

DOI: 10.13758/j.cnki.tr.2020.06.027

李银科, 李菁菁, 周兰萍, 等. 民勤绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀与土壤物理性质的影响. 土壤, 2020, 52(6): 1306–1311.

民勤绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀与土壤物理性质的影响^①

李银科, 李菁菁, 周兰萍, 刘光武, 张芝萍, 张进虎, 郑庆钟

(甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地, 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

摘要: 通过春小麦田间试验, 以传统耕作作为对照, 分析免耕不覆盖、免耕秸秆覆盖、立茬和残茬压倒 4 种保护性耕作措施田间输沙量、土壤团聚体、 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒、 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒和分散系数随年限增加的变化, 研究民勤绿洲灌区保护性耕作对土壤风蚀与土壤物理性质的影响。结果表明: 与传统耕作相比, 保护性耕作输沙量显著减少; $>1\text{ mm}$ 团聚体作为不可风蚀颗粒的数量没有发生显著变化, 保护性耕作大团聚体($>0.25\text{ mm}$)含量有增大趋势、微团聚体($0.25\sim0.05\text{ mm}$)含量有减少趋势; 保护性耕作实施 2 年后, $<0.05\text{ mm}$ 土粒含量占比除立茬处理减少不显著外, 其他保护性耕作处理均显著减少; 试验第 3 年, 传统耕作处理 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒含量较保护性耕作处理有减少趋势; 免耕不覆盖、立茬和残茬压倒处理 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒含量随年限的增加显著下降, 免耕秸秆覆盖处理变化不显著; 免耕不覆盖和残茬压倒处理土壤分散系数随年限的增加显著下降, 免耕秸秆覆盖和立茬处理下降不显著; 保护性耕作实施的第 3 年, 各保护性耕作处理分散系数出现减小的趋势。输沙量与 $>1\text{ mm}$ 团聚体、 $<0.05\text{ mm}$ 土粒和 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒含量都有极显著的负相关关系, 与 $0.25\sim0.05\text{ mm}$ 团聚体含量呈极显著正相关关系, 与 $1\sim0.25\text{ mm}$ 团聚体、 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒含量和分散系数无显著的相关关系。综上所述, 研究区保护性耕作能减少土壤风蚀; 随年限的增加, 保护性耕作土壤微结构得到改善。土壤微结构的改善有利于土壤大团聚体的形成, 但这是一个缓慢的过程, 在本文 3 年的研究时间内, 还不足以对土壤风蚀产生影响。

关键词: 保护性耕作; 土壤风蚀; 土壤团聚体; 土壤微结构; 民勤绿洲灌区

中图分类号: S157.2 **文献标志码:** A

Effects of Conservation Tillage on Soil Wind Erosion and Soil Physical Properties in Minqin Oasis Irrigational Area

LI Yinke, LI Jingjing, ZHOU Lanping, LIU Guangwu, ZHANG Zhiping, ZHANG Jinghu, ZHENG Qingzhong

(State Key Laboratory Breeding Base of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating, Gansu Minqin National Studies Station for Desert Steppe Ecosystem, Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, China)

Abstract: A spring wheat field experiment was conducted to investigate the effects of conservation tillage on soil wind erosion and soil physical properties by analyzing the changes of field sediment discharge, soil aggregate composition, $<0.01\text{ mm}$ physical clays, $<0.01\text{ mm}$ dispersible clays, and dispersion coefficient with increasing year in Minqin oasis irrigational area. Four kinds of conservation tillage were adopted in this study, 1) no-tillage with no stubble (NT), 2) no-tillage with stubble (NTS), 3) standing stubble (SS), and 4) stubble overwhelm (SO), while conventional tillage (CT) as control. The results showed that compared with CT, conservation tillage treatments decreased significantly sediment discharge, the quantity of $>1\text{ mm}$ soil aggregates as impossible wind erosion particles changed insignificantly, macro-aggregates ($>0.25\text{ mm}$) increased, and micro-aggregates ($0.25\sim0.05\text{ mm}$) decreased. In the second year of the test, $<0.05\text{ mm}$ soil particles were all decreased significantly in other conservation tillage treatments except no significant decrease in SS treatment. In the third year of the test, $<0.01\text{ mm}$ physical clays decreased in CT compared with all conservation tillage treatments, $<0.01\text{ mm}$ dispersible clays decreased significantly with increasing year under NT, SS and SO treatments, while no significant change under NTS treatment, soil dispersion coefficient decreased significantly with increasing year under NT and SO treatments, while no significant decrease under NTS and SS treatments. In the third year of the test, dispersion coefficient decreased in all conservation tillage treatments, sediment discharge

^①基金项目: 国家自然科学基金项目(41361059)资助。

作者简介: 李银科(1982—), 男, 甘肃徽县人, 硕士, 副研究员, 主要从事荒漠化防治方面的研究工作。E-mail: lyk819@163.com

had extremely significant negative correlation with $>1\text{mm}$ soil aggregates, $<0.05\text{mm}$ soil particles and $<0.01\text{mm}$ dispersible clays, extremely significant positive correlation with $0.25\text{--}0.05\text{mm}$ soil aggregates, but no significant correlation with $1\text{--}0.25\text{mm}$ soil aggregates, $<0.01\text{mm}$ physical clays, and dispersion coefficient. In conclusion, in the study area, conservation tillage can reduce soil wind erosion, improve soil microstructure gradually, which is beneficial to formation of soil macro-aggregate, but this is a slow process, cannot influence soil wind erosion obviously in three years.

Key words: Conservation tillage; Soil wind erosion; Soil aggregate; Soil microstructure; Minqin oasis irrigational area

农田土壤风蚀不仅造成土地生产力下降,而且导致大气环境恶化。研究表明,中国北方传统耕作农田风蚀对沙尘暴的贡献为 20% 左右^[1]。保护性耕作是以减少风蚀、水蚀,保护生态环境和节本增收为目标的农业耕作技术,其主要技术特征表现在秸秆残茬覆盖和免耕、少耕^[2]。由于保护性耕作能够显著减少土壤风蚀^[3],而受到了人们的广泛关注。保护性耕作通过 3 个方面减少土壤风蚀,一是有效降低地表风速,减少土粒运动;二是减少土壤水分蒸发,增强表层土壤之间的吸附力;三是改善团粒结构,使可风蚀颗粒含量减少^[4-6]。土壤团聚体是土壤结构最基本的物质基础,翻耕带来的机械扰动破坏了大团聚体^[7],保护性耕作能够减少来自耕作对土壤团聚体的破坏,增加团聚体的数量和稳定性,从而改变土壤结构特征^[8-10]。

目前,有关保护性耕作对土壤大团聚体影响的研究较多,还缺乏保护性耕作实施过程中土壤微团聚体的变化以及土壤团粒结构的形成进程研究,土壤风蚀与土壤团粒结构及其形成过程的关系鲜有报道。本文以传统耕作为对照,研究民勤绿洲灌区保护性耕作下的输沙量和土壤结构特征及其二者的关系,研究结果将增进人们对保护性耕作下土壤团粒结构的形成进程及其与土壤风蚀的关系的认识。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于巴丹吉林沙漠东南缘的民勤治沙综合试验站,地理位置为 $103^{\circ}51'E$, $38^{\circ}38'N$, 海拔 $1\,378\text{ m}$ 。该区域属于典型的温带大陆性荒漠气候,冬季寒冷,夏季酷热,昼夜温差大,年平均气温 7.6°C , 极端低温 -30.8°C , 极端高温 40.0°C , 无霜期 175 d ; 降水量小,蒸发量大,气候干燥,年均降水量 113.2 mm , 年均蒸发量 $2\,604.3\text{ mm}$, 干燥度平均 5.1 , 最高达 18.7 , 相对湿度 47% ; 光热充足,年均日照时数 $2\,799.4\text{ h}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的活动积温 $3\,036.4^{\circ}\text{C}$ 。冬季盛行西北风,全年风沙日可达 83 d ,多集中在 $3\text{--}5$ 月,年均风速 2.5 m/s ,最大风速为 23.0 m/s 。地带性土壤

为灰棕荒漠土,试验地土壤为灌漠土,质地为砂壤,位于沙地边缘,潜水埋深 16 m 以下。

1.2 试验设计

以传统耕作为对照,设置 4 个保护性耕作措施,具体为:①传统耕作处理,前茬作物收获后深耕灭茬、耙耱整平,不覆盖;②免耕不覆盖处理,前茬作物收获后免耕,不覆盖;③免耕秸秆覆盖处理,前茬作物收获后免耕并将秸秆切成 5 cm 长度覆盖;④立茬处理,前茬作物收获后免耕,留茬高度 20 cm ,另不覆盖;⑤残茬压倒处理,前茬作物收获后免耕,留茬高度 20 cm ,并压倒,另不覆盖。每个保护性耕作措施 3 个重复样方,共 15 个样方随机排列,样方大小为 $6.7\text{ m} \times 60.0\text{ m}$,样方的长边与主风向一致,以保证样方之间不受风的影响。

保护性耕作试验在 2015—2017 年进行,试验作物为春小麦,试验地前茬为葵花,春小麦生育期灌溉 5 次,年底冬灌 1 次,每次约 $1\,500\text{ m}^3/\text{hm}^2$,均为漫灌。2014 年 3 月在所有样方用传统耕作种植小麦,7 月收割时按上述试验设计设置试验区。2015—2017 年按试验设置种植小麦,每年春季于播种后至浇头水前、冬季于风季来临前后至浇冬水前,在每个样方中间用阶梯式集沙仪(15 孔,每孔口径为 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$)收集 $0\sim 30\text{ cm}$ 高度田间输沙量。土壤样品采样时间为 2014 年 7 月收割后及 2015—2017 年每年 3 月小麦播种前。在每个样方内按“S”形 5 点法采集 $0\sim 5\text{ cm}$ 深度表层土壤样品,团聚体用干筛法测定,土壤粒径分析用粒度仪法(英国厂商生产的 APA2000 型)测定。

1.3 数据分析

数据分析使用 SPSS 13.0 统计软件,以耕作方式为变量,对输沙量进行单因素方差分析;分别以耕作方式和耕作年限为变量,对土壤结构特征各参数进行单因素方差分析,用最小显著性差异法 $\text{LSD}(P<0.05)$ 进行处理间差异显著性比较。方差分析结果表明各年份耕作方式对土壤结构特征各参数无显著影响,故本文主要阐述耕作年限对土壤结构特征的影响。

2 结果与分析

2.1 输沙量

输沙量是评价土壤风蚀程度的重要指标。对 5 种不同耕作方式 3 年 6 个观测时段内 0 ~ 30 cm 高度总的输沙量进行方差分析,结果表明,除输沙量很小的 2017 年冬观测时段外,其他 5 次观测时段内保护

性耕作处理比传统耕作处理输沙量显著减小,立茬处理输沙量最小(表 1)。各保护性耕作方式下输沙量比传统耕作方式减少量分别为:免耕不覆盖处理 17.4% ~ 46.7%,免耕秸秆覆盖处理 21.7% ~ 45.2%,立茬处理 24.7% ~ 48.2%,残茬压倒处理 10.7% ~ 42.4%。总体上,输沙量减少幅度依次为立茬处理>免耕秸秆覆盖处理>免耕不覆盖处理>残茬压倒处理。

表 1 不同耕作方式 0 ~ 30 cm 高度输沙量(g)

处理	2015 年春	2015 年冬	2016 年春	2016 年冬	2017 年春	2017 年冬
传统耕作	1.72 ± 0.43 a	1.78 ± 0.18 a	6.03 ± 0.66 a	14.70 ± 0.60 a	15.63 ± 1.81 a	0.69 ± 0.06 a
免耕不覆盖	1.25 ± 0.28 ab	1.47 ± 0.02 ab	3.73 ± 0.33 bc	11.22 ± 1.94 b	8.34 ± 2.97 b	0.38 ± 0.06 a
免耕秸秆覆盖	1.27 ± 0.05 ab	1.34 ± 0.08 b	3.85 ± 0.72 bc	10.89 ± 0.37 bc	8.57 ± 0.81 b	0.54 ± 0.23 a
立茬	1.06 ± 0.13 b	1.34 ± 0.15 b	3.53 ± 0.79 c	8.41 ± 1.90 c	8.09 ± 1.73 b	0.36 ± 0.05 a
残茬压倒	1.35 ± 0.43 ab	1.59 ± 0.21 ab	5.20 ± 1.09 ab	10.94 ± 0.40 b	9.01 ± 1.10 b	0.40 ± 0.44 a

注:表中同列不同小写字母代表相同观测时段内不同耕作方式之间差异显著($P < 0.05$)。

2.2 团聚体

土壤团聚体随实施保护性耕作年限的变化见表 2。实施保护性耕作前后土壤 >1 mm 和 0.25 ~ 0.05 mm 团聚体含量基本没有显著变化,各保护性耕作处理与传统耕作处理基本一致。1 ~ 0.25 mm 团聚体占比,免耕不覆盖和残茬压倒处理实施前后没有变化,与传统耕处理作一致。实施免耕秸秆覆盖处理的

土壤在第 1 年 1 ~ 0.25 mm 团聚体占比没有变化,第 2 年开始显著增加。立茬处理措施实施 1 年后,1 ~ 0.25 mm 团聚体占比显著增加,但随后的 2 年无明显变化。与传统耕作处理相比,从保护性耕作措施实施第 2 年的 2016 年开始,土壤 >0.25 mm 大团聚体(>1 mm 与 1 ~ 0.25 mm 团聚体之和)占比有增大趋势,相应地,0.25 ~ 0.05 mm 微团聚体占比有减少趋

表 2 不同耕作方式土壤各级团聚体质量分数(%)随年限增加的变化

处理	团聚体粒径(mm)	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
传统耕作	>1	30.5 ± 5.5 ab	40.3 ± 7.2 a	17.2 ± 11.2 b	30.8 ± 5.1 ab
	1 ~ 0.25	22.5 ± 1.4 a	24.8 ± 3.5 a	25.2 ± 6.3 a	25.2 ± 4.5 a
	0.25 ~ 0.05	43.8 ± 6.3 ab	32.9 ± 9.9 b	56.9 ± 17.2 a	43.1 ± 9.2 ab
	<0.05	3.3 ± 1.0 a	1.9 ± 0.8 b	0.7 ± 0.4 b	0.9 ± 0.4 b
免耕不覆盖	>1	30.5 ± 3.3 a	33.7 ± 7.5 a	27.1 ± 11.2 a	31.2 ± 8.5 a
	1 ~ 0.25	23.5 ± 2.7 a	26.8 ± 2.9 a	27.4 ± 3.0 a	29.4 ± 2.2 a
	0.25 ~ 0.05	42.0 ± 5.2 a	37.1 ± 8.5 a	44.7 ± 8.4 a	38.4 ± 10.4 a
	<0.05	4.0 ± 0.5 a	2.4 ± 0.6 b	0.8 ± 0.7 c	1.0 ± 0.2 c
免耕秸秆覆盖	>1	34.8 ± 14.1 ab	44.2 ± 6.6 a	23.8 ± 11.5 b	33.6 ± 0.7 ab
	1 ~ 0.25	24.1 ± .02 b	23.4 ± 5.5 b	33.8 ± 4.7 a	29.5 ± 1.5 ab
	0.25 ~ 0.05	38.6 ± 13.3 a	30.9 ± 1.5 a	41.9 ± 12.2 a	36.1 ± 2.0 a
	<0.05	2.5 ± 0.9 a	1.6 ± 0.3 ab	0.4 ± 0.1 c	0.8 ± 0.2 bc
立茬	>1	33.0 ± 5.3 b	47.0 ± 2.0 a	31.0 ± 6.3 b	36.5 ± 3.7 b
	1 ~ 0.25	20.5 ± 2.2 b	26.5 ± 3.3 a	30.4 ± 3.1 a	29.4 ± 0.5 a
	0.25 ~ 0.05	42.4 ± 4.8 a	24.9 ± 1.9 c	37.8 ± 3.6 ab	33.0 ± 4.2 b
	<0.05	4.0 ± 1.7 a	1.6 ± 0.6 b	0.7 ± 0.3 b	1.2 ± 0.1 b
残茬压倒	>1	32.4 ± 6.7 a	37.7 ± 7.8 a	25.3 ± 6.8 a	31.8 ± 7.2 a
	1 ~ 0.25	23.6 ± 2.6 a	25.7 ± 6.8 a	30.3 ± 3.5 a	28.5 ± 1.3 a
	0.25 ~ 0.05	41.2 ± 8.4 a	34.3 ± 6.0 a	43.8 ± 9.8 a	38.3 ± 7.2 a
	<0.05	2.8 ± 0.9 a	2.3 ± 0.6 ab	0.7 ± 0.6 c	1.4 ± 0.3 bc

注:表中同行不同小写字母代表相同耕作方式不同年份之间差异显著($P < 0.05$),下同。

势，但差异未达到显著性水平。2014 年各种措施试验区土壤 $<0.05\text{ mm}$ 土粒数量基本都高于其他年份，这可能与 2014 年与其他年份取样时间不一致有关。2014 年于小麦收割后的 7 月取样，土壤水分含量很低，土样处理过程中对 $<0.05\text{ mm}$ 土粒数量影响较大。但值得注意的是，保护性耕作措施实施 2 年后， $<0.05\text{ mm}$ 土粒占比除立茬处理减少不显著外，其他保护性耕作处理均显著减少。这说明保护性耕作措施

的实施减少了土壤中小粒径土粒的比例，而有利于较大粒径团聚体形成。

2.3 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒

各保护性耕作措施实施前后，土壤 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒含量无显著变化(表 3)。在保护性耕作措施实施第 3 年的 2017 年，土壤 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒含量均较为明显地大于传统耕作处理，但差异未达到显著性水平。

表 3 不同耕作方式土壤 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒体积分数(%)随年限增加的变化

处理	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
传统耕作	19.0 ± 8.0 a	16.9 ± 11.6 a	18.5 ± 8.7 a	15.9 ± 2.8 a
免耕不覆盖	20.5 ± 4.2 a	19.6 ± 3.1 a	19.7 ± 4.9 a	22.6 ± 3.5 a
免耕秸秆覆盖	21.1 ± 6.3 a	21.6 ± 1.8 a	22.1 ± 6.1 a	20.9 ± 3.2 a
立茬	25.1 ± 1.5 a	22.4 ± 2.7 a	21.6 ± 2.2 a	22.1 ± 3.6 a
残茬压倒	19.5 ± 4.6 a	18.8 ± 4.0 a	19.7 ± 4.7 a	20.6 ± 5.5 a

2.4 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒

由表 4 可见，随着保护性耕作措施实施年限的增加，免耕不覆盖、立茬和残茬压倒处理土壤 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒含量显著下降，其中立茬处理下降的最为

显著，免耕秸秆覆盖和传统耕作处理变化不显著。在土壤中 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒总含量变化不显著的情况下， $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒显著减少，说明减少的部分参与了土壤团聚体的形成。

表 4 不同耕作方式土壤 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒体积分数(%)随年限增加的变化

处理	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
传统耕作	8.5 ± 2.4 a	8.8 ± 1.6 a	6.6 ± 1.3 a	6.1 ± 0.1 a
免耕不覆盖	9.3 ± 1.5 a	8.2 ± 0.3 ab	7.2 ± 0.5 b	7.3 ± 0.6 b
免耕秸秆覆盖	10.5 ± 1.5 a	9.8 ± 3.1 a	7.6 ± 0.7 a	7.5 ± 1.4 a
立茬	10.2 ± 0.7 a	8.9 ± 0.4 b	8.4 ± 0.5 bc	7.4 ± 0.7 c
残茬压倒	9.9 ± 1.8 a	7.4 ± 1.9 ab	6.4 ± 0.8 b	6.8 ± 1.1 b

2.5 分散系数

土壤分散系数随年限的变化见表 5。随着保护性耕作措施实施年限的增加，免耕不覆盖和残茬压倒处理土壤分散系数显著下降，免耕秸秆覆盖、立茬和传统耕作处理土壤分散系数下降不显著。从保护性耕作措施实施第 3 年的 2017 年土壤分散性系数看，各保护性耕作措施均小于传统耕作处理，这种差异还未达到显著水平。土壤分

散系数降低，说明土壤结构系数升高，土壤微结构的稳定性增强。

2.6 输沙量与土壤物理性质的关系

输沙量与 $>1\text{ mm}$ 团聚体、 $<0.05\text{ mm}$ 土粒和 $<0.01\text{ mm}$ 分散性黏粒含量都有极显著的负相关关系，与 $0.25\sim 0.05\text{ mm}$ 团聚体呈极显著正相关关系，而与 $1\sim 0.25\text{ mm}$ 团聚体、 $<0.01\text{ mm}$ 物理性黏粒含量和分散系数无显著的相关关系(表 6)。

表 5 不同耕作方式土壤分散系数(%)随年限增加的变化

处理	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
传统耕作	46.1 ± 5.4 a	42.1 ± 11.4 a	38.5 ± 8.8 a	39.2 ± 10.6 a
免耕不覆盖	45.6 ± 2.5 a	42.4 ± 5.0 a	37.4 ± 6.0 ab	32.6 ± 5.2 b
免耕秸秆覆盖	51.6 ± 9.3 a	45.2 ± 11.6 a	35.3 ± 6.3 a	36.6 ± 8.3 a
立茬	40.8 ± 4.7 a	40.3 ± 6.0 a	39.2 ± 5.5 a	34.2 ± 6.1 a
残茬压倒	51.3 ± 5.8 a	38.9 ± 3.2 b	33.0 ± 4.0 b	33.8 ± 6.3 b

表 6 输沙量与团聚体、物理性黏粒、分散性黏粒和分散系数的相关关系

	>1mm 团聚体	1~0.25mm 团聚体	0.25~0.05 mm 团聚体	<0.05mm 土粒	<0.01mm 物理性黏粒	<0.01mm 分散性黏粒	分散系数
0~30cm 输沙量	-0.565**	0.233	0.493**	-0.561**	-0.159	-0.475**	-0.205
>1mm 团聚体		-0.195	-0.924**	0.262*	0.508**	0.669**	0.005
1~0.25mm 团聚体			-0.190	-0.473**	0.449**	-0.062	-0.484**
0.25~0.05mm 团聚体				-0.134	-0.653**	-0.627**	0.170
<0.05mm 土粒					-0.367*	0.046	0.323*
<0.01mm 物理性黏粒						0.513**	-0.571**
<0.01mm 分散性黏粒							0.397**

3 讨论

保护性耕作措施能减少输沙量,这与大量相关研究结果相符^[11-13]。长期保护性耕作可增加土壤大团聚体含量,降低微团聚体含量^[14]。本试验中,与传统耕作相比,实施各种保护性耕作措施情况下的土壤 >1 mm 团聚体数量没有明显变化,大团聚体数量有增加趋势,微团聚体数量有减少趋势,这种变化趋势与前人研究结果相似,但变化不显著,这可能与本研究试验时间较短有关,也可能与不同区域自然条件、农田管理模式不同有关。土壤环境中,在胶结物质增加的情况下,较小粒级的团聚体在胶结物质的作用下会逐渐团聚形成较大粒级的团聚体,保护性耕作提供了这种土壤环境,一般是有机物质和黏粒含量增多的作用。因此较大粒级团聚体增多,较小粒级团聚体减少,<0.05 mm 土粒减少也是此原因。

各耕作处理 <0.01 mm 黏粒随试验年限的增加均无显著变化,但试验第 3 年,传统耕作处理较保护性耕作处理有较为明显的下降趋势,可能是传统耕作由于翻耕土壤容易发生风蚀^[15],而保护性耕作土壤不但不易风蚀,而且作物残茬可以截留一些细粒风蚀物。粒径 <0.1 mm 的颗粒可参与大气环流的远程输送。然而,作为胶结物质的物理性黏粒(粒径 <0.01 mm)可参与土壤团聚体的形成,其含量越高,形成团聚体越多,土壤抗风蚀能力越大。民勤绿洲灌区农田在实施保护性耕作措施情况下,物理性黏粒含量能保持相对稳定(长期保护性耕作下能否增加有待进一步研究),而传统耕作下有下降趋势,这也说明保护性耕作更有促进土壤团聚化的潜力,有利于抑制土壤风蚀的发生。实施保护性耕作情况下,分散性黏粒的减少说明参与团聚化的黏粒增多,分散系数减小意味着结构系数增大,土壤微团聚体的稳定性增强,形成团聚体的潜力增大。

输沙量与土壤 >1 mm 团聚体、<0.05 mm 土粒和 <0.01 mm 分散性黏粒含量都有极显著的负相关关

系,与 0.25~0.05 mm 团聚体含量呈极显著正相关关系。>1 mm 土粒为不可蚀颗粒,所以 >1 mm 团聚体含量越高,输沙量越小。土壤发生风蚀时,跃移颗粒粒径一般为 0.5~0.1 mm,悬浮颗粒粒径为 <0.1 mm,0.25~0.05 mm 团聚体颗粒正处于跃移和悬浮颗粒粒径范围,是土壤风蚀的主要对象,所以输沙量与 0.25~0.05 mm 团聚体含量具有显著的正相关关系。研究表明,粒径在 0.16 mm 左右土壤颗粒为易受侵蚀土壤颗粒^[16],这与本研究结果相似。输沙量与 <0.05 mm 土粒和 <0.01 mm 分散性黏粒含量呈极显著正相关关系,可能的原因是,如果细粒较多,土壤相对偏黏性,土壤不易被风蚀,反之亦然。

4 结论

与传统耕作相比,实施保护性耕作措施能显著减少输沙量。随年限的增加,传统耕作情况下土壤结构没有明显变化;而实施各种保护性耕作措施情况下,>1 mm 土壤团聚体作为不可风蚀颗粒的数量没有发生显著变化,>0.25 mm 大团聚体含量(>1 mm 与 1~0.25 mm 团聚体之和)有增大趋势,0.25~0.05 mm 微团聚体含量有减少趋势,<0.05 mm 土粒含量有减少趋势;<0.01 mm 物理性黏粒含量变化不明显,但较传统耕作处理有增加趋势;<0.01 mm 分散性黏粒含量有下降趋势;分散系数有降低趋势。实施保护性耕作措施情况下,微团聚体的减少和土壤微结构的不断改善促进了大团聚体的形成,也有利于不可蚀颗粒的形成。

土壤风蚀与土壤大团聚体、细粒含量有极显著的负相关关系,与 0.25~0.05 mm 团聚体含量呈极显著正相关关系,与土壤微结构稳定性无直接相关关系。保护性耕作能促进土壤微结构的改善;相反,土壤微结构的改善有利于土壤大团聚体的形成,但这是一个缓慢的过程,在本试验 3 年的研究时间内,还不足以对土壤风蚀产生影响。

参考文献:

- [1] 李洪文, 高焕文, 王小燕, 等. 农田风蚀对我国北方沙尘暴的影响[C]//中-加保护性耕作论坛. 北京: 2006.
- [2] 孙悦超, 麻硕士, 陈智, 等. 植被盖度和残茬高度对保护性耕作农田防风蚀效果的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 156–159.
- [3] Hansen N C, Allen B L, Baumhardt R L, et al. Research achievements and adoption of no-till, dryland cropping in the semi-arid US Great Plains[J]. Field Crops Research, 2012, 132: 196–203.
- [4] 何进, 李洪文, 陈海涛, 等. 保护性耕作技术与机具研究进展[J]. 农业机械学报, 2018, 49(4): 1–19.
- [5] Young D L, Schillinger W F. Wheat farmers adopt the undercutter fallow method to reduce wind erosion and sustain profitability[J]. Soil and Tillage Research, 2012, 124: 240–244.
- [6] Singh P, Sharratt B, Schillinger W F. Wind erosion and PM₁₀ emission affected by tillage systems in the world's driest rainfed wheat region[J]. Soil and Tillage Research, 2012, 124: 219–225.
- [7] 石宗琳, 王加旭, 梁化学, 等. 渭北不同园龄苹果园土壤团聚体状况及演变趋势研究[J]. 土壤学报, 2017, 54(2): 387–399.
- [8] 刘威, 张国英, 张静, 等. 2 种保护性耕作措施对农田土壤团聚体稳定性的影响[J]. 水土保持学报, 2015, 29(3): 117–122.
- [9] 张华英, 刘景辉, 赵宝平, 等. 保护性耕作对风沙区农田土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(3): 108–114.
- [10] 周虎, 吕贻忠, 杨志臣, 等. 保护性耕作对华北平原土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(9): 1973–1979.
- [11] 孙悦超, 麻硕士, 陈智. 保护性耕作农田和柠条带状配置草地防风蚀效果的风洞测试[J]. 农业工程学报, 2017, 33(11): 148–154.
- [12] 赵宏亮, 侯立白, 张雯, 等. 彰武县保护性耕作防治土壤风蚀效果监测[J]. 西北农业学报, 2006, 15(2): 159–163.
- [13] 徐涛, 蒙仲举, 党晓宏, 等. 乌兰布和沙漠绿洲农田不同土地利用方式地表风蚀特征研究[J]. 土壤, 2018, 50(3): 606–612.
- [14] 李景, 吴会军, 武雪萍, 等. 长期保护性耕作提高土壤大团聚体含量及团聚体有机碳的作用[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 378–386.
- [15] 周海燕, 王瑛珏, 樊恒文, 等. 宁夏中部干旱带砂田抗风蚀性能研究[J]. 土壤学报, 2013, 50(1): 41–49.
- [16] 王则宇, 崔向新, 蒙仲举, 等. 风水复合侵蚀下锡林河流域不同管理方式草地地表土粒度特征[J]. 土壤, 2018, 50(4): 819–825.