

腾格里沙漠边缘区植被恢复与土壤养分变化研究

施明, 王锐, 孙权, 朱英, 司海丽

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 为了研究腾格里沙漠东缘植被恢复过程中不同阶段土壤养分和 pH 值的变化, 在研究区从东向西分别采集 6 种植物恢复阶段的土壤, 分别测定了其 pH 值、有机质和全效速效养分含量。结果表明, 沙丘固定过程中, 土壤有机质和全氮含量都呈逐渐增加趋势, 分别从 1.32 和 0.025 g/kg 增加到 1.89 和 0.061 g/kg, 均达到了显著水平。半固定沙丘速效氮、速效钾含量均明显增加, 发展为固定沙丘后由于大量植物的生长土壤速效氮、速效钾含量反而比半固定沙丘低。荒漠草原土壤中有有机质、全氮及速效氮含量最高, 退化草原速效磷含量比荒漠草原略高, 差异不显著; 随退化荒漠草原恢复进程, 人工梭梭林速效磷含量降低, 速效钾总体呈显著增加趋势; pH 值以人工梭梭林较低。植被恢复过程中, 沙生植被的存在对有机质和氮素的富集起着决定性作用, 随着流沙固定和退化荒漠草原恢复, 土壤有机质、氮和磷的含量增加, 土壤有机质含量与土壤全氮、全磷和有效氮的含量呈较强的正相关关系。

关键词: 土壤养分; 植被恢复; 荒漠草原; 变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)06-0107-05

中图分类号: S153, S158

Vegetation Restoration and Soil Nutrient Changes in Edge of Tengger Desert

SHI Ming, WANG Rui, SUN Quan, ZHU Ying, SI Hai-li

(Agriculture College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to study the soil nutrients and pH value at different revegetation stages in the edge of Tengger Desert, we selected six kinds of vegetation recovery phase soil from east to west, and tested pH value, organic matter total and available nutrients. The results showed that: in the process of sand dune fixation, soil organic matter and total nitrogen exhibited an increasing trend, respectively from 1.32 and 0.025 g/kg to 1.89 and 0.061 g/kg which reached a significant level. Available nitrogen and available potassium in the semi-fixed sand dunes were significantly increased. Due to the large number of plants growth soil available nitrogen and potassium contents in the fixed sand dunes were lower than that in the semi-fixed sand dunes. Desert grassland had a higher content in soil organic matter, total nitrogen and available nitrogen, and degraded desert grassland had slightly higher available phosphorus than that of the desert grassland. With the restoration process of degraded desert grassland, available phosphorus in the artificial *Haloxylon* forest declined and available potassium increased. Artificial *Haloxylon* forest had a low pH value. In vegetation recovery process, the presence of sand vegetation played a decisive role of nitrogen and organic matter enrichment. With the fixing of sand dunes and restoration of vegetation, soil organic matter, nitrogen and phosphorus contents increased, and the soil organic matter content had a strong positive correlation with soil total nitrogen, total phosphorus and available nitrogen content.

Keywords: soil nutrient; vegetation restoration; desert grassland; change

腾格里沙漠东缘长期以来气候干旱及不合理的人为活动导致该地区土壤退化严重。植被恢复过程中同时能起到土壤的固定作用, 进而为养分的稳定提供了平台。植被类型及恢复阶段不同, 土壤养分差异

也不尽相同, 因此, 研究沙漠地区植被恢复过程中的土壤养分差异对揭示植被的演替和生态多样性的稳定具有重要的意义。荒漠植被的根部脱落物及根系分泌物能增加土壤 C、N 和 P 含量^[1-2], 在气候条件相

收稿日期: 2012-04-18

修回日期: 2012-04-28

资助项目: 国家自然科学基金项目“半干旱区砂质酿酒葡萄园土壤水氮运移规律与高效利用机制”(31160417)

作者简介: 施明(1987—), 男(汉族), 宁夏自治区中宁县人, 硕士研究生, 主要从事植物营养与干旱区土壤质量研究。E-mail: sm8710@126.com。

通信作者: 王锐(1981—), 男(汉族), 湖北省潜江市人, 讲师, 博士, 主要从事农业资源利用与环境的科研和教学工作。E-mail: amwangrui@126.com。

对一致的情况下,土壤养分是植被恢复过程中的一个重要环境因子,土壤养分差异既不是随机的,也不是一成不变的,它通常是地质和植被发展过程的综合产物^[3]。在沙漠地区,植物能有效地改善土壤的理化性质,塔里木的沙漠公路植被覆盖后,土壤微生物量变大、酶活性增强,黏粒含量增加,土壤养分增加,根系可以利用土壤深层的有机质,并通过根系的运输,土壤有机质被从深层提升到表层^[4-5]。

高植被覆盖下土壤表层有机质、全氮、全磷含量均高于低覆盖表层土壤,土壤养分不仅与土壤深度和根系分布有关,还与土壤类型和地貌类型有关^[4,6]。研究发现不同植物群落对沙漠地区土壤养分的影响不同,盐生植物根际土壤中有有效 P 和有效 K 的含量都高于土体,但有效 P 的富集不及有效 K 富集的程度高,灌丛下土壤中有有机 C, N, P 和 Ca^{2+} 都明显提高,但 Na^+ 和 Mg^{2+} 没有显著增加^[7-8]。对比木本和草本植被对植被恢复效果发现灌丛地和草地的养分空间和时间分布具有明显的差异^[9]。植被退化使得土壤矿化 N 降低,土壤 N 的利用率很低,并且导致 N 从草原系统流失,植被对土壤的 pH 值影响不显著^[10]。可以看出,在沙漠地区,植物对提高土壤养分及 pH 值改善均有一定得作用,但不同植物及其群落对养分的影响存在差异。国内外研究通常集中在土壤水分和土壤养分方面^[11-13],对于荒漠过渡区域不同恢复阶段土壤养分的差异进行研究的较为少见。本研究以内蒙古自治区阿拉善荒漠区的几种典型恢复类型为对象,分析不同植被和地貌下得土壤养分特征,阐明调控植被恢复的的土壤养分指标,为我国荒漠地区的植被恢复研究提供资料。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于内蒙古自治区阿拉善左旗腾格里沙漠东南部($105^{\circ}35' - 105^{\circ}37'E$, $38^{\circ}34' - 38^{\circ}37'N$),海拔 800~1 500 m。属于典型温带干旱荒漠气候,年均气温 7.6°C ,7 月平均气温 23.8°C ,1 月平均为 -10.8°C ; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\ 222.2^{\circ}\text{C}$,年日照时数 3 000 h 以上。年平均风速 3.7 m/s ,年平均降水量 142.7 mm ,全年 70% 以上降雨集中在 7—9 月,平均蒸发量 $3\ 351.9\text{ mm}$,植被成分灌木种主要有红砂 (*Reaumuria songarica*), 驼绒藜 (*Ceratoides latens*), 猫头刺 (*Oxytropis aciphylla*), 梭梭 (*Haloxylon ammodendron*), 沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus*), 小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*), 白刺 (*Nitraria tangutorum*); 草本植物有画眉草 (*Er-*

agrostis pilosa), 沙生针茅 (*Stipa glareosa*), 条叶车前 (*Plantagominuta*), 狗尾草 (*Setaria viridis*), 长穗虫实 (*Corispermumelongatum*) 等。

1.2 土壤样品的采集及分析

2012 年 8 月,利用 GPS 定位,根据研究区景观分布特征,从西向东分别设置 6 个典型恢复区域,分别为: I 流动沙丘, II 半固定沙丘, III 固定沙丘, IV 恢复荒漠草原, V 退化荒漠草原, VI 人工梭梭林。采集 0—40 cm 土层土壤,装入塑料袋中,带回实验室。土壤样品风干后,分别过 1 和 0.25 mm 筛,装袋保存。pH 值采用 PHS-25 型智能酸度计测定土壤浸提液(土水比为 1:5);有机质采用重铬酸钾外加热法进行测定;总氮采用凯氏定氮法测定;土壤全磷的测定采用钼锑抗比色法;土壤全钾的测定采用火焰光度计法;速效氮采用碱解扩散法;速效磷采用碳酸氢钠浸提比色法;速效钾采用乙酸铵浸提火焰光度计法^[14]。

1.3 数据处理

利用 SAS 8.1 统计软件进行统计分析,采用邓肯多重极差对不同恢复区土壤的 pH 值、有机质、全氮、有效氮、全磷、有效磷、全钾和速效钾进行显著性检验,显著性水平为 ($p < 0.05$, $n = 5$)。

2 结果与分析

2.1 沙地植被恢复的土壤养分差异分析

对荒漠化严重的区域实行人工植被恢复,是控制沙漠化进一步发展,并进而得到逐渐恢复稳定生态的先决条件。工程和生物措施相结合恢复植被后,流动沙丘向半固定和固定沙丘逐步演化,其土壤养分变化如图 1 所示。植被的增加导致返还给表层土壤的有机物质增多,有机质中含有大量的含氮有机化合物,其分解致使土壤中的氮含量升高。由图 1 可知,从流动沙丘到半固定沙丘到固定沙丘,随着植被覆盖度的增加,与生物活动密切相关的有机质和全氮都呈逐渐增加趋势,分别从 1.32 和 0.025 增加到 1.89 和 0.061,均达到了显著水平。磷的循环转化主要受控于土壤地球化学过程,因而短时间内随植被的恢复并未呈现规律性变化;不过,土壤速效磷的变异程度加大。土壤速效氮、速效钾则表现为另外一种规律,即半固定沙丘状态,速效氮、速效钾都明显增加,但进一步发展为固定沙丘后,大量植物的生长发育吸收了氮、钾,土壤速效氮、钾含量反而较半固定沙丘降低了。与温仲明^[15]得出的随土壤有机质变化,土壤全氮、有效氮与速效钾也发生相应变化,并与有机质变化呈显著线性相关,而全磷和速效磷变化与有机质变化的相关性较低,没有明显规律性的研究结果一致。

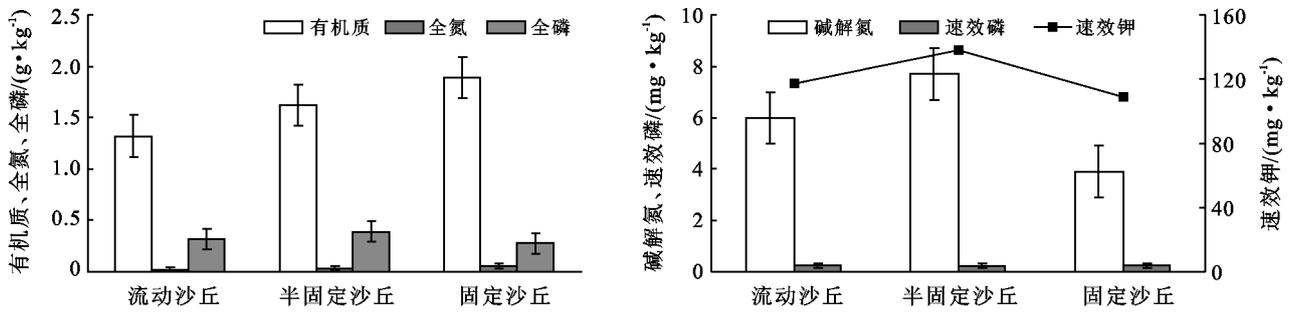


图 1 研究沙区植被土壤养分变化

2.2 荒漠草原有机质及 N 素差异分析

图 2 看出,有机质、全氮及速效氮的含量均以地带性的荒漠草原为最高,该类草原的退化主要是流沙逐渐东移,逐渐加厚的覆盖沙层掩埋了原生土表,从而使有机质、全氮及速效氮含量均呈现显著下降。人工梭梭林地土壤速效氮含量最低,显然是灌溉下氮素的淋失和密集植被吸收更多的速效氮产生的结果。

恢复阶段土壤有机质含量存在差异(图 2),其大小顺序为:荒漠草原>退化荒漠草原>人工梭梭林。有机质含量差异主要与植被类型有关,因为在自然土壤中植物根系与植物的枯枝落叶是土壤有机质的主要来源。植被物种组成越丰富,凋落物种类也越丰富,有机质含量相应越高。荒漠草原植被丰富,尤其禾本科植物种类繁多,植被覆盖率相对较高,导致有机质含量高,退化荒漠草原中禾本科植物减少,主要以小型低矮有毒灌木为主,盖度小,有机质来源有限,因此含量降低,人工梭梭林由于种植密度大,对水分和养分需求大,因此导致人工梭梭林土壤有机质含量最低。

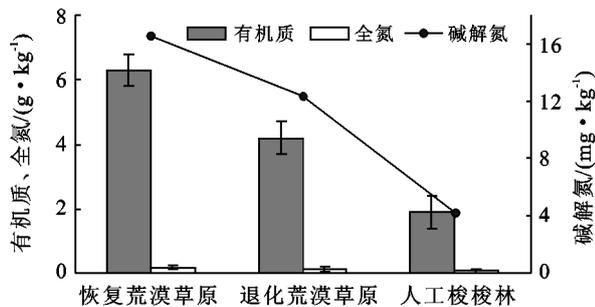


图 2 荒漠草原土壤有机质及氮素供应

2.3 荒漠草原磷素差异分析

全磷含量较高的情况下,特别是高有机质的荒漠草原土壤全磷中有机磷的比例必然会上升,随植被的退化加重,植物残体补充有机磷的几率下降,全磷含量也相应显著降低,因此全磷含量表现为:荒漠草原>退化草原>人工梭梭林(图 3)。

磷的循环活化主要受控于地球化学循环过程,如

高 pH 值、高碳酸钙含量等,即速效磷的数量与风蚀退化过程的关系相对较弱。磷在土壤中的移动能力较弱,荒漠草原退化过程中,禾本科植物大量减少,因而使得土壤中速效磷的含量有所下降;而退化荒漠草原主要是以小型低矮的灌木为主,落叶较多,速效磷含量比荒漠草原略高;人工梭梭林由于高密度养分吸收导致速效磷有所下降,但下降趋势不显著。与张宁^[16]得出的植物耗用有效磷以增大吸水力的补偿机制所致结果一致。

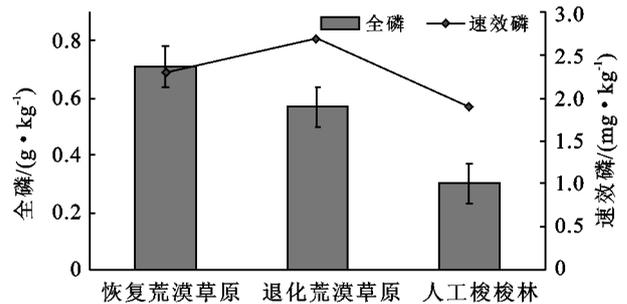


图 3 荒漠草原土壤磷素供应

2.4 荒漠草原 K 素差异

研究区有地带性土壤的洪积母质特征,使得贺兰山中富含长石、云母类的洪积物,具备较高的速效钾供应水平。随草原退化过程的加剧,速效钾总体呈显著下降趋势(图 4)。人工梭梭林根系在水分吸收过程中激发了速效钾的释放速度和释放能力,使得土壤中的速效钾含量增加。

2.5 荒漠草原 pH 值差异分析

土壤中的很多物质循环过程如吸附—解析、沉淀—溶解、络合—解离等受控于土壤 pH 值的高低。项目区的粗质地土壤母质、干旱少雨气候、富碳酸钙环境及集中降雨下土壤气压的反复巨变,都驱动地带性土壤向高 pH 值(10.0)的方向发展,严重影响土壤中各种生命过程,以及多种营养元素的有效化。图 5 表明,植被恢复过程中,退化荒漠草原的土壤向粗粒化方向发展,土壤 pH 值反而显著降低了。这一趋势对干旱环境中磷及金属微量元素的释放十分有利。

人工梭梭林 pH 值最低,主要是因为梭梭根系释放的有机酸具有中和作用,也能在一定程度上降低土壤 pH 值。

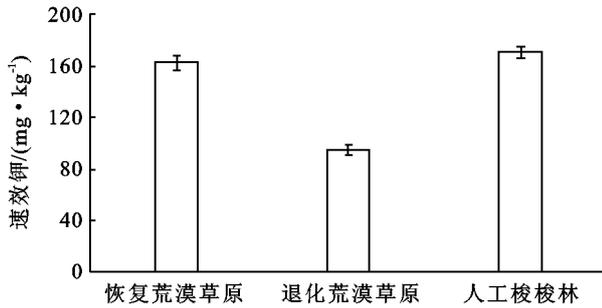


图 4 荒漠草原土壤速效钾供应状况

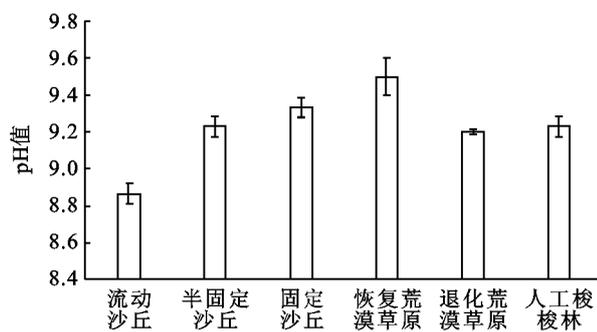


图 5 荒漠草原土壤 pH 值

3 结果讨论

土壤化学性质直接关系到土壤质量的优劣,尤其是土壤养分对地上植物生长和土壤肥力的作用意义重大。随着植被恢复,土壤养分含量明显增加,与流沙地比较,土壤有机质、全氮、全磷和速效氮、速效磷、速效钾,固定沙丘土壤都表现出较高的肥力水平。这可能是由于有多年积累下来的枯枝落叶进入土壤,为土壤微生物提供了充足的营养物质,使土壤微生物数量增大,促进了养分的循环和转化^[4]。李新荣等^[17]认为,土壤养分在调控干旱、半干旱区的荒漠植被组成及生态稳定性方面扮演着重要角色。在本研究中,固定沙丘的有机质含量和全氮含量均为最高,主要归功于植被恢复过程中,地下根系和地上落叶补给提供了丰富的有机质,同时有机质降解过程中释放了大量 N 素,梭梭对有机质和速效 N 需求较高,因此含量最低。梭梭作为该生态系统的优势物种,具有抗逆性强,稳定性好等特点,在干旱的环境中能保持植被的盖度,有效地减缓荒漠草地逆向演替和消亡的进程^[18]。

土壤中的有机质是进入土壤中的植物残体以及在土壤微生物作用下分解损失的平衡结果,植被退化后,地表裸露,表土遭风蚀,黏粒物质的减少也是土壤

有机质减少的原因。土壤有机质与物种多样性相关性大,且有机质含量高低可以反映植被稳定性^[19]。分析可知,与流动沙丘、半固定沙丘相比固定沙丘土壤有机质含量较高,主要与物种多样性的丰富程度有关。由于受土壤类型及地貌差异的影响,沙区养分和荒漠草原养分空间分布具有明显的差异^[9];在荒漠草原生境中,植被通过吸收营养元素生长,土壤氮素等养分的变异又进一步促进植被的入侵和发展,土壤氮、磷、钾含量的高低与植被恢复的程度直接相关。这种养分的差异可以成为干旱、半干旱地区荒漠化的指数之一^[20]。土壤养分的退化与植被退化相互促进,沙漠化土地随着植被退化程度增加,有机质、氮、磷、钾全量均呈减少趋势^[20]。安渊等^[21]对锡林郭勒大针茅草原不同退化阶段植物和土壤化学性状的研究表明,随着草地退化,土壤有机质、氮和磷的含量下降,土壤有机质含量与土壤全氮、全磷和有效氮的含量与植物根系呈较强的正相关关系。这与本研究结果相吻合。人工梭梭林土壤 pH 值随着植被恢复显著下降,与吴海勇等^[22]的研究结果相一致,即随着植被自然恢复进程的发展,地表枯枝落叶不断增加,释放大量的酸性物质进入土壤,对岩石风化形成的碱性物质起到中和作用,pH 值逐步降低,且在发育较好的灌丛阶段,pH 值下降显著。可见,植物对土壤 pH 值有一定的调节作用。本实验结果表明,全磷含量表现为:荒漠草原>退化草原>人工梭梭林,其原因可能与有机质含量有关,矿化形成的有效磷含量直接影响着土壤全磷含量。

4 结论

沙地植被恢复过程中,植被物种多样性和盖度直接影响土壤养分,沙生植被的存在对有机质和氮素的富集起着决定性作用,沙生植被一方面为土壤提供 P 素和 K 素,另一方面又吸收利用这些养分,因此半固定沙丘的 P 素和 K 素含量最高。荒漠草原植被恢复过程中,随着草地退化,土壤有机质、氮和磷的含量下降,土壤有机质含量与土壤全氮、全磷和有效氮的含量呈较强的正相关关系。

[参 考 文 献]

- [1] Fu Hua, Pei Shifang, Chen Yaming, et al. Influence of shrubs on soil chemical properties in Alxa Desert Steppe [R]. US: United States Department of Agriculture, 2007.
- [2] Pei Shifang, Fu Hua, Wang Changgui, et al. Observations on changes in soil properties in grazed and non-grazed areas of Alxa Desert Steppe, Inner Mongolia[J].

- Arid Land Research and Management, 2006, 20(2):161-175.
- [3] Webster R. Is soil variation random? [J]. Geoderma, 2000, 97(3): 149-163.
- [4] 靳正忠, 雷加强, 徐新文, 等. 塔里木沙漠公路防护林地土壤肥力质量变化与评价[J]. 科学通报, 2008, 53(S2): 112-122.
- [5] Cao Chengyou, Chen Zhuo, Tang Yi, et al. The effects of enclosing on the improving of soil properties of *Cara-gana microphylla* community in Horqin sand land[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2011, 25(8):161-166.
- [6] 韩凤朋, 郑纪勇, 张兴昌. 黄土退耕坡地植物根系分布特征及其对土壤养分的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(2):50-55.
- [7] 弋良朋, 马健, 李彦. 荒漠盐生植物根际土壤盐分和养分特征[J]. 生态学报, 2007, 27(9):3565-3571.
- [8] Wezel A, Rajot J L, Herbrig C. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agroecosystem in semi-arid Niger[J]. Journal of Arid Environments, 2000, 44(6):383-398.
- [9] Schlesinger W H, Pilmanis A M. Plant-soil interactions in deserts[J]. Biogeochemistry, 1998, 42(4):169-187.
- [10] Abbasi M K, Adams W A. Estimation of simultaneous nitrification and denitrification in grassland soil association with urea-N using ^{15}N and nitrification inhibitor[J]. Biol. Fertil. Soils, 2000, 31(1):38-44.
- [11] Harrison S. Local and regional diversity in patchy landscape: Native, alien and endemic herbs on serpentine [J]. Ecology, 1999, 80(1):70-80.
- [12] Li Xinrong, Zhang Jingguang, Liu Lichao, et al. Plant diversity in the process of succession of artificial vegetation types and environment in an arid desert region of China [J]. Acta Phytoteco. Sinica, 2000, 24(3):257-261.
- [13] Tilman D, Wedin D, Konops J M H. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems[J]. Nature, 1996, 349(22):718-720.
- [14] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000:146-195, 272-276.
- [15] 温仲明, 焦峰, 赫晓慧, 等. 黄土高原森林边缘区退耕草地植被自然恢复及其对土壤养分变化的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(1):16-23.
- [16] 张宁, 滕玖琳, 何兴东, 等. 猫头刺群落对土壤养分空间异质性的响应[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4):706-711.
- [17] Li Xinrong, Zhang Zhishan, Zhang Jingguang, et al. Association between vegetation patterns and soil properties in the Southeastern Tengger Desert, China[J]. Arid Land Research and Management, 2004, 18(4): 1-15.
- [18] Goderya F S. Field scale variations in soil properties for spatially variable control: A review[J]. Journal of Soil Contamination, 1998, 7(2): 243-264.
- [19] 莫治新. 塔里木河上游地区植被覆盖对土壤有机质的影响[J]. 河南农业科学, 2008(4):53-56.
- [20] 吕贻忠, 李保国, 崔燕. 不同植被群落下土壤有机质和速效磷的小尺度空间变异[J]. 中国农业科学, 2006, 39(8):1581-1588
- [21] 安渊, 徐柱, 阎志坚, 等. 不同退化梯度草地植物和土壤的差异[J]. 中国草地, 1999(4):31-36.
- [22] 吴海勇, 彭晚霞, 宋同清, 等. 桂西北喀斯特人为干扰区植被自然恢复与土壤养分变化[J]. 水土保持学报, 2008, 22(4):143-147.