

保护耕作研究进展及前景展望*

贾树龙 任图生

(河北省农林科学院土壤肥料研究所 石家庄 050051)

摘要 阐述了国内外保护耕作技术的研究进展,分析了保护耕作对作物产量、土壤性状、土壤水分利用的效应以及对作物病虫害的影响和控制水土流失的作用,提出我国推行保护耕作应注意的关键问题。

关键词 保护耕作 免耕 配套技术

Research progress and prospect on conservation tillage. JIA Shu-Long, REN Tu-Sheng (Soil and Fertilizer Institute, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050051), *CJEA*, 2003, 11(3): 152~154

Abstract The research progress on conservation tillage at home and in the world are stated and the effects of conservation tillage on crop yield, soil erosion, soil properties, water use efficiency, crop disease, pest and weed are analyzed. Finally, some key technical issues for the adoption of conservation tillage in China are emphasized.

Key words Conservation tillage, Nontillage, Complete technology

1 国内外保护耕作技术发展概况

现代土壤保护耕作技术起源于美国,20世纪30年代美国发生特大沙尘暴,造成农田肥沃表土大量损失,生产能力下降。40年代美国开始进行少耕和残茬覆盖试验,50年代初试验成功免耕法,并发现少耕和免耕法具有保持水土、保蓄土壤水分和增加土壤肥力等优点,但草害、虫害等问题限制了该技术的发展。之后除草剂的应用使杂草防治不再依赖于土壤耕翻和中耕;化肥的应用减少了作物对土壤养分的依赖,其使用也不再借助于耕翻完成;农业机械的发展使保护耕作技术日趋完善。至20世纪70年代在世界范围内推广应用少耕和免耕,各类少耕和免耕技术相继出现并逐步发展为土壤保护耕作技术,大面积应用于生产。土壤保护性耕作是以少耕和免耕为核心的技术体系,以尽量减少对土壤的扰动为基本原则,以较低投入获得相对较高的作物产量,提高了经济效益和生态效益。保护耕作包括免耕、少耕及残茬覆盖,免耕法指用特制的免耕播种机1次完成播种行内的灭茬、施肥、施农药(除草剂)、播种、镇压等操作,地表以残茬覆盖;少耕法有多种类型,如带状耕作、耙耕、深松耕等,少耕法往往伴随地面残茬覆盖^[11]。我国传统农业中有很多保护性耕作经验,如华北地区铁茬播种、东北地区垄作、西北地区砂田种植等,但翻耕一直为土壤耕作技术的主流。20世纪70年代始我国开始关注少、免耕技术,90年代中期免耕技术开始在华北两熟地区夏玉米生产中大面积推广应用,目前小麦及其他作物种植中保护耕作技术仍处于探索研究阶段。

2 保护耕作技术应用效应

采用少耕或免耕技术玉米一般可获得相当或更高于常规耕作的产量。Kapusta G.等^[12]连续20年研究表明,耕作处理对玉米产量一般无影响。Ike L. F.^[13]研究指出,免耕较常规种植玉米和棉花产量差异较小。Tisdall J. M.等^[14]研究证实,少耕覆盖玉米具有增产趋势。大多研究结果表明,稻、麦产量少耕和免耕处理高于或相当于常规耕作,但也有少数研究结果相反,Shad R. A.等^[15]研究指出,水稻采用常规耕作、少耕和免耕种植分蘖数和产量结果为常规耕作>少耕>免耕。Ogunremi L. T.等^[16]研究表明,免耕较常规耕作稻谷减产35%。Triplett G. B.等^[17]曾报道免耕技术在棉花的应用效果,Campbell R. B.等^[18]研究大豆采用保护耕作的效果证明,作物少耕和免耕条件下可获得高于或相当于常规耕作产量。保护耕作对作物产量影响不同可能与水分条件密切相关,水分条件越差,采用保护耕作效果往往越好。Lopez-bellido L.等^[19]研究发现干旱年份小麦产量免耕优于常规耕作,但湿润年份则相反。Lindwall C. W.等^[20]指出播种季节降雨量低于

* 中加合作河北旱地项目资助

收稿日期:2002-06-19 改回日期:2002-07-21

正常年份时,免耕可获得最佳效果。Campbell R. B. 等^[18]证实夏季干旱下大豆产量保护耕作超过常规耕作。此外连续采用免耕的年限也影响免耕效果,有研究指出连续免耕2~3年后才能表现出其优越性^[17,20]。有研究认为稻、麦等密植作物免耕效果不佳的原因是残茬覆盖影响了作物出苗,Ogunremi L. T. 等^[16]研究发现覆盖层使水稻出苗率减少35.6%。

保护耕作大大减少了对土壤的扰动,且地表经常覆盖秸秆、残茬等,有效减少了地表径流,对控制水土流失具有显著作用。Sturgul S. J. 等^[21]研究表明,与翻耕相比少耕可减少地表径流23%~72%,减少土壤流失24%~64%,免耕减少地表径流59%~100%,减少土壤流失71%~100%。据Dickey E. C. 等^[22]对某水土保持项目调查评估表明,项目区22万hm²土地实施水土保持耕作,年可减少土壤侵蚀量250万t并节省燃油150万L。保护耕作措施对减少多风地区风蚀作用更为明显,减少土壤侵蚀的直接作用是保护耕地和土壤,间接作用是净化空气,减少江河淤积,保护生态环境等。

保护耕作对土壤容重的影响研究结论有很大分歧,有研究认为免耕使土壤容重增加^[1,2,23],有的则认为免耕仅使表层土壤容重增加^[13,24],或免耕使土壤容重降低^[25,26]。黄细喜等^[3]研究发现土壤本身对容重具有自调功能,作物种植一段时间后土壤容重小的会逐渐变大,容重大的则逐渐变小,并随时间推移逐渐接近自调点1.3g/cm³。还有研究认为耕作对土壤容重的影响与作物生长关系较小^[4]。大量研究指出,保护耕作对改善土壤结构具有显著作用,尤其是增加土壤水稳性团聚体含量或增强团聚体的稳定性,改善土壤孔隙状况,减少大、中孔隙数量,增加小孔隙数量,维持毛管孔隙度相对稳定^[1,5,13]。保护耕作下一般地温日变化幅度小于常规耕作,春季升温慢,秋季降温慢^[6],其原因一是地面覆盖层对辐射和热量传导起物理阻隔作用,并引起温度变化滞后;二是土壤水分差异导致土壤比热不同,该热性状变化可能影响一些作物早春发育。

保护耕作与耕翻条件下土壤水热、通气状况及养分状况有较大差异,研究多报道土壤有机质积累明显^[2,7],且由于作物残茬主要在地表分解,保护耕作土壤表层有机质积累更明显^[23]。保护耕作下土壤极少搅动,土壤中来自施肥和地表有机物分解、不易移动的养分如P和K极易在表层富集^[2,26],易移动养分如N的消长则取决于土壤质地、降雨量和灌溉条件等因素。Grant C. A. 等^[27]研究发现沙壤质土免耕处理表层土壤积累了较多NO₃-N,在施用KCl下表土还积累了Cl⁻。保护耕作对土壤养分状况的影响及少耕和免耕条件下施肥方式的改变一定程度影响了施肥效果。侯雪坤等^[8]研究发现,轮作与连作处理N、P肥利用率均以常规耕作最高,免耕最低。朱文珊等^[9]研究指出,低N施肥水平下玉米产量免耕与翻耕无明显差异,而高N施肥水平下免耕高于常规耕作。其结果表明免耕条件下作物需要肥料可能更多。

土壤酶活性、微生物和蚯蚓等小动物数量在土壤养分转化、保存与供应及土壤结构形成中起着重要作用。研究表明免耕土壤蔗糖酶与碱性磷酸酶活性明显增强,微生物数量增多,土壤呼吸增强^[9]。Adem H. H. 等^[28]研究表明少耕覆盖种植2年后蚯蚓数量为常规种植的3倍。逢焕成等^[10]研究发现每公顷土地覆盖4500kg和6000kg秸秆时土壤表层15cm土层内蚯蚓密度为32条/m²和54条/m²,未覆盖处理仅为2条/m²。

多数报道证实,少耕、免耕及秸秆覆盖等对保持土壤水分具有明显作用^[29],一是地面残茬及秸秆覆盖层减少了地面径流,土壤可接纳更多降水并减少地面水分蒸发;二是保护耕作下土壤导水率提高,可增加水分入渗;三是减少土壤翻耕时水分的大量散失。一些研究还证明保护耕作下提高了水分有效性和利用率^[9,25]。

传统耕作制度下翻耕和中耕措施是消灭杂草的最有效手段,但保护耕作下杂草危害则较突出。据Izaurralde R. C. 等^[30]报道,保护耕作下若无得当的除草措施,杂草危害可导致大麦减产24%。保护耕作下杂草密度增加,群落组成也发生变化,Froud-williams R. J. 等^[31]认为,采用免耕后多年生杂草、1年生禾本科杂草、自生作物及风播杂草增多,而1年生阔叶杂草减少。因保护耕作农田地表具有较多残茬和秸秆覆盖,为农田害虫和植物病原体提供了寄居和栖息地,此外耕作习惯变化影响了土壤物理环境如水分、通气性和温度等,对病原体活动产生影响,故免耕一般较常规耕作农田病虫害的发生严重。

3 我国保护耕作技术发展趋势

以少耕、免耕为核心的保护耕作技术在节水、节能、省时、省工及保护环境资源和提高土壤肥力方面具有显著效果,但保护耕作技术在我国的发展尚存在严重作物间不平衡问题,小麦是我国北方耗水最多的粮食作物,但免耕在小麦生产的应用基本属空白,制约其发展的主要原因是其前茬秸秆处理问题,秸秆处理不当会造成播种机堵塞、入土受阻、深浅不均及覆盖层压苗等,故前茬处理是小麦免耕有待解决的最关键问题之一。

目前亟待完善的与保护耕作有关的技术一是完善病虫草害综合防治措施,免耕农田一般病虫草害发生较多,必须采用适宜的综合防治技术,达到既有效防治,又减少环境污染的目的;二是改进施肥技术,保护耕作下肥料在土壤中分布受到影响,土壤理化性质的变化也影响免耕土壤养分的分解,故免耕农田施肥技术需进行较大改进如施肥、播种1次完成,长效、缓效肥料配合应用等;三是完善机具配套,少耕和免耕配套农机具包括残茬与秸秆处理机具、免耕播种机具、土壤耕作机具(如深松犁等)等,直接影响土壤的耕作质量或播种质量,是保护耕作技术成败的关键,有些机具尚待进一步研制完善。近年来保护耕作技术在我国一些地区作物种植得到迅速发展,随着少耕、免耕作业机具的不断改进,适于不同类型区的各种少耕和免耕配套技术体系将日臻完善并逐渐取代传统的翻耕技术,这将是现代土壤耕作技术发展的必然趋势。

参 考 文 献

- 1 王殿武等. 少、免耕对旱地土壤物理性质的影响. 河北农业大学学报, 1992, 21(2): 28~33
- 2 刘世平等. 长期少免耕土壤供肥特征与水稻吸肥规律的研究. 江苏农学院学报, 1995, 16(2): 77~80
- 3 黄细喜等. 土壤自调性与少免耕法. 土壤通报, 1987, 18(3): 111~114
- 4 牟正国等. 免耕对土壤松散状况的影响. 中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 34~40
- 5 丁庆堂等. 不同耕法对草甸黑土肥力的影响. 土壤通报, 1986, 17(7): 61~64
- 6 董竹蔚等. 旱地玉米及高粱免耕整株秸秆覆盖蓄水肥田增产效应. 中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 66~70
- 7 樊永言等. 少耕覆盖耕作法的研究和应用. 土壤肥料, 1984 (1): 7~10
- 8 侯雪坤等. 轮作、连作及不同耕法对氮磷肥料利用率的影响. 黑龙江八一农垦大学学报, 1995, 8(2): 44~52
- 9 朱文珊等. 北方一年两熟地区秸秆覆盖免耕技术原理及应用效果研究. 中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 11~20
- 10 逢焕成等. 渭北旱塬秸秆覆盖耕作法研究. 中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 北京科学技术出版社, 1991. 113~117
- 11 韩思明等. 旱地残茬覆盖耕作法的研究. 干旱地区农业研究, 1988 (3): 1~12
- 12 Kapusta G., et al. Corn yield is equal in conventional, reduced, and no tillage after 20 years. *Agronomy Journal*, 1996, 88(5): 812~817
- 13 Ike L. F. Soil and crop response to different tillage practices in a ferruginous soil in the Nigeria savanna. *Soil and Tillage Research*, 1986, 6: 261~272
- 14 Tisdall J. M., et al. The effect of reduced tillage of an irrigated silty soil and of a mulch on seeding emergence growth and yield of maize harvested for silage. *Soil and Tillage Research*, 1986, 6: 365~375
- 15 Shad R. A., et al. Reduced tillage techniques for wetland rice as affected by herbicides. *Soil and Tillage Research*, 1986, 6: 291~303
- 16 Ogunremi L. T., et al. Effects of tillage and seeding methods on soil physical properties and yield of upland rice for an ultisol in southern Nigeria. *Soil and Tillage Research*, 1986, 6: 305~324
- 17 Triplett G. B., et al. Tillage systems for cotton on silty upland soil. *Agronomy Journal*, 1996, 88(4): 507~512
- 18 Campbell R. B. Conservation tillage for soybean in the U. S. southern coastal plain. *Soil and Tillage Research*, 1984, 4: 531~541
- 19 Lopez-bellido L. Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, 1996, 88(5): 783~791
- 20 Lindwall C. W., et al. Rotation, tillage and seeder effects on winter wheat performance and soil moisture regime. *Can. J. Soil Sci.*, 1995, 75: 109~116
- 21 Sturgul S. J., et al. Tillage and canopy cover effects on interrill erosion from first-year alfalfa. *S. S. S. A. J.*, 1990, 54(6): 1733~1739
- 22 Dickey E. C., et al. Enhancing soil conservation practice adoption with targeted educational programs. *Applied Engineering in Agriculture*, 1991, 7(1): 91~96
- 23 Wander M. M., et al. Tillage impacts on depth distribution of total and particulate organic matter in three illinois soil. *S. S. S. A. J.*, 1998, 62(6): 1704~1711
- 24 Grant C. A., et al. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 1993, 73: 223~232
- 25 Aase J. K., et al. Crop and soil response to long-term tillage practice in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 1995, 87(4): 652
- 26 Karlen D. L., et al. Twelve-year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in northeast Iowa. *Commun. Soil Sci. Pant Anal.*, 1991, 22: 1895~2003
- 27 Grant C. A., et al. the effect of tillage and KCl addition on pH, conductance, NO_3^- -N, P, K and Cl distribution in the soil profile. *Can. J. Soil Sci.*, 1994, 74: 307~314
- 28 Adem H. H., et al. Management of tillage and crop residues for double-cropping in fragile soils of south-eastern Australia. *Soil and Tillage Research*, 1984, 4: 577~589
- 29 Brandt S. A. Zero vs conventional tillage and their effects on crop yield and moisture. *Can. J. Plant Sci.*, 1992, 72: 679~688
- 30 Izaurralde R. C., et al. Crop and nitrogen yield in legume-based rotations practiced with zero tillage and low-input methods. *Agronomy Journal*, 1995, 87(5): 958~964
- 31 Froud-williams R. J., et al. Potential changes in weed floras associated with reduced-cultivation system for cereal production in temperate region. *Weed Research*, 1981, 21: 99~109