个方面对技术的可行性进行了科学的分析, 认为保护性耕作技术在农牧交错带地区应用前景广阔, 但社会经济因素将是制约保护性耕作技术应用的重要因子。加强配套技术的研究、增加资金的投入以及加快农民观念的转变是农牧交错带地区深入开展保护性耕作技术推广与应用需要重点解决的问题。

关键词: 农牧交错带; 保护性耕作; 风蚀沙化

中图分类号: S344 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)04-0119-04

北方农牧交错带是指我国北方半湿润农区向干旱半干旱牧区的过渡地带, 又称半农半牧区, 大致沿 400 mm 的降雨等值线两侧分布^[1], 包括内蒙古、辽宁、河北、山西和陕西等省、自治区的 205 个县旗, 土地面积 72.58 万 km², 现有人口 6 053.61 万^[2]。其是自然因素和人类活动因素长期共同作用下形成的一条狭长的动态区域。无论是从生态学角度还是生产力角度来看, 农牧交错带对农区和牧区的发展变化都有其独特的不可替代的作用。一方面它是联系和沟通农区与牧区的重要纽带; 另一方面, 它也是东、中部平原农区天然的生态屏障——阻隔荒漠南侵以及为流向农区的江河涵养水源等作用^[3]。

但近半个世纪以来, 由于人口剧增, 垦草种粮面积不断扩大, 同时由于耕地普遍采取广种薄收的粗放经营方式, 农田沙化问题已经日趋严重。据报道, 阴山北麓农牧交错带地区每年受荒漠化危害的农田已占农田总面积的 40%, 张家口坝上旱农区有 69% 的农田受到沙漠化的危害^[4]。沙漠化的发生发展不仅使该地区土地生产力持续下降, 而且还导致周边地区的生态环境不断恶化。中科院地学部对京津地区沙尘暴成分和来源进行了分析研究, 结果表明沙尘暴的沙尘源主要来自于内蒙古中部和河北省坝上地区约 25 万 km² 的退化草地、撂荒地及旱作农田^①。因此, 控制耕地沙化已成为一个迫在眉睫的问题。

为了改善生态环境, 控制愈演愈烈的“沙尘暴”危害, 国家在西部大开发的战略中实施了以退耕还

林还草为主的生态建设, 但对于农牧交错带这个贫困人口占大多数的不发达地区, 如何在防治风蚀沙化的前提下, 同时实现地区经济的发展, 农牧民收入的增加, 是防治沙漠化一个非常关键环节。根据国外多年治理经验^[5,6], 在旱区耕地中实行“保护性耕作”是解决农田地表裸露休闲、遇风起尘的主要途径, 同时, 又能提高农业生产的效益, 实现生态建设与农业生产的兼顾。对于我国北方农牧交错带旱作农田的治理, 能否借鉴国外的研究经验, 改革现有的耕作制度, 推广和应用保护性耕作技术, 防治农田风蚀沙化, 将是一个具有重要意义的课题。

1 保护性耕作技术的内涵

1.1 保护性耕作的概念

保护性耕作是相对于传统耕作的一种新型耕作技术。国外将保护性耕作定义为: “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, 要求用大量的作物秸秆来覆盖地表, 将耕作减少到能保证种子发芽即可, 它要求使用农药来控制杂草和病虫害。”随着研究的深入以及农业生产水平的提高, 保护性耕作的概念和内涵也在不断拓宽。

美国对保护性耕作最新定义为“保护性耕作是指播种后地表残茬覆盖面积在 30% 以上, 免耕或播前进行一次表土耕作, 用除草剂控制杂草的耕作方法”。该定义对保护性耕作的界定给出了一个量化的指标。

我国学者最初对保护性耕作的定义为: 以水土

收稿日期: 2005-09-13
基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2004BA508B07); 农业部农业结构调整重大技术研究专项“华北粮食主产区农业环境监测评价体系研究”; Challenge Program on Water & Food “Conservation agriculture for the dry-land areas of the Yellow River Basin”
作者简介: 何文清(1974—), 内蒙古泉县人, 男, 博士, 主要从事土壤风蚀防治、区域农业与旱作节水方面的研究。E-mail: hwq201@cjec.org.cn
① 中国科学院地学部风沙问题咨询专家组呈送国务院“关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策”的报告, 2000。

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^[7]。随着研究的深入,其内涵也在不断拓宽,高旺盛^[8]对此作了比较详细的阐述:保护性耕作是以减轻农田土壤风蚀和水蚀为主要目标,以土壤少免耕、土壤覆盖、保护性种植、土壤垄耕、土壤保水等核心技术为主体,与适宜机具、杂草防除、栽培管理等关键技术集成配套,达到保土、保水并获得适宜经济效益的可持续农业技术。

1.2 保护性耕作的主要技术内容

保护性耕作主要包括四项技术内容:一是改革铧式犁翻耕土壤的传统耕作方式,实行免耕或少耕。二是利用作物秸秆残茬覆盖地表,在培肥地力的同时,用秸秆盖土,根茬固土,保护土壤,减少风蚀、水蚀和水分无效蒸发,提高天然降雨利用率;三是采用免耕播种,在有残茬覆盖的地表实现开沟、播种、施肥、施药、覆土镇压复式作业,简化工序,减少机械进地次数,降低成本;四是改翻耕控制杂草为喷洒除草剂或机械表土作业控制杂草。

1.3 保护性耕作的主要技术类型

1.3.1 免耕(no tillage, direct drilling, zero tillage)

收获至播种前,不扰动土壤,利用前茬作物残留物覆盖地表,直接在茬地上播种,播后不使用农具进行土壤管理的耕作方法。采用除草剂来控制田间杂草^[7]。

1.3.2 带耕或条耕(strip tillage, zone tillage)

是介于免耕和垄作之间的一种耕作类型,土壤搅动一般不超过垄宽的 1/3,前茬作物残留物多保留与搅动带之间,在搅动的窄条中进行播种,机械除草和化学除草并用,不作垄。

1.3.3 垄状耕作(ridge tillage) 播种前在田间通过机械起垄(不超过垄宽的 1/3),一般在垄台进行播种,将垄脊削平,前茬作物残留物留于垄沟间,采用机械或化学除草。

1.3.4 等高耕作法(Contour tillage) 在坡耕地上,耕作播种沿等高线进行,所形成的等高小垄与作物作为减缓水向下流动的障碍物,减少径流,减少水蚀,增加土壤水分,起到保持水土的作用。

1.3.5 耙耕(mulch tillage) 又称非翻土耕作,全面搅动土壤一次或多次,但对土壤不进行翻动(如深耕或浅旋耕),同时利用前茬作物残留物覆盖,机械或化学除草^[9]。

1.3.6 其他类型的保护性耕作技术 少耕、砂田等。

2 农牧交错带发展保护性耕作技术重要性

2.1 防治农田土壤沙化的重要途径

土地沙漠化是中国北方农牧交错带地区最突出的问题,它威胁着将近 $6.7 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 农田和草场,成为北方农牧交错带最为严重的环境和社会经济问题之一。保护性耕作由于实行作物留茬和秸秆覆盖,减少了土地裸露面积,增大了地表粗糙度,降低了近地表风速,从而有效地降低了土壤的风力侵蚀作用。同时,由于土壤水分的增加,增强表层土壤之间的吸附力,改善团粒结构,使可风蚀的小颗粒含量减少,从而有效地减少农田扬尘。美国和澳大利亚等国家的风洞试验表明,地表残茬能够减小大风对土壤的作用力,降低地表风速 70%~80%。美国农业部农业研究中心提供的数据也进一步显示,保护性耕作可以降低沙尘中农田扬尘量 60%^[10,11]。中国农业大学在河北坝上的试验研究也得出类似的结论,即保护性耕作可以减少农田起尘 50%~60%^[10]。因此,在我国北方农牧交错带风蚀区大力推行保护性耕作,对农田风蚀沙化防治具有十分重要的现实意义。

2.2 提高土壤水分含量,增强农业抗旱能力

北方农牧交错带大都处于干旱半干旱地区,水分不足是农业生产的主要限制因素,传统的耕作方式由于采用频繁翻耕的方式,特别是春翻,造成土壤跑墒十分严重,与传统耕作相比,免耕、秸秆覆盖处理的保护型耕作系统常常能够增加渗透,减少径流,减少蒸发从而增加土壤水分含量,有效地改善春季播种时土壤的水分状况,增强农业抗旱能力。据美国农业部农业研究中心提供的数据,保护性耕作可以减少水土流失量 60%~80%。高焕文等在山西寿阳的研究也表明,保护性耕作比传统耕作减少径流 60%,减少土壤水分蒸发 11.2%,提高水分利用率 17%~25%^[10]。

2.3 提高耕地土地生产力,保障耕地的可持续利用

长期以来,农牧交错带耕地资源一直处于一种盲目开垦,粗放经营的局面,造成土壤沙化、盐碱化面积不断扩大,地力持续下降。保护耕地资源,提高土地质量,已成为一个十分迫切的问题。与常规耕作方式相比,保护性耕作土壤扰动次数少,有利于形成大的土壤团聚体,同时,由于采用秸秆覆盖,覆盖的秸秆、残茬还田腐烂后,还可以改善土壤的理化性质,增加土壤有机质,培肥地力。据中国农业大学在山西的测试结果,六年保护性耕作的地块土壤有机

质平均每年增加 0.03%,速效氮每年提高 1.2%,速效钾每年提高 0.8%。同时采用保护性耕作还增加了土壤中蚯蚓数量,进一步促进土壤团粒结构的形成,土壤等级明显提高^[10~13]。因此,在农牧交错带地区推行保护性耕作技术,对该地区土地的可持续利用具有重要的作用。

2.4 减少生产投入,提高农业生产效益,促进农业生产水平的提高

资金物质投入不足是制约农牧交错带地区农业生产水平提高的重要因素。国外对保护性耕作产量的研究初步有两种结果,一是保护性耕作可以增加产量^[14,15],二是保护性耕作不增产甚至导致产量减少^[16,17]。但无论那种观点,最终都认为,从投入产出方面来看,保护性耕作比常规耕作有较高的经济效益。主要表现在:与常规耕作方式相比,保护性耕作可以节省机械作业次数,节约能耗、劳力支出与劳动时间。我国近些年来的一些试验研究也表明,保护性耕作可以减少作业工序 2~4 道,节约人畜用工 50%~60%,增加收入 20%~30%^[10]。因此,保护性耕作技术在农牧交错带地区的应用将会从经济效益角度促进农业生产水平的提高。

3 农牧交错带发展保护性耕作的可行性分析

保护性耕作技术选择与应用通常要依赖于以下一种或多种因素。(1)土壤因素:包括坡度、可蚀性、根系深度、土壤质地和结构、有机质含量;(2)气候因素:降雨量及其分布、水分平衡、作物生长期、温度(环境温度和土壤温度);(3)作物因素:播种方式,根系特征,生长期,水分需求特征;(4)社会经济因素:农户规模,劳动力情况,家庭组成与结构等。

从土壤因素来讲,保护性耕作技术不适宜在粘质、易涝的农田土壤应用。国外多数研究结果表明,在沙质土壤上,保护性耕作可以达到较好的增产效果。而农牧交错带地区土壤大多以沙质栗钙土为主,土质粗疏,适合于进行保护性耕作。

从气候角度来讲,在受水分和降雨量限制的地区,保护性耕作效益要明显好于常规的耕作方式。北方农牧交错带属干旱半干旱地区,水分是农业生产的主要限制因子,降雨量为 300~400 mm 左右,多集中在夏季,春旱严重。采用保护性耕作的农田既可保墒,又可蓄水。

从作物因素角度来看,北方农牧交错带多为一年生作物,农作物生长期短,土地覆盖时间短,特别是冬春季节,大面积的裸露农田极易遭受风蚀。实

行保护性耕作可以增加地表覆盖,减少土地翻耕次数,从而可以有效防治风蚀沙化。

从社会经济因素来看,保护性耕作是一种对机械化程度要求很高的技术体系,如秸秆粉碎、免耕播种、深松等关键作业,只能用大型机器来完成。我国从事农业劳动的人口较多,人均占有耕地面积较少,且分布十分零散,属于小规模农户式经营。北方农牧交错带地区多处于贫困落后地区,经济较不发达,单一农户根本无力购买大型昂贵的机器,而且国内还没有配套的保护性耕作机具。这也是一直以来我国保护性耕作技术难以推广应用的主要限制因素之一。

4 农牧交错带发展保护性耕作技术制约因素及存在的问题

4.1 保护性耕作农机具研究的滞后是技术推广的首要障碍因素

从技术角度来看,保护性耕作是建立在机械化基础上的,如秸秆粉碎、免耕播种、深松等关键作业,只能用机器来完成。目前,一些国产机具在应用的过程中,经常出现质量问题,尤其是播种机在有残茬覆盖的情况下进行作业,常出现播种深度不一、堵草严重、可连续耕作播种时间短,影响了作物出苗质量和产量。在实现了保护性耕作的西方国家,多使用大型昂贵的机具。而在我国北方农牧交错带地区,经济落后,农业机械化水平低,农户经营模式仍然以一家一户的小规模经营为主,因此,如果没有适合当地实际情况的保护性耕作机械,那么保护性耕作技术在这一地区将很难得到大面积的推广和应用。

4.2 尚未形成规范的保护性耕作配套技术体系

目前农牧交错带地区保护性耕作的研究基本处于试验示范阶段,还存在许多问题。(1)技术形式的单一化,目前农牧交错带保护性耕作研究基本以少免耕秸秆覆盖为主,没有形成符合该地区适宜的保护性耕作技术体系。(2)保护性耕作杂草防治要求采用除草剂,而目前我国保护性耕作研究中尚缺乏这方面深入的研究。(3)农艺配套技术落后,完善的保护性耕作技术体系应该是农机和农艺相结合,而目前我国研究基本以农机为主,农艺技术研究滞后,如农作物的合理轮作问题,作为保护性耕作中非常重要的一部分,还需深入研究。

4.3 技术引发的问題尚缺乏有效的解决方法

大面积实施保护性耕作还需解决以下几个方面的问题:(1)作物秸秆覆盖与还田是保护性耕作核心内容,但对于北方农牧交错带地区,首先要解决秸秆资

源问题,目前农民普遍把秸秆作为燃料和饲料,还田量极少。如何改变这种现状,需要有效的解决办法。(2)由于农牧交错带地区气温低,降雨少,秸秆覆盖后经过秋冬季很难腐解,大量的秸秆会影响第二年的播种。同时秸秆覆盖会造成春季地温低,影响种子萌发,如何解决这些问题,尚待深入研究。(3)秸秆覆盖会导致病虫害增多,保护性耕作技术中的病虫害防治也不能忽视。(4)如果长期采用少免耕技术,会造成土壤紧实,影响生产,如何改善这种状况,还需研究。

4.4 传统观念制约着保护性耕作技术的推广

北方农牧交错带地区属于干旱半干旱地区,“十年九旱”使得当地农民与农业科技工作者形成的“耕地秋翻,防治春旱”的观念根深蒂固,严重阻碍了保护性耕作技术的应用和推广。因此,要加强保护性耕作技术宣传与示范,转变农民、农业管理人员和农业科技工作者的传统观念,尤其是要优先转变农业管理人员与当地农业工作者的观念,让他们带动当地农民逐渐改变过去的传统观念,加快保护性耕作技术的推广和应用。

4.5 资金投入不足,制约着技术的研究与应用

保护性耕作技术在西方发达国家普遍受到农民的欢迎,除与人们的文化素质有关外,还与政府的重视和大力支持是分不开的。美国、加拿大等国从 20 世纪 50 年代起,政府从未间断过对保护性耕作研究的支持,每年投入相当多的科研经费用于保护性耕作的研究。而在我国,首先是基础研究资金投入不足,长期以来对保护性耕作农机具研究发展滞后,对保护性耕作机具的研究十分不完善。其次,政府重视程度较低,造成农民积极性不高,特别是对于北方农牧交错带等经济贫困落后地区,小农户的经营模式使他们没有能力购买昂贵的保护性耕作的农机具,保护性耕作技术很难大面积推广应用。今后,我国政府应该在方针和政策上对农民进行保护性耕作给予更多的支持,通过采取补偿和其它一些经济激励机制,鼓励和支持农民实施保护性耕作。

参 考 文 献:

[1] 王静爱,徐 霞,刘培芳.中国北方农牧交错带土地利用与人口负荷研究[J].资源科学,1999,21(5):19—24.

[2] 廖允成,付增光,贾志宽.中国北方农牧交错带土地沙漠化成因及其防治技术[J].干旱地区农业研究,2002,20(2):95—98.

[3] 程序.农牧交错带研究中的现代生态学前沿问题[J].资源科学,1999,21(5):1—8.

[4] 朱震达,刘 恕.中国的沙漠化及其治理[M].北京:科学出版社,1989.

[5] Fryrear D W, Skidmore E L. Methods of controlling wind erosion. Follett R, Stewart B. A. (eds.) [J]. Soil Erosion and Crop Productivity. ASA, CSSA, Madison WI, 1985. 443—457.

[6] Unger P W, Mcalla T M. Conservation tillage system [J]. Advances in Agronomy, 1980, 33, 1—58.

[7] 中国耕作制度研究会.中国少免耕与覆盖技术研究[M].北京:北京科学出版社,1991.

[8] 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[N].科技日报,2004—05—20.

[9] 杨学明,张晓平,方华军,等.北美保护性耕作及对中国的意义[J].应用生态学报,2004,15(2):335—340.

[10] 高焕文,李洪文,李问盈.可持续机械化旱作农业研究[J].干旱地区农业研究,1999,(1):57—62.

[11] 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.

[12] 蔡典雄,王小彬,张志田,等.寿阳旱农试区保护性耕作体系研究[J].干旱地区农业研究,1998,16(3):450—46.

[13] 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,(3):66—69.

[14] Waggar M G, Denson H P. Tillage effects on grain yield in a wheat · Double — crop soybean and corn rotation [J]. Agron J, 1989, 81, 493—498.

[15] Wiese A F, Marek T, Harman W L. No-tillage increases profit in a limited irrigation dryland system [J]. J Prod Agric. 1998, 11, 247—252.

[16] Dick W A, Vandoren D M, Jr G B, et al. Influences of long term tillage and rotation combination on crop yields and selected soil parameters; Result obtained from a typic fragiudalf soil [M]. Ohio; Ohio Agric Res and Dev Cent Wooster, 1986.

[17] Hairston J E, Jones W F. Tillage and fertilizer management effects on soybean growth and yield on three Mississippi soils [J]. J Prod Agric, 1990, 3, 317—323.

(英文摘要下转第 128 页)

Impact of climate warming on yield of summer and autumn crops in Gansu province

LIU De-xiang¹, GUO Jun-qin¹, DONG An-xiang², NING Hui-fang³

(1. Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou, Gansu 730020, China; 3. Meteorological Information Center of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: By comparative analysis between the accumulated temperature above 0℃ and the yield of winter wheat and spring wheat, and between the accumulated temperature above 10℃ and the yield of corn, it has been shown that there are positive correlations between the accumulated temperature above 0℃ or 10℃ and the yields of winter wheat, spring wheat and corn in both dry farmlands and irrigation farmlands at 95% and 99% significant level, respectively. There is also a positive correlation between the autumn and spring precipitation and the yield of winter wheat in dry farmlands at 90% significant level. The climate warming causes the increase of thermal resource during the growing period of crops, and is propitious to the rise of yield. However, because of the reducing of precipitation, the effect of thermal resource increasing is limited, and the negative influence of climate warming on yield of crops has been displayed in Hedong region.

Keywords: Gansu Province; climate warming; wheat; corn; yield

(上接第 122 页)

Discussion on the applied prospect of conservation tillage in agro-pasture ecotone

HE Wen-qing¹, ZHAO Cai-xia², SUI Peng², GAO Wang-sheng², YAN Chang-rong¹

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 2. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Soil wind erosion has been the main factor that influences the agricultural development and surrounding environment in agro-pasture ecotone areas. Conservation tillage is the key technique of resisting and controlling soil wind erosion of farmlands. Carrying out the research of application and extension of conservation tillage in agro-pasture ecotone areas is of profound significance. The paper makes a comprehensive analysis on the applied prospect of conservation tillage in agro-pasture ecotone based on the study of the existing problems and the limiting factors. It is discovered that the social-economic conditions are the main limiting factors that influence its application and extension. Therefore, it is necessary to strengthen the study of key techniques, to increase the input of capital and to change the traditional idea of farmers so as to accelerate the application of conservation tillage in agro-pasture ecotone areas.

Keywords: agro-pasture ecotone; conservation tillage; soil wind erosion