

文件编号 :1003-8701(2013)06-0048-04

浅析保护性耕作对土壤物理、化学和生物肥力的影响

刘春光,于雷,卢景忠*

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所,长春 130033)

摘要:本文阐述了保护性耕作的概念,总结了保护性耕作对土壤物理肥力、化学肥力和生物肥力的影响,展望了保护性耕作技术在农业可持续发展上的前景。

关键词:保护性耕作;土壤;理化性状;微生物

中图分类号:S345

文献标识码:A

Effects of Conservation Tillage on Soil Physical and Chemical Properties and Microbial Fertility

LIU Chun-guang, YU Lei, LU Jing-zhong*

(Institute of Agricultural Resources and Environment Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130124, China)

Abstract: The concept of conservation tillage was defined and the effects of conservation tillage on soil physical and chemical properties and microbial fertility were summarized in the paper. Prospect of conservation tillage technology in development of sustainable agriculture was discussed.

Keywords: Conservation tillage; Soil; Physical and chemical properties; Microbial

1 保护性耕作概念的提出

传统的耕作可有效地清除残留在地表的作物秸秆和根茬、杂草、垡块等,加快土壤的熟化,为作物创造疏松细碎的种床,但频繁的耕作也破坏了对地面的保护,可导致土壤风蚀、水蚀的加剧,土壤中的蚯蚓等生物的生存环境也遭到破坏,会使土壤慢慢失去活性。耕作强度愈大,土壤偏离自然状态愈远,其自身的保护功能、营养恢复功能就丧失愈多。20世纪初在美国中部平原区,人们为了提高粮食产量和土地生产率而进行高强度的耕作,植被被破坏,导致“黑色风暴”多次横扫这一地区,大量肥沃的农田表土被风吹走,粮田遭到破坏。在“黑色风暴”肆虐这一地区的同时,人们发现在土壤表面有秸秆及残茬覆盖的地方,表层土壤被保留了下来。为此,美国组织了土壤学家、农学家和农机专家共同进行了跟踪调查,总结出在作

物收获后将作物的秸秆和根茬留在地上可保护土地,防止风蚀、水蚀的产生,进而总结开发出了保护性耕作法^[1]。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次数,并利用作物秸秆、残茬进行地表覆盖,使用化学农药控制杂草和病虫害,从而减少土壤风蚀、水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进农业耕作技术,目前在美国、加拿大、澳大利亚已大面积采用了以机械化为支撑的保护性耕作法,取得了较好效果。

在我国,由于耕地范围广,地区间自然环境差异较大,种植制度形式呈多样性,因此保护性耕作概念目前还没有统一,但我国保护性耕作技术的内涵明显的更为丰富,保护性耕作已不仅仅局限于环境的保护。张海林^[2]将国内外保护性耕作的概念进行了充分比较,提出中国式保护性耕作的概念:是指通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施,从而减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境,并获得生态效益、经济效益及社会效益协调发展的可持续农业技术。对保护性耕作技术的基本原理进行归纳^[3],

收稿日期:2013-04-26

作者简介:刘春光(1974-),女,助理研究员,从事玉米栽培研究。

通讯作者:卢景忠,男,研究员,E-mail:LJZ1959@163.com

总结为“少裸露、少动土、少污染、高保蓄、高效益”的“三少两高”保护性耕作的内涵;保护性耕作就必须实行免耕和少耕^[4],以达到保水、保土、保肥、节本增效的目的。在我国农业部颁发的《保护性耕作实施要点》中,将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作为保护性耕作的实施标准。

2 保护性耕作对土壤物理肥力的影响

土壤在供应与协调植物正常生长发育所需要的水、气、热的能力上,表现出土壤的物理肥力。影响土壤物理肥力的因素主要有土壤的质地、结构状况、孔隙度、水分和温度状况等。它们影响土壤的含氧量、氧化还原性和通气状况,进而影响土壤中养分的转化速率和存在状态、土壤水分的性质和运行规律以及植物根系的生长力和生理活动。保护性耕作对土壤的结构、容重、孔隙度及耕层构造、土壤抗风蚀和水蚀性能、土壤团聚体的体积与稳定性、土壤水分、持水性能、入渗速率和入渗容量等这些物理性质方面都会产生重要的影响,因此也影响着土壤的物理肥力状况。

2.1 保护性耕作对土壤水分的影响

土壤含水量是衡量土壤物理性状的重要指标,对作物生长发育起到至关重要的作用,保护性耕作可降低或减缓土壤水分蒸发或散发。

第一,保护性耕作采取的是免耕或少耕技术,减少了对土壤的翻动,避免了因人为耕作而散发土壤水分。刘亚俊^[5]研究得出,在春播前,宜水地留茬免耕田土壤含水率高于对比田15%;在旱地,保护性耕作田土壤含水率高于传统耕作田29%;在苗期和拔节期,保护性耕作技术模式下土壤含水率均高于传统耕作对比田,宜水地和旱地分别高出10%和9%以及8%和13%。吉林中部黑土区进行的耕作试验结果表明,实施秸秆覆盖保护性耕作,翌年春季表层含水量22%左右,裸地表层土壤含水量为18%,保护性耕作土壤含水量明显提高^[26]。

第二,秸秆覆盖等措施可以降低土壤水分蒸发的速度。秸秆覆盖的土壤表层,可以阻止太阳对土壤的直接照射,降低了土壤表层温度,减少了水分无效蒸发,同时秸秆覆盖能够阻挡水汽的上升,土壤水分蒸发速度降低,农田保水保墒能力提高。研究表明,覆盖免耕与传统耕作相比,土壤蓄水量增加10%,土壤蒸发量减少40%,耗水量减少15%,水分利用效率提高10%^[6]。

2.2 保护性耕作对土壤孔隙度、容重的影响

土壤的孔隙度、容重是判断土壤结构的重要指标,影响着作物的根系生长发育、水分和养分的吸收状况。小麦秸秆覆盖还田,可明显降低土壤容重,增加土壤孔隙度,使土壤疏松通气,有利于保持和创造土壤团粒结构^[10];玉米秸秆覆盖冬小麦研究,免耕播种5年,0~10 cm土层的土壤容重显著降低^[11];秸秆覆盖、高茬宽行深松等处理对土壤物理性状的影响进行调查结果表明,深松耕作能够有效打破犁底层,与普通耕作相比,20~40 cm耕层土壤容重降低0.2 g/cm³,孔隙度增大3.6%~4.0%,深层根系增加明显,总量增加10.9%~17.3%;秸秆覆盖玉米出苗率高达95%,较对照增加10%^[26]。

黄明^[13]在大田试验条件下,研究了传统耕作、一次深翻、免耕覆盖、深松覆盖对土壤性状的影响。结果表明,深松覆盖能显著降低土壤容重,有效打破犁底层,增加土壤通透性。

多项研究表明,不同的保护性耕作措施,能够增加土壤孔隙度、降低土壤容重,调节土壤结构,为作物根系生长创造一个良好的土壤环境。

2.3 保护性耕作对土壤温度的影响

土壤温度是影响作物出苗、生长发育的主要因素之一,不同的耕作措施对土壤温度有影响,廖萍^[14]采用田间定位试验的方法,研究了秸秆覆盖和地膜覆盖两种保护性耕作方式对土壤理化性状的影响。结果表明,地膜覆盖提高了土壤地表温度,有时会超过玉米生长上限温度,对玉米生长将造成一定的影响,而秸秆覆盖可以降低地表土壤温度,在高温干旱的夏季更有利于作物生长;长期定位观察,免耕覆盖和深松覆盖0~30 cm土壤温度周年变化情况,结果表明:与传统耕作比,免耕覆盖和深松覆盖0~30 cm平均土壤温度具有稳定地温的效果,6~9月份地温明显偏低,1~12月地温较高;免耕覆盖和深松覆盖土壤表层温度表现出“高温时降温,低温时增温”的效果^[15]。

3 保护性耕作对土壤化学肥力的影响

土壤的化学肥力通常由土壤的养分因素和化学因素组成。养分因素主要指土壤中的养分贮量、供给强度和容量,取决于土壤矿物质及有机质的数量和组成。化学因素主要指土壤的pH、阳离子吸附及交换性能、土壤还原性物质、土壤含盐量,以及其化学物质的含量等。在土壤的固体、液体和气体3相物质组成中,固体部分包括矿物质土粒

和土壤有机质以及生活在土壤中的微生物和动物。土壤矿物质约占固体部分的 95% 以上,有机物质的质量百分数一般不到 5%。有机质常包被在矿物质土粒外面,固体部分含有植物需要的各种养分并构成支持植物的骨架。

3.1 保护性耕作对土壤有机碳的影响

土壤有机质泛指土壤中来源于生命的物质。来源于土壤微生物和土壤动物及其分泌物以及土体中植物残体和植物分泌物包括腐殖物质、有机残体和微生物体。是土壤固相物质中最活跃的部分。含量仅 1%~5%,但对土壤性状的影响极大。土壤有机质对土壤肥力的作用主要包括直接的养分供给、促进土壤结构形成、改善土壤物理性质、提高土壤的保肥能力和缓冲性能等作用。同时土壤腐殖质具有生理活性,能促进作物生长发育,土壤腐殖质的络合作用有助于消除土壤有机、无机物污染。

由于保护性耕作减少了因耕作而带来的对土壤的翻动,在减少了土壤水分蒸发的同时,也减少了深层土壤与空气接触的机会,也就减少了土壤有机质的氧化和矿化;而且,覆盖的有机物降解增加了土壤的有机碳数量^[16-17]。稻田免耕抛秧和免耕直播土壤表层有机质累积明显,连续试验 3 年后土壤有机质层厚度增加约 2 cm;免耕抛秧和免耕直播土壤表层有机质含量年均增加 1.87 g/kg 和 1.97 g/kg,而且明显高于常规插秧的 1.07 g/kg^[18];水稻免耕试验研究得出类似的结果^[19],水稻免耕 2 年后 0~20 cm 土层有机质含量上升 0.05 个百分点,其中 10~20 cm 土层有机质含量上升 0.15 个百分点;另有报道,小麦秸秆连续覆盖 2 年之后,可增加土壤有机质 0.14%^[20]。可见,免耕秸秆还田等保护性耕作可以不同程度增加土壤有机碳储量。

3.2 保护性耕作对土壤氮、磷、钾含量的影响

氮、磷、钾是作物生长过程中必需的营养元素,是土壤中含量较少而作物需求相对较多的元素,作物主要依赖根系从土壤中或施肥中吸取。土壤中营养元素含量的高低直接影响到作物吸收的多少。申丽霞^[18]进行的水稻免耕试验表明,免耕 2 年后,0~10 cm 土层的碱解氮、有效磷和速效钾含量分别提高 9.57%、4.86%和 1.65%,10~20 cm 土层的碱解氮、有效磷和速效钾含量分别提高 3.98%、2.55%和 6.81%;旱地保护性耕作研究得出,保护性耕作比传统耕作土壤碱解氮、速效磷、速效钾均有所增加^[21];曾宪楠^[22]通过秸秆还田模

式与常规种植模式对比研究,豆茬种植玉米轮作还田模式的土壤速效氮、速效磷和速效钾均高于连作玉米种植模式;8 年免耕试验研究表明,随着双免年限增加,耕层土壤速效磷、速效钾、全氮以及全磷的含量均有不同程度的增加,在双免的前 3 年,土壤养分的变化不大,连续双免 5 年,全氮、全磷有所增加,连续 8 年全氮、速效磷和速效钾均明显增加^[23]。

4 保护性耕作对土壤生物肥力的影响

土壤是具有生命的物质,土壤中生活着众多的土壤动物和微生物,这些土壤动物、微生物及其生理活动就构成了土壤的生物肥力。生物是土壤有机物质的来源和土壤肥力形成过程中最活跃的因素。土壤的本质特征 - 土壤肥力的产生与生物的作用是密切相关的。土壤是在生物作用下从岩石风化逐渐形成的,岩石表面在适宜的光照和湿度条件下滋生出苔藓类等生物,它们依靠雨水中溶解的微量矿质营养得以生长,同时产生大量分泌物对岩石进行化学、生物风化,慢慢地形成了土壤;在生物因素中,植物起着最为重要的作用。绿色植物有选择地吸收母质、水体和大气中的养分元素,并通过光合作用制造有机质,然后以枯枝落叶和残体的形式将有机养分归还给地表。动物除以排泄物、分泌物和残体的形式为土壤提供有机质,并通过搬运促进有机残体的转化,有些动物如蚯蚓、白蚁还可通过对土体的搅动,改变土壤结构、孔隙度和土层排列等。

土壤微生物包括细菌、真菌、放线菌等,其中细菌是土壤微生物组成的主要部分。土壤有机质及土壤养分转化和循环都是在土壤微生物动力作用下进行的,微生物参与了土壤的形成、有机物的分解、腐殖质的形成、养分转化和循环等各个生化过程。研究表明,耕作方式严重影响微生物活性,同常规耕作相比,免耕土壤有更丰富多样的土壤微生物、线虫、节肢动物,并能显著提高土壤微生物的数量及活性^[24];张培^[25]通过不同的耕作模式研究表明,与传统翻耕相比,覆盖、免耕可使土壤微生物数量增加。

5 保护性耕作的环 境 效 应

保护性耕作能减少土壤风蚀过程中土壤养分的损失,免耕覆盖、免耕覆盖 + 耙和免耕无覆盖 3 种处理分别比传统耕翻相对减少输沙量 73.75%、75.31%和 14.17%^[18]。由秸秆覆盖和少免耕相结合

的保护性耕作可明显地减少农田土壤损失,起到了保护地表的作用。随着作物直立残茬高度的增加,土壤风蚀量逐渐减少。当秸秆残茬高度在 25 cm 以上时,土壤风蚀量较小,只是在强风的吹蚀下有微弱的风蚀出现;低于 25 cm,特别是在 20 cm 以下,土壤风蚀量明显增加^[23]。因此,在干旱高寒地区农田留茬越冬,留茬高度不应低于 25 cm。在覆盖、压实及耕作 3 因素中,覆盖对防止水土流失的作用最大,可减少径流 47.3%,减少土壤水蚀 77.6%,压实次之,耕作的影响较小。定位试验研究发现,坡地玉米秋季收获后,立即用秸秆将地面全覆盖,这样经过冬春两季长时间的雨淋和雪压,使玉米秸秆紧贴地面,自然形成一条条生物小带,到大雨季节能有效地防止径流,可以减少水土流失,抑制水分蒸发,提高土壤含水率,增加土壤有机质,改善农业生态环境^[8]。玉米留高茬免耕不论对地势平坦的耕地还是坡耕地,都能有效延长初始产流时间、减少产流量以及提高降雨向土壤水分的转化率。加大行距并采取留高茬伏季深松,可加速雨水渗漏,降低地表径流,减轻径流对地表的冲刷,能有效地防止耕地的水土流失^[26-27]。因此实行免耕与秸秆覆盖可以有效减轻水土流失、遏制土壤质量退化的态势。

6 保护性耕作的应用前景

虽然免耕、少耕、秸秆还田、深松等保护性耕作措施对土壤物理、化学性状以及微生物都具有一定的积极影响,但是由于我国保护性耕作技术起步较晚,推广具有一定的难度,发展速度较慢。21 世纪以来,我国保护性耕作技术发展迅速,据不完全统计^[2],2006 年全国免耕栽培推广应用面积已达到 2 000 多万 hm^2 ,中国免耕栽培已处于世界第 4 位,仅次于美国、巴西和阿根廷等农业发达国家。

随着可持续农业的发展,保护性耕作技术越来越受到国家的重视,发展保护性耕作技术符合我国当前的国情,符合发展资源节约型和环境友好型农业的要求。

参考文献:

- [1] CTIC. Tillage type definitions [EB/OL]. <http://www.ctic.purdue.edu/Core4/CT/Definitions.html>, 2002-11-11.
- [2] 张海林,高旺盛,陈阜,等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 16-20.
- [3] 高旺盛. 论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J]. 中国农业科学, 2007, 40(12): 2702-2708.
- [4] 张铁军,李禹红. 再议保护性耕作[J]. 农机科技推广, 2004(3): 10-11.
- [5] 刘亚俊,侯国青,周景奎. 保护性耕作对土壤理化性质的影响分析[J]. 农村牧区机械化, 2003(4): 13-15.
- [6] 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(2): 36-40.
- [7] 李月梅. 保护性耕作对土壤养分及部分物理性状的影响[J]. 农机化研究, 2011(11): 148-152.
- [8] 李月兴,魏永华,魏永霞. 保护性耕作对土壤水分和玉米产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2010(10): 25-28, 32.
- [9] 李艳. 保护性耕作对土壤耕作层水肥保持能力及玉米产量的影响分析[J]. 农业科技与装备, 2008(2): 22-23.
- [10] 张光旭,谢文. 覆盖作物秸秆对玉米产量和土壤肥力的影响[J]. 现代农业科技, 2006(3): 58-59.
- [11] 牛新胜,马永良,牛灵安. 玉米秸秆覆盖冬小麦免耕播种对土壤理化性状的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(S2): 158-163.
- [12] 丁昆仑, M J Hann. 深松耕作对土壤水分物理特性及作物生长的影响[J]. 中国农村水利水电(农田水利与小水电), 1997(11): 13-16, 48.
- [13] 黄明,李友军,吴金芝,等. 深松覆盖对土壤性状及冬小麦产量的影响[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2006(2): 74-77.
- [14] 廖萍,黄国勤. 红壤旱地保护性耕作对土壤理化性状的影响[J]. 耕作与栽培, 2006(5): 31-32.
- [15] 王育红,蔡典雄,姚宇卿,等. 豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究[J]. 干旱地区农业研究, 2010(2): 59-64.
- [16] Reicosky D. C., Dugas W. A., Torbert H. A. Tillage induced soil carbon dioxide loss from different cropping systems [J]. Soil & Tillage Research, 1997(41): 105-118.
- [17] Fortin M. C., Rochette P., Pattey E. Soil carbon dioxide fluxes from conventional and no-tillage small grain cropping systems [J]. Soil Sci Soc. Am. J., 1996(60): 1541-1547.
- [18] 申丽霞,王璞. 保护性耕作对土壤综合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(8): 265-268.
- [19] 何礼健,夏瑜,徐世宏. 免耕对稻田物理、化学和生物学特性的影响[J]. 杂交水稻, 2006, 21(S1): 140-142.
- [20] 沈裕琥,黄相国,王海庆. 秸秆覆盖的农田效应[J]. 干旱地区农业研究, 1998, 16(1): 45-50.
- [21] 司纪升,王法宏,李升东,等. 旱地保护性耕作对土壤理化性状和冬小麦生理特性的影响[J]. 山东农业科学, 2008(7): 9-12.
- [22] 曾宪楠. 秸秆还田模式对玉米生长发育及土壤理化性状的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(10): 34-38.
- [23] 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(2): 152-154, 187.
- [24] Staley T. E. 耕作方式对土壤微生物量影响的研究[J]. 水土保持科技情报, 2001(1): 12-13.
- [25] 陈培,张仁陟. 免耕与覆盖对土壤微生物数量及组成的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 12(6): 634-638.
- [26] 刘武仁,郑金玉,罗洋,等. 玉米宽窄行交替休闲保护性耕种的土壤水分变化规律研究[J]. 玉米科学, 2006, 14(4): 114-116, 124.
- [27] 刘武仁,郑金玉,罗洋,等. 东北平原玉米保护性耕作技术模式研究[A]. 中国农作制度研究进展 2008[C]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2008: 310-313.