

陕北农牧交错带土地荒漠化本质 特性研究*

常庆瑞¹ 安韶山² 刘京¹ 文治国¹

(1 西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西杨凌 712100)

(2 中国科学院、水利部水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要 通过分析陕北农牧交错带土壤的机械组成、物质成分和理化性质, 探讨了土地荒漠化的本质。结果表明: 土壤受风沙作用, 细粒物质逐渐减少, 表层消失, 或者被流沙取代, 原土壤剖面被覆盖在沙层之下; 土壤质地出现沙化, 颗粒组成变粗; 土壤有机质及养分含量减少, 保水保肥性能降低; 土壤形成以现代侵蚀和风沙沉积为主, 物质淋溶和化学风化微弱, 进化与退化同时共存。

关键词 农牧交错带, 土地荒漠化, 土壤性质, 发生过程

中图分类号 S158.1, S288

土地荒漠化是干旱、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, 使原先非荒漠的地区出现了类似荒漠景观的环境退化过程。由于荒漠化的作用范围广, 发展速度快, 对资源环境与社会经济的危害严重, 已经引起全世界的重视。我国是世界上荒漠化最严重的国家之一, 每年荒漠化的土地面积约 1 500~ 2 000 km², 造成的经济损失已达数百亿元, 并且威胁着华夏民族赖以生存的自然生态和社会文化环境^[1, 2]。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。

荒漠化对环境的影响主要表现在三个方面: 地表形态的变化、土壤质量变劣和植被衰退^[1~ 3]。其中土壤质量变劣是荒漠化的本质, 重点体现为土壤物质流失, 土壤的物理、化学性质和生物特性退化^[4], 以及土壤发生层次的变化。然而, 过去的研究工作多集中在沙漠地区, 以地表形态和植被变化分析为主。本文通过对陕北农牧交错带不同荒漠化土地的物质组成、理化性质和土体构型分析, 探讨了土地荒漠化的发生机制和本质特性。

1 环境条件与材料方法

1.1 环境条件

研究区位于陕西省北部的农牧交错带, 包括榆林市的定边、靖边、横山、榆阳、神木和府谷等区县, 是毛乌素沙漠与黄土高原的过渡地区^[3]。海拔高度 900~ 1 907 m, 北部地形平缓、开阔, 沙丘绵延不断, 滩地、海子散布其间, 地下水位较高, 河流稀少, 以内流河为主; 西南部是黄土覆盖的中、低山区, 地势起伏切割较弱; 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。该地区属于温带大陆性半干旱、干旱气候, 年均气温 7~ 9℃, 降水量 250~ 450 mm, 夏季酷热, 秋季温凉, 冬季寒冷干燥, 春季多大风扬尘天气。典型的地带性植被是温带荒漠化草原, 主要生长着长芒草、白羊草、百里香、冷蒿、针茅、兴安胡枝子和沙棘、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、苔草和芨芨草等植物。

1.2 材料与方法

供试土壤分别采自神木、榆阳、定边等县区的 6 个典型土壤剖面, 基本上代表了农牧交错带土地荒

* 国家自然科学基金资助项目(49971005, 30190790)

收稿日期: 2001- 08- 14; 收到修改稿日期: 2001- 12- 29

漠化的不同阶段和类型。各剖面均按发生层次进行划分, 实地记载剖面形态特征和成土环境条件(见表1); 同时分层采集土壤样品, 自然风干, 去除根系、石块等再研磨过筛, 用于理化性质分析和颗粒组成测定。

土壤样品分析根据《中国土壤系统分类土壤实验室分析项目及方法规范》(1991年)、《中国土壤系统分类土壤物理和化学分析方法补充》(1992年)和《土壤理化分析》^[5]进行。

2 结果与分析

2.1 土体构型均一化

发育正常的土壤, 其剖面土体构型为 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。受荒漠化的影响, 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 1、2 所示。SN-A1 是一正常发育的土壤, 土体构型为 A-AB-B-BC; SN-B1 土壤剖面表层出现明显沙化现象, 砂粒含量显著增高, 土体构型变为 AG-B-BC; SN-B2 和 SN-C1 土壤剖面的 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(50 cm 左右), 其下为原土壤的钙积层(BC)或母质层(C), 土体构型 G-BG-C 或 BG-C; SN-D1、D2 号剖面 0~2 m 土层内全为均质砂粒, 土壤剖面的 A、B 层不复存在, 土体构型通体为 C 层, 其中 SN-D1 土壤开始发育, 出现弱的粒状结构。

表 1 供试土壤剖面形态

Table 1 Morphological description of soil profiles

采样地点 Sampling site	剖面号 Profile No.	层次 Horizon	深度 Depth (cm)	颜色 Color	结构 Structure	松紧度 Compactness	根系 Roots	石灰反应 Effervesence
定边县砖井	SN-A1	A	0~15	浊黄橙 10YR6/4	块状	松	大量	强
		AB	15~55	浊黄橙 10YR6/3	块状	较紧	少量	强
		B	55~115	浊黄橙 10YR6/4	块状	紧	少量	强
		BC	115~150	浊黄橙 10YR7/3	块状	紧	无	较强
定边县石圪梁	SN-B1	AC1	0~25	浊黄橙 10YR7/4	弱团块	松	中量	中
		AC2	25~55	浊黄橙 10YR7/3	小团块	松	少量	中
		AB	55~75	浊黄橙 10YR6/3	小团块	较紧	少量	中
		B	75~105	橙白 10YR8/2	团块	紧	无	剧烈
		BC	105~150	淡黄橙 10YR8/3	小团块	紧	无	强
榆阳区西沙	SN-B2	BC	0~20	浊黄橙 10YR7/5	弱团块	松	中量	强
		C1	20~80	浊黄橙 10YR8/4	弱团块	较紧	少量	强
		C2	80~150	淡黄橙 10YR8/4	弱团块	较紧	无	强
神木县马场	SN-C1	C	0~65	浊黄橙 10YR7/4	沙粒	松	中量	弱
		BC	65~115	红橙 10R6/6	团块状	紧	少量	强
		C	115~150	浊橙 10YR6/6	团块状	紧	少量	较强
榆阳区孟家湾	SN-D1	AC	0~30	浊黄橙 10YR6/4	弱粒状	松	少量	弱
		C1	30~70	灰黄棕 10YR5/2	弱粒状	稍紧	少量	弱
		C2	70~120	棕灰 10YR6/4	弱粒状	松	无	中
		C3	120~150	浊黄橙 10YR7/2	粒状	疏松	无	弱
榆阳区孟家湾	SN-D2	C1	0~40	浅淡黄 2.5Y8/4	沙粒	松	少量	弱
		C2	40~70	浅淡黄 2.5Y7/3	沙粒	松	无	弱
		C3	70~150	淡黄 2.5Y7/3	沙粒	松	无	弱

2.2 机械组成粗粒化

土壤机械组成的变化是土地荒漠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,在有丰富沙源的地区,地表甚至被流沙覆盖^[2,6]。所以随着荒漠化的发展,土壤机械组成愈来愈粗,由机械组成的变化和差异,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为该地区供试土壤颗粒组成。SN-D2土壤在0~2m内均为流沙,粒径>0.05mm的颗粒达到95.0%以上,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>0.2mm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>0.2mm的颗粒表层与表下层相差80.0%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>0.2mm的粗砂颗粒,而0.2~0.05mm的细砂粒含量表层较表下层增加了67.31%,出现表层沙化现象,若不加合理利用与保护,将会进一步恶化,直至变成沙漠。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。

表2 土壤机械组成

Table 2 Mechanical composition of soils(%)

剖面号 profile No	层次 horizon	> 0.2mm	0.2~ 0.05mm	0.05~ 0.02mm	0.02~ 0.002mm	< 0.002mm
SN-A1	A	0.00	39.42	38.17	11.67	10.74
	AB	0.00	30.93	36.10	18.61	14.36
	B	0.00	40.61	38.55	9.42	11.42
	BC	0.00	38.18	41.61	10.72	9.50
SN-B1	AC1	0.00	82.53	10.49	1.50	5.48
	AC2	0.58	78.54	12.46	2.54	5.88
	AB	0.00	42.51	32.51	13.22	11.77
	B	0.00	15.22	32.51	34.56	17.71
	BC	0.00	16.47	36.09	32.00	15.45
SN-B2	BC	0.00	36.01	38.32	14.03	11.64
	C1	0.00	39.27	37.10	11.50	12.14
	C2	0.00	42.31	35.96	11.22	10.51
SN-C1	C	80.49	14.20	1.68	0.86	2.76
	BC	0.47	33.35	25.99	23.77	16.42
	C	0.50	32.63	26.65	23.63	16.60
SN-D1	AC	74.99	17.17	3.67	1.12	3.06
	C1	54.89	27.21	7.14	3.88	6.88
	C2	48.64	32.20	7.03	6.10	6.03
	C3	84.71	10.60	1.68	1.19	1.84
SN-D2	C1	56.10	39.60	1.49	0.63	2.19
	C2	55.60	40.96	0.45	0.91	2.04
	C3	57.26	39.01	0.82	0.63	2.29

2.3 土壤肥力衰退

随着荒漠化的发展,土壤肥力状况发生明显衰退。由表3可见,土壤有机质含量表土层从SN-A1的7.92 g kg⁻¹下降到SN-D2的0.84 g kg⁻¹;同一土壤表层与表下层相比,有机质含量下降50%以上;通体都是砂粒的土壤,有机质含量一般不超过4.0 g kg⁻¹。产生这种状况的原因是荒漠化,一方面使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之间存在很好的相关性。土地荒漠化使土壤速效钾明显减少, 表层从 SN A1 的 91.66 g kg^{-1} 减少到 SN D1 的 27.82 g kg^{-1} 。

表 3 土壤物质成分及交换性能
Table 3 Some chemical properties of soils

剖面号 Profile No	层次 Horizon	有机质 O. M. (g kg^{-1})	速效氮 Av-N (mg kg^{-1})	速效磷 Av-P (mg kg^{-1})	速效钾 Av-K (mg kg^{-1})	pH	CaCO ₃ (g kg^{-1})	CEC (cmol 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
SN B1	AC1	4.14	29.03	3.70	54.04	8.14	62.66	5.33
	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
SN B2	B	5.34	23.77	2.42	47.68	7.92	232.20	11.39
	BC	2.27	20.23	2.85	57.96	8.12	134.76	10.38
	C1	1.47	13.07	3.03	54.52	8.10	97.56	9.58
SN C1	C	1.20	19.49	1.21	48.93	8.57	11.68	2.91
	BC	2.49	19.18	1.48	151.12	7.86	152.68	21.09
SN D1	AC	1.64	35.31	6.53	27.82	8.30	4.23	3.71
	C1	4.22	35.04	10.75	49.18	7.82	4.03	4.52
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

2.4 化学性能劣质化

随着荒漠化的发展, 土壤中碳酸钙的含量逐渐减少, 土壤 pH 升高, 碱性增强, 土壤吸附和代换阳离子的能力不断减弱。如表 3 所示, 供试土壤碳酸钙在剖面的分布表现为由上到下逐渐升高, 中下部出现聚集, 有的形成钙积层; 从未退化的 SN A1 到严重荒漠化的 SN D1, 表层 CaCO₃ 含量由 83.06 g kg^{-1} 减少到 4.23 g kg^{-1} 。阳离子交换量大部分土壤剖面表现出表层 < 表下层, 降低幅度随荒漠化程度的加强而增大, 从 SN A1 的 $3.83 \text{ cmol kg}^{-1}$ 增加到 SN C1 的 $18.18 \text{ cmol kg}^{-1}$ 。表层阳离子交换能力随砂粒含量的增加而降低, 由 SN A1 的 $9.58 \text{ cmol kg}^{-1}$ 一直降至 SN C1 的 $2.91 \text{ cmol kg}^{-1}$ 。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, 肥力状况变坏, 土地生产潜力下降。

2.5 土体元素硅质化

土壤矿物质是构成土壤的骨架, 占土壤固体部分的 95% 以上, 对土壤的性质有极大影响, 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。供试土壤土体化学组成见表 4。

对表 4 分析可得, SiO₂ 在土体元素组成中占绝对优势, 与 Al₂O₃ 构成了土壤的主体, 两者合计约占土壤矿物质总质量的 80% 以上, 其它成分的含量顺序依次为 CaO > Fe₂O₃ > K₂O > MgO > TiO₂ > MnO。随着荒漠化的发展, 土体中 SiO₂ 含量明显升高, 增量达 100 g kg^{-1} , Fe₂O₃、CaO、MgO、TiO₂ 和 MnO 等成分不断降低, 下降幅度一般在 40% ~ 80% 之间; 荒漠化严重的土壤, SiO₂ 含量在 720 g kg^{-1} 以上, Fe₂O₃、CaO 不足 20 g kg^{-1} , MgO 低于 9 g kg^{-1} ; 荒漠化较弱或尚未发生荒漠化的土壤剖面 and 层次, SiO₂ 含量不超过 700 g kg^{-1} , Fe₂O₃、CaO 大于 30 g kg^{-1} , MgO 在 12 g kg^{-1} 以上。表明土地荒漠化导致土壤的形成速度减缓, 发育程度变弱, 成土过程退回到物理风化为主的硅质化阶段。

表4 矿质土体化学元素组成

Table 4 Total composition of chemical elements in fine earth fraction of soils (g kg^{-1})

剖面号 Profile No	层次 Horizon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO
SN A1	A	685.87	119.63	30.08	41.89	12.77	23.86	5.38	0.73
	AB	667.79	129.19	31.48	45.82	13.92	24.64	4.63	0.86
	B	666.39	124.87	31.69	60.67	14.27	22.91	5.02	0.75
SN B1	AC1	732.21	106.92	25.48	31.44	11.48	19.00	4.16	0.45
	AC2	723.62	112.89	26.69	30.33	11.34	22.43	4.46	0.53
	AB	684.18	128.47	34.44	43.32	13.78	19.53	6.31	0.81
	B	625.33	110.34	32.57	118.44	14.52	20.83	4.55	0.71
SN B2	BC	670.29	114.01	31.37	58.91	12.58	23.04	5.59	0.70
	C1	696.05	119.68	32.48	42.36	13.08	19.12	5.78	0.65
SN C1	C	781.86	114.33	11.61	12.74	5.44	20.98	1.62	0.22
	BC	648.09	128.69	34.47	82.05	14.99	24.85	6.04	1.78
SN D1	AC	779.31	105.43	10.55	16.40	4.63	22.23	1.05	0.18
	C1	760.38	114.24	16.24	10.58	7.02	27.69	1.77	0.30
SN D2	C1	746.44	120.45	15.73	13.28	6.91	22.20	3.12	0.31
	C2	728.16	117.03	14.34	13.70	6.45	29.98	2.62	0.26

3 讨论与结论

3.1 土地质量动态变化

将本研究测定结果(1999年)与同一采样地点20世纪80年代初土壤普查测定的数据⁽¹⁾进行对比(见表5)表明:1980年以来,土地在不采取保护措施的条件下进行利用(SN A1与定边12、SN D2与榆林25相比较),表土层变薄、流沙层加厚,土壤有机质和<0.01mm的物理性粘粒含量减少;采取防治和改良措施的土地(荒漠化严重的土地,SN D1与榆林25相比较),土壤有机质含量上升,粉粒、粘粒增加,砂粒明显减少,质地变细。由此可得,在现代自然环境状况下,陕北农牧交错带土地资源的进化与退化演替同时并存,不合理的开发利用导致土地向荒漠方向退化,环境质量下降;大力植树种草,增加植被覆盖度则可固定流沙,促使土壤形成发育,土地质量逐渐提高。因此,必须加强生态环境建设,控制荒漠化的发生和发展,治理已经退化的土地。

表5 同一地点土壤性质动态变化

Table 5 Dynamic changing of soil properties in the same site

采样地点 Sample site	剖面编号 Profile No	层次 Horizon	厚度 Depth	有机质 O. M. (g kg^{-1})	> 0.05mm (%)	0.05~0.01mm (%)	0.01~0.002mm (%)	< 0.002mm (%)
定边县砖井	定边12	表土层	20	9.80	49.82	29.41	8.51	12.26
	SN A1	表土层	15	7.29	39.42	45.63	4.20	10.74
榆阳区孟家湾	榆林25	表土层	33	0.90	95.50	0.00	2.15	2.350
	SN D1	表土层	30	1.64	92.17	3.77	1.02	3.06
	SN D2	表土层	40	0.84	95.70	1.70	0.42	2.19

(1) 榆林土壤普查办公室编. 榆林土壤. 1985

3.2 土地荒漠化演变过程

陕北农牧交错带是我国水蚀、风蚀共同作用的最严重地区之一, 土地荒漠化发育演变的过程为: 正常发育的土壤在强烈的水蚀风蚀作用下, 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(如 SN-B1), 直至完全侵蚀, 淀积层(B)或母质层(C)出露地表(如 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(如 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(如 SN-D1、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。

3.3 土地荒漠化的本质

土地荒漠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: 在风沙侵蚀和堆积的作用下, 正常的成土过程被迫中断, 土壤经常处于接受现代风沙沉积和物理风化为主的阶段, 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, 土壤颗粒粒径变大, 质地不断粗化, 土壤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。

参考文献

1. 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
2. 朱震达. 中国的沙漠化及其治理. 北京: 科学出版社, 1989. 1~ 15
3. Zhu Z D, Wang T. Trends of desertification and its rehabilitation in China. Desertification Control Bulletin, 1993, 22: 15~ 19
4. Dregne H E. Desertification of arid lands. Econ. Geography, 1977, 53(4): 329~ 334
5. 中国科学院南京土壤研究所编. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 237~ 287
6. 邱醒民, 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

STUDY ON THE CHARACTERISTIC OF LAND DESERTIFICATION IN THE AGRICULTURE AND ANIMAL HUSBANDRY INTERLACE ZONE OF NORTHERN SHAANXI

Chang Qingrui¹ An Shaoshan² Liu Jing¹ Wen Zhiguo¹

(1 Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)
(2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Summary

Soil mechanical composition, physical features, chemical properties, and total composition of chemical elements of soils are measured for studying the land desertification. The results indicate that fine soil grains decrease progressively by wind and water erosion. Surface layer of soil vanished and it is covered with the sand layer. Soil texture tends sandification, and the contents of organic matter and nutrients reduce progressively. Ability in preserving moisture and fertility fall down. Soil formation is in the stage of modern erosion and sand deposition, leaching and weathering are weak. The evolution coexists with the degeneration in the development of land resources.

Key words Agriculture and animal husbandry interlace zone, Land desertification, Soil properties, Genesis process