

民勤绿洲区撂荒农耕地抗风蚀效果

杨彩红¹, 王军强², 柴强³, 严长庚¹, 赵宇浩¹

(1. 甘肃农业大学林学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省农业工程技术研究院,

甘肃武威 733006; 3. 甘肃省干旱生境作物学重点实验室, 甘肃农业大学农学院, 兰州 730070)

摘要: 通过风洞试验, 在5个风速下对民勤绿洲区5种不同撂荒年限农耕地的土壤风蚀速率、0—20 cm风沙流结构进行了模拟观测研究。结果表明: 农耕地撂荒20年后土壤风蚀速率明显增加, 撂荒30、40年土壤风蚀速率是其他处理的2.40~4.97倍。不同撂荒年限土壤风蚀速率均随风速的增大呈指数函数递增, 但在撂荒30、40年条件下递增较快。风速为14 m/s是民勤绿洲农田土壤风蚀加剧的转折点, 当风速>14 m/s时, 农耕地撂荒20年后的土壤风蚀速率明显高于撂荒20年内。0—20 cm内, 农耕地撂荒20年内和撂荒20年后输沙率与高度分别呈负线性和负指数关系, 农耕地撂荒20年内0—4 cm输沙量和输沙量百分比(Q_{0-4}/Q_{0-20})均低于撂荒30、40年。随着撂荒年限的延长, 农田表层不可蚀性颗粒(粒径 ≥ 1 mm的团聚体及粗砂砾)的含量明显降低, 且土壤风蚀速率随不可蚀性颗粒含量的增加呈非线性降低趋势。因此, 增强民勤荒漠绿洲区撂荒农耕地抗风蚀能力需适当减少撂荒年限。

关键词: 民勤绿洲; 撂荒农耕地; 土壤风蚀; 风洞试验; 风沙流结构

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2019)01-0057-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2019.01.010

Effect of Wind Erosion Resistance of the Abandoned Cropland in Minqin Desert-oasis Region

YANG Caihong¹, WANG Junqiang², CHAI Qiang³, YAN Changgeng¹, ZHAO Yuhao¹

(1. College of Forestry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; 2. Gansu Agricultural

Engineering Technology Research Institute, Wuwei, Gansu 733006; 3. Gansu Key

Laboratory of Aridland Crop Science, College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070)

Abstract: Through wind tunnel experiment in the Minqin oasis desert region, the soil wind erosion rate and blown sand structure of 0—20 cm in five cropland abandoned for different years were simulated under five wind speeds. The results indicated that mean soil wind erosion rate increased significantly in the cropland abandoned more than 20 years, and the soil wind erosion rates of abandoned 30 and 40 years croplands was 2.40 ~ 4.97 times that of other treatments. The exponential functions were found between rate of wind erosion and wind speed in all the five abandoned cropland, and the wind erosion rate increased faster with the increasing of wind speed in 30 and 40 years abandoned cropland. Wind speed of 14 m/s was the significant point for aggravating soil wind erosion. When the wind speed was greater than 14 m/s, soil wind erosion rate of cropland abandoned more than 20 years was significantly higher than that of abandoned within 20 years. In 0—20 cm, there was a negative linear relationship between the rate of sediment transport and the height in the cropland abandoned within 20 years, and negative exponential functions were founded in cropland abandoned 30 or 40 years. The total volume of sand transport in 0—4 cm and sand transport percent between 0—4 cm and 0—20 cm (Q_{0-4}/Q_{0-20}) in the cropland abandoned within 20 years were less than those of cropland abandoned more than 20 years. With the increasing of the abandoned years, the content of nonerodible soil particles (aggregates and coarse grits larger than 1mm) in the surface soil layer significantly reduced, and soil wind erosion rate decreased by a negative line function with the increasing of nonerodible soil particles content. Thus abandoned years should be properly reduced in order to increase soil resistance to wind erosion in this region.

收稿日期: 2018-08-22

资助项目: 国家自然科学基金项目(41561062, 31560170, 31771738); 甘肃省自然科学基金项目(18JR3RA176); 甘肃省高等学校基本科研项目(2017A-030); 甘肃农业大学学科建设开放基金项目(GSAU-XKJS-2018-106); 现代农业绿肥产业体系项目(CARS-22-G-12)

第一作者: 杨彩红(1981—), 女, 博士, 副教授, 主要从事节水农业、水土保持和荒漠化防治教学与研究。E-mail: yangch@gsau.edu.cn

Keywords: Minqin oasis region; abandoned cropland; soil wind erosion; wind tunnel test; structure of wind-sand flow

土壤风蚀是一定风速的气流或气固两相流对地表物质的吹蚀和磨蚀过程^[1],由于风蚀,土壤颗粒在空间上的重新分布和风对土壤颗粒的分选,对所作用到的土壤、与土壤有关的微地形以及农业的生产活动等也都产生深刻的影响^[2]。土壤风蚀的直接后果是造成土壤表层大量富含营养素的细微颗粒和营养物质损失,致使农田表层土壤粗化、结构变坏,土壤肥力下降,也导致沙尘暴、扬沙等天气灾害,给人类身体健康带来危害,引起气候、环境和生态的日趋恶化^[3-7]。民勤绿洲地处中国西北内陆,该区沙漠、戈壁和荒漠化土地约占总面积的 90% 以上,生态环境十分脆弱^[8],加之剧烈的人类活动,很容易促进土壤沙漠化;尤其是春季风力强劲,干燥疏松的表土层很容易发生风蚀,形成土地沙漠化。很多学者^[9-13]通过野外观测或风洞试验的方法开展了农田土壤风蚀研究,对土壤风蚀成因、土壤风蚀引起的土地退化、土壤风蚀机理等方面进行了探讨,但对该地区农耕地撂荒后的土壤风蚀速率变化,尤其是风沙流结构的研究尚不多见。

20 世纪,世界范围内耕地荒漠化面积不断递增^[14],这一现象同样发生在中国的西北内陆各省。相对于其他中国西北地区的绿洲,民勤绿洲表现的尤为明显,民勤绿洲是整个西北地区耕地撂荒最为严重的地区之一^[15]。目前关于撂荒地的研究主要集中在耕地撂荒过程中生态和水文变化过程,很少有研究关注土壤抗风蚀过程,为此,本文以民勤绿洲区不同撂荒年限农耕地为研究对象,通过风洞试验研究农耕地撂荒后土壤风蚀速率、土壤团粒结构和风沙流结构,以期建立民勤荒漠绿洲区基于撂荒农耕地理论的防风蚀技术体系提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区位于民勤县境内的东湖镇,地理位置为东经 103°42',北纬 38°56',海拔 1 367 m。属温带大陆荒漠季风气候区,年均气温为 8.3 °C,年日照时间长,昼夜温差 15.5 °C,多年平均无霜期 163 d;年均降水量 155.8 mm,主要集中在 7—9 月,占全年降水量的 60%;年均蒸发量 2 644 mm,干燥度大于 5.5,年平均风速 2.55 m/s,为全国最干旱、风蚀最为严重的地区之一。该区土壤为厚层灌淤土,厚度达 30—60 cm,耕层质地轻,土性熟,保肥、保水性差。

1.2 样地选择与土样采集

以 1995 年的 1:15 万土地利用现状图、民勤县行政区划图和土壤分布图为信息源,结合近期对民勤

县东湖镇典型耕地利用现状的调查结果,在民勤县东湖镇西岁寸四社和五社选取撂荒面积较大且连片、耕作痕迹明显、撂荒时间序列明晰的已撂荒 2 年、12 年、20 年、30 年和 40 年农耕地土壤为采样点,采样区撂荒后没有再进行复垦。撂荒 2 年后建群种主要为一年生草本,主要有碱蓬草(*Suaeda glauca*)和苦苣菜(*Sonchus oleraceus* L.),撂荒 12 年后一些盐生草(*Halogeton glomeratus*)和黑果枸杞(*Lycium ruthenicum* Murr.)成为群落优势种,撂荒 30 年以后,群落中的草本植物基本退化,白刺(*Nitraria tangutorum* Bobr.)、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa* Maxim)为优势种,盐爪爪(*Kalidium foliatum* (Pall.) Moq.)和红砂(*Reaumuria songarica* (Pall.) Maxim.)为伴生种。为保证取样材料的一致性,取样点选在撂荒较为集中的 2 个自然村。2018 年春季地表解冻后春小麦播种前,对不同处理撂荒地原状土样利用土样箱进行实地采集。为不破坏原有的地表植被和土样结构,先挖去采样点周围的多余土和植被,用去掉底盖的土样箱框套,切断土样下部的连接部分插入底板,最后封好箱体,取样体积为 30 cm×20 cm×10 cm,土壤含水量 5% 左右,基本接近该地区春季土壤含水量水平。

1.3 风洞试验

室内风洞试验在中国科学院寒区、旱区环境与工程研究所沙坡头野外风洞内进行。该风洞为直流吹气式风洞,风洞长度 37 m,试验段长 21 m,正常试验横断面(宽×高)1.2 m×1.2 m,风速 3~25 m/s 连续可调。试验时将土壤置于风洞试验段中部,土壤表面与风洞底板持平。试验风速以上风向风洞底板表层 0.6 m 处风速为准,利用比托管测定。试验主要利用了风洞洞体中间的风蚀槽,槽长宽分别为 1.5, 0.45 m,面积为 0.675 m²,下部中空,通过可自由升降的支架来承载风蚀样品。将野外采集的不同耕作处理的风蚀原状土样品放到电子秤上称重后,放入风洞试验段的风蚀槽内。由于研究区域起沙风速在 6 m/s 左右,故试验时风洞中心风速设计为 6, 10, 14, 18, 22 m/s 5 个等级,这 5 个风速对应于自然界 4~9 级风,与试验区的自然风速具有很好的一致性。为了保证试验数据的准确性,每一地类在同一风速下进行 2 次试验,风蚀物与风速数据采集时间为:6 m/s 风速持续时间是 15 min, 10 m/s 持续 12 min, 14 m/s 持续 10 min, 18 m/s 持续 8 min, 22 m/s 持续 5 min。

土壤风蚀速率测定:用吹蚀前后称重法,计算单位时间内单位面积的土壤风蚀量。

输沙率测定:用高 20 cm,单格为 2 cm×2 cm 的集沙仪在土样末端下风向 1 m 处收集不同高度的风蚀物,并用电子天平称重,求不同高度单位时间内单位横截面积的输沙率,分析风洞底板表层 0—20 cm 的风沙流结构。由于风速较低时,土壤风蚀量较小,故 6,10,14 m/s 3 个风速吹蚀后集沙 1 次,18,22 m/s 分别集沙 1 次。

土壤团聚体含量测定:将采集的土样风干混匀,用四分法取约 1 kg 土样,用孔径分别为 5,2,1,0.5,0.25,0.1 mm 筛子进行筛分(筛子附有底和盖)。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 和 SPSS 20.0 统计分析软件进行数据处理和制图。

2 结果与分析

2.1 不同撂荒年限农耕地土壤风蚀的变化

2.1.1 风蚀速率 不同撂荒年限下,平均土壤风蚀速率差异较大,从表 1 可以看出,土壤风蚀速率变化呈现“先略降低,后升高”的特点,在撂荒 20 年内变化不大,在撂荒 12 年时,土壤风蚀速率有所降低,但差异不明显;之后随着撂荒时间的延长,土壤风蚀速率在撂荒 30 年时达到最大值,30 年的土壤风蚀速率分别较 2 年、12 年和 20 年分别增加了 66.23%,79.89%,66.20%,且差异显著。在撂荒 40 年时,土壤风蚀速率又呈现降低趋势,与撂荒 30 年之间的差异不显著,这可能与撂荒过程中植物群落结构的演替对土壤结构的影响有关。

表 1 不同耕作方式土壤风蚀速率

风速/ (m·s ⁻¹)	单位:g/(m ² ·min)				
	处理年限/a				
	2	12	20	30	40
6	1.11	0.78	1.22	2.44	1.89
10	2.15	1.06	1.69	3.17	2.28
14	2.87	1.29	3.82	8.84	5.01
18	4.58	2.67	4.67	15.42	12.25
22	8.04	5.37	7.36	25.67	23.67
平均风蚀速率	3.75	2.23	3.75	11.11	9.02

不同风速下,不同撂荒年限土壤风蚀速率的变化不同。风速为 6,10 m/s 时,各处理间风蚀速率差异不大,均低于 3.17 g/(m²·min),其变化趋势表现为 30 年>40 年>2 年>20 年>12 年。当风速为 14 m/s 时,撂荒 30 年和 40 年农耕地的土壤风蚀速率显著大于其他处理,而其他各处理间差异不明显。风速为 18,22 m/s 时,30 年的土壤风蚀速率分别较 2 年、12 年、20 年分别增加 70.27%,82.70%,69.73%和 68.68%,79.06%,71.31%,40 年分别较 2 年、12 年、20 年增加 62.59%,78.23%,61.91%和 66.03%,77.30%,68.89%。强风及大风条件下,30 年和 40 年土壤样品吹蚀后出现较明显风蚀坑,而 2 年和 12 年出现较小风蚀坑。

不同撂荒年限农耕地,土壤风蚀速率均随风速的增大而增大,风速 14 m/s 是土壤风蚀速率急剧增大的转折点(表 1)。农田土壤风蚀主要是风速大于 14 m/s 的大风造成的,这与前人^[16]研究结果基本一致。而由上述分析可知,风速大于 14 m/s 时 30 年和 40 年风蚀速率明显高于其他处理,故农耕地在撂荒一定年限后,需采取适当的有效措施,防治地表土壤受到风蚀的危害。

2.1.2 土壤风蚀速率与风速的关系 不同撂荒年限的农耕地对不同风速下的风蚀速率产生了不同影响,为进一步明晰风速与风蚀速率之间的关系,利用 SPSS 软件对不同耕作方式下风蚀速率(Q, g/(m²·min))随风速(v, m/s)的变化趋势进行了关系模拟。由表 2 可知,风洞内不同撂荒年限下 5 个处理的风蚀速率均与风速成指数函数关系,相关系数 R² 均在 0.94 以上,为显著相关。这与国内外许多学者^[17]的研究结果一致,但由于试验具体条件及下垫面性质不同,e 的幂次不同,幂次越大,风蚀速率随风速的增加率越大。本研究结果表明,不同耕作方式下,Q—v 指数函数关系式的幂次不同,不同撂荒年限农耕地土壤风蚀速率(Q)与风速(v)遵循指数函数关系,表现为 40 年>30 年>2 年>12 年>20 年,说明撂荒 30 年后的农耕地土壤风蚀速率随着风速增大增加率更大,撂荒 40 年的效果尤其明显。

表 2 风蚀速率与风速模拟曲线

处理年限/a	关系式	相关系数 R ²	样本数
2	Q=0.1124e ^{1.3038v}	0.9481	5
12	Q=0.3221e ^{0.1198v}	0.9415	5
20	Q=0.6124e ^{0.1151v}	0.9681	5
30	Q=0.8535e ^{0.1571v}	0.9739	5
40	Q=0.5431e ^{0.1685v}	0.9683	5

注:Q 为风蚀速率(g/(m²·min));v 为风速(m/s)。

2.2 不同撂荒年限对土壤团聚体的影响

2.2.1 表土层(0—5 cm)不可蚀性颗粒 本研究表明,随着农耕地撂荒年限的延长,撂荒农田的不可蚀性颗粒(粒径≥1 mm 的团聚体及粗砂砾)的含量明显低于其他农田(表 3)。与 30 年相比,2 年、12 年、20 年的不可蚀颗粒分别平均降低了 60.59%,65.53%,65.66%;与 40 年相比,2 年、20 年、30 年的不可蚀颗粒分别平均降低了 59.76%,61.76%,59.98%。说明这一地区随着对农耕地撂荒年限的增加,不可蚀颗粒效果明显降低,以 30 年的效果最为明显,不仅降低了不可蚀性颗粒,同时增加了易蚀性颗粒含量比例。

2.2.2 风蚀速率与不可蚀性颗粒含量的关系 农耕地撂荒后,由于研究区受水资源及气候条件的限制,植被群落稀疏,建群种单一,植被覆盖度低,造成地表大面积裸露,风蚀度显著增加。为了进一步明确不同

撂荒年限下不可蚀性颗粒与风蚀速率的关系,利用非线性回归模型对不同处理表土层(0—5 cm)不可蚀性颗粒的含量与 22 m/s 风速下的土壤风蚀速率进行了

拟合。从图 1 可以看出,土壤风蚀速率与不可蚀性颗粒的含量之间存在显著相关关系,土壤风蚀速率随不可蚀性颗粒的含量的增加呈非线性减低趋势。

表 3 不同处理表层(0—5 cm)土壤团聚体含量

处理年限/a	各级团聚体质量比例/%						
	>5.00 mm	5.00~2.00 mm	2.00~1.00 mm	1.00~0.50 mm	0.5~0.25 mm	0.25~0.1 mm	<0.1 mm
2	35.22	22.98	9.28	8.54	4.97	9.39	9.61
12	37.72	27.55	17.47	4.85	2.04	3.42	6.94
20	29.18	24.93	21.17	7.04	4.44	5.01	8.24
30	15.31	19.51	12.70	16.05	6.16	13.52	16.75
40	9.99	19.47	18.99	10.08	6.62	16.63	18.21

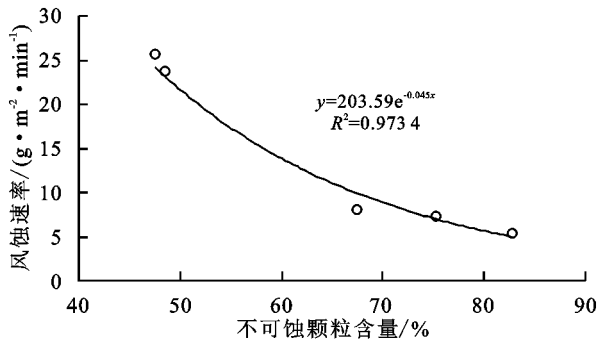


图 1 风蚀速率与不可蚀颗粒含量的关系

2.3 不同处理的风沙流结构

2.3.1 地表 0—20 cm 的风沙流结构 由表 4 可知,通过称量不同处理风洞集沙段的输沙量发现,同一风速下,30 年处理 0—20 cm 内总输沙量是其他处理的 1.47~2.50 倍。随着撂荒年限的延长,地表土壤颗粒被风化,风蚀物质的搬运主要集中于地表,30 年和 40 年处理 0—4 cm 与 0—20 cm 输沙量的比值(Q_{0-4}/Q_{0-20})分

别为 47.13% 和 48.06%,而撂荒 20 年内, Q_{0-4}/Q_{0-20} 均低于 41.00%。随着风速的增大,不同撂荒年限的差值增大,在风速为 22m/s 时,2 年、12 年、20 年处理的 Q_{0-4}/Q_{0-20} 分别较 30 年和 40 年减少了 27.07%,27.85%,20.54% 和 24.33%,25.15%,17.56%,撂荒 20 年内的差异随风速的增大差异不明显,风速为 22 m/s 时,2 年、12 年和 20 年之间的差异不超过 9.21%。

随风速的增大,不同撂荒年限下 0—4 cm 内输沙量百分比减小,而 10—20 cm 内输沙量百分比增大。0—20 cm 内,同一风速下不同撂荒农耕地输沙量均随高度的增大而减少,但农耕地撂荒 20 年后输沙量百分比随高度降低的幅度较撂荒 20 年内的明显升高,近地表输沙量相对较大。以 0—10 cm 输沙量与 10—20 cm 输沙量的比值为例,风速为 18,22 m/s 时,40 年的 Q_{0-10}/Q_{10-20} 分别为 4.39,5.81,而撂荒农耕地 20 年内的均低于 3.90。

表 4 不同处理 0—20 cm 内不同高度输沙量百分比

处理 年限/a	风速/ ($m \cdot s^{-1}$)	0—20 cm 内不同高度输沙量百分比/%									
		0—2 cm	2—4 cm	4—6 cm	6—8 cm	8—10 cm	10—12 cm	12—14 cm	14—16 cm	16—18 cm	18—20 cm
2	≤14	22.52	22.87	19.14	12.48	7.55	4.15	4.60	2.70	2.08	1.90
	18	19.97	19.19	15.60	12.52	11.19	9.27	4.81	3.37	2.53	1.56
	22	24.67	18.75	18.76	14.11	11.11	4.04	3.17	2.88	1.76	0.75
12	≤14	27.11	17.08	10.04	15.37	10.92	7.50	5.02	3.48	3.10	0.37
	18	28.57	21.77	19.32	9.02	9.80	5.20	4.49	1.33	0.28	0.22
	22	20.94	17.71	15.27	13.56	12.65	9.60	6.76	1.77	1.31	0.44
20	≤14	22.36	20.55	18.37	14.30	10.16	4.07	2.05	2.05	4.09	2.02
	18	22.28	19.72	15.41	14.43	12.83	6.93	2.82	2.45	1.71	1.44
	22	22.51	19.83	17.51	14.59	11.66	6.80	2.92	1.94	1.07	1.16
30	≤14	25.06	15.42	11.55	10.60	9.94	8.68	8.46	5.76	3.67	0.87
	18	25.63	19.82	13.64	10.41	7.70	6.98	4.99	4.56	3.99	2.28
	22	32.76	19.66	13.76	9.83	8.39	5.05	4.46	3.28	1.51	1.31
40	≤14	22.80	18.63	14.48	10.50	8.40	4.20	6.30	2.10	4.20	8.40
	18	28.95	19.00	13.99	11.66	7.86	5.86	3.90	2.93	1.95	3.90
	22	29.06	21.46	15.12	11.49	8.17	5.20	4.01	2.37	1.62	1.49

2.3.2 不同风速下输沙率与高度的关系 根据 0—20 cm 内不同高度输沙率的观测结果,建立了不同风速下不同撂荒年限输沙率与高度的定量关系(表 5)。模拟分析表明,风速为 18,22 m/s 时,撂荒 20 年内和撂荒 20 年后 0—20 cm 输沙率随高度分别呈负线性

关系和负指数关系递减,相关系数为 0.947~0.994。农耕地撂荒 20 年内输沙率的递减小于其他处理,近地表输沙率相对减小,地表植被可以有效控制风沙流的危害。农耕地在不同撂荒年限下输沙率与高度回归直线的斜率不同,反映了不同撂荒年限下的输沙率

随高度增加的递减速率同样存在差异。

表 5 不同风速下输沙率与高度模拟曲线

处理年限/a	18 m/s	22 m/s
2	$Y = -8E-05H + 0.0017$	$Y = -1E-04H + 0.0019$
12	$Y = -6E-05H + 0.0012$	$Y = -5E-05H + 0.0011$
20	$Y = -0.0002H + 0.0016$	$Y = -0.0001H + 0.0025$
30	$Y = 0.0021e^{-0.124H}$	$Y = 0.0065e^{-0.173H}$
40	$Y = 0.0044e^{-0.178H}$	$Y = 0.0059e^{-0.175H}$

注:Y 为输沙率($g/(m^2 \cdot min)$);H 为高度(cm)。

3 讨论

土壤风蚀问题日趋严重,已成为影响农业生产及生态环境的主要限制因素之一。本研究表明,农耕地撂荒后 20 年内,土壤风蚀速率变化不明显,撂荒 2 年、12 年与 20 年土壤风蚀速率变化幅度为 40.51%。这可能与农耕地撂荒前期,耕种过程对土壤团粒结构破坏还没有完全消失,土壤植被多以一年生草本植被碱蓬草(*Suaeda glauca*)和苦苣菜(*Sonchus oleraceus* L.)为主,根系较小,且物种生物多样性和群落生物量较低,对土壤特性影响较小。随着演替的进行,大量多年生物种逐渐替代一年生植物而成为群落优势种,其庞大的根系在土壤中的穿透和扎伸能力增加,土壤结构得到改善,丰富的根系分泌物加强了土壤颗粒间有机质的胶结作用^[18],土壤抵抗风蚀的能力增强,使得撂荒 12 年后土壤风蚀速率有所降低,之后随着撂荒年限的延长,撂荒 20 年的土壤风蚀速率有所增加,但差异不显著。而撂荒 30 年的土壤风蚀速率显著增加,分别较撂荒 2 年、12 年、20 年增加 66.23%,79.89%,66.20%,撂荒 40 年的土壤风蚀速率分别较撂荒 2 年、12 年、20 年增加 58.41%,75.24%,58.38%。因此,在风蚀严重的河西荒漠绿洲区,随着撂荒时间的延长,耕层土壤趋于粗粒化,土壤缺乏无机胶体保护有机质^[19],不能有效地抑制土壤风蚀。

农耕地撂荒后,农田生态系统逐渐转变为草地生态系统,在植被演替过程中,土壤团粒结构组成也不断发生变化。本试验中,撂荒 30 年和 40 年不可蚀性颗粒(粒径 ≥ 1 mm 的团聚体及粗砂砾)的含量低于撂荒 20 年前 29.58%~70.76%。这说明该地区随着撂荒年限增加,不可蚀颗粒降低效果明显,以撂荒 30 年的效果最差,不仅降低了不可蚀性颗粒,同时增加了易蚀性颗粒含量。尽管不可蚀性颗粒是土壤抗蚀性的最佳度量,但是表层土壤物质吹蚀、搬运受水分、覆盖物及下垫面等较多因素的影响^[20]。因此,应从不同方面着手,分析不同因素对农田防风蚀的影响,以便全面系统地掌握撂荒农耕地植物演替规律、土壤特性的变化及农田土壤抗风蚀机理。

综上所述,民勤荒漠绿洲区农耕地撂荒后,随着撂荒年限的延长,土壤风蚀速率显著增加,表土层(0—5 cm)不可蚀性颗粒含量降低,特别是农耕地撂荒 30 年后,易蚀性颗粒含量明显增加,从而加剧该地区农田土壤风蚀强度。因此改善民勤荒漠绿洲区土壤结构状况,还需从多方面着手,在荒漠与绿洲过渡带建立良好的植被层,以起到防风固沙、改善局部生态环境的目的。

4 结论

(1)农耕地撂荒 20 年后土壤风蚀速率明显增加,撂荒 30,40 年平均土壤风蚀速率分别较其他处理增加了 58.38%~79.89%。

(2)随着农耕地撂荒年限的延长,农田土壤表层不可蚀性颗粒(粒径 ≥ 1 mm 的团聚体及粗砂砾)的含量明显降低,撂荒 30 年的不可蚀性颗粒较撂荒 20 年内降低了 60.59%~65.66%,撂荒 40 年降低了 59.76%~61.76%;且土壤风蚀速率随不可蚀性颗粒的含量的增加呈非线性降低趋势。

(3)农耕地撂荒 30 年 0—20 cm 内总输沙量是其它处理的 1.47~2.50 倍。农耕地撂荒 30 年风蚀物质的搬运主要集中于地表,其 0—4 cm 与 0—20 cm 输沙量的比值(Q_{0-4}/Q_{0-20})为 47.13%,2 年、12 年、20 年的 Q_{0-4}/Q_{0-20} 分别为 38.81%,39.23%,40.24%,均低于 41%。00。

参考文献:

- [1] 臧英,高煊文. 国外农田风蚀发生机理与防治技术的研究[J]. 农业工程学报,2002,18(3):195-198.
- [2] 赵宏亮. 不同耕作方式防治农田土壤风蚀效果的比较研究[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2006.
- [3] 依笑,王仁德,常春平,等. 风蚀作用下农田土壤细颗粒的粒度损失特征及其对土壤性质影响[J]. 水土保持学报,2018,32(2):104-109,119.
- [4] Yan Y C, Wang X, Guo Z J, et al. Influence of wind erosion on dry aggregate size distribution and nutrients in three steppe soils in northern China [J]. Catena, 2018, 170: 159-168.
- [5] 南岭,董治宝,肖锋军. 农牧交错带农田土壤风蚀 PM₁₀ 释放特征[J]. 中国沙漠,2017,37(6):1079-1084.
- [6] 李昂,高天鹏,张鸣,等. 西北风蚀区植被覆盖对土壤风蚀动态的影响[J]. 水土保持学报,2014,28(6):120-123.
- [7] 南岭,杜灵通,展秀丽. 土壤风蚀可蚀性研究进展[J]. 土壤,2014,46(2):204-211.
- [8] 贺访印,王继和,刘世增,等. 河西地区沙产业可持续发展刍议[J]. 中国农学通报,2006,22(7):481-485.
- [9] 王萍,王燕. 民勤荒漠—绿洲过渡带不同下垫面条件的土壤风蚀特征[J]. 农业工程学报,2012,28(11):138-145.
- [10] 王彦武,罗玲,张峰,等. 民勤县绿洲边缘固沙林防风蚀效应研究[J]. 西北林学院学报,2018,33(4):64-70.

参考文献:

- [1] 史志华,杨洁,李忠武,等.南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理[J].水土保持学报,2018,32(1):6-9.
- [2] 赵其国,黄国勤,马艳芹.中国南方红壤生态系统面临的问题及对策[J].生态学报,2013,33(24):7615-7622.
- [3] 陈志强,陈志彪.南方红壤侵蚀区土壤肥力质量的突变:以福建省省长汀县为例[J].生态学报,2013,33(10):3002-3010.
- [4] 何圣嘉,谢锦升,杨智杰,等.南方红壤丘陵区马尾松林下水土流失现状、成因及防治[J].中国水土保持科学,2011,9(6):65-70.
- [5] 孙永明,叶川,王学雄,等.赣南脐橙果园水土流失现状调查分析[J].水土保持研究,2014,21(2):67-71.
- [6] 刘娜,王克林,张伟,等.土壤侵蚀及其评价、校验方法研究进展[J].中国农学通报,2011,27(18):1-6.
- [7] 俱战省,文安邦,严冬春,等.基于¹³⁷Cs、²¹⁰Pb和CSLE的三峡库区小流域土壤侵蚀评估[J].水土保持学报,2015,29(3):75-80.
- [8] Teramage M T, Onda Y, Kato H, et al. The relationship of soil organic carbon to Pb-210(ex) and Cs-137 during surface soil erosion in a hillslope forested environment [J]. Geoderma, 2013, 192(1): 59-67.
- [9] 张合兵,聂小军,程静霞.¹³⁷Cs示踪采煤沉陷坡土壤侵蚀及其对土壤养分的影响[J].农业工程学报,2015,31(4):137-143.
- [10] 冷雪,吴霜,王昕梅,等.赣北黄茅潭近代湖泊¹³⁷Cs蓄积特点、SCP计数和事件性沉积及其对²¹⁰Pb计年的矫正[J].海洋与湖沼,2017,48(5):944-951.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [12] 梁家伟,戴全厚,张曦,等.¹³⁷Cs技术研究岩溶高原湿地小流域土壤侵蚀特征[J].核农学报,2014,28(1):116-122.
- [13] 张云奇,张信宝,龙翼,等.农耕地土壤¹³⁷Cs与²¹⁰Pb_{ex}深度分布过程对比研究[J].核农学报,2012,26(4):692-698.
- [14] 张璐,文石林,蔡泽江,等.湘南红壤丘陵区不同植被类型下土壤肥力特征[J].生态学报,2014,34(14):3996-4005.
- [15] Martinez C, Hancock G R, Kalma J D. Relationships between ¹³⁷Cs and soil organic carbon (SOC) in cultivated and never-cultivated soils: An Australian example [J]. Geoderma, 2010, 158(3):137-147.
- [16] 张明礼,杨浩,徐从安,等.沂蒙山区土壤侵蚀的¹³⁷Cs示踪法初步研究[J].土壤学报,2010,47(3):408-414.
- [17] Nosrati K H, addadchi A, Zare M R, et al. An evaluation of the role of hillslope components and land use in soil erosion using ¹³⁷Cs inventory and soil organic carbon stock[J]. Geoderma, 2015, 243/244(24):29-40.
- [18] 方海燕,盛美玲,孙莉英,等.¹³⁷Cs和²¹⁰Pb_{ex}示踪黑土区坡耕地土壤侵蚀对有机碳的影响[J].应用生态学报,2013,24(7):1856-1862.
- [19] Wakiyama Y, Onda Y, Mizugaki S, et al. Soil erosion rates on forested mountain hillslopes estimated using ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb_{ex}[J]. Geoderma, 2010, 159(1):39-52.
- [20] 魏兴萍,袁道先,谢世友.运用¹³⁷Cs与土壤营养元素探讨重庆岩溶槽谷区山坡土壤的流失和漏失[J].水土保持学报,2010,24(6):16-19.
- [11] Dong Z B, Man D Q, Luo W Y, et al. Horizontal aeolian sediment flux in the Minqin area, a major source of Chinese dust storms [J]. Geomorphology, 2010, 116(1/2): 58-66.
- [12] Bo T L, Zheng X J. A field observational study of electrification within a dust storm in Minqin, China [J]. Aeolian Research, 2013, 8: 39-47.
- [13] Sun D F. Detection of dryland degradation using Landsat spectral unmixing remote sensing with syndrome concept in Minqin County, China [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 41: 34-45.
- [14] Prishchepov A V, Radeloff V C, Baumann M, et al. Effects of institutional changes on land use: Agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe [J]. Environmental Research Letters, 2012, 7(2): 1-13.
- [15] Huo Z L, Feng S Y, Kang S Z, et al. The response of water-land environment to human activities in arid Minqin oasis, northwest China [J]. Arid Land Research and Management, 2007, 21(1): 21-36.
- [16] 刘目兴,王静爱,严平,等.垄作对旱作农田土壤风蚀影响的风洞实验研究[J].水土保持学报,2005,19(3):54-57.
- [17] 张文颖,张恩和,景锐,等.河西绿洲灌区春小麦留茬免耕的防风蚀效应研究[J].中国生态农业学报,2009,17(2):244-249.
- [18] 张超,刘国彬,薛莲,等.黄土丘陵区撂荒农耕地土壤有效态微量元素演变特征[J].中国农业科学,2013,46(18):3809-3817.
- [19] 王军强,刘立超,杨义荣,等.民勤绿洲区撂荒农耕地土壤有机碳变化特征及影响因素[J].土壤,2015,47(5):932-939.
- [20] 邹学勇,张春来,程宏,等.土壤风蚀模型中的影响因子分类与表达[J].地球科学进展,2014,29(8):875-889.

(上接第61页)