

# 鲁中山区小流域坡面侵蚀土壤养分空间分异特征研究<sup>①</sup>

王艳华, 董元杰\*, 张民, 邱现奎, 胡国庆

(山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018)

**摘要:** 采用野外采样、室内分析的方法, 以鲁中山区九仙山小流域 3 个自然坡面(阳坡、东坡和西坡)为研究对象, 探讨了小流域坡面侵蚀条件下土壤养分的空间分布特征。结果表明, 3 个坡面有机质含量呈现出顺坡距离小于 20 m 时, 有机质含量按照东坡>西坡>阳坡的顺序递减, 顺坡距离大于 30 m 时, 有机质含量按照西坡>阳坡>东坡的顺序递减; 沿顺坡方向, 3 个坡面不同坡位土壤有机质、碱解N、速效P、速效K含量存在差异, 总体趋势是坡面中上部土壤有机质和速效养分含量偏低, 在坡底部养分相对富集; 东坡和西坡剖面不同层次土壤有机质、碱解N、速效P、速效K含量随着土壤深度的增加而降低, 其中有机质在 0~20 cm 平均含量约为 8 g/kg, 在 80~100 cm 处约为 2 g/kg, 碱解N 在 0~20 cm 平均含量为 50 mg/kg, 在 80~100 cm 处为 20 mg/kg。

**关键词:** 小流域坡面; 侵蚀土壤; 养分; 空间变异

**中图分类号:** S157.1

摸清小流域坡面土壤养分含量的空间变异研究是土地可持续利用的理论基础<sup>[1-2]</sup>。在不同的区域, 因为土地利用方式与地形条件的影响, 造成土壤养分的空间分异<sup>[3-4]</sup>。土壤养分是土地生产力的基础, 也是衡量土壤质量好坏的重要指标。20 世纪 50 年代以前, 在把土壤侵蚀作为是无机土壤颗粒移动的时候, 很大程度上就忽略了养分问题<sup>[5]</sup>。研究表明土壤侵蚀过程随同吸附携带大量的营养元素, 导致土壤退化<sup>[6-8]</sup>。由于坡面较长、产流等原因, 养分物质会在坡面不同部位沉积, 这些沉积物质又成为以后坡面物质迁移的来源<sup>[9]</sup>。

鲁中山区是山东地势最高的地区, 坡地面积广泛, 同时这种地形特点对降水也有显著影响<sup>[10]</sup>。7—8 月份暴雨使降雨量明显增加, 水土流失严重。前人的研究集中在黄土高原和红壤坡耕地的土壤养分流失的研究<sup>[11-12]</sup>, 而关于鲁中山区坡面土壤养分空间特征方面的研究却鲜见报道。本文通过对鲁中山区九仙山典型棕壤坡面不同部位以及剖面土壤养分特征的研究, 探讨了鲁中山区棕壤坡面的土壤养分空间分布特征, 以期为区域农业生产及环境调控等提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

九仙山小流域位于山东省济宁市曲阜东北 30 km 处, 东经 115°52′~117°36′, 北纬 34°26′~35°57′, 面积 2.45 km<sup>2</sup>, 年降水量 650~800 mm, 气候类型属温带半湿润大陆性季风气候区, 降水主要集中在 7—9 月份。研究区土壤为棕壤, 土层较深厚, 但土壤流失严重。耕作方式为横坡, 土地利用方式以林地、荒草地为主。

### 1.2 土样采集与测定方法

2008 年 10 月在研究区选择阳坡、东坡和西坡 3 个自然坡面为研究对象。阳坡坡度为 10.2°, 坡长为 130 m, 该坡总体上中上部较陡, 坡脚较平缓; 东坡坡度为 5.5°, 坡长为 42 m, 该坡较平缓; 西坡坡度为 4.8°, 坡长为 47 m。在坡面布设取样剖面线, 沿纵断面线从坡顶至坡脚, 每隔 10 m 布设一个采集点, 每个样品 3 次重复。利用直径 6.8 cm 的取样筒进行样品的采集。在东坡和西坡用土钻取剖面样, 深度为 100 cm, 每 20 cm 为一层土样。

在实验室将土壤样品去除杂质后自然风干, 压碎磨细后过筛储存, 测定碱解N、速效P、速效K和有机质。有机质采用重铬酸钾-油浴外加热法; 土壤碱解N测定采用碱解扩散法; 土壤速效P测定采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法; 速效K采用 1 mol/L 醋酸铵浸提-火焰分光光度计法。

①基金项目: 国家“948”项目(2011-G30), 山东省中青年科学家奖励基金项目(BS2009NY025)和“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD11B01; 2011BAD11B02)资助。

\* 通讯作者(yjdong@sdau.edu.cn)

作者简介: 王艳华(1984—), 山东东阿人, 女, 硕士研究生, 主要从事土壤生态与植物营养研究。E-mail: mayuzeng07@163.com

## 2 结果分析与讨论

### 2.1 不同坡向坡面土壤养分的空间分异特征

2.1.1 有机质和碱解 N 的空间分异特征 由图 1 可知, 3 个坡面顺坡方向上土壤有机质含量呈波状变化, 除东坡外总的趋势是坡面上部 < 中下部 < 坡脚。这是由于顺坡方向, 中上部坡度大, 侵蚀作用下, 土壤有机质易随水流失, 坡脚坡度小有机质易聚集, 引起整个坡面不同部位有机质含量不同。3 坡度间有机质含

量也有差异, 顺坡距离小于 20 m 时, 有机质含量东坡 > 西坡 > 阳坡; 顺坡距离大于 30 m 时, 有机质含量以西坡 > 阳坡 > 东坡。

由图 2 可见, 东坡和西坡碱解 N 含量明显大于阳坡, 这是因为东坡和西坡种植作物, 人为施入 N 肥使得土壤碱解 N 含量比阳坡高。另外, 3 个坡面自上而下碱解 N 含量呈现出沿顺坡方向逐渐增大的趋势, 速效 N 在坡脚积累, 这与有机质含量在坡脚大于坡顶的结果一致。

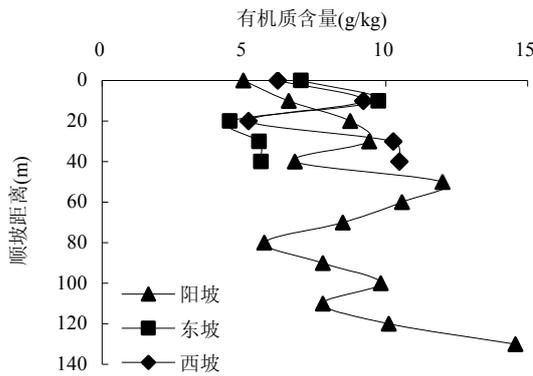


图 1 坡面不同空间部位土壤有机质含量

Fig.1 Organic matter contents in different places of different slopes

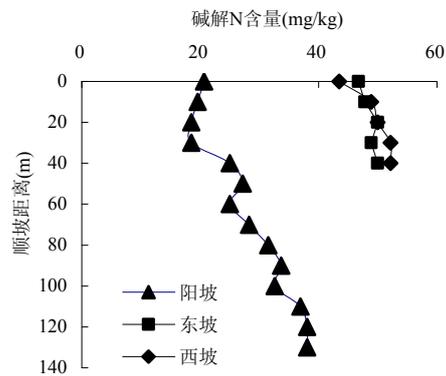


图 2 坡面不同空间部位土壤碱解 N 含量

Fig.2 Available N contents in different places of different slopes

2.1.2 速效 P 的空间分异特征 由图 3 可见, 东坡和西坡速效 P 含量大于阳坡, 这是因为东坡和西坡为农田, 施肥引起耕地表层土壤速效 P 含量高于阳坡。另外, 阳坡整个坡面不同坡位速效 P 含量变化较大, 中下部速效 P 含量最高, 高于坡顶和坡脚。说明 P 在中下部积累, 可能是侵蚀使阳坡表层养分沿坡向下运移并积累所致。

呈现出坡中下部大于坡上部的趋势, 这是因为土壤中 K 离子在径流的作用下随水流失, 在坡面中下部积累。沿顺坡方向 0~30 m 时, 东坡和西坡速效 K 含量大于阳坡; 大于 30 m 时, 东坡和西坡速效 K 含量低于阳坡。这是由于 K 含量还受成土母质的影响, 阳坡受人为活动影响较小, 岩石仍在进行风化, 引起 K 含量较高, 而东坡和西坡受人为影响大, 岩石风化完全, 土壤 K 含量较低。

2.1.3 速效 K 的空间分异特征 由图 4 可见, 总体

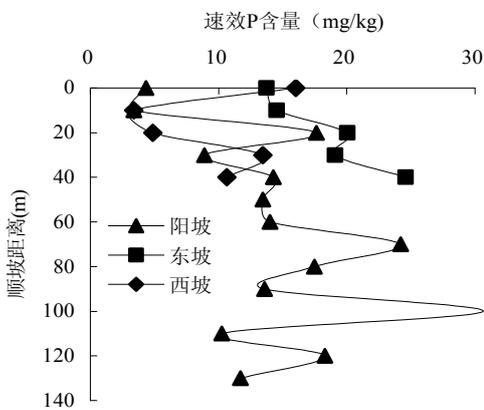


图 3 坡面不同空间部位土壤速效 P 含量

Fig.3 Available P contents in different places of different slopes

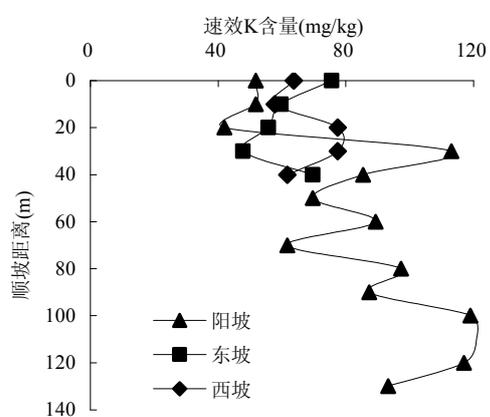


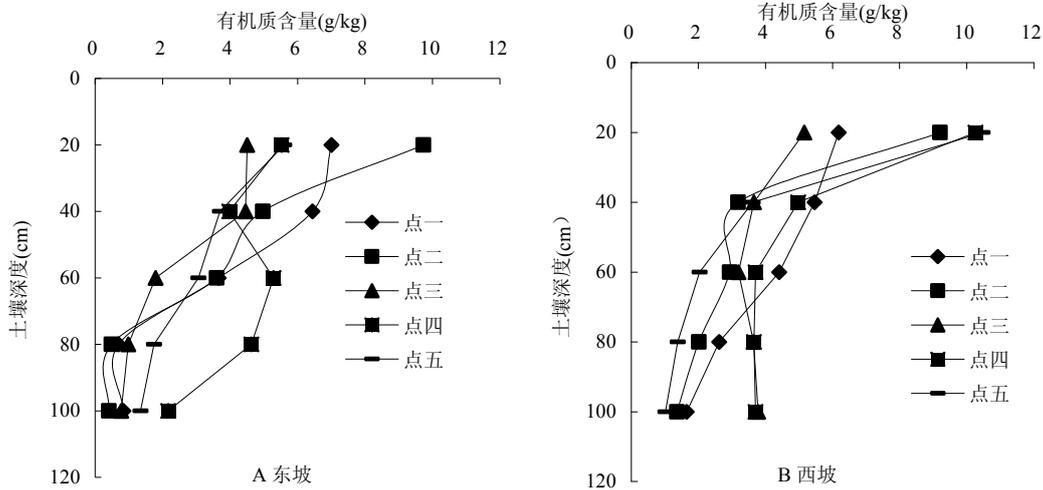
图 4 坡面不同空间部位土壤速效 K 含量

Fig.4 Available K contents sin different places of different slopes

### 2.2 不同坡向坡面上剖面不同层次土壤养分的分异特征

2.2.1 剖面不同层次有机质的分异特征 由图 5 可见，土壤有机质含量随剖面深度的增加而减小。这是因为地表是枯枝落叶等的汇集地，也是施有机肥

的土层，因而土壤有机质在表土中最高，向下逐渐减少。在 0~40 cm 有机质含量呈急剧减小趋势，此深度以下减小速率变缓，说明 0~20 cm 的土层比 20~100 cm 的土层更易获得有机质碳源，这是因为 0~20 cm 为植物根系最主要的聚集区域。



(图中点一 ~ 点五指东西坡向坡面沿纵断面线从坡顶至坡脚，每隔 10 m 布设的土壤剖面采样点，下同。)

图 5 坡面不同空间部位土壤剖面有机质含量

Fig. 5 Organic matter contents in different profiles of different slopes

这因为地表是枯枝落叶等的汇集地，也是施有机肥的土层，因而土壤有机质含量最高，向下逐渐减少。另外，在 0~40 cm 有机质含量呈急剧减小趋势，此深度以下减小速率变缓，这说明 0~20 cm 的土层比 20~100 cm 的土层更易获得有机质碳源，这是因为 0~20 cm 为植物根系最主要的聚集区域。

2.2.2 剖面不同层次碱解 N 的分异特征 由图 6 看出，东坡和西坡，土壤碱解 N 以土壤表层含量最高，随土壤深度的增加含量减少。西坡各点土壤碱解 N 含量高于东坡，这与两个坡面施肥不同有关。东、西两个坡面，坡脚剖面碱解 N 含量高，坡顶剖面碱解 N 含量低，是由于侵蚀差异导致坡顶部土壤 N 素易流失而坡脚 N 素易富集。

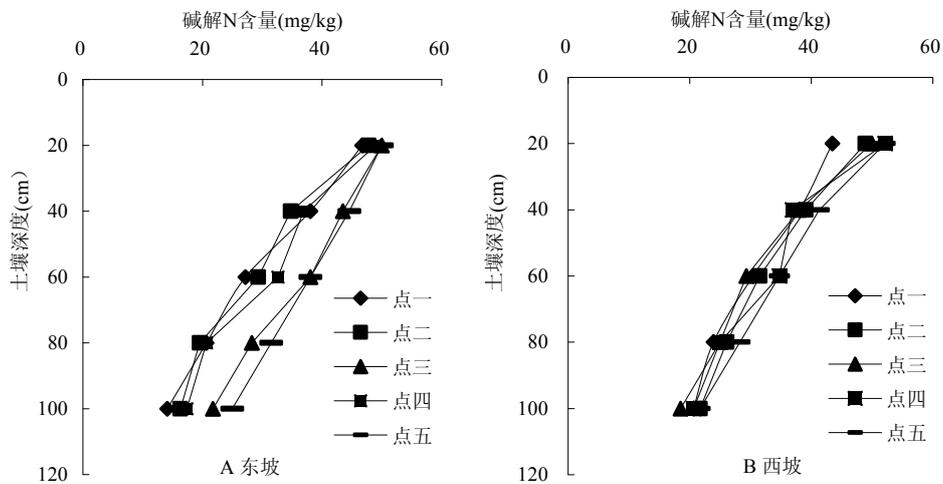


图 6 坡面不同空间部位土壤剖面碱解 N 含量

Fig.6 Available N contents in different profiles of different slopes

2.2.3 剖面不同层次有效 P 的分异特征 图 7 表明, 土壤有效 P 在 0~20 cm 时含量最高, 随后随着土壤深度的增加有效 P 逐渐降低。20~40 cm 土层速效 P 平均

含量比 0~20 cm 速效 P 平均含量降低 60%。这说明土壤 P 素在土壤表层大量累积, 使得 P 素中的有效 P 在土壤表层累积, 导致有效 P 的含量在表层达到了最大值。

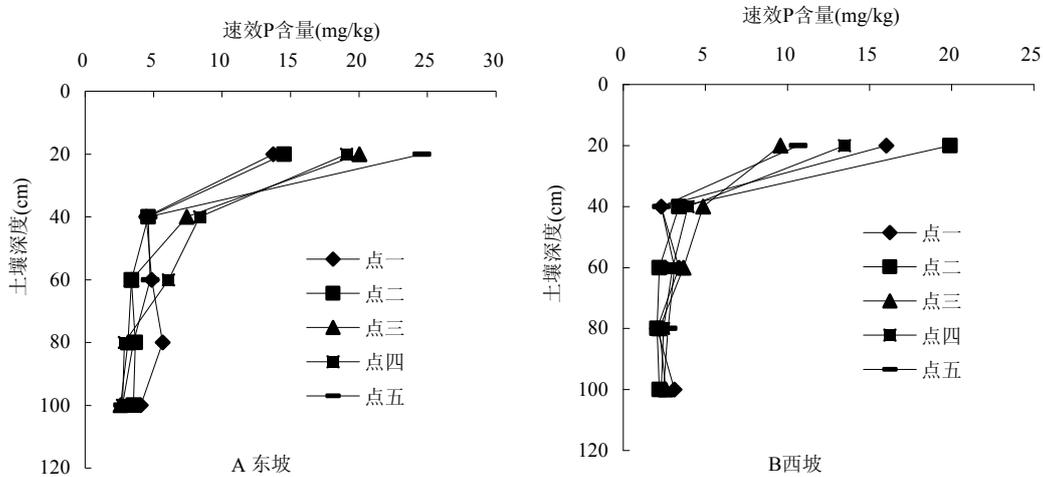


图 7 坡面不同空间部位土壤剖面速效 P 含量

Fig. 7 Available P contents in different profiles of different slopes

2.2.4 剖面不同层次速效 K 的分异特征 由图 8 可以看出, 东坡和西坡土壤速效 K 含量在各层次不同,

其中西坡剖面各层次速效 K 含量要高于东坡, 这可能是东坡和西坡的施肥情况不同引起的。

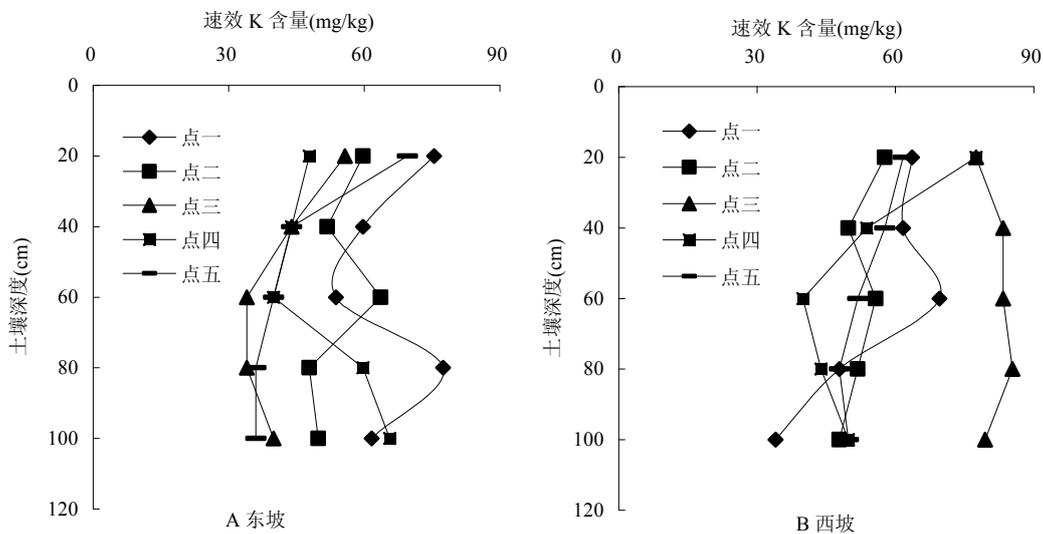


图 8 坡面不同空间部位土壤剖面速效 K 含量

Fig. 8 Available K contents in different profiles of different slopes

其中, 东坡点三和点五, 西坡点二、点四和点五在 0~20 cm 层含量最高, 随着土壤深度的增大速效 K 含量降低, 是由于土壤表层土壤风化作用强有效 K 含量高所致。而在 60 cm 左右的深度回升的原因是由于 K 在土层中较强的淋溶作用所致。另外, 两个坡面沿顺坡方向的 5 个采样点之间, 土壤速效 K 含量差异较

大, 没有规律性, 一方面由于 K 离子在土壤中镶嵌在土壤晶格中, 迁移速度较慢; 另一方面, 作物吸收利用 K 素不同所致。

### 3 结论

(1) 阳坡、东坡和西坡, 有机质含量呈现出, 顺

坡距离小于 20 m 时, 有机质含量按照东坡>西坡>阳坡的顺序递减, 顺坡距离大于 30 m 时, 有机质含量按照西坡>阳坡>东坡的顺序递减; 顺坡方向不同坡位, 土壤有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 含量存在显著差异, 总体趋势是坡面中上部土壤有机质和速效养分含量偏低, 在坡底部养分相对富集。随坡长和坡度的增加, 水土流失加剧, 土壤有机质和速效养分含量降低幅度增加。

(2) 东坡和西坡, 剖面不同层次土壤有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 含量随着土壤深度的增加而降低, 其中有机质在 0~20 cm 平均含量约为 8 g/kg, 在 80~100 cm 处约为 2 g/kg, 碱解 N 在 0~20 cm 平均含量为 50 mg/kg, 在 80~100 cm 处为 20 mg/kg。

#### 参考文献:

- [1] 邱扬, 傅伯杰. 土地持续利用评价的景观生态学基础. 资源科学, 2002, 22(6):1
- [2] 冷疏影, 李秀彬. 土地质量指标体系国际研究的新进展. 地理学报, 1999, 54(1):177
- [3] 孟庆华, 傅伯杰, 邱扬. 黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式的径流及磷流失研究. 自然科学进展, 2002, 12(4): 393
- [4] Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. Soil Science Society of American Journal, 1994, 58: 1 501-1 511
- [5] 李俊波, 华璐, 冯琰. 坡地土壤养分流失研究概况. 土壤通报, 2005, 36(5): 753-759
- [6] 唐克丽, 张仲子, 孔晓玲, 查轩, 史瑞云. 黄土高原水土流失与土壤退化的研究. 水土保持通报, 1987, 18(6):12-18
- [7] 白红英, 唐克丽, 陈文亮, 查轩, 史瑞云. 坡地土壤侵蚀与养分流失过程的研究. 水土保持通报, 1991, 11(3):14-19
- [8] 董广辉, 夏正楷. 土壤侵蚀与土壤肥力. 水土保持研究, 2003, 10(3):80-82
- [9] 彭克明. 农业化学总论. 北京: 中国农业出版社, 2000: 63-76
- [10] 曹钢锋, 张善君, 朱官忠. 山东天气分析与预报. 北京: 气象出版社, 1988: 324
- [11] 张兴昌, 邵明安. 黄土丘陵区小流域土壤氮素流失规律. 地理学报, 2000, 55(5): 617-626
- [12] 张兴昌, 邵明安, 黄占斌. 不同植被对土壤侵蚀和氮素流失的影响. 生态学报, 2000, 20(6): 1 038-1 044

## Spatial Variability Characteristics of Slope Soil Nutrients in Small Watershed of The Middle of Shandong Province

WANG Yan-hua, DONG Yuan-jie, ZHANG Min, QIU Xian-kui, HU Guo-qing

(College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

**Abstract:** In this study, we took three natural slopes (Sunny slope, East slope and West slope) in a small watershed of Shandong Province to explore the spatial variability characteristics of soil nutrients. The results showed that organic matter content was in a trend of East slope> West slope > Sunny slope when the distance was less than 20 m along the slope direction but in a trend of West slope > Sunny slope > East slope when the distance was more than 30 m. Along the slope direction, soil organic matter and available N, P and K contents of the three slopes were different, and were in a general trend of lower in the upper and higher in the bottom of the slopes. Soil organic matter and available N, P and K contents of East slope and West slope decreased as the depth increased. The average content of organic matter was about 8 g/kg at 0-20 cm and about 2 g/kg at 80-100 cm and available N content was 50 mg/kg at 0-20 cm and 20 mg/kg at 80-100 cm.

**Key words:** Small watershed slope, Erosion soil, Nutrients, Spatial variability