

毛乌素沙地沙层剖面理化性状及其气候指示意义*

曹辉¹, 卜崇峰^{2,3}, 张兴昌^{2,3}

(1. 西北化工研究院, 陕西 临潼 710600; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要:在陕北神木县各丑沟流域, 研究了沙漠湖泊外围和干涸沙漠湖底 50 cm 厚剖面的土壤机械组成、有机碳和全氮的分布规律。结果表明: ① 两剖面自下而上的发育特征为, 浅色砂层→深褐色泥炭层→浅色砂层→深褐色泥炭层; 浅色砂层有机碳、全氮含量较低, 土壤颗粒粗质化, 说明该时期植被稀少, 气候干燥少雨, 沙漠湖泊消失或退缩, 土地沙漠化不断扩大。相反, 深色泥炭层黏粉粒比例显著增加, 有机碳、全氮含量也明显增大, 说明此时气候适宜, 温暖湿润, 降水较多, 沙漠湖泊湖面扩大, 植被丰富, 土壤生物活性高, 有利于养分聚集, 沙化环境得到改善; ④不同层次土壤黏粉粒与土壤有机碳、氮呈显著的正相关关系, 随沙漠化进程, C/N 比值呈减小趋势, 土壤有机碳含量的衰减显著于全氮含量; 粗砂粒与土壤有机碳、氮呈负相关关系。

关键词:毛乌素沙地; 剖面; 湖泊; 植被; 变化

中图分类号: S153; P461.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0069-04

Sand-Profile Physical and Chemical Properties of Mu Us Sandland and Climate Instructions

CAO Hui¹, BU Chong-feng^{2,3}, ZHANG Xing-chang^{2,3}

(1. Northwest Research Institute of Chemical Industry, Lintong, Shaanxi 710600, China; 2. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Through collecting soil samples distributing on the periphery and the dry lakebed of the desert lakes, soil mechanical composition, organic carbon and total nitrogen content on the 50 cm sample profile were measured. The comparability between two points shows: ① soil sediment changed from bottom to up: light-colored sand→deep (brown) colored peat layer→light-colored sand→deep (brown) colored peat layer; the organic carbon and the content of nitrogen were very low with much soil coarse particles in light-colored sand layer, which indicated vegetation was scarce and the climate was arid during the period, the desert lakes disappeared or shrunk with the increasing desertification. On the contrary, the content of clay and silt in the dark-colored peat layer increased significantly, organic carbon, total nitrogen was high, which indicated the climate was warm and humid with much precipitation, desert lakes expanded, rich vegetation and high soil biological activity conducted to nutrient accumulation. Finally, the sandy environment was improved. ④the significant positive correlation between sticky silt and soil organic carbon and nitrogen was found, C/N ratio was decreasing with the desertification process, the attenuation of soil organic carbon was more significantly than total nitrogen did. Reversely, the coarse sand and soil organic carbon, nitrogen showed the negative correlation.

Key words: Mu Us Sand Land; profile; lakes; vegetation; changes

土地沙漠化是全球最严重的资源与生态环境问题之一, 已被全世界所广泛关注^[1]。沙漠化不仅使可利用的土地减少, 土地肥力下降, 加剧生态环境的恶化和沙尘暴的天气, 对人类的生存和发展构成了严重

* 收稿日期: 2009-12-18

基金项目: 中国科学院西部之光(B28013200); 国家科技支撑计划课题(2006BAD09B06); 陕西省自然科学基金(sj08d07)

作者简介: 曹辉(1986-), 男, 河新新乡人, 本科, 主要从事水土保持与土壤侵蚀研究。E-mail: caohui20080301@163.com

通信作者: 卜崇峰(1977-), 男, 陕西榆林人, 副研究员, 博士, 主要从事水土保持与土壤侵蚀研究。E-mail: buchongfeng@163.com

威胁,同时也造成巨大的社会经济损失^[2]。防治沙漠化,治理沙漠化,恢复沙地植被,改善生态环境已刻不容缓。

毛乌素沙地位于我国农牧交错带,是典型的半湿润气候向半干旱干旱气候过渡的地区。研究该区的自然生态及气候变化对改善脆弱的沙化环境、有效地防沙治沙具有重要的科学意义。任仓钰^[3]研究表明:毛乌素沙地的形成主要是由人类活动造成的,本区虽为自然成沙,且具备多风的动力条件,但由于人口增长导致过度的农业开垦、过度放牧和过度樵采是当地沙漠化的主要诱因。近年来,碳氮生物地球化学循环在全球气候变化研究中的核心地位,使沙漠化过程中土壤碳氮动态成为相关研究领域的热点问题^[4]。沙化土地土壤碳、氮的时间动态变化、该类型土地上植物存在与否及不同植物对土壤碳氮特征的影响引起了越来越多的科学家的重视^[5-7]。

本文通过探讨沙漠湖泊土壤剖面层次间粒径和养分含量的变化及其相互关系,分析不同层次土壤颗粒组成和养分含量变化情况,试图揭示沙漠湖泊变迁及植被生长和分布变化过程,推断该过程中毛乌素东南缘的气候变迁特征。本试验应用了一种通过分析土壤剖面层次粒径、养分的变化反映当地气候变化及植被变迁的方法,介绍了毛乌素沙地东南缘现代人类活动的自然环境变化方面的环境背景,旨在为当地的防沙治沙和植被建设及恢复提供理论借鉴,对合理利用当地资源,改善生态环境有一定指导意义。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

研究区位于毛乌素沙地东南缘,为鄂尔多斯台地东南洼地,地势平缓,高低不等的沙丘和丘间滩地(包括湿地海子)相互交错分布。属干旱半干旱的大陆性气候,冬季漫长而严寒,霜冻期长;夏季酷热,日照强烈,日温差大,多风少雨,空气干燥。多年平均降水量为 440.8 mm,且降水不均,每年 7-9 月三个月降水量之和占全年降水量的 70% 以上。多年平均蒸发量为 2 092 mm。平均气温 7.8℃,最高月(7月)平均气温 23.9℃。最低月(1月)平均气温 -9.8℃。平均日照时数 2 871 h,无霜期 175 d,年平均封冻期 84 d。区内风沙天气频繁,春、秋两季西北风盛行,平均风速 2.4 m/s,最大风速 19 m/s,是当地的主要自然灾害。

1.2 选点及采样

该样地选点范围位于毛乌素沙地东南缘神木县境内各丑沟流域,选沙漠湖泊(俗称海子)外围样点(2004 年干涸,采样点据海子直线距离 55 m 左右注

地处,海拔 1 248 m, 38°53′39.3″N, 109°52′13.1″E)和干涸湖泊湖底(20 世纪 60 年代干涸,位于湖底中心位置,海拔 1 248 m, 38°53′15.0″N, 109°52′20.1″E)样点。选定此两样点是因为沙漠湖泊大小不一,很难一致反映试验结果的准确性和可靠性,选取不同年代干涸的样点,通过其剖面所表现出的相似性来反映该区的环境变化状况。采样时间为 2008 年 11 月。

由于该研究区地下水位较浅,剖面采至有水为止。两样点按剖面砂层具体状况每间隔 1~5 cm 不等取土样,采用五点取样法,在选定的土壤剖面层次上采集土壤混合土样,样品以原始状态存放于自封塑料袋内,带回实验室做分析实验。

1.3 样品处理

将采样袋带回实验室,土壤样品在实验室摊开自然风干。风干后,取一部分土样(约 5 g 左右)过 1 mm 筛用于测土壤粒径,用于土壤有机碳和全氮测定的土样进一步磨细过 0.25 mm 筛。

土壤颗粒组分组用 Mastersizer 2000 激光粒度仪测定,按国际标准粒径分级法分为四级;土壤有机碳测定用重铬酸钾容量法^[8]测定;全氮含量测定采用开氏法^[8](KDY-9820 型凯氏定氮仪)测定;对测得的数据用 Excel 2003 进行绘图;用 SPSS Statistics 17.0 软件对测得的土壤剖面的粒径、有机碳和全氮数据进行相关性分析,用来分析不同粒径所对应的有机碳、全氮的相关显著性。

2 结果分析

2.1 不同层次剖面土壤的颗粒组成

如图 1、图 2 所示,剖面以 > 0.02 mm 的细沙粒和粗砂粒为主,但深色泥炭层与黏粒、粉粒含量的变化有显著的趋势相关性,越靠近深色泥炭层的中间,黏粒和粉粒的含量越高并在中心部位均达到峰值,为 13%~17%;而在浅色砂层,细沙粒和粗砂粒占主要组分,特别是在浅色砂层中间位置,粗砂粒占绝对优势。

虽然黏粒与粉粒在整个土壤剖面中比重不大,但在土壤剖面含量变化趋势中波动明显。由深色泥炭层→浅色砂层,粗砂粒含量上升明显,大致由 30% 上升到 75%,增加约 150%;黏粒和粉粒含量显著下降,黏粉粒含量总和大致由 15% 降为 3%,下降约 80%;细沙粒由 60% 降为 20%,下降约 66.7%。说明沙地土壤遭受风蚀时,在黏粉粒被吹蚀的同时,伴随着细沙粒也被吹蚀,使土壤颗粒进一步单粒化和粗化。在深色泥炭层,黏粉粒处于一个较高的水平,单靠降水补给的湖泊有一个较高湖面,表明此时

气候比较湿润,降水较多,雨水因地势且在大于蒸发的情况下得以汇集于沙丘低洼地形成湖面,因此在湖泊附近长有茂盛的植被。相反,在浅色砂层,黏粉

粒处于极低值,土质明显粗粒化,沙化明显,该阶段土层水分缺失,气候干燥少雨,致使土壤干旱,沙漠化程度加深。

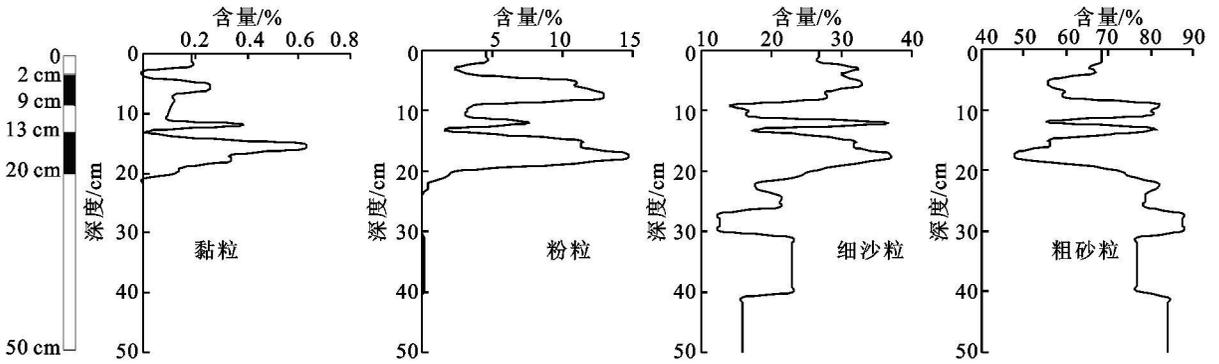


图 1 沙漠湖泊外围砂积层剖面粒径组成及变化

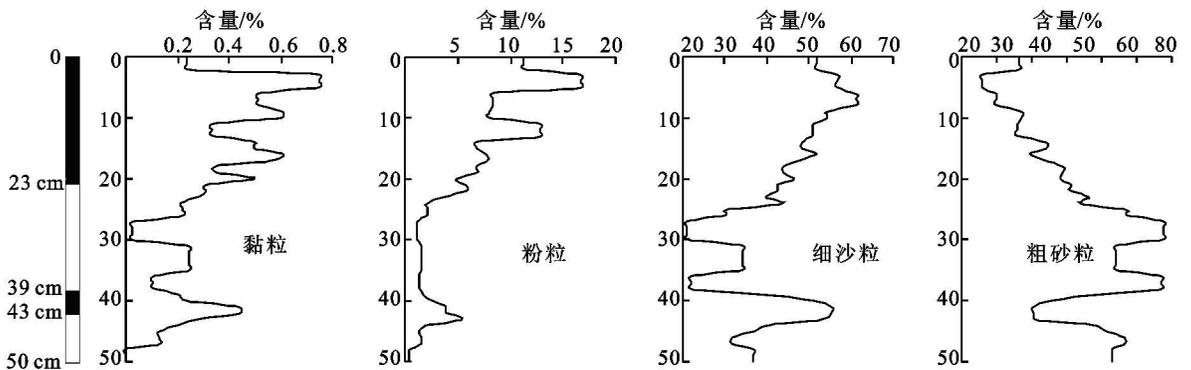


图 2 干涸湖泊湖底砂基层剖面粒径组成及变化

两剖面 50 cm 以内自下而上经历了由干旱→湿润→干旱→湿润的气候变化过程,气候变化是一个缓慢演变的过程。细沙粒和粗砂粒在土层中占绝对优势,说明该区长期受沙化的危害和侵扰,即使在湿润期,细沙粒和粗砂粒部分依然有可观的含量。

2.2 土壤剖面各层的颗粒组成、有机碳、全氮的变化特征及其相互关系

2.2.1 土壤剖面有机碳、全氮含量变化 由图 3、图 4 知,随着土层剖面的加深,土壤有机碳、全氮含量呈波动下降趋势,在深色泥炭层部分,土壤有机碳、全氮都有极大值,在浅色砂层存在极小值。沙漠湖泊外围样点土壤有机碳和全氮含量由深色泥炭层的极大值 27.18 g/kg、2.7 g/kg 下降到浅色砂层的极小值 0.05 g/kg、0.01 g/kg,降幅分别为 99.8%、99.5%;干涸湖泊底部样点由深色泥炭层的极大值 34.70 g/kg、3.58 g/kg 降为 0.18 g/kg、0.20 g/kg,降幅分别为 99.5%、94.4%。在剖面上层,土壤有机碳和全氮含量都很高,且存在极大值,主要原因是近年来当地开展了大规模的治沙种草造林工作,沙漠化进程得到遏制,植被得到持续恢复,提高了土壤有机质含量。沙漠化土地逆转,土壤截存有机碳,阻止了土壤碳的耗散。

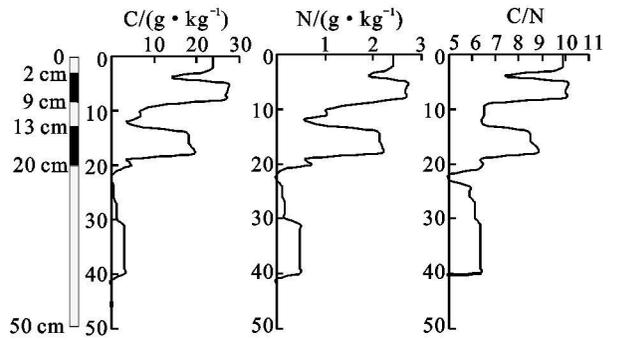


图 3 沙漠湖泊外围土层不同深度有机碳、全氮、C/N 比变化

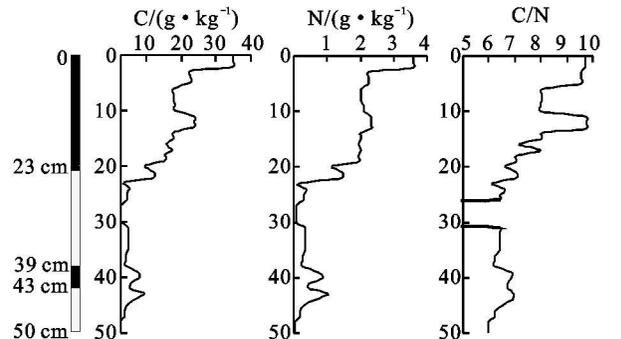


图 4 干涸湖泊湖底土层不同深度有机碳、全氮、C/N 比变化

上述说明,在深色泥炭层所对应的气候湿润期,湖泊存留较多水量或有较高湖面,生长着大量的植被、动物、微生物,水草丰茂,土壤生物活性比较活

跃,动植物残体为土壤提供了大量的有机物质和养分,使深色泥炭层含有大量的有机碳和氮。这也与在该区进行的植被覆盖度的调查结果相吻合。

土壤中有机的 C/N 比值是一个显示气候变迁和植物生长的很重要的指标。由深色泥炭层→浅色砂层, C/N 比值呈下降趋势,说明随着沙化的进程,土壤质地逐渐变粗, C 含量的减少比 N 含量的减少更明显,致使 C/N 比值下降,进一步加剧了土壤的贫瘠。反之,沙化的逆转可使 C/N 比值增大, C 含量的储存速度大于氮含量,有助于土壤有机碳含量的增加,提高土壤养分含量,改善土壤物理性状。

2.2.2 土壤剖面土层颗粒组成、有机碳、全氮之间的相关性分析 对两样点各层次土壤有机碳、全氮

表 1 有机碳、全氮含量与土壤颗粒组分含量的相关系数

编号	C	黏粒 (< 0.002 mm)		粉粒 (< 0.02 mm)		细沙粒 (< 0.2 mm)		粗砂粒 (< 2 mm)		黏粉粒	
		C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
1	N										
	0.989 [*]	0.646	0.616	0.811	0.802	0.710	0.697	-0.795	-0.782	0.812	0.805
2	N										
	0.988 [*]	0.669	0.664	0.904	0.891	0.741	0.744	-0.820	-0.788	0.910	0.899

1. 沙漠湖泊外围; 2. 干涸沙漠湖底。P < 0.01。

2.3 基于土壤剖面共性特征所揭示的沙漠化进程

所选样点 50 cm 深度土层具有相似的变化趋势: 浅色砂层→深褐色泥炭层→浅色砂层→深褐色泥炭层。由以上土壤层次颗粒组成与土壤有机碳氮分析表明,该剖面经历了干旱少雨→暖湿→干旱少雨→暖湿的气候变化过程,黏粉粒含量的下降,土壤颗粒粗化,致使土地沙化加深,气候干旱,降水偏少,湖水退却或消失,依赖此生长的植被难以生存,使得地表生物量下降,沙地有机碳含量衰减。反之,植被大量生长,土壤固存的有机碳氮含量增加,对应暖湿气候,降水增多,在地势低洼处形成湖面或已有湖面升高,土壤颗粒变细,这是沉积层中黏粉粒含量上升的证据。

3 结论

(1) 在沙漠化过程中土壤质地变粗,地力贫瘠,土壤有机碳、全氮含量与土壤黏粉粒 (< 0.02 mm) 之间为同增同减性,正相关性表现为有机碳与全氮 > 有机碳与黏粉粒 > 全氮与黏粉粒,且湖泊外围样点与湖底样点的有机碳与全氮的相关系数分别为 0.989, 0.988, 有机碳与黏粉粒的相关系数分别为 0.812, 0.910, 全氮与黏粉粒的相关系数分别为 0.805, 0.899。

(2) 沙漠化过程中土壤有机碳和全氮含量显著

含量和土层颗粒组分之间进行相关性分析,结果(如表 1)表明: ① 土壤有机碳与全氮含量之间呈极显著 (P < 0.01) 的正相关关系,说明有机碳与全氮在沙质土壤中是相伴存在的。④ 黏粉粒含量与有机碳、全氮含量间有显著的正相关关系,细沙粒含量与有机碳、全氮含量间呈正相关关系,但不显著,而粗砂粒含量与有机碳、全氮含量间有显著的负相关关系。表明黏粉粒在沙质土壤中起着关键的持留养分的作用,但粗砂粒对土壤保持养分极为不利。C 含量与黏粉粒含量间的相关系数大于 N 含量与黏粉粒的相关系数,小于 C 与 N 含量的系数,可见三者具有同增同减性,土壤黏粉粒含量的明显减少, C 含量的衰减将明显与 N 含量。

降低,且 C/N 比呈下降趋势,土壤有机碳衰减速率快于全氮。

(3) 毛乌素东南缘地区近百年来经历了干旱少雨→暖湿→干旱少雨→暖湿的气候变化过程,这与汪勇^{[9]10}、鲁瑞洁^[11]的研究结果一致。有机碳氮含量高的年份对应温暖湿润气候期,降水较多,湖面扩张,植被繁茂,土壤颗粒偏细,形成了养分丰富的沉积层。反之,有机碳氮含量低的年份气候干燥少雨,沙化面积扩大,湖面萎缩或干涸,植被稀少,土质粗化,沉积层养分含量低。近年来生态环境好转也是人类采取治沙植被恢复措施和气候偏暖湿共同作用的结果。

参考文献:

[1] 万勤琴. 呼伦贝尔沙地沙漠化成因及植被演替规律的研究[D]. 北京. 北京林业大学, 2008.

[2] 张仁健, 周家茂, 曹军骥. 中国沙漠化及其防治[J]. 中国粉体技术, 2007(1): 1-5.

[3] 任仓钰. 毛乌素沙地沙漠化原因探讨[J]. 地质灾害与环境保护, 2002, 13(2): 30-31.

[4] 史作民, 刘世荣, 程瑞梅. 内蒙古鄂尔多斯地区四个植物群落类型的土壤碳氮特征[J]. 林业科学, 2004, 40(2): 21-27.

[5] Burke I C, Reiners W A, Schimel D S. Organic matter turnover in a sagebrush steppe landscape[J]. Biogeochemistry, 1989, 7: 11-31.

水面 5 个界面是影响融雪入渗的主要因素,此外,环境因素还起一定的作用。基于本文分析的结果,进一步加强指标参数的试验监测和模拟模型的理论推演是亟待深入研究的方向。

参考文献:

[1] 陈晓飞,田静,张雪萍,等.积雪融雪过程中水、热、溶质耦合运移规律的研究进展[J].冰川冻土,2006,28(1):288-292.

[2] 汤英.古尔班通古特沙漠融雪水文过程试验与模拟[D].新疆石河子:石河子大学,2008.

[3] 冯宝平.入渗条件下温度对土壤水分运动及参数影响的实验研究[D].西安:西安理工大学,2001.

[4] 李扬.季节冻土水分迁移模型研究[D].长春:吉林大学,2008.

[5] 俞鑫颖,刘新仁.分布式冰雪融水雨水混合水文模型[J].河海大学学报:自然科学版,2002,30(5):23-27.

[6] 裴欢,房世峰,刘志辉,等.分布式融雪径流模型的设计及应用[J].资源科学,2008,30(3):454-459.

[7] 王建,丁永建,刘时银.高寒草地春季积雪融水和雨水混合补给径流模拟干[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):88-92.

[8] 杨绍富.融雪过程中水热耦合实验研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2009.

[9] 樊贵盛,郑秀清,潘光在.地下水埋深对冻融土壤水分入渗特性影响的试验研究[J].水利学报,1999(3):22-27.

[10] 樊贵盛,郑秀清,贾宏骥.季节性冻融土壤的冻融特点

和减渗特性的研究[J].土壤学报,2000,37(1):24-32.

[11] 郑秀清,樊贵盛.土壤含水率对季节性冻土入渗特性影响的试验研究[J].农业工程学报,2000,16(6):52-55.

[12] 郑秀清,陈军锋,邢述彦,等.季节性冻融期耕作层土壤温度及土壤冻融特性的试验研究[J].灌溉排水学报,2009(3):65-68.

[13] 何志萍.冻融土壤水分入渗规律的试验研究[D].太原:太原理工大学,2003,1:93-98.

[14] 陈军锋,郑秀清,邢述彦,等.地表覆膜对季节性冻融土壤入渗规律的影响[J].农业工程学报,2006,22(7):18-21.

[15] 郭占荣,韩双平,荆恩春.西北内陆盆地冻结-冻融期的地下水补给与损耗[J].水科学进展,2005,16(3):321-325.

[16] 尚松浩,雷志栋,杨诗秀,等.冻融期地下水位变化情况下土壤水分运动的初步研究[J].农业工程学报,1999,15(2):64-68.

[17] 肖迪芳,张鹏远,廖厚初.寒冷地区地下水动态规律分析[J].黑龙江水专学报,2008,35(3):120-122,128.

[18] 周石砦,中尾正義,坂井亚规子,等.准确测定湿雪的含水率-秋田谷式含水率计测量值的气温订正[J].湖南师范大学自然科学学报,2001,24(2):80-83.

[19] 周石砦,中尾正義,桥本重将,等.水在雪中下渗的数学模拟[J].水利学报,2001,32(1):6-10.

[20] 周石砦,中尾正義,桥本重将,等.积雪最低含水饱和度的野外测定[J].水利学报,2004,35(2):29-33.

(上接第 72 页)

[6] Chen J, Stark J M. Plant species effects and carbon and nitrogen cycling in a sagebrush-crested wheatgrass soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32: 47-57.

[7] Gomah A H M, Nahid I, Amer H A. Nitrogen mineralization in sludge damended desert soil as affected by rate of sludge, salinity and wetting and drying cycles [J]. Arid Soil Research and Rehabilitation, 1989, 3: 417-429.

[8] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,

2007.

[9] 汪勇,羊向东,沈吉,等.陕西红碱淖近百年来环境变化的湖泊沉积记录[J].湖泊科学,2004,16(2):105-112.

[10] 汪勇,沈洁,羊向东,等.陕北红碱淖沉积物粒度特征所揭示的环境变化[J].沉积学报,2006,24(3):349-355.

[11] 鲁瑞洁,夏虹,强明瑞,等.近 130 a 来毛乌素沙漠北部泊江海子湖泊沉积记录的气候环境变化[J].中国沙漠,2008,28(1):44-49.