

毛乌素沙地玉米不同种植年限砒砂岩与沙复配土壤有机质与全氮的关系

张海欧^{1,2}, 王欢元¹, 孙婴婴¹

(1. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司 陕西地建土地工程技术研究院
有限责任公司 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室 陕西省土地整治
工程技术研究中心, 陕西 西安 710075; 2. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

摘要: [目的] 研究毛乌素沙地不同种植年限下不同比例砒砂岩与沙复配土壤碳氮变化特征, 分析新造复配成土结构能否持续稳定发育。[方法] 根据 2013—2016 年田间小区试验数据, 对不同种植年限下 3 种比例砒砂岩与沙复配土壤有机质和全氮时空变化特征及两者间的关系进行研究。[结果] ①不同比例复配土壤有机质和全氮含量均随着作物种植年限的增加而呈现稳定上升趋势; ②4 a 间 3 种复配土壤有机质和全氮含量均表现为: 1: 1 > 1: 2 > 1: 5, 各自相对于 2013 年变化差异极显著 ($p < 0.01$); ③不同种植年限下 3 种比例复配土壤有机质与全氮均呈现显著正相关, 相关系数分别为 0.860, 0.891 7, 0.737 6。[结论] 复配比例和种植年限是影响新造土壤有机质和全氮含量的重要因子。

关键词: 新造土壤; 种植年限; 碳氮关系; 毛乌素沙地; 玉米; 砒砂岩

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)02-0242-04

中图分类号: S153.6

文献参数: 张海欧, 王欢元, 孙婴婴. 毛乌素沙地玉米不同种植年限砒砂岩与沙复配土壤有机质与全氮的关系[J]. 水土保持通报, 2019, 39(2): 242-245. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.02.038; Zhang Haiou, Wang Huanyuan, Sun Yingying. Relationship between soil organic matter and total nitrogen in compound soil of arsenic sandstone and sand with number of maize cultivation years in Mu Us sand land[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(2): 242-245.

Relationship Between Soil Organic Matter and Total Nitrogen in Compound Soil of Arsenic Sandstone and Sand with Number of Maize Cultivation Years in Mu Us Sand Land

Zhang Haiou^{1,2}, Wang Huanyuan¹, Sun Yingying¹

(1. Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd.,

Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources, Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an, Shaanxi 710075, China;

2. Institute of Water Resources and Hydro-Electric Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: [Objective] The purposes of this paper are to evaluate the characteristics of carbon and nitrogen in soils with different proportion of arsenic sandstone and sand under different cultivation years in Mu Us sand land, and to determine whether the newly-formed soil structure can develop continuously and steadily. [Methods] Based on the data of field plots from 2013 to 2016, the temporal and spatial variation characteristics of soil organic matter and total nitrogen and the relationship between the three proportions of sandstone and sand

收稿日期: 2018-09-27

修回日期: 2018-10-24

资助项目: 陕西省土地整治重点实验室开放基金项目“不同未利用地有机重构土体微形态特征以及质量演变规律”(2018-JC15), “毛乌素沙地砒砂岩与沙复配土的团聚作用及稳定性机理研究”(2018-JC18)

第一作者: 张海欧(1985—), 女(汉族), 陕西省西安市人, 博士研究生, 研究方向为土地整理复垦和土地工程等。E-mail: 244254409@qq.com.

通讯作者: 王欢元(1981—), 男(汉族), 甘肃省民勤县人, 博士, 高级工程师, 主要从事水土资源管理、土壤作物系统模拟以及土地工程学研究。E-mail: 181073033@qq.com.

in different planting years were studied. [Results] ① The soil organic matter and total nitrogen content of different proportions showed a steady upward trend with the number of crop cultivation years; ② In the four years, the soil organic matter and total nitrogen content of the three compound soils showed $1:1 > 1:2 > 1:5$, and the difference was significantly different from that in 2013 ($p < 0.01$). ③ There were significant positive correlations between soil organic matter and total nitrogen in the three proportions under different planting years. The correlation coefficients were 0.86, 0.89 and 0.74. [Conclusion] Proportions and cultivation years are important factors affecting the contents of organic matter and total nitrogen in newly constructed soil.

Keywords: newly constructed soil; cultivation years; carbon and nitrogen relationship; Mu Us sand land; arsenic sandstone

土壤有机质和全氮是土壤肥力总体状况的重要指标,其可以改善土壤物理、化学和生物性质。土壤有机质含有植物需要的多种养分,是植物养分的主要来源之一,其含量既影响植物的生长发育,又对其他营养元素含量有一定的影响,特别是氮素存在的主要场域^[1-4]。土壤全氮能够综合反映土壤的氮素状况,标志土壤氮素的总量,其包括所有形式的有机氮和无机氮素,土壤全氮是供应植被有效氮素的源和库^[2,5]。土壤有机质和氮素是各国土壤分析和实验室测定的例行项目,其含量及动态平衡不仅直接影响着土壤质量和土地生产力,而且对生态系统中碳氮循环有重要意义^[6-8]。毛乌素沙地是中国农牧交错区的典型代表,耕地开发潜力巨大,但生态环境脆弱,土地沙化严重,分布在毛乌素沙地周边的砒砂岩,水土流失严重,被称为“环境癌症”,沙和砒砂岩在当地被群众称为“两害”。陕西省土地工程建设集团研究团队从资源合理利用的角度出发,遵循区域生态环境平衡的规律,就地取材,利用两者在成土中的互补性,将砒砂岩与沙按不同的比例复配成土,变“两害”为“一宝”,成功破解了砒砂岩与沙治理和资源化利用的难题。然而,作为一种新型复配土,其结构能否持续稳定发育,经过长期种植保水、保肥能力演变趋势有待研究。目前,有关砒砂岩与沙复配土壤的理化性质、作物产量等研究较多^[9-16],而对于不同种植年限下复配土壤有机质和全氮的时间尺度变化及二者的关联性研究却少见报道。本文通过对毛乌素沙地不同比例砒砂岩与沙复配土壤在2013—2016年的土壤有机质和全氮的时空分布特征、动态变化趋势及两者间的相关性进行研究,以期揭示不同比例砒砂岩与沙复配土壤碳氮的变化规律,为这种新型复配土的肥力提升及土地整治提供技术支撑和理论依据,这对实现新造土壤的稳定性和可持续利用发展具有重要意义。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验区域设在毛乌素沙地榆林市榆阳区小纪汗

乡大纪汗村。榆阳区($109^{\circ}28'58''$ — $109^{\circ}30'10''$ E, $38^{\circ}27'53''$ — $38^{\circ}28'23''$ N)位于陕西北部,海拔1206~1215 m之间,毛乌素沙漠南缘,无定河中游。试验区属典型中温带半干旱大陆性季风气候区,降水时空分布不均,气候干燥,冬长夏短,四季分明,日照充足,春季多风干旱,秋季温凉湿润。2013—2016年均气温 8.1°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 3307.5°C 且持续天数为168 d。2013—2016年平均无霜期154 d,年平均降水量413.9 mm,60.9%降雨集中在7—9月份,雨热同期。年极端降雨最大695.4 mm(1964年),最小159.6 mm(1965年);日最大降水量为141.7 mm(1951年8月15日)。2013—2016年平均日照时数2879 h,日照百分率65%。年总辐射量 $606.9\text{ kJ}/\text{cm}^2$ 。项目区土壤类型主要以风沙土为主,全氮含量0.075%,全磷含量0.63 g/kg,全钾含量26.51 g/kg,有机质含量0.003%。

1.2 试验方法

在毛乌素沙地陕西榆林市榆阳区的小纪汗乡于2013—2016年每年9月底玉米收获后采集试验所用土壤样品,采样点位于陕西省土地工程建设集团建设的大田试验小区。试验地为 $15\text{ m}\times 12\text{ m}$ 的小区,在考虑混合复配土壤的混合比例时,将小区平均分为3个 $5\text{ m}\times 12\text{ m}$ 的次小区,分别考虑了1:1,1:2,1:5等3个混合比例,每个小区只是在表层30 cm覆盖了不同混合比例的复合土壤(砒砂岩尽量粉碎,最好直径在4 cm以下,保证表层砒砂岩与沙按比例均匀混合覆盖),30 cm以下为当地沙土。分别采集3个小区中1:1,1:2,1:5次小区的0—30 cm表层土壤,每个小区采集重复土样3个,每次采集土样共计9个,然后带回实验室用于测定复配土物理性质和养分含量等结构与性质指标。土壤样品的采集与制备按照《土壤理化分析与剖面描述》^[17]进行。有机质依据[土壤有机质的测定(NYT1121.6-2006)]以重铬酸钾法测定^[18],全氮利用全自动间断化学分析仪Cleverchem 200(德国)测定。3种比例复配土壤的主要物理性质详见表1。

表 1 砒砂岩与沙复配土壤主要物理性质

砒砂岩:沙	土层深度/cm	粒径组成/%			质地 (USDA)	容重/(g·cm ⁻³)
		砂粒	粉粒	黏粒		
1:1	0—30	53.82	38.12	8.06	壤土	1.37
1:2	0—30	68.86	26.01	5.13	砂壤	1.52
1:5	0—30	79.03	17.35	3.62	砂壤	1.56

1.3 数据处理

采用 SPSS 13.0 统计分析软件进行 *T* 检验。对试验数据进行整理和绘图采用 Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限下复配土壤有机质变化特征

不同种植年限下不同比例复配土壤有机质变化特征如图 1 所示。1:1, 1:2, 1:5 复配土壤有机质含量均随着作物种植年限的增加而呈现上升趋势,体现了风沙土经砒砂岩与沙复配成后土壤生物生产力增加,提升了复配土壤的固碳能力。其中 1:1 复配土壤有机质呈现出较好的稳定上升趋势,1:2, 1:5 两种复配土的有机质含量则变动幅度较大,这是由于土壤有机质含量与黏粒有关,土壤黏粒含量越大有机质含量越高,而 1:1 复配土壤黏粒含量大于 1:2, 1:5, 1:1, 1:2, 1:5 复配土壤有机质含量从 2013 年的 1.3, 1.0 和 0.8 g/kg, 分别上升到 2016 年的 4.6, 3.3 和 2.9 g/kg, 分别增加了 2.5, 2.3, 2.1 倍。1:1 复配土壤有机质含量增加速率大于 1:2 与 1:5, 这是由于砒砂岩与沙按 1:1, 1:2, 1:5 比例混合后, 风沙土质地呈现出从壤土—砂壤—砂壤的变化趋势, 随着砒砂岩含量的增加质地条件变好。黏粒含量 1:1 > 1:2 > 1:5, 而含黏粒含量高的土壤吸收性强, 能从土壤液相介质中吸收和保存较多的有效养分。经过 4 a 作物种植后, 到 2016 年 1:1, 1:2, 1:5 复配土壤有机质平均含量分别为 2.95, 2.27 和 1.85 g/kg, 并且 2013—2016 年 3 种复配土壤有机质含量均表现为 1:1 > 1:2 > 1:5, 但其土壤耕层有机质含量始终均较低, 变幅在 0.08%~0.46%, 属于全国耕地土壤养分分级标准中有机质分级的 6 级 (< 0.6%)^[18]。一般认为, 土壤有机质含量 > 2% 的土壤比较肥沃, 所以总体上来说, 毛乌素沙地新造砒砂岩与沙复配土壤的有机质含量有待提高。

2.2 不同种植年限下复配土壤全氮变化特征

2013—2016 年复配土壤全氮含量变化特征如图 2 所示。3 种比例复配土壤全氮含量随着种植年限的增加, 其含量呈稳定增加趋势。砒砂岩与沙复配比例不同, 土壤全氮含量随作物种植年限增加的变化亦不同。1:1, 1:2, 1:5 复配土壤全氮含量从 2013 年

的 0.18, 0.11 和 0.08 g/kg, 分别上升到 2016 年的 0.47, 0.43 和 0.30 g/kg, 分别增加了 1.6, 2.9, 2.7 倍, 3 者各自相对于 2013 年变化差异极显著 ($p < 0.01$)。其中, 1:2 复配土壤全氮含量增加速率明显大于 1:1 与 1:5, 这可能是由于土壤的氮矿化作用与种植年限之间的交互作用显著影响了复配土壤耕层的全氮含量, 土壤的矿化氮随砂粒的增多而增高, 随黏粒、粉粒增多而降低。3 种复配土壤中, 2013—2016 年作物收获后测得复配土壤平均全氮含量大小顺序为 1:1 (0.35 g/kg) > 1:2 (0.28 g/kg) > 1:5 (0.21 g/kg)。在其 4 a 间砒砂岩比沙为 1:1 的复配土壤全氮含量明显高于其他复配比例, 这是由于随着砒砂岩含量的增加复配土壤砂粒含量逐渐降低, 黏粒、粉粒含量逐渐增加, 全氮含量随之呈增加趋势。3 种比例复配土壤全氮含量百分比的平均值均小于 0.05%, 根据陕西省第二次土壤普查土壤肥力分级标准, 其均处于 7 级及以下水平。

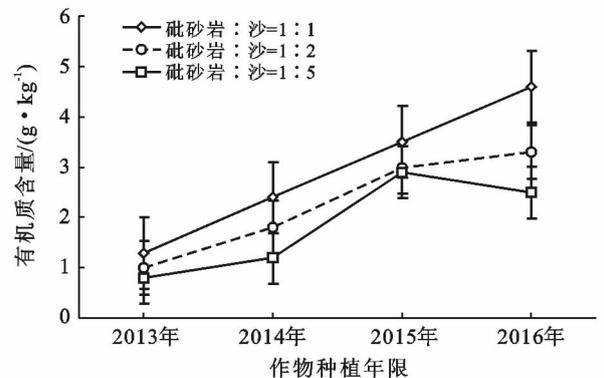


图 1 不同种植年限下不同比例复配土壤有机质变化特征

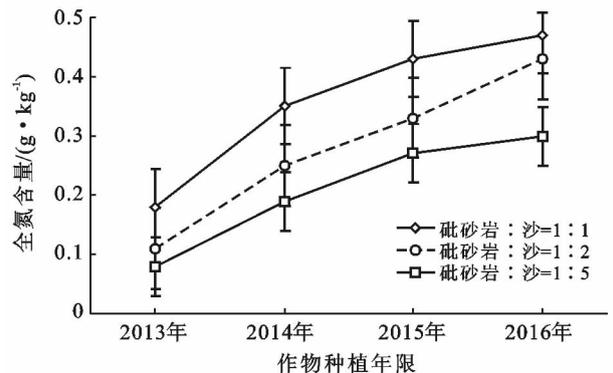


图 2 不同种植年限下不同比例复配土壤全氮变化特征

2.3 不同种植年限下复配土壤有机质与全氮的相关性分析

不同种植年限下复配土壤有机质与全氮的相关性如图 3 所示。在 0—30 cm 耕作层不同种植年限的 3 种比例复配土壤有机质与全氮呈正相关。3 种比例

复配土壤有机质与全氮相关性排序为 $1:2 > 1:1 > 1:5$, 其中砒砂岩与沙复配比例为 $1:1, 1:2$ 类型复配土壤有机质与全氮呈现出极显著 ($p < 0.01$) 的相

关性, 其相关系数分别为 $0.860, 0.8917$; $1:5$ 的复配土壤有机质与全氮含量显著相关 ($p < 0.05$), 相关系数 0.7376 。

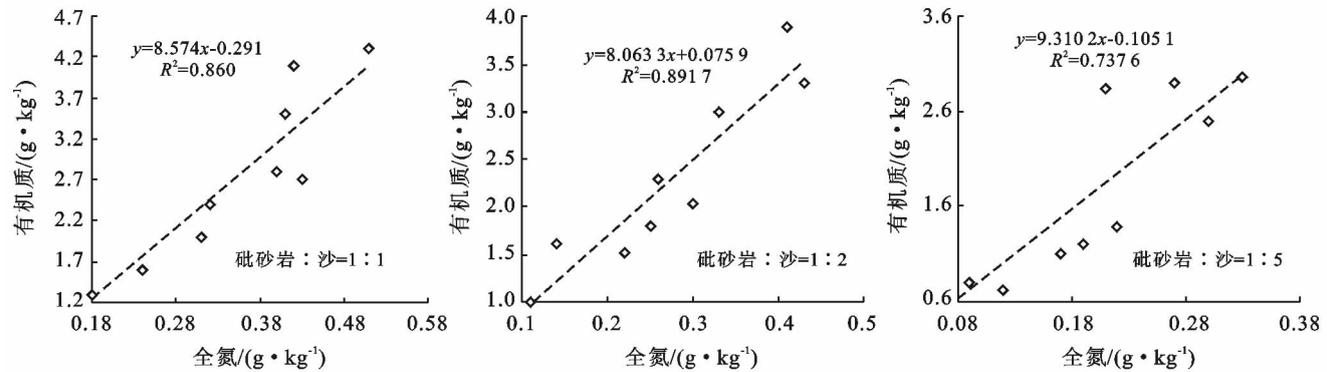


图 3 不同种植年限下复配土壤有机质与全氮的相关性

3 讨论与结论

复配比例(砒砂岩含量)是新造土壤养分的物质基础, 种植季数是新造土壤养分的动力学过程及条件, 二者都是影响砒砂岩与沙复配土壤有机质和全氮含量的重要因子。3 种比例复配土壤有机质和全氮含量均随着作物种植年限的增加而呈现稳定上升趋势, 复配土壤理化结构呈良性发展趋势。

但复配土壤有机质、全氮含量仍然较低, 不能满足实际农业生产的需要, 这正是沙地治理工程中在提升有机物含量难度大, 周期长条件, 利用无机的砒砂岩改良沙土结构特性的科学基础。因此, 提高新造复配土壤中养分含量, 必须通过后期施用有机肥、种植绿肥、秸秆还田等措施。

不同种植年限的 3 种比例复配土壤有机质与全氮均呈现显著正相关。这主要是由于土壤中的氮素有一大部分是以腐殖质形式存在, 其主要来源于有机质, 因此不同比例复配土壤中有机质含量的增加可以间接的增加土壤的全氮含量。此结果与杨丽霞^[7]等对陕北黄土丘陵区不同植被类型群落多样性与土壤有机质、全氮关系研究结果一致, 与党廷辉^[19]对有机质、全氮、土壤质地与土壤供氮能力的关系中的研究结果一致。

从质地与有机质、全氮关系的角度分析得出, 不同比例复配土壤中黏粒和粉粒含量越高, 土壤有机质和全氮含量越高, 土壤有机质和全氮与黏粒、粉粒含量之间均呈显著正相关, 与砂粒含量之间呈显著负相关, 即反之随着砂粒含量的增加土壤有机质和全氮含量呈降低趋势。此结论与王莹^[20]对土壤有机质与氮磷钾的相关性研究结果一致, 并且与袁子茹等^[21]对

祁连山不同草地类型土壤有机质与全氮分布的关系的研究结果相似。

[参 考 文 献]

- [1] Song Xiaoyu, Wang Jihu, Xue Xuzhang, et al. Assessment of the influence of soil nitrogen supplies and variable fertilization on winter wheat growth condition using airborne hyperspectral image [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20 (4):45-49.
- [2] 李菊梅, 王朝辉, 李生秀, 等. 有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义 [J]. 土壤学报, 2003, 40 (2):232-238.
- [3] 李燕丽, 潘贤章, 王昌昆, 等. 广西中南部耕地土壤有机质和全氮变化的遥感监测 [J]. 生态学报, 2014, 34(18): 5283-5291.
- [4] Sparling G P, Wheeler D, Vesely E T, et al. What is soil organic matter worth? [J]. Journal of environmental quality, 2006, 35(2):548-557.
- [5] 薛晓娟, 李英年, 杜明远, 等. 祁连山东段南麓不同海拔土壤有机质及全氮的分布状况 [J]. 冰川冻土, 2009, 31 (4):642-649.
- [6] 高丽丽. 西藏土壤有机质和氮磷钾状况及其影响因素分析 [D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2004.
- [7] 杨丽霞, 陈少锋, 安娟娟, 等. 陕北黄土丘陵区不同植被类型群落多样性与土壤有机质、全氮关系研究 [J]. 草地学报, 2014, 22(2):291-298.
- [8] 雷建容, 莫太相, 李孝东, 等. 川中丘陵区土壤有机质与全氮关系研究 [J]. 西南农业学报, 2013, 26(2):663-666.
- [9] Han Jichang, Xie Jiancang, Zhang Yang. Potential role of feldspathic sandstone as a natural water retaining agent in Mu Us sandy land, Northwest China [J]. Chinese Geographical Science, 2012, 22(5):550-555.

根。④拓展生态发展空间。增加自然保护区面积和人均土地、森林等资源的保有量,划定保护红线,增加生态空间,不断提高生态环境承载力水平。

[参 考 文 献]

- [1] 曹智,闵庆文等. 基于生态系统服务的生态承载力:概念、内涵与评估模型及应用[J]. 自然资源学报, 2015, 30(1): 1-11.
- [2] 刘晶,林琳. 长江生态经济区城市群综合承载力的实证分析[J]. 统计与决策, 2018(17): 94-97.
- [3] 李金海. 区域生态承载力与可持续发展[J]. 中国人口·资源与环境, 2001, 11(3): 76-78.
- [4] 高吉喜. 可持续发展理论探讨:生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2001.
- [5] 余丹林,毛汉英,高群. 状态空间衡量区域承载状况初探:以环渤海地区为例[J]. 地理研究, 2003, 22(2): 201-210.
- [6] Jusup M, Klanjsek J. Estimating ecological carrying capacity for finfish mariculture[C]// Abstracts of Eco-Summit 2007: Ecological Complexity and Sustainability: Challenges & Opportunities for 21st Century's Ecology. Beijing: Ecological Society of China, 2007.
- [7] 李民,邓楚雄等. 基于 DPSIR 模型的长沙市低碳经济发展水平变化评价[J]. 农业现代化研究, 2016, 37(3): 453-459.
- [8] 乔蕪强,程文仕. 基于 DPSIR 模型的土地整治规划环境影响评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 308-312.
- [9] 池源,石洪华,孙景宽,等. 城镇化背景下海岛资源环境承载力评估[J]. 自然资源学报, 2017, 32(8): 1374-1384.
- [10] 郭文栋,梁雪石,魏延军,等. 五大连池国家地质公园生态承载力综合评价指标体系研究[J]. 国土与自然资源研究, 2018(4): 58-60.
- [11] 王奎峰,李娜,于学峰,等. 基于 P-S-R 概念模型的生态环境承载力评价指标体系研究:以山东半岛为例[J]. 环境科学学报, 2014, 34(8): 2133-2139.
- [12] 周智,黄英,黄娟. 农村生态环境承载力的空间异质性变化[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(4): 194-198.
- [13] 郑晶,于浩,黄森慰. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的福建省生态环境承载力评价及障碍因素研究[J]. 环境科学学报, 2017, 37(11): 4391-4398.
- [14] 金悦,陆兆华,檀菲菲,等. 典型资源型城市生态承载力评价:以唐山市为例[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 4852-4859.
- [15] 何刚,夏业领,朱艳娜,等. 基于 DPSIR-TOPSIS 模型的安徽省土地承载力评价及预测[J]. 水土保持通报, 2018, 38(2): 127-134.
- [16] 雷勋平,邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 314-323.
- [17] 杨梅焕,曹明明,朱志梅. 毛乌素沙地东南缘沙漠化过程中植被的退化和稳定性[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 10-15.
- [18] 杨梅焕,曹明明,朱志梅,等. 毛乌素沙地东南缘沙漠化过程中土壤理化性质分析[J]. 水土保持通报, 2010, 30(2): 169-172, 176.
- [19] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社, 1996.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY/T1121. 6-2006 土壤有机质的测定方法[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
- [21] 党廷辉. 有机质、全氮、土壤质地与土壤供氮能力的关系[J]. 陕西农业科学, 1990(1): 27-28, 43.
- [22] 王莹. 土壤有机质与氮磷钾的相关性[J]. 土壤肥料, 2008(17): 32-33.
- [23] 袁子茹,任灵,陈建纲,等. 祁连山不同草地类型土壤有机质与全氮分布的关系[J]. 草原与草坪, 2016, 36(3): 12-16.

(上接第 245 页)

- [10] Han Jichang, Liu Yansui, Zhang Yang. Sand stabilization effect of feldspathic sandstone during the fallow period in Mu Us sandy land [J]. Journal of Geographical Sciences, 2015, 25(4): 428-436.
- [11] 韩霁昌,付佩,王欢元,等. 砒砂岩与沙复配成土技术在毛乌素沙地土地整治工程中的推广应用[J]. 科学技术与工程, 2013, 13(25): 7287-7293.
- [12] Wang Huanyuan, Han Jichang, Tong Wei, et al. Analysis of water and nitrogen use efficiency for maize (*Zea mays* L.) grown on soft rock and sand compound soil [J]. Journal of the science of Food and agriculture, 2017, 97(8): 2553-2560.
- [13] 赵宣,韩霁昌,王欢元,等. 毛乌素沙漠—黄土高原过渡带土壤养分空间异质性[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7446-7452.
- [14] 李娟,韩霁昌,成生权. 砒砂岩与沙复配土对土壤团聚体和有机碳质量分数的影响[J]. 西北农业学报, 2015,