

农牧交错带土地沙化的本质及其形成研究

安韶山¹, 常庆瑞², 刘京², 李壁成¹

(1. 中国科学院水利部西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:通过对陕北农牧交错带不同类型沙化土地土体构型、土壤质地、元素组成和理化性质的分析,研究了土地沙化的本质。结果表明:受风沙作用影响,土壤中细粒物质逐渐减少,颗粒组成变粗;表层消失,最终被流沙所取代,原土壤剖面被覆盖在沙层之下;土壤有机质及养分含量减少,保水保肥性能降低,生产力不断下降;现代土壤形成过程以侵蚀和风沙沉积为主,物质淋溶和化学风化微弱。研究区土地沙化可划分为:风沙侵蚀为主、风沙蚀积平衡、风沙沉积为主和土壤形成发育4个阶段;沙化土地的类型有:肥力衰退质地粗化、表层剥蚀、片沙覆盖、流动沙丘与固定沙丘等5种。

关键词:沙化土地;土壤性质;农牧交错带;发生过程

Study on the characteristic properties and genesis of land desertification in the agriculture and husbandry interlace zone

AN Shao-Shan^{1,2}, CHANG Qing-Rui², LIU Jing², LI Bi-Cheng¹ (1. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & MWR, Yangling Shaanxi 712100, China 2. Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling Shaanxi 712100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(1): 106~111.

Abstract: Land sandification is one of the main kinds of desertification in arid and semi-arid areas as well as parts of semi-moist area. China is the most endangered by land sandification in the world, in which there are about 1.607 million km² total area, and still extending 2.460 thousands km² every year. In this article, matter composition, soil physical and chemical characteristics and soil bulk structures are analyzed for studying the occurring mechanism and essential characteristics in agriculture and animal husbandry interlace zone of Northern Shannxi.

The results show that: (1) By the influence of wind and sand erosion, the fine silt in upper soil layer gradually decreases. The particle composition become rougher, finally be replaced by quicksand, and the original soil profile is covered with the sand layer until the full soil profile is homogeneous sand. The soil mass configuration are all C type layer, the content of particle whose diameter exceeds 0.05mm is more than 800g · kg⁻¹. (2) With the developing of land desertification, the content of organic matter in upper soil layer decreases from 7.92g · kg⁻¹ to 0.84g · kg⁻¹, and that of rapidly available potassium decreases from 91.66g · kg⁻¹ to 27.82g · kg⁻¹, and that of CaCO₃ decreases from 83.06g · kg⁻¹ to 4.23g · kg⁻¹.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(49941005, 30170790);中国科学院重要方向资助项目

收稿日期:2001-05-11; **修订日期:**2001-11-12

作者简介:安韶山(1972~),男,宁夏平罗人,博士,助理研究员,从事土壤学与流域生态与管理研究。

Foundation item: NNSFC No. 49971005, No. 30170790; Key projection support by CAS; Effects of soil and water conservation on regional environmental processes

Received date:2001-05-11; **Accepted date:**2001-11-12

Biography: AN Shao-Shan, Doctor, Assistant Researcher, major in Soil Science and Watershed Ecology and Management. E-mail: anss-sx@sina.com, changqr@public.xa.sn.cn

With the increasing of sand content, the cation exchange capacity decreases from $9.58\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ to $2.91\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$. The status of soil fertility become worse and the potential productivity of land are decreasing. (3) The main mineral element is SiO_2 , Al_2O_3 in soil, and the contents of them are more than 80% of total mineral. With the development of land desertification, the content of SiO_2 in soil mass increase $100\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and the contents of Fe, Ca, Mg, Ti and Mn etc. continuously decrease and the extent is between 40%~80%. In the severely desertification soil, $\text{SiO}_2 > 720\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 20\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{CaO} < 20\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{MgO} < 9\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$; In the less desertification soil or no desertification soil, $\text{SiO}_2 \leq 700\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 30\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{CaO} > 30\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $\text{MgO} > 12\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. The clay mineral elements constitution compared with soil mass, SiO_2 decrease $100\sim 200\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and Al_2O_3 increase about $100\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and Fe_2O_3 increase $20\sim 50\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. In different degree desertification soils, element composition has little difference, which shows the infancy of soil efflorescence develop degree.

Soil modern formation progress is in the stage of erosion and sand depositing. Matter leaching and chemical weathering are weak, and Fe&Al accumulating is weak. Land sandification in studying area can be divided into four stages: windblown erosion, sand erosion and deposit balance, sand deposit and soil formation. There are five types sandification of land: fertility declination and texture tending course, surface layer denudation, slice sand covers, mobile sand dunes, fixed sand dunes.

Key words: the agriculture and animal interlace zone; land desertification; soil properties; genesis process

文章编号:1000-0933(2003)01-0106-06 中图分类号:S158.1;S288 文献标识码:A

土地沙化是荒漠化的最重要类型之一,是干旱、半干旱及部分半湿润地区,由于人为不合理的经济活动,破坏了脆弱的生态平衡,使原非沙漠的地区出现了类似沙漠景观的环境退化过程。我国是世界上沙化危害最严重的国家之一,沙化土地的总面积约 160.7万 km^2 ,并且仍以每年 2460 km^2 的速度扩展^[1],它不仅造成严重的经济损失,而且威胁着华夏民族赖以生存的自然生态和社会文化环境^[2-4]。因此,我国政府十分重视荒漠化问题,开展了大量理论研究和治理工作,将生态环境建设和荒漠化防治列为西部开发的基础。土地沙化产生的结果主要表现在四个方面:水文气候状况恶化、污染环境、土壤质量变劣和生物群落衰退^[5],其中土壤质量变劣是沙化的本质,核心内容为土壤物质流失,理化性质和生物特性退化,以及土体构型的变化。本文通过对毛乌素沙地与黄土高原过渡区水蚀风蚀交错带不同沙漠化土地的物质组成、土壤理化性质和土体构型分析,探讨土地沙化的发生机制和本质特性,为防治土地沙漠化提供基础资料和决策依据。

1 区域环境与材料方法

1.1 环境条件

研究区位于陕西省北部毛乌素沙地与黄土丘陵沟壑的过渡地区^[6],是典型的农牧交错带,主要包括定边、靖边、神木和府谷的全部和横山、榆林、佳县的部分地区。平均海拔高度在 1000m 以上。北部是毛乌素沙地,地势起伏平缓,沙丘绵延不断,滩地、海子散布其间,河流稀少,以内流河为主,径流系数极小,河水离子总量、矿化度及 pH 较高;西南部是黄土覆盖的低山丘陵区,地面坡度较大,但切割相对较弱,径流系数较小;东北部为以梁为主的黄土丘陵,零星分布着流沙和裸露的基岩,地形破碎,水土流失强烈。该区属于温带大陆性半干旱偏旱气候,年均气温 $7\sim 9^\circ\text{C}$,降水量 $250\sim 450\text{mm}$,蒸发量 $1152\sim 1290\text{mm}$,大风日数 $3.8\sim 87.2\text{d}$;气候特征为:冬季寒冷干燥,夏季炎热多雨,春季大风扬尘,年际年内变化剧烈。研究区典型植被是温带荒漠化草原,主要生长着长芒草、白羊草、百里香、茵陈蒿、冷蒿、甘草、针茅、兴安胡枝子和红砂、黄蔷薇、沙棘、柠条等植物;沙地和滩地则分布有沙米、沙竹、牛心朴、沙蒿、油蒿、苦豆子、碱蓬、盐爪爪、沙生针茅、戈壁针茅、踏榔、苔草和芨芨草等。该地区农业生产以种植业为主,放养畜牧业占有相当比重,是当地群众经济收入的主要来源。近年来,随着陕北能源重化工基地的建设和开发,人为活动对环境的影响愈来愈强烈,荒漠化趋势有所发展。

1.2 材料与方法

供试材料分别采自陕西省榆林市北部农牧交错带的 6 个典型土壤剖面,基本代表了该地区土地沙化的不同阶段和类型(见表 1)。各剖面均按土壤发生层次进行划分,实地记载土体构型和剖面形态特征(见表 2);分层采集土壤样品,用于理化性质分析测定。样品分析根据《中国土壤系统分类土壤实验室分析项目与方法规范》(1991、1992)和《土壤理化分析》^[6]进行。

表 1 采样地点、环境特征与沙化程度

Table 1 Describing of experimental profiles characteristic

采样地点 Sample site	剖面号 Profile	海拔 (m) Elevation	地貌类型 Geomorphologic type	成土母质 Parent material	植被 Vegetation	温度(℃) Temperature	降水 (mm) Precipitation	沙化阶段和类型 Stages and type of desertification
定边县砖井 ¹	SN-A1	1510	黄土丘陵 ¹¹	第四纪黄土 ¹²	干草原 ¹³	7.9	355.6	
定边县石圪梁 ²	SN-B1	1590	黄土丘陵	第四纪黄土	干草原	7.9	341.1	风沙侵蚀,肥力衰退型 ¹⁵
榆林区西沙 ³	SN-B2	1290	黄土丘陵	第四纪黄土	荒漠化草原 ¹²	8.0	413.9	蚀积平衡,表层剥蚀型 ¹⁶
神木县马场 ⁴	SN-C1	1230	覆沙黄土丘陵 ⁷	沙质沉积物	荒漠化草原	8.5	441.2	风沙沉积,片沙覆盖型 ¹⁷
榆阳区孟家湾 ⁵	SN-D1	1250	沙丘 ⁸	沙质沉积物	草原化荒漠 ¹³	8.0	398.5	土壤发育,固定沙丘型 ¹⁸
榆阳区孟家湾	SN-D2	1280	沙丘	沙质沉积物 ¹⁰	荒漠 ¹⁴	8.0	398.5	风沙沉积,流动沙丘型 ¹⁹

① Dingbian zhuanjin, ② Dingbian shigaliang, ③ Shenmu xisha, ④ Shenmu machang, ⑤ Yuyang mengjiawan, ⑥ Loess hill, ⑦ Sand loess hill, ⑧ Dune, ⑨ Loess, ⑩ Sand ediment, ⑪ Dry grassland, ⑫ Desertification grassland, ⑬ Grassland cover desert, ⑭ Desert, ⑮ Fertility declination, ⑯ Surface layer denudation, ⑰ Slice sand covers, ⑱ Fixed sand dunes, ⑲ Mobile sand dunes

2 沙化土地的基本性质

2.1 土体构型均一化

发育正常的土壤,剖面土体构型为 A-B-C,表层 A 为腐殖质层或称淋溶层,中间层 B 是淀积层,下部 C 是母质层,各层之间还存在一些过渡层段。受沙化的影响,供试土壤在土体构型上发生了很大变化,向均一化方向发展,如表 2 所示。SN-A1 是正常发育的土壤,土体构型为 A-AB-B-BC;SN-B1 剖面表层出现明显

表 2 土体构型与机械组成

Table 2 Soil mechanical composition

剖面号 Profile	层次及深度 Horizon and depth(m)	颜色 Colour	>0.2mm (g · kg ⁻¹)	0.2~0.05mm (g · kg ⁻¹)	0.05~0.002mm (g · kg ⁻¹)	0.02~0.002mm (g · kg ⁻¹)	<0.002mm (g · kg ⁻¹)
SN-A1	A;0~15	浊黄橙 10YR 6/4	0.00	394.19	381.68	116.68	107.44
	AB;15~55	浊黄橙 10YR 6/3	0.00	309.25	361.02	186.10	143.62
	B;55~115	浊黄橙 10YR 6/4	0.00	406.11	385.52	94.21	114.16
	BC;115~150	浊黄橙 10YR 7/3	0.00	381.75	416.05	107.24	94.96
	AC1;0~25	浊黄橙 10YR 7/4	0.00	825.30	104.86	15.00	54.84
SN-B1	AC2;25~55	浊黄橙 10YR 7/3	5.80	785.42	124.55	25.40	58.83
	AB;55~75	浊黄橙 10YR 6/3	0.00	425.07	325.06	132.18	117.69
	B;75~105	橙 白 10YR 8/2	0.00	152.24	325.06	345.64	177.05
	BC;105~150	淡黄橙 10YR 8/3	0.00	164.65	360.94	319.95	154.46
SN-B2	BC;0~20	浊黄橙 10YR 7/5	0.00	360.13	383.16	140.33	116.39
	C1;20~80	浊黄橙 10YR 8/4	0.00	392.71	370.92	115.00	121.37
	C2;80~150	淡黄橙 10YR 8/4	0.00	423.13	359.59	112.15	105.12
SN-C1	C;0~65	浊黄橙 10YR 7/4	804.94	142.03	16.84	8.55	27.64
	BC;65~115	红 橙 10R 6/6	4.71	333.48	259.94	237.66	164.22
	C;115~150	浊 橙 10YR 6/6	4.95	326.28	266.52	236.29	165.96
SN-D1	AC;0~30	浊黄橙 10YR 6/4	749.91	171.65	36.67	11.22	30.55
	C1;30~70	灰黄棕 10YR 5/2	548.92	272.05	71.36	38.83	68.84
	C2;70~120	棕 灰 10YR 6/4	486.37	322.02	70.29	60.98	60.34
	C3;120~150	浊黄橙 10YR 7/2	847.05	106.01	16.81	11.89	18.4
SN-D2	C1;0~40	浅淡黄 2.5Y 8/4	560.98	395.99	14.90	6.25	21.88
	C2;40~70	浅淡黄 2.5Y 7/3	556.02	409.63	4.48	9.11	20.42
	C3;70~150	淡 黄 2.5Y 7/3	572.56	390.06	8.21	6.26	22.91

沙化现象,砂粒含量显著增高,土体构型变为 AC-B-BC;SN-B2 和 SN-C1 剖面的 A 层已被完全侵蚀,前者心土层 BC 直接出露地表,后者代之以厚度不等的流沙层(50cm 左右),其下为原土壤的钙积层(BC)或母质层(C),土体构型 C-BC-C 或 BC-C;SN-D1、D2 剖面 0~2m 土层全为均质砂粒,土壤剖面的 A、B 层不复存在,土体构型通体为 C 层。

2.2 机械组成粗粒化

土壤机械组成的变化是土地沙化过程中最为普遍而有代表性的现象,土地一旦发生荒漠化,首先表现为地表物质颗粒组成中细粒减少,粗大颗粒逐渐占据优势,即产生地表粗化过程^[3,7]。所以由机械组成的差异和变化,可以判断土地荒漠化的强弱和发展程度,划分荒漠化的类型。

表 2 为不同沙化程度土壤颗粒组成,SN-D2 土壤在 0~2m 内均为流沙,粒径 $>0.05\text{mm}$ 的颗粒达到 $950\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,表层与表下层相比,各粒级差异较小,属典型流动风沙土。SN-D1 为半固定风沙土,与 SN-D2 相比,砂粒含量有所减少,其中表层 $>0.2\text{mm}$ 的颗粒含量较高,表下层粉粒和粘粒含量有一定增加。SN-C1 剖面粒径 $>0.2\text{mm}$ 的颗粒表层与表下层相差 $800\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,表层是风积作用形成的流沙,下部为第四纪黄土中的古土壤层,上下层机械组成差异极大。SN-B1 土壤剖面不含 $>0.2\text{mm}$ 的粗砂颗粒,但是受风蚀影响, $0.2\sim 0.05\text{mm}$ 的细砂粒含量表层较表下层增加了 $673.06\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,出现表层沙化现象,SN-B2 土壤 A、B 层已被完全侵蚀,通体为黄土,颗粒组成层次之间无明显差异;SN-A1 为参照剖面,其颗粒组成和变化表现出一般土壤的正常状况。

2.3 土壤肥力衰退化

随着土地沙化发展,土壤肥力状况发生明显衰退。由表 3 可见,表层有机质从 $7.92\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 下降到 $0.84\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$;通体都是砂粒的土壤,有机质含量一般不超过 $4.0\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。原因是土地沙化一方面使土壤有机质随着细粒物质的侵蚀而损失,另一方面导致地表植被盖度降低,有机物来源减少,矿化分解作用强烈,不利于有机质累积。土壤中速效氮的数量和分布规律与有机质存在很好的相关性。土地荒漠化使土壤速效钾明显减少,表层从 $91.66\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 减少到 $27.82\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

表 3 土壤基本化学性质

Table 3 Soil composition and exchangeable capacity

剖面号 Profile	层次符号 Horizon	有机质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) O. M	速效氮 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Av-N	速效磷 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Av-P	速效钾 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Av-K	pH	CaCO_3 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	CEC ($\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)
SN-A1	A	7.29	68.58	6.14	91.66	8.27	83.06	9.58
	AB	9.48	55.68	8.93	71.59	7.98	83.35	13.41
	B	10.08	34.29	3.62	54.18	8.17	85.01	8.36
	BC	2.04	28.01	2.75	60.96	8.47	123.04	5.94
	AC1	4.14	29.03	3.70	54.04	8.14	62.66	5.33
SN-B1	AC2	6.00	36.67	3.70	57.54	8.06	56.91	6.14
	AB	10.11	80.80	2.74	65.10	7.86	81.41	15.03
	B	5.34	23.77	2.42	47.68	7.92	232.20	11.39
	BC	3.69	20.71	1.88	47.40	8.08	209.91	10.38
	BC	2.27	20.23	2.85	57.96	8.12	134.76	10.38
SN-B2	C1	1.47	13.07	3.03	54.52	8.10	97.56	9.58
	C2	1.12	13.07	2.14	61.17	7.85	86.25	8.77
	C	1.20	19.49	1.21	48.93	8.57	11.68	2.91
SN-C1	BC	2.49	19.18	1.48	151.12	7.86	152.68	21.09
	C	2.60	12.90	1.30	148.26	7.82	158.02	21.05
	AC	1.64	35.31	6.53	27.82	8.30	4.23	3.71
SN-D1	C1	4.22	35.04	10.75	49.18	7.82	4.03	4.52
	C2	3.29	14.94	6.71	29.63	8.15	14.96	3.92
	C3	1.26	6.62	4.87	17.68	8.34	5.27	2.10
SN-D2	C1	0.84	26.82	2.58	30.35	8.46	10.77	4.52
	C2	0.58	25.46	0.93	26.98	8.44	12.32	4.12
	C3	0.57	16.30	0.51	32.01	8.44	14.68	3.92

供试土壤碳酸钙在剖面的分布都表现为从上到下逐渐升高,中下部出现 CaCO_3 聚集,有的形成钙积层;从未退化的 SN-A1 到严重沙化的 SN-D1,表层 CaCO_3 由 $83.06\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 减少到 $4.23\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。阳离子交换量大部分土壤表现出表层 < 表下层,降低幅度随荒漠化程度的加强而增大,从 SN-A1 的 $3.83\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 增加到 SN-C1 的 $18.18\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。表层阳离子交换能力随砂粒含量的增加而降低,由 SN-A1 的 $9.58\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 一直降至 SN-C1 的 $2.91\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。土壤交换性能的降低和营养元素的减少,使土壤吸水保肥能力降低,土壤肥力状况变坏,土地生产潜力下降。

2.4 土体元素硅质化

土壤矿物是构成土壤的骨架,其元素组成是各种成土因素和成土过程综合作用的结果,可在一定程度上反映土地荒漠化的类型和强度。农牧交错带不同沙化土地的化学元素组成见表 4。土体矿质元素组成中 SiO_2 占绝对优势, Al_2O_3 次之,二者构成了土壤的主体,约占土体矿质成分总量的 80% 以上,其他元素的含量合计不超过 20%。随着荒漠化的发展,土体中 SiO_2 明显升高,增量达 $100\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Fe 、 Ca 、 Mg 、 Ti 和 Mn 等成分不断降低,下降幅度一般在 40%~80% 之间。沙化严重的土壤剖面 and 层次, SiO_2 含量在 $720\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上, Fe_2O_3 、 CaO 不足 $20\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, MgO 低于 $9\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$;沙化较弱或尚未发生沙化的土壤剖面 and 层次, $\text{SiO}_2 \leq 700\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Fe_2O_3 、 CaO 大于 $30\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, MgO 在 $12\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上。表明土地沙化导致土壤的发育变差,成土过程退回到物理风化为主的阶段。

表 4 矿质土体化学元素组成

Table 4 Chemical elements composition in the mineral soil bulk

剖面号 Profile	层次符号 Horizon	土体元素组成 Elements composition in the mineral soil bulk					粘粒元素组成 Elements composition in soil clay		
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
		($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
SN-A1	A	685.87	119.63	30.08	41.89	12.77	583.68	226.07	59.93
	AB	667.79	129.19	31.48	45.82	13.92	593.75	228.70	53.32
	B	666.39	124.87	31.69	60.67	14.27	585.71	227.71	55.50
	BC	675.85	116.88	29.25	55.39	14.08	595.22	219.42	54.99
	AC1	732.21	106.92	25.48	31.44	11.48			
SN-B1	AC2	723.62	112.89	26.69	30.33	11.34	541.43	224.32	75.90
	AB	684.18	128.47	34.44	43.32	13.78			
	B	625.33	110.34	32.57	118.44	14.52	562.63	213.38	73.62
	BC	640.54	103.66	35.91	107.83	16.03			
SN-B2	BC	670.29	114.01	31.37	58.91	12.58	583.55	216.66	68.85
	C1	696.05	119.68	32.48	42.36	13.08			
	C2	691.92	115.99	31.04	40.69	12.93			
SN-C1	C	781.86	114.33	11.61	12.74	5.44			
	BC	648.09	128.69	34.47	82.05	14.99	557.91	222.42	88.90
	C	650.30	133.31	38.01	84.33	15.80			
	AC	779.31	105.43	10.55	16.40	4.63			
SN-D1	C1	760.38	114.24	16.24	10.58	7.02	585.59	208.66	62.57
	C2	762.69	118.73	17.77	14.75	8.39			
	C3	788.96	112.53	8.45	8.65	4.54			
SN-D2	C1	746.44	120.45	15.73	13.28	6.91	587.36	214.62	56.51
	C2	728.16	117.03	14.34	13.70	6.45			
	C3	777.62	108.75	13.64	9.02	5.12			

土壤粘粒元素组成与土体相比, SiO_2 一般减少 $100 \sim 200\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Al_2O_3 和 Fe_2O_3 有所增加,其中 Al_2O_3 增加 $100\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 左右, Fe_2O_3 增长 $20 \sim 50\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,但硅铝率和硅铝铁率仍然很高, $\text{Sa} > 4.10$, $\text{Saf} > 3.3$,并且不同沙化程度之间元素构成差异不大。说明这些粘粒主要是物理风化和初级化学风化的产物,铁铝富集不明显,充分反映了土壤风化发育阶段的一致性和发育程度的幼年性。

3 讨论与结论

3.1 农牧交错带土地沙化的本质

土地沙化虽然能够引起地表形态、植被等变化,但其本质是使土壤的物质组成、理化性质和生产性能发生变化,并且这种变化随荒漠化的程度不同而异。具体表现为:在风沙作用下,正常的成土过程被迫中断,土壤经常处于遭受侵蚀或接受风沙沉积的状态,物质的淋溶迁移和化学风化非常微弱,剖面的分化发育不明显,趋向均一硅质化,土壤颗粒变大,质地不断粗化,有机质及养分含量持续减少,阳离子交换能力显著下降,致使土壤保水保肥性能衰退,土地生产能力丧失。

3.2 农牧交错带土地沙化过程与阶段划分

农牧交错带是水蚀、风蚀共同作用的最严重地区之一。根据土壤剖面的土体构型与形态特征可以得出土地沙化发育演变的过程为:正常发育的土壤在强烈的风蚀作用下,表层土壤的细粒物质逐渐遭受侵蚀,数量越来越少,砂粒相对富集(SN-B1),直至完全侵蚀,淀积层(B)或母质层(C)出露地表(SN-B2);在沙源充足的条件下,风沙沉积作用强烈,表层逐步被流沙覆盖,原来土壤的表层或B、C层成为埋藏土层(SN-C1)。随着荒漠化发展,沙粒愈积愈厚,土壤剖面控制层段完全成为砂质堆积物(SN-D1、SN-D2),地表成为连绵起伏的沙丘,植被退化为由旱生和沙生植物种类组成的灌木、半灌木群落,覆盖度很低,呈现出荒漠景观。根据风沙蚀积规律、沙化发育过程和土壤剖面,土地沙化形成过程可划分为4个阶段:风沙侵蚀为主阶段(SN-B1、SN-B2)、风沙蚀积平衡阶段(SN-C1)、风沙沉积为主阶段(SN-D2)和土壤形成发育阶段(SN-D1、SN-A1)。

3.3 农牧交错带土地沙化类型

按照土地沙化的形成条件、地表形态和物质组成的差异状况,陕北农牧交错带沙化土地划分成如下类型:肥力衰退粗化型(SN-B1)、表层剥蚀型(SN-B2)、片沙覆盖型(SN-C1)、流动沙丘型(SN-D2)和固定沙丘型(SN-D1)。肥力衰退和质地粗化是土地沙化的潜在形式,受风沙侵蚀,土壤中的较细颗粒被吹失,营养物质减少,生产力下降;随着风力加强,表层土壤被完全剥蚀,母质或母岩出露地表,土地的生产能力开始丧失,形成表层剥蚀沙化类型;片沙覆盖型是在风沙流遇到障碍和背风地区,风的搬运能力降低,携带的砂粒就沉积下来,覆盖在土壤的表层而形成,土地生产能力已完全丧失;流动沙丘是土地沙化的最严重形式,整个地表完全被流沙所覆盖,形成连绵起伏、形态各异的风沙地貌,植被稀少,一派荒凉景观;随着风沙减弱,植被侵入繁衍,表层土壤开始发育,地表形态相对稳定下来,形成固定状态沙丘。

References

- [1] Sun B P. *Desertification combating engineering*. Beijing: Chinese Forestry Press, 2000: 16~37.
- [2] Zhu J F, Zhu Z H D. *Desert combating in China*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999: 1~20.
- [3] Zhu Z H D. *Desertification and combating in China*. Beijing: Science Press, 1989: 1~15.
- [4] Zhu Z D, Wang T. A trends of Desertification and its rehabilitation in China. *Desertification Control Bulletin*, 1993, 22: 15~19.
- [5] H. E. Dregne. Desertification of Arid lands. *Econ. Geogr.*, 1977, 53(4): 329~334.
- [6] Nanjing Institute of Soil Science, CAS. *Physical and Chemical Analysis of Soil*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1978: 237~287.
- [7] Di X M, Zhang J X. Desertification and combating in Ningxia. *China Desert*, 1982, 2(2): 56~59.

参考文献

- [1] 孙保平. 荒漠化防治工程学. 中国林业出版社, 2000: 16~37.
- [2] 朱俊凤, 朱震达. 中国沙漠化防治. 北京: 中国林业出版社, 1999: 1~20.
- [3] 朱震达. 中国的沙漠化及其治理. 北京: 科学出版社, 1989: 1~15.
- [5] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科技出版社, 1978: 237~287.
- [6] 邸醒民, 张继贤. 宁夏地区土地荒漠化特征及其防治. 中国沙漠, 1982, 2(2): 56~59.