

科尔沁地区农田土壤沙漠化演变的研究*

赵哈林 黄学文 何宗颖

(中国科学院兰州沙漠研究所, 730000)

摘 要

本文通过对土壤沙漠化的研究,结果表明:(1)农田风蚀沙化过程中,土壤的粉沙粘粒含量、有机质和养分含量、土壤水分含量均趋于下降,而土壤容重、温度和 pH 值趋于升高;(2)土壤理化性质的恶化,是土壤粉沙粘粒和有机质吹蚀的结果,造成土壤粗粒化、蓄水保肥能力下降和水肥渗漏,其中风蚀对土壤理化性质的危害明显大于积沙;(3)农田土壤理化性质的沙漠化演变表现出既有连续性又有间断性,随着沙漠化的加剧,其连续性减弱,间断性增强。

关键词 土壤,理化性质,沙漠化演变

科尔沁沙地是我国北方半干旱地带沙漠化最严重的地区之一。每年因风沙危害而减产的农田面积占总播种面积的 30% 以上。关于科尔沁沙地沙漠化的形成发展及对资源环境的危害,许多人从宏观上作过研究^[1-3]。但真正从微观上对其农田沙漠化的演变过程进行系统深入研究的报导尚不多见。为此,我们研究了农田风蚀沙化过程中土壤理化性质的演变特征,分析了处于不同沙漠化演变阶段的土壤属性空间位置的关系。为进一步探索该地区沙漠化发生发展的规律和机制,以及为沙漠化的治理提供科学依据。

1 研究地区自然概况

研究区位于内蒙古科尔沁沙地奈曼旗昂乃乡境内。地理位置为东经 $120^{\circ} 41' - 120^{\circ} 43'$, 北纬 $42^{\circ} 55' - 42^{\circ} 56'$, 海拔 340—350m。

该区为大陆性气候。年均温 6.4°C , 最热月(7月)平均气温 23.6°C , 最冷月(1月)平均气温 -13.1°C , $>10^{\circ}\text{C}$ 的年积温 3161.1°C ; 无霜期 146—161 天; 年均降水量 362.3mm, 年均蒸发量 1935.4mm; 当地多西北风, 年平均风速 3.5m/s , 年均大风日数 22.4 天。

地貌以平缓起伏的沙丘为主。一些平坦开阔的大片农田分布其间。农田土壤以沙质栗钙土为主, 下伏基质为深厚的第四纪河湖相沙质冲积沉积物。地下水深 3—5m, 其矿化度小于 500mg/L 。

* 本文为国家自然科学基金研究内容, 基金号 49405058
收到修改稿日期: 1995-10-11

2 研究方法

在农田中,选择风蚀沙化比较严重,并存在梯度变化明显的地段作为研究样地。以风蚀地中心为起点顺其梯度方向设置样带,样带终止于无明显沙化迹象的农田中部。样带内共设8组样方,每组样方面距25m(第7和第8组样方面距50m),每样方组包括4个田字形设置的 $1 \times 1\text{m}^2$ 样方(即4个重复)。根据样带内地面风蚀和积沙情况,把1—3组样方地段划为风蚀地(风蚀深度0.8—0.3m),其中第1样方组位于风蚀地中心,5—7组样方划为积沙地(积沙厚度0.1—0.2m),第4组样方为风蚀地和积沙地的交界处,第8组样方为未发生风蚀和沙化的正常农田(即对照地)。

用土钻法采集土样,采样深度为0—30cm,播种前和生长季各采一次,每次每样方各取一钻,最后分组充分混匀后带回进行室内化验分析。分析项目有土壤机械组成、容重、pH值、有机质和养分含量。另外,在生长季每隔10天测定一次土壤水分含量和地温。各样方的数据按组平均后进行统计分析。

3 试验结果和分析

3.1 土壤机械组成的沙漠化演变

表1是不同样方组的土壤机械组成。不难看出,随着农田的风蚀沙化,土壤中粉沙粘粒的比重趋于下降,中粗沙的比重趋于上升。正常农田的粉沙粘粒比重是积沙地的1.06倍和风蚀地的2.15倍,而中粗沙比重是积沙地的98.2%和风蚀地的82.1%。这说明,土壤风蚀过程中粉沙粘粒的吹失量要大于中粗沙,而风沙流遇到障碍物或风速下降时,则主要是中粗沙沉积,粉沙粘粒则可能飘移出农田系统之外。所以,不论风蚀或积沙都使农田土壤趋于粗粒化,但风蚀农田的受危害程度明显大于积沙农田。

表1 不同样方组土壤的机械组成(%)

Table 1 Mechanical composition of soils in different quadrat groups(%)

项目 Item	立地类型 Site type							
	风蚀地 Eroded land			交界处 Junction	积沙地 Sand-accumulating land			对照地 Check
	1	2	3	4	5	6	7	8
0.005—1.0mm	94.58	94.31	92.57	90.99	88.99	89.28	86.99	87.30
立地平均	93.82			90.99	88.42			87.30
<0.005mm	4.01	4.16	5.69	6.50	8.55	9.74	9.92	9.92
立地平均	4.62			6.50	9.40			9.92
盐酸洗失量(%)	1.41	1.61	1.79	2.51	2.46	2.78	3.09	2.78

注:风蚀程度(积沙厚度)从样方1(5)至样方3(7)逐渐减弱,下同。

1,2,3,4,5,6,7,8为不同样方组的编号;对照地为正常农田。

3.2 土壤容重和pH值的沙漠化演变

农田风蚀积沙均使土壤容重趋于增加(表2)。增加幅度是积沙地>风蚀地;轻度风

蚀和积沙 > 重度风蚀和积沙; 下层土壤 > 上层土壤。但风蚀和积沙使农田所测上、下土层的土壤容重差异缩小, 其原因除取样和测定的差异外主要是风蚀地上层中原有粘土层已完全被风吹蚀, 现有耕作层和其下伏底沙差别较小。而积沙地由于多年积沙, 其粘土层已低于所测深度, 所以其上下层土壤容重差别也较小。

表 2 各样方组不同深度的土壤容重和 pH 值对比

Table 2 Bulk density and pH of soils in various quadrat groups

项目 Item	立地类型 Site type							
	风蚀地 Eroded land			交界处 Junction	积沙地 Sand-accumulating land			对照地 Check
	1	2	3	4	5	6	7	8
0—10cm 容重 (g/cm ³)	1.40	1.52	1.56	1.55	1.44	1.54	1.51	1.47
立地平均	1.49			1.55	1.50			1.47
10—30cm 容重 (g/cm ³)	1.37	1.50	1.53	1.39	1.39	1.54	1.54	1.18
立地平均	1.47			1.39	1.49			1.18
pH 值	8.92	8.90	8.83	8.77	8.77	8.71	8.73	8.66
立地平均	8.80			8.77	8.72			8.66

土壤 pH 值(表 2)以正常农田为最低, 积沙地次之, 风蚀地最高。pH 值是随风蚀沙化加剧呈增高趋势, 说明沙漠化土壤的碱性增强。其原因是风蚀洼地地下水位相对较浅, 且风蚀造成土壤粗粒化后水分蒸发加快, 因而有较多的盐分积存于地表所致。

表 3 土壤有机质和养分含量的变化

Table 3 Variations in the contents of organic matter and nutrients in soils

项目 Item	立地类型 Site type										
	风蚀地 Eroded land				交界处 Junction	积沙地 Sand-accumulating land				对照地 Check	
	1	2	3	平均	4	5	6	7	平均	8	
有机质含量(%)	0.245	0.366	0.522	0.378	0.480	0.628	0.750	0.686	0.688	0.850	
全养分含 量 (g/kg)	N	0.15	0.24	0.29	0.23	0.29	0.36	0.42	0.36	0.38	0.46
	P ₂ O ₅	0.35	0.38	0.40	0.38	0.40	0.45	0.44	0.44	0.44	0.51
	K ₂ O	29.5	28.0	28.0	28.5	26.3	26.3	26.3	28.0	26.9	26.3
速效养分 含量 (g/kg)	N	0.0236	0.0255	0.0314	0.0268	0.0410	0.0421	0.0227	0.0316	0.0321	0.0665
	P ₂ O ₅	0.0063	0.0106	0.0127	0.0099	0.0156	0.0116	0.0134	0.0109	0.0120	0.0103
	K ₂ O	0.065	0.073	0.083	0.074	0.083	0.090	0.116	0.100	0.102	0.116

3.3 土壤有机质和养分含量的沙漠化演变

从表 3 可以看出, 农田风蚀和积沙后, 土壤有机质含量急剧下降。其中积沙地平均下

降幅度为 19.1%，风蚀地平均下降幅度为 55.5%，尤其风蚀洼地中心(1 号样方组)其下降幅度高达 71.2%。这说明对农田土壤肥力的危害，风蚀同积沙相比，前者的危害更为严重。农田的风蚀沙化后，土壤养分含量变化也十分明显(表 3)。其中全量养分中氮和磷呈明显下降趋势，积沙地平均下降 17.39% 和 12.00%，风蚀地平均下降 50.0% 和 25.4%。而钾呈缓慢增加，积沙地和风蚀地分别增加 2.28% 和 8.37%。速效养分中除积沙地磷含量高于正常农田外，其它均大幅度下降。总体看，土壤养分的沙漠化危害也是风蚀地 > 积沙地。

3.4 土壤含水量的沙漠化演变

农田土壤水分是农作物生长的决定因素，土壤含水量的高低直接影响作物的存活、生长和产量。表 4 是各样方组在作物生长季的土壤含水量的几个特征值。可以看出，由于机械组成和干沙表层经受风蚀的原因，全期 0—5cm 平均、最高和最低土壤含水量，其大小次序为风蚀地 > 正常农田 > 积沙地，不过三者之间的差异幅度甚小。根层土壤(10—30cm)的含水量变化不同于地表土壤，其生长季的平均土壤含水量和最高、最低含水量都是正常农田 > 积沙地 > 风蚀地，而且差异很大，如全期平均含水量正常农田为积沙地的 1.33 倍和风蚀地的 2.49 倍，尤其是干早期，正常农田下层的土壤含水量要比风蚀地高 3—5 倍。当风蚀地的土壤水分低于作物(玉米)萎蔫系数时，正常农田土壤含水量仍能保证作物正常生长的需要。这说明农田风蚀沙化对土壤水分的危害尤为严重，它导致了土壤持水能力的下降和水分状况的恶化，从而危害作物的正常生长和产量。

表 4 不同样方组生长季(4 月 9 日—9 月 6 日)土壤含水量(%)对比

Table 4 Comparison of soil moisture content (%) among different quadrat groups the growing season

项目 Item		立地类型 Site type								
		风蚀地 Eroded land			交界处 Junction	积沙地 Sand-accumulating land			对照地 Check	
		1	2	3	4	5	6	7	8	
0—5cm	全期平均	7.08	7.10	7.15	7.45	6.64	6.78	6.66	7.09	
	立地平均		7.11		7.45		6.69		7.09	
	土壤含 水量	最高含水量	23.1	22.2	23.6	22.6	21.9	21.4	21.5	22.1
	最低含水量	2.6	2.2	1.6	2.2	1.2	2.0	2.1	1.8	
	<6%的频率	64.3	64.3	64.3	42.9	71.4	71.4	71.4	57.1	
10—30 cm	全期平均	8.03	9.17	12.53	19.49	20.05	18.25	17.26	24.71	
	立地平均		9.91		19.49		18.52		24.71	
	土壤含 水量	最高含水量	23.3	23.8	26.6	33.0	34.6	32.8	29.9	40.7
	最低含水量	3.2	2.7	4.3	8.5	11.0	10.0	6.6	10.3	
	<6%的频率	42.9	21.4	7.1	0	0	0	0	0	
	干早期含水量	5.00	7.80	13.03	20.07	14.07	18.60	17.73	28.80	

注:土壤含水量每10天测一次;最高或最低含水量指测值中最高或最低值;干早期土壤含水量指连续40天无降水情况下所测土壤含水量;<6%的频率是指土壤含水量小于萎蔫系数(6%)的频率。

3.5 土壤温度的沙漠化演变

表 5 是各样方组春季(4—5 月)不同深度的土壤温度值。显然,全期地面平均温度是积沙地 > 风蚀地 > 正常农田;而 10 和 20cm 平均土壤温度是风蚀地 > 正常农田 > 积沙地,其中不同立地的地面温度差别较大(1.0—2.3℃),而下层土壤的温度差异较小(0.3—0.8℃)。从不同深度土壤温度的差值看,地面温度与 10cm 的土壤温度之差值以积沙地为最高,而 10cm 和 20cm 土壤温度值是以风蚀地为最高。

表 5 各样方组不同深度春季(4—5 月)地温(℃)值

Table 5 Soil temperature(℃) changes in the spring

项目 Item		立地类型 Site type							
		风蚀地 Eroded land			交界处 Junction	积沙地 Sand-accumulating land			对照 Check
地面 温度	全期平均	35.3	35.6	34.6	33.4	36.3	37.0	36.2	34.2
	立地平均		35.2		33.4		36.5		34.2
10cm	全期平均	15.1	14.1	13.9	13.1	13.5	12.9	12.9	13.6
	立地平均		14.4		13.1		13.1		13.6
20cm	全期平均	11.8	11.4	11.6	10.0	11.3	10.8	10.2	11.3
	立地平均		11.6		10.0		10.8		11.3
差值	地面—10cm		20.8		20.3		23.4		20.6
	10—20cm		2.8		3.1		2.3		2.3

3.6 土壤理化性质变化的灰色关联分析

风蚀沙化引起了农田土壤理化性质的一系列变化。为了了解土壤理化性质变化的相互关系,我们对其主要指标进行了不同等级的灰色关联分析^[5]。主要指标包括:<0.005mm 粉沙粘粒的比例(x_0)、土壤 pH 值(x_1)、有机质含量(x_2)、速效氮(x_3)、速效磷(x_4)、速效钾(x_5)、10—30cm 土壤含水量(x_6)、10cm 土层温度(x_7),分析结果如下:

(1)对 x_0 的关联序是:

$$x_2(0.778) > x_6(0.718) > x_5(0.709) > x_3(0.591) > x_4(0.551) > x_1(0.508) > x_7(0.503)$$

(2)对 x_2 的关联序是:

$$x_6(0.746) > x_5(0.728) > x_3(0.633) > x_1(0.591) > x_4(0.569)$$

(3)对 x_6 的关联序是:

$$x_3(0.749) > x_5(0.698) > x_4(0.686) > x_1(0.605) > x_7(0.574)$$

关联结果表明,土壤有机质含量的下降与土壤机械组成的变化密切相关,而土壤的粗粒化和有机质的减少又影响到土壤水分的变化,进而导致土壤速效养分的下降。

3.7 土壤属性的聚类分析和排序分析

为了进一步探讨处于不同沙漠化发展阶段各农田土壤各属性空间的关系,我们又利用所测的土壤机械组成、有机质、养分含量、土壤水分和温度等多项指标对 8 个样方组进行了组平均法聚类分析和极点法排序分析^[4],结果见图 1 和图 2。

图 1 和图 2 显示积沙地 5、6、7 号样方组综合特征相近,可归为一组,风蚀地 1、2 号样

方归为一组和 3、4 号样方另归一组,8 号样方因综合特征与风蚀地和积沙地相差甚远,所以单独归为一组。从各样方组间距看,从积沙地到风蚀地组内距离和组间距离逐步扩大。这一结果表明,农田一经风蚀沙化,其土壤综合理化性质即发生深刻变化,其变化过程在景观上可分为严重风蚀、轻度风蚀和轻度积沙三个部分,在土壤理化性质演变上相应分为严重恶化、中度恶化和轻度恶化三个阶段。这种变化既有渐变性,又有间断性,规律明显。

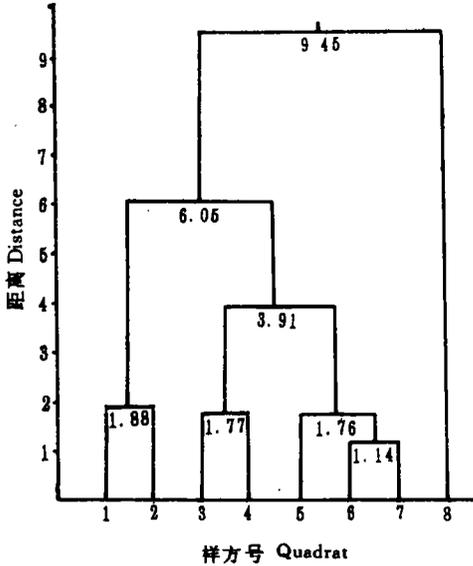


图 1 8 个样方组的聚类树状图

Fig.1 Cluster tree diagram of 8 quadrat groups

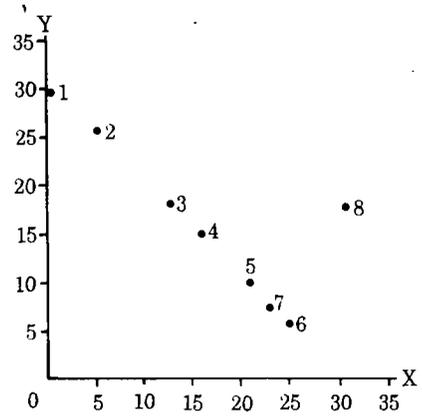


图 2 8 个样方组的二维排序图

Fig.2 Two-dimensional ordination of 8 quadrat groups

4 讨论和结论

1. 随着农田的风蚀沙化,土壤中粉沙粘粒含量、有机质和养分含量、土壤水分含量急剧下降,中粒沙含量和 pH 值趋于增大,土壤温度变化也较大。总的结果造成土壤粗粒化和贫瘠化,蓄水保肥能力变差,保墒抗旱能力减弱,使风蚀农田不再适于农作物生长。

2. 农田土壤理化性质的沙漠化演变,起始于风蚀地土壤粉沙粘粒和有机质的吹蚀以及中粗沙在下风向农田中的堆积。风蚀不仅引起风蚀地土壤的粗粒化和贫瘠化,严重时造成耕作层下伏粘性犁底层完全消失,使土壤失去正常的蓄水保肥能力。农田积沙,虽不破坏蓄水保肥的粘性犁底层,但沙被翻搅于耕作层内,不仅导致土壤质地的粗粒化,而且使原犁底层深埋,所以也造成土壤理化性质的恶化。但相比之下,轻度积沙对农田土壤的危害比风蚀要小。

3. 农田土壤的沙漠化演变,从景观上看可分为农田积沙、土壤轻度风蚀和严重风蚀三个部分,在土壤理化性质的变化上又可分为轻度恶化、中度恶化和重度恶化三个阶段。整个过程是一个从量变到质变的过程,土壤类型表现为由沙质栗钙土到风沙土的演变。

其演变过程既有连续性又有间断性,随着沙漠化的加剧,连续性减弱,间断性增强。

综述农田的沙漠化演变有一个较长的时间过程,但开始发生的范围和程度不一定很大,如果一经发现立即进行防风固沙治理,就有可能控制风蚀的发展。

参 考 文 献

1. 刘新民等,1992:科尔沁沙地沙漠化原因及其整治模式,生态学杂志,第11卷5期,38—41页。
2. 杨泰运等,1989:奈曼沙漠化农田系统功能浅析及调整利用研究,中国沙漠,9(2)31—39页。
3. 张继贤,1982:地表物质组成与土地沙漠化,中国沙漠,2(1)p29—39页。
4. 阳含熙等,1981:植物生态学数量分类方法(第3、5章)。科学出版社。
5. 邓聚龙等,1988:农业系统灰色理论和方法(第2章)。山东科技出版社。

STUDY ON DESERTIFICATION OF FARMLAND SOIL IN KORQIN REGION, INNER MONGOLIA

Zhao Halin Huang Xuewen and He Zongying

(*Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou, 730000*)

Summary

The research results showed that in the desertification process of the soils, silt content, organic matter, available nutrients and water-holding capacity were gradually reduced but soil temperature and pH rose; Worsening of the soil properties resulted from decreasing of silt and clay particles and organic matter caused the coarsening of soil particles, the lowering of water-holding capacity and the loss of nutrients in the process, the danger by wind erosion of soil was more serious than that by wind deposition; and in the desertification process of farmland soils, worsening of soil physical and chemical properties had both continuity and discontinuity.

Key words Soil, Physical, Chemical properties