

多伦草原土壤理化性质在沙漠化过程中的变化

朱志梅¹, 杨 持², 曹明明¹, 刘颖茹², 刘美玲²

(1. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710069;

2. 内蒙古大学 生命科学学院 生态与环境科学系, 内蒙古 呼和浩特 010021)

摘 要: 以典型生态脆弱区内蒙古多伦县为例, 连续 2 a 进行了沙漠化对土壤理化性质的影响研究。结果表明, 随着草原沙漠化的加剧, (1) 土壤颗粒组成发生变化, 黏粒含量趋于减少, 砂粒增多。不同粒径对土壤团粒结构形成和保水保肥的贡献不同, 黏粒的减少抑制了土壤的膨胀、可塑性及离子交换等物理性质。(2) 土壤含水量下降。上层(0—20 cm)土壤含水量下降明显, 随着沙漠化梯度的增加, 表层土壤含水量下降速度加快, 从而深层土壤含水量逐渐高于表层。(3) 土壤容重呈上升趋势。容重的增加必然影响土壤中水分和空气的移动及植物根系的发育。不同深度的土壤容重与草原沙漠化也存在一定的关系, 潜在阶段深土层(30—50 cm)的容重最小, 而严重阶段表土层(0—5 cm)容重最小。(4) 土壤有机质、C、N 含量下降, 方差分析显示各沙漠化梯度间均差异极显著。且土壤 N 的衰减要快于 C。土壤 C/N 比呈增加趋势, 说明伴随着土壤 C、N 的显著下降, 质地变粗, 植物 N 素供应不足更为突出。(5) 土壤容重与土壤全 N、C 及黏粒含量的相关分析表明, 细颗粒物多, 有机质含量高, 土壤容重即小, 从而有助于提高土壤的稳定性, 且 5—10 cm 土层的性质表现突出。(6) 土壤的颗粒组成状况与土壤营养元素之间有着同增同减性, 但黏粒与 N 的关系要密切于黏粒与 C 和 C、N 间的关系。因此土壤中细颗粒物的减少会导致 N 素的衰减十分明显, 从而导致土壤稳定性降低。

关键词: 生态脆弱区; 草原沙漠化; 多伦县; 土壤特征

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)01—0001—05

中图分类号: Q948.11, S812.2

Changes of Soil Physical and Chemical Properties in Sandy Desertification on the Duolun Prairie

ZHU Zhi-mei¹, YANG Chi², CAO Ming-ming¹, LIU Ying-ru², LIU Mei-ling²

(1. Department of Environmental Science, Northwest University, Xi'an,

Shaanxi 710069, China; 2. Department of Ecology and Environmental Science,

College of Life Science, Inner Mongolia University, Huhhot, Inner Mongolia 010021, China)

Abstract: This paper studied changed properties of soils in the typical ecotone of Duolun County, Inner Mongolia for two years. Results showed that the content of clay decreased with increased sandy desertification on grassland. Soil moisture decreased significantly, especially within 20 cm of the soil surface ($P < 0.05$). Soil moisture in deeper layers was higher than the upper. Soil bulk density was found to increase with depth and has a certain correlation with the degree of sandy desertification in different depths. Soil bulk density in the 30—50 cm layer was the lowest in stage, and in the 0—5 cm layer, the lowest in stage. The contents of organic matter (OM), carbon (C) and nitrogen (N) in soils decreased significantly ($P < 0.001$). The reduction in nitrogen was more rapid than carbon, which led to an increase in the C/N of soil. This indicted that the nitrogen supplying to plant was insufficient. The positive correlation between granular composition and nutrient elements was significant. The correlation between clay and N was similar to those between clay and C and between C and N. Therefore the reduction in fine particles resulted in the significant reduction in N. The correlations among soil bulk density and the contents of carbon, nitrogen and clay showed that the finer particle, the higher content of organic matter and the lower soil bulk density. This indicted an improvement in soil stability, especially in the 5—10 cm layer ($P < 0.001$).

Keywords: ecotone; sandy desertification on grassland; Duolun County; soil properties

收稿日期: 2006-08-20

修稿日期: 2006-12-20

资助项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000048704); 陕西省自然科学基金(2006Z05); 西北大学科研基金(04NW60)和启动金(okyqdf14)

作者简介: 朱志梅(1972—), 女(汉族), 陕西省米脂县人, 博士, 讲师, 主要从事植物生态学与干扰生态学研究。E-mail: zhzhmx@126.com。

生态脆弱区是我国人地矛盾最尖锐的地区,由于人们长期掠夺式的开发利用,使得土地资源退化严重,生态环境日益恶化,并对该区土地资源利用的可持续性构成巨大威胁。这些区域多为我国突出的欠发达地区,自然生态系统长期处于失衡状态。根据其成因及土地资源利用特点,可分为水土流失严重型、土地沙漠化型等,其中土地沙漠化型是我国北部主要生态脆弱区的类型。

研究地区内蒙古多伦县是我国北方土地沙漠化较严重区域之一。在这里由于自然、历史、人为等诸多因素的综合作用而形成了在土地利用方式上的耕地与草地并存,生产经营模式上农业与牧业并举的一种复合的生产、生活系统,成为典型的脆弱而敏感地带^[1]。因此,研究多伦县土壤环境演变可以作为北部土地沙漠化型生态脆弱区的一个缩影,具有一定的代表性;并可为该区域土地资源可持续性利用提供依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究区多伦县位于内蒙古锡林郭勒盟东南部,东经 115°51′—116°54′,北纬 41°46′—42°36′,海拔 1 150~1 800 m。面向京津,是内蒙古距北京最近的旗县。

处于内蒙古高原南部,阴山山脉北坡,浑善达克沙地南缘,东部与大兴安岭余脉衔接。由于受地形的影响,地貌类型较复杂,从形态上可分为低山丘陵、丘陵、河谷洼地及沟谷洼地、山前倾斜平原及高平台和堆积类型沙丘 5 类。县境内土壤属栗钙土区,土壤类型主要可分为:灰褐土、黑钙土、栗钙土、草甸土和风沙土。所占面积由高到低依次为栗钙土 70.1%,风沙土 16.6%,草甸土 6.95%,黑钙土 3.38%。

区内气候属我国东部季风区,中温带,半干旱向半湿润过渡区,2001—2002 年 7—8 月气候条件见表 1。县境内主要分为典型草原、森林草原、草甸草原、沙丘沙地等植被类型。

1.2 研究方法

(1) 梯度的选择。2002 年 8 月在县境内沙质草原地带选取有明显沙漠化梯度的样地 10 个,每个样地分为 5 个梯度,即 , , , , (表 1),每个梯度随机做 3 个 1 m × 1 m 样方;梯度和群落类型的划分是依据 2001 年 8 月对多伦县 10 个乡 28 个村 35 个样地(根据 TM 影像图和尽量均匀布点的原则选择样地,利用 GPS 定位)的生态学调查基础上,对取得的群落、种群和土壤数据进行聚类分析,PCA, DCA 排序及 TWINSpan 数量分类相结合的结果^[2]。

表 1 多伦县 2001—2002 年 7—8 月气候条件

项目	200107	200108	2001 年均	200207	200208	2002 年均
平均气温/	21.0	17.8	3.5	20.0	18.3	3.6
平均最高温/	28.2	24.9	10.6	26.3	25.8	10.5
平均最低温/	13.6	10.3	- 3.0	13.1	10.7	- 2.7
降水量/mm	62.6	48.4	255.2	60.2	53.7	350.1
平均风速/(m s ⁻¹)	2.4	1.9	3.3	2.3	1.8	3.3
地表温度/	25.4	22.2	5.6	24.7	22.9	5.6
日照时数/h	335.8	302.7	3 070.5	290.9	290.8	2 864.5
蒸发量/mm	256.9	183.5	1738.8	132.3	113.3	1 171.9

注:此资料由多伦县气象局提供。

表 2 沙质草原沙漠化过程中不同阶段群落类型

沙漠化阶段	群落类型	建群种	植被盖度
	羊草 + 克氏针茅 + 丛生禾草	羊草	35% ~ 45%
	隐子草 + 冰草	隐子草	25% ~ 35%
	冷蒿 + 冰草 + 隐子草 + 杂类草	冷蒿	15% ~ 25%
	沙蒿 + 杂类草	沙蒿	5% ~ 15%
	一年生植物	藜	< 5%
	裸沙	—	0

注: . 原生植被; . 潜在沙漠化; . 轻度沙漠化; . 中度沙漠化; . 重度沙漠化; . 极度沙漠化。“—”表示此梯度近乎无植物。下同。

(2) 取样。2001, 2002 年 8 月,分别在每个样地取一个土壤剖面,分 0—5, 5—10, 10—20, 20—30, 30—50 cm 这 5 层,土壤盒和环刀取土,用于测试土壤含水量、土壤容重及颗粒分析。每一样地用土钻分别取 0—10, 10—20 cm 的土样 3 次,用于测试土壤 C, N 含量。

(3) 土壤含水量的测定、土壤容重的测定。均用烘干称重方法。

(4) 土壤有机质、C 含量的测定。土样经过 0.3 mm 筛分处理,采用 K₂Cr₂O₇ 容量法测定^[3]。

(5) 土壤全 N 含量的测定。土样经过 0.3 mm 筛分处理,采用凯氏定氮法测定^[3]。

(6) 土壤颗粒分析采用吸管法(筛分与静水沉降相结合)^[4]。应用笃克斯(Stokes)定律,将不同粒级的土粒分离并计算其百分含量,其中黏粒为粒径 < 0.01 mm。

上述指标均重复测定 3 次,取平均值,并计算标准差。在 SPSS 软件支持下,进行 ANOVA 和 Correlation 分析。

2 结果与分析

2.1 土壤物理性质

2.1.1 土壤颗粒分析 覆盖草场表面的土壤是一种性质变化很大的多孔性物质,它的固相组成——土壤的颗粒大小构成土壤骨架,反映了土壤的质地。随着草原沙漠化的加剧,土壤颗粒组成发生变化,黏粒含量趋于减少,砂粒增多(表 3)。不同粒径对土壤团粒结构形成和保水保肥的贡献不同,黏粒的减少抑制了土壤的膨胀、可塑性及离子交换等物理性质。

2.1.2 土壤含水量 土壤水分是土壤中最重要的重要组成部分之一。草原沙漠化过程中,土壤含水量下降(图 1)。尤其是上层(0—20 cm)土壤含水量下降明显($F=3.755, P<0.05$),这是该地区蒸发量大于降水量的缘故(表 1);而梯度的 20—30 cm 土层的含水量低于 梯度。通常说来,土壤水分的运动与土壤温度相应,要受到入渗、排水、蒸发和根系吸水等过程中大通量的液相干扰。由于 梯度表层土壤风蚀积沙重于 ,土壤表面水分入渗速度快,且 梯度群落植物密度高于 ,蒸发量大于 ,而 梯度深根型植物(如针茅、羊草)较少,根系吸水量小,致使的 20—30 cm 土层含水量比 略低。 梯度群落密度虽也较低,深根型植物较少,但土壤沙化加深,不仅表层积沙,深层含沙也较多,因此导致其保持水分的能力较低。

随着沙漠化的加剧,表层土壤含水量下降速度加快,从而深层土壤含水量逐渐高于表层。

表 3 不同沙漠化梯度土壤颗粒组成变化

沙漠化梯度	土壤粒级		
	砂粒 (>0.05 mm)	粉粒(0.01~0.05 mm)	黏粒 (<0.01 mm)
	33.300 0 ±1.902 0 a	54.170 0 ±1.770 0	12.530 0 ±6.759 7 a
	89.354 4 ±1.806 0 b	5.790 0 ±0.716 0	4.855 6 ±3.821 0 b
	90.390 0 ±0.990 0 bc	7.121 8 ±1.192 0	2.488 2 ±2.354 8 bc
	94.544 4 ±0.841 0 bc	3.266 7 ±0.650 0	2.188 9 ±1.321 4 bc
	96.100 0 ±0.758 0 c	3.096 0 ±0.348 0	0.804 0 ±0.773 6 c

注:同一列字母不同者差异显著($P<0.05$)。

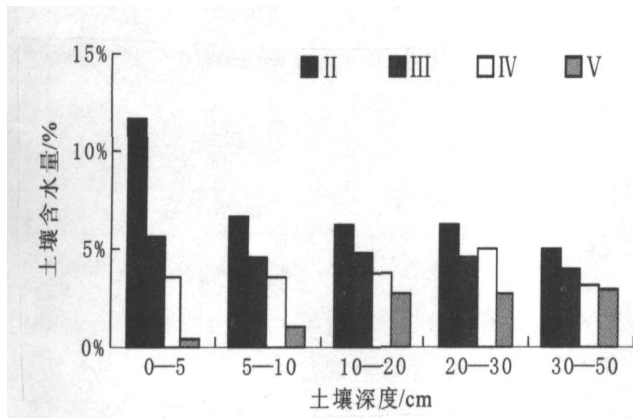


图 1 不同沙漠化梯度土壤含水量变化

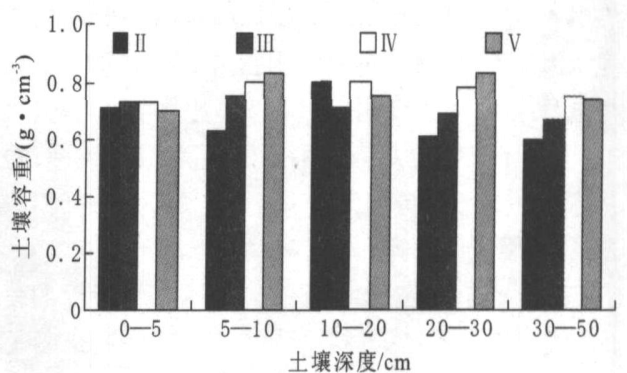


图 2 不同沙漠化梯度土壤容重变化

2.1.3 土壤容重 土壤的物理性质不仅取决于土粒大小和种类,还与其团聚和排列有关。土壤容重体现了土壤的紧实度,与土壤的孔隙度、透气性和渗透率成反比^[5]。

随着沙漠化的加剧,土壤容重呈上升趋势。尤其是 5—10 cm ($F=7.732, P<0.01$), 20—30 cm ($F=10.73, P<0.001$) 和 30—50 cm ($F=5.299, P<$

0.01) 的土层容重增加明显;其中 0—20 cm 土壤容重从 到 梯度增加,到 梯度有所下降,梯度间差异不显著($F=1.358, P>0.05$)。沙漠化过程中,土壤容重的增加必然影响土壤中水分和空气的移动及植物根系的发育。

不同深度的土壤容重与草原沙漠化也存在一定的关系,潜在沙漠化阶段不同深度中 30—50 cm 的土

层容重最小,而严重沙漠化阶段 0—5 cm 土层容重最小。说明潜在沙漠化时下层土壤微生物、动物的扰动作用使土壤变得疏松,容重较小,而严重沙漠化时土壤表层风蚀严重,植被较少,颗粒物的吹失与回落,致使土壤变得松散干燥,容重最小。

2.2 土壤养分含量、化学性质

除了钙积层,土壤有机质、C 含量和全 N 含量在一定程度上反映了土壤养分含量,而土壤的化学性质

取决于土壤中 C、N 等必需的基本营养元素的积累和分布。

2.2.1 土壤有机质、C 含量 草原沙漠化过程中,土壤有机质、C 含量下降(表 4),方差分析显示各沙漠化梯度间差异极显著($n=69$, $F=6.494$, $P<0.001$)。土壤演变到裸沙阶段土壤有机 C 含量仅为潜在阶段的 6.37%,已无法满足植物所需养分的直接供应,因此此阶段几乎看不到什么植物了。

表 4 不同沙漠化梯度土壤养分含量变化

沙漠化梯度	土壤有机质/ %	C/ %	N/ %	C/N
	2.2917	1.3293 ±0.8226 a	0.1639 ±0.0634 a	8.11
	1.8366	1.0653 ±0.5751 ab	0.0763 ±0.0336 b	13.96
	1.4132	0.8197 ±0.4785 b	0.0666 ±0.0423 b	12.36
	0.5051	0.2930 ±0.1414 b	0.0104 ±0.0056 bc	28.17
	0.1461	0.0847 ±0.0405 c	0.0028 ±0.0015 d	29.96

注:同一列字母不同者差异显著($P<0.05$)。

2.2.2 土壤全 N 含量 土壤中全 N 含量代表了能提供植物所需 N 的最大潜力。随着沙漠化梯度的增加,土壤全 N 含量降低(表 4),方差分析表明各沙漠化梯度间差异极显著($n=69$, $F=26.984$, $P<0.001$)。梯度间差异性 N 含量 > C 含量,说明沙漠化过程中土壤 N 的衰减要快于 C。

2.2.3 土壤 C/N 土壤中有机质的 C/N 比是一个重要的指标,若 C/N 比很大则在其矿化作用的最初阶段就不可能对植物产生供 N 的效果,因为微生物的同化量会超过矿化作用所提供的有效 N 量,有可能使植物缺 N 现象更为严重。但若 C/N 比很小则在其矿化作用一开始就能供应植物所需的有效 N 量。因此 C/N 比对植物的生长有着至关重要的作用。草原沙漠化过程中,土壤 C/N 比呈增加趋势(表 4),说明伴随着土壤 C、N 的显著下降,质地变粗,植物 N 素供应不足更为突出。

2.3 土壤质地分析

2.3.1 土壤容重与土壤全 N、C 及黏粒含量的相关性 由表 5 的 Pearson 相关系数可知,土壤的全 N、C 及黏粒含量均与土壤容重呈负相关关系,即土壤容重总体上是随着土壤全 N、C 及黏粒含量的减少而增加的,细颗粒物多,有机质含量高,土壤容重即小,从而有助于提高土壤的稳定性。

值得注意的是,三个因素同时与 5—10 cm 层的土壤容重呈极显著负相关关系,表明了土壤重要的理化性质在第二层表现得更为明显。说明该区域土地沙漠化进程中,当各种外应力造成对地表的侵蚀时,如果影响范围只涉及地表很浅的部分(不超过 5 cm),那么对土壤的理化性质还不会造成太大的损

伤;但是如果侵蚀强度加大,侵蚀掉 5—10 cm 的部分,那么就很有可能使土壤在理化性质上发生质的变化,致使受损的土壤很难恢复。

表 5 土壤容重与其它因素的相关分析

土壤容重	因素	Pearson 相关系数	P
0—5 cm	全 N %	-0.014	0.938
	C %	-0.052	0.766
	黏粒 %	-0.240	0.166
5—10 cm	全 N %	-0.578 **	0.000
	C %	-0.566 **	0.000
	黏粒 %	-0.639 **	0.000
10—20 cm	全 N %	-0.090	0.607
	C %	-0.166	0.341
	黏粒 %	-0.251	0.146

注: ** 表示显著水平为 0.01 时,相关极显著($P<0.01$)。

2.3.2 土壤黏粒、全 N 及 C 含量间的相互关系 土壤的颗粒组成状况与土壤营养元素之间存在密切联系。一般情况下,土壤团粒结构增加,质地细密有利于营养元素的吸收和贮存;反过来,营养元素的增加,有利于土壤团粒结构的形成。从表 6 的 Pearson 相关系数可知,土壤黏粒、全 N 及 C 含量两两间均有较强的正相关关系。而且黏粒与全 N 含量间的相关系数分别大于黏粒与 C 和全 N 与 C 含量间的相关系数。可见三者间虽有着同增同减性,但黏粒与 N 的关系要密切于 C、N 间的关系。因此土壤中细颗粒物的减少会导致 N 素的衰减十分明显,从而导致土壤稳定性降低。

表 6 土壤黏粒、全 N 和 C 含量的相关分析

因素	比较因素	Pearson 相关系数	P
黏粒 %	全 N %	0.923 **	0.000
	C %	0.628 **	0.000
全 N %	C %	0.601 **	0.000

注: **表示显著水平为 0.01 时,相关极显著($P < 0.01$)。

3 结 语

土壤是生态系统中重要的或不可缺的环境因子。环境演变的一个基本指征就是土壤的变化特征,沙漠化演变也不例外,其特征是土壤退化。结合前人的研究结果表明^[6-9],不论是哪种性质的沙漠化以及何种沙漠化发生的基质——土壤类型,在不同地域都表现为随着沙漠化的发生发展,土壤的粉沙、黏粒含量,有机质和养分含量,土壤含水量趋于下降,而土壤中粗粒径含量、土壤容重、温度和 pH 值趋于升高。并且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^[9]。

对于沙漠化过程中,土壤含水量的变化也有不同的研究结果^[10],在天然沙质草场不同放牧强度下,随着牧压的增加,沙漠化发展程度的加大,土壤含水量呈上升趋势,可能是因为沙质土壤表层易形成一个干沙层,由于沙质土壤孔隙大,毛管作用弱,干沙层内部的水分有良好的保护作用,即土壤中的水分不易被蒸发而损失掉,土壤中的水分消耗主要靠植物的蒸腾作用;随着牧压的增强,植被盖度减小,蒸腾作用减弱,土壤中的水分消耗也减小,因而土壤湿度随牧压增大而增大。这与我们的研究结果“深层土壤含水量逐渐高于表层”有类似之处。

土壤退化(土壤质量的下降)往往是一个自然和人为因素综合作用的动态过程。人类活动深刻影响着自然成土过程,可改变土壤肥力及土壤质量的变化方向。因此,这方面的研究一直倍受关注,目前已有学者对土壤有机质中活性有机质及其组分进行研究^[11-13],国内还很少见,针对典型生态脆弱区突出

的环境问题,这方面研究亦需进一步加强,以便更深入了解环境演变过程中土壤质量下降原因及机理。

本研究得到中国科学院植物研究所多伦恢复生态学试验示范研究站和内蒙古草地生态学重点实验室的大力支持,在此感谢。

[参 考 文 献]

- [1] 程序. 农牧交错带研究中的现代生态学前沿问题[J]. 资源科学,1999,21(5):2—8.
- [2] 刘颖茹,杨持,朱志梅,等. 我国北方草原沙漠化过程中土壤碳、氮变化规律研究[J]. 应用生态学报,2004,15(9):1604—1606.
- [3] 南京农学院主编. 土壤农化分析[M]. 北京:农业出版社,1985. 31—52.
- [4] T. J. 马歇尔 J. W. 霍姆斯著,赵诚斋,徐松龄译. 土壤物理学[M]. 北京:科学出版社,1986. 206—246.
- [5] P. F. 劳[美]. 土壤物理化学[M]. 北京:农业出版社,1985. 23—27.
- [6] 赵哈林,黄学文,何宗颖. 科尔沁地区农田土壤沙漠化演变的研究[J]. 土壤学报,1996,33(3):242—248.
- [7] 赵存玉,赵文智. 河北丰宁坝上土地沙漠化现状及其综合整治的研究[J]. 干旱区资源与环境,1994,8(1):80—85.
- [8] 赵文智. 河北坝上沙漠化地区土壤特性研究[J]. 中国沙漠,1994,14(4):53—59.
- [9] 刘千枝,宋汉国. 景电灌区土地沙漠化过程中土壤养分与植被动态变化研究[J]. 甘肃林业科技,1997(2):72—75.
- [10] 徐斌,赵哈林,刘新民,等. 不同放牧强度下天然沙质草场植物群落分异特征及沙漠化发生机理试验研究[J]. 兰州大学学报(自然科学版),1994,30(4):137—142.
- [11] Janzen H H, Campbell C A, Brandt S A, et al. Light — fraction organic matter in soils from long-term crop rotations [J]. Soil Sci. Soc. Amer. J., 1992, 56:1799—1806.
- [12] Blair G J, Lefroy RDB, Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural systems[J]. Aust. J. Agric. Res, 1995, 46:1459—1466.
- [13] Whitbread A M, Lefroy R D B, Blair G J. A survey of the impact of cropping on soil physical and chemical properties in northwestern New South Waks[J]. Aust. J. Agric. Res, 1998, 36:669—681.