

Analysis of Soil Microbial Populations and Enzyme Activity in GeJiu of Yunnan Mining and the Surrounding Areas

Zhang De-gang, Liu Yan-hong, Wang Wei-jiang, Li-he, Zheng Ming-xing

College of Life Science and Technology, University of HongHe, yunnan Mengzi, china

zhangdg2000@163.com

Abstract: By field soil samples were collected and laboratory tests, and to study the soil microbial populations and enzyme activity of GeJiu mining area and the surrounding areas. The results showed that, (1) Overall, in study areas, the soil bacteria, actinomycetes in the dam, agricultural land and waste slag difference between the three different regions was not significant, the study areas showed that, invertase activity > urease > dehydrogenase. The invertase and urease content of agricultural land were significantly higher than the waste slag and tailings dam, which on the heavy metal impact should be less sensitive to the enzymes urease and invertase activity. (2) Mine tailings in different regional soil sampling of bacteria, actinomycetes in the oxide ore tailings dam, sulfide ore tailings dam and the Laochang tailings dam was no significant difference between the soil fungi population Oxide Ore dam sulfide minerals significantly higher than the Laochang tailings dam. Mine tailings in different regional soil sampling invertase, dehydrogenase and urease in the oxidized ore tailings, sulfide ore tailings dam and the Laochang tailings dam significant difference. (3) Which no significant difference of soil sampled from population and agricultural activity in the field of agricultural land around the mining area, factory and plant hillside next to agricultural land. These studies will be provide a reference for ecological restoration for mining and surrounding areas the sustainable use of heavy metal contaminated soil, environmental quality assessment.

Keywords: Mine soil; soil microbes; soil enzyme activity; heavy metal pollution

云南锡矿区及周边土壤微生物种群数量及酶活性分析

张德刚, 刘艳红, 王卫疆, 李河, 郑明兴

红河学院, 云南蒙自, 中国, 661100

【摘要】通过野外土样采集及室内测定, 研究了云南个旧锡多金属矿区及周边地区土壤微生物种群数量和土壤酶活性。结果表明: (1) 总体上看, 研究区域土壤中细菌、放线菌在尾矿坝、农用地和废矿渣三个不同区域之间差异不显著, 研究区域土壤酶活性表现为蔗糖酶 > 脲酶 > 脱氢酶, 农用地蔗糖酶、脲酶含量显著高于废矿渣、尾矿坝, 其中对土壤重金属影响较敏感的酶为脲酶和蔗糖酶。 (2) 矿区尾矿坝不同采样区域土壤中细菌、放线菌在氧化矿尾矿坝、硫化矿尾矿坝和老厂尾矿坝之间差异不显著, 土壤中真菌种群数量氧化矿尾矿坝显著高于硫化矿尾矿坝、老厂尾矿坝。矿区尾矿坝不同采样区域土壤中蔗糖酶、脱氢酶和脲酶在氧化矿尾矿坝氧化矿尾矿坝、硫化矿尾矿坝和老厂尾矿坝之间差异显著。 (3) 矿区周边农用地采样区域农用地土壤微生物种群数量和酶活性, 在农田、厂区山坡地和工厂旁农用地之间差异不显著。这些研究对矿冶周边地区重金属污染土壤的可持续利用及矿区环境的生态修复提供一定的参考。

【关键词】锡矿区; 重金属污染; 土壤; 微生物; 酶活性

1 引言

随着采矿和冶炼业的迅速发展, 工矿区及周边地区

出现了土壤理化性质恶化、生态平衡失调等严重的环境污染问题, 给这些地区的生产、生活带来了危害, 云南锡矿区及周边地区土壤重金属污染严重^[1, 2]。重金属进入土壤后首先对土壤微生物的生理、生化性能及土壤理

资助信息: 云南省教育厅重点科研基金 (09Z0093); 红河学院博硕科研基金 (xss08016)

化性质产生影响,从而影响土壤生态系统结构和功能的稳定性,而且重金属进入环境以后将参与食物链循环并最终在生物体内积累,破坏生物体正常的生理代谢活动危害人体健康^[2]。近年来,有越来越多的证据表明,土壤微生物对重金属的污染要比同一环境中的动物和植物敏感得多,被认为是最有潜力的评价土壤环境质量的指标^[3]。对土壤微生物和微生物过程的重金属污染的研究始于20世纪60~70年代,20世纪80年代以后,这些方面的研究全面展开^[4]。然而,对云南锡矿采矿及冶炼区土壤重金属对土壤微生物量及酶活性的影响尚未见报道。因此,开展典型锡矿区及周边地区土壤中重金属污染状况研究,探讨土壤微生物种群数量及酶活性之间的关系,可为矿冶周边地区重金属污染土壤的可持续利用、土壤环境质量评价及生态修复提供一定参考。

2 材料与方法

2.1 云南个旧锡矿区状况

云南个旧锡矿区位于北纬 $23^{\circ}18'56''\sim 23^{\circ}21'39''$,东经 $103^{\circ}07'28''\sim 103^{\circ}09'14''$,海拔1533~2580m^[5]。是一个超大型以锡为主的多金属矿区,矿区面积1700km²。采、选、冶历史悠久,以锡矿生产驰名中外,称为中国的“锡都”^[6-7]。新中国建立后,累计生产有色金属192万吨,其中锡92万吨,约占全国锡产量的70%以上^[8]。矿山资源经过多年开采,创造了巨大的物质财富,但同时也给矿山及周边环境带来负面影响和危害,矿区环境污染较为严重^[9-10]。

2.2 样品采集及分析

采样区域位于个旧市部分矿区及周边地区,采集样品共有46个,每个样品采5~6个样点混合,采样深度为20cm。土壤混合均匀后按四分法获取1kg左右的样品装入无菌封口塑料袋。将无菌封口塑料袋内的一部分新鲜土壤置于4℃冰箱内保存,供土壤微生物量分析;另一部分土壤置于室内自然风干、碾磨、过筛,供土壤酶活性分析。土壤可培养微生物数量采用培养技术法(稀释平板法),细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基,真菌采用PDA培养基,放线菌采用高氏一号培养基^[11]。土壤脲酶活性测定采用苯酚钠比色法;脱氢酶活性测定采用比色法;蔗糖酶活性测定采用3,5-二硝基水杨酸比色法^[12]。

数据处理与分析采用EXCEL、SPSS(17.0)软件。

3 结果与分析

3.1 云南个旧锡矿区不同采样区域微生物种群数量及酶活性

锡矿区不同采样区域三种微生物种群数量见表1,由表1可以看出,在三个采样区域中细菌种群数量在 $26.93\times 10^6\sim 46.63\times 10^6$ 个之间,真菌数量在 $5.98\times 10^4\sim 23.5\times 10^4$ 个之间,放线菌数量在 $8.75\times 10^5\sim 24\times 10^5$ 个之间。土壤中真菌种群数量废矿渣显著高于尾矿坝,而农用地与尾矿坝、废矿渣之间差异不显著。矿区不同采样区域三种酶活性变化情况见图1,由图1可以看出矿区不同采样区域土壤酶活性:蔗糖酶>脲酶>脱氢酶,农用地中蔗糖酶表现出最高含量达到 $18.53\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,脲酶最高含量为 $0.54\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,脱氢酶最高含量为 $0.09\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,这说明农田中的作物生长对蔗糖酶有一定的影响。经方差分析表明蔗糖酶、脲酶含量农用地显著高于废矿渣和尾矿坝,而废矿渣和尾矿坝之间差异不显著。脱氢酶含量农用地和废矿渣显著高于尾矿坝,而废矿渣与农用地之间差异不显著。

3.2 锡矿区尾矿坝微生物种群数量及酶活性

矿区尾矿坝不同采样区域三种微生物种群数量见表2,由表2可以看出,三种不同采样区域尾矿坝中土壤细菌、真菌和放线菌总的种群总数量为 $18.9\times 10^6\sim 84.5\times 10^6$ 个、 $2.35\times 10^4\sim 16.05\times 10^4$ 个和 $3.5\times 10^5\sim 28\times 10^5$ 个之间。经方差分析结果表明,土壤中真菌种群数量氧化矿尾矿坝显著高于硫化矿尾矿坝、老厂尾矿坝。矿区尾矿坝不同采样区域酶活性变化情况见图2,由图2可以看出矿区尾矿坝土壤酶活性:蔗糖酶>脱氢酶>脲酶,其中老厂尾矿坝三种类型酶活性最高,蔗糖酶含量达到 $5.33\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,脱氢酶含

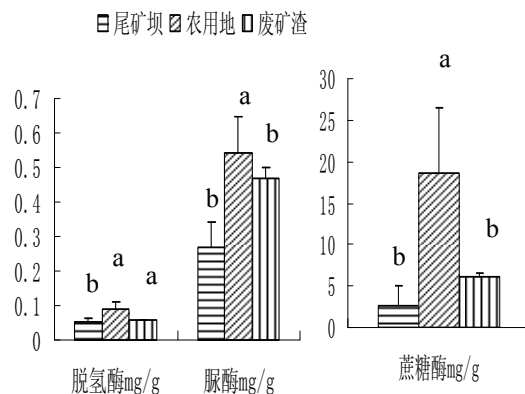


图1. 矿区不同采样区域三种酶活性变化

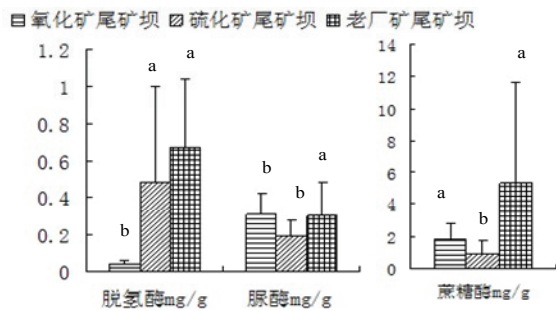


图 2. 矿区尾矿坝采样区域三种酶活性变化图

量达到 $0.67 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，脲酶含量达到 $0.31 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。经方差分析结果表明，蔗糖酶含量老厂尾矿坝和氧化矿尾矿坝显著高于硫化矿尾矿坝，而老厂尾矿坝和氧化矿尾矿坝之间差异不显著。脲酶含量老厂尾矿坝显著高于氧化矿尾矿坝和硫化矿尾矿坝，而氧化矿尾矿坝和硫化矿尾矿坝之间差异不显著。脱氢酶含量老厂尾矿坝和硫化矿尾矿坝显著高于氧化矿尾矿坝，而老厂尾矿坝与硫化矿尾矿坝之间差异不显著。

3.3 锡矿区周边农用地微生物种群数量及酶活性

矿区周边农用地采样区域三种微生物种群数量见表 3，由表 3 可以看出矿区周边农用地土壤细菌、真菌和放线菌种群总数量在 $9.95 \times 10^6 \sim 61 \times 10^6$ 个、 $6 \times 10^4 \sim 25.5 \times 10^4$ 个和 $1.34 \times 10^5 \sim 35.5 \times 10^5$ 个之间。经方差分析结果表明，在三个不同区域之间差异不显著。矿区周边农用地采样区域三种酶活性变化情况见图 3，由图 3 可以看出矿区不同采样区域土壤酶活性：蔗糖酶 > 脲酶 > 脱氢酶，农田中蔗糖酶表现出最高含量达到 $27.19 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，厂区山坡地脲酶最高含量为 $0.66 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ，工厂旁农用地脱氢酶最高含为 $0.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。经方差分析结果表明，农田、厂区山坡地和工厂旁农用地之间差异不显著。

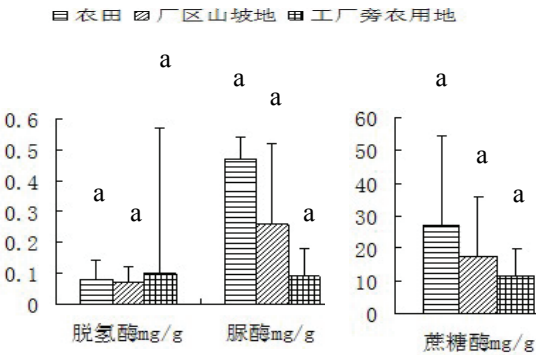


图 3. 矿区周边农用地采样区域三种酶活性变化

4 讨论

姚斌等^[11]认为在受到污染的土壤中细菌数量呈下降趋势，真菌的数量变幅不大，放线菌的数量呈增加趋势，有研究表明在不受污染土壤中细菌、真菌和放线菌种群数量占三类微生物总种群数量平均比例分别为 89 %、5.7% 和 5%^[13]。本试验研究结果可以看出在受到

表 1. 矿区不同采样区域三种微生物种群数

采样区域	统计描述	细菌/ 10^6	真菌/ 10^4	放线菌/ 10^5
尾矿坝	均值	36.73±9.00 a	9.43±4.26 b	15.99±6.30 a
	范围	26.93~46.63	5.98~14.18	8.75~20.33
农用地	均值	28.35±0.67 a	16.69±2.37 ab	17.32±1.14 a
	范围	27.9~29.12	14.6~19.27	16.03~18.17
废矿渣	均值	29.41±2.22 a	20.94±3.62 a	17.71±8.90 a
	范围	27.84~30.98	18.38~23.5	11.41~24

表 2. 矿区尾矿坝不同采样区域三种微生物种群数量

采样区域	统计描述	细菌/ 10^6	真菌/ 10^4	放线菌/ 10^5
氧化矿尾矿坝	均值	26.93±9.90 a	14.18±2.34 a	20.33±7.50 a
	范围	18.9~38	11.5~16.05	13~28
硫化矿尾矿坝	均值	38.64±12.31 a	5.99±4.63 b	18.88±7.44 a
	范围	26.55~49.5	2.35~12.5	9~27
老厂矿尾矿坝	均值	44.62±27.28 a	8.13±1.49 b	8.75±7.53 a
	范围	26.5~84.5	6~9.5	3.5~23

表 3. 矿区周边农用地采样区域三种微生物种群数量

采样区域	统计描述	细菌/ 10^6	真菌/ 10^4	放线菌/ 10^5
农田	均值	28.03±7.78 a	16.17±9.78 a	18.17±1.53 a
	范围	23.1~37	6~25.5	16.5~19.5
厂区山坡地	均值	27.90±7.78 a	19.27±15.66 a	16.02±9.45 a
	范围	9.95~50	7~69	1.34~35.5
工厂旁农用地	均值	29.12±15.31 a	14.62±5.38 a	17.78±7.42 a
	范围	9.55~61.5	6~25.5	6.85~32

污染的土壤中细菌数量呈下降趋势、放线菌数量呈增加趋势，与姚斌等^[11]所研究的结论一致，而真菌的种群数量异常增高，该结果与姚斌等所得出的结论存在差异性。微生物种群变化的原因可能是与各种微生物的内部结构对污染抵抗力有关。矿区土壤中放线菌数

量较高,这可能与地上植物生长茂盛、凋零物含有较多木质化纤维成分,从而刺激了参与难分解物质转化的放线菌数量增加有关^[14]。龙健等^[15]认为脲酶对土壤重金属含量变化响应最为敏感,腾应等^[14]对微生物酶活性认为矿区污染对酶活性表现为抑制作用,以脱氢酶最为敏感。有研究表明在不受污染土壤中脲酶、蔗糖酶和脱氢酶含量分别为 $6.84 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $1.87 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $0.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[16]。而本试验研究矿区及周边土壤发现土壤脲酶、蔗糖酶和脱氢酶含量分别为 $0.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $17.01 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $0.29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。由此可以看出在受到污染的土壤中脲酶呈下降趋势,下降的趋势明显,对受到污染的土壤敏感,该结果与龙健等所研究的结论一致,与腾应等所研究的结果存在差异。土壤重金属污染对土壤酶活性的影响很复杂,尤其是在自然状态下^[16]。所以,关于土壤中哪种酶活性对矿区污染表现的敏感度最强存在争议,对于不同的结论有待进一步探讨。

5 结论

- 1、总体上看,研究区域细菌数量在 $26.93 \times 10^6 \sim 46.63 \times 10^6$ 个之间,真菌数量在 $5.98 \times 10^4 \sim 23.5 \times 10^4$ 个之间,放线菌数量在 $8.75 \times 10^5 \sim 24 \times 10^5$ 个之间。
- 2、研究区域土壤酶活性表现为蔗糖酶 > 脲酶 > 脱氢酶。蔗糖酶、脲酶含量农用地显著高于废矿渣和尾矿坝,而废矿渣和尾矿坝之间差异不显著。脱氢酶含量农用地和废矿渣显著高于尾矿坝,而废矿渣与农用地之间差异不显著。
- 3、矿区尾矿坝不同采样区域土壤细菌、真菌和放线菌总的种群总数量为 $18.9 \times 10^6 \sim 84.5 \times 10^6$ 个、 $2.35 \times 10^4 \sim 16.05 \times 10^4$ 个和 $3.5 \times 10^5 \sim 28 \times 10^5$ 个之间。土壤酶活性:蔗糖酶 > 脱氢酶 > 脲酶。
- 4、矿区周边农用地采样区域土壤细菌、真菌和放线菌总的种群总数量在 $9.95 \times 10^6 \sim 61 \times 10^6$ 个、 $6 \times 10^4 \sim 25.5 \times 10^4$ 个和 $1.34 \times 10^5 \sim 35.5 \times 10^5$ 个之间。土壤酶活性:蔗糖酶 > 脲酶 > 脱氢酶。

References (参考文献)

- [1] Zhang De-gang, Liu Yan-hong, Zhang-hong, et al. Advances in Research on Soil Heavy Metal Pollution in Mine of GeJiu[J]. Metal Mine, 2009, supplement, 807-810.
张德刚, 刘艳红, 张虹, 等. 个旧矿区土壤重金属污染研究进展[J], 金属矿山, 2009, 增刊, 807-810.
- [2] Qiu Cheng-Shu, Zhang Ju-Cheng, Li He. Some Microbial Indicators in a Soil Investigation of Mining Area [J]. Environmental Science & Technology, 2008, 31(7): 18-20.
- [3] Zhang Qin, Zhang hui-wen, Su Zhen-cheng, et al. Effects of Long-term petroleum and heavy metals pollution on the diversity and Community structure of Pseudomonas populations in agricultural soils [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, 18(6): 1491-1497.
张勤, 张慧文, 苏振成, 等. 长期石油和重金属污染对农田土壤假单胞菌种群多样性及结构的影响 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(6): 1491-1497.
- [4] Baath E. Effects of heavy metals in soil on microbial processes and populations (A Review) [J]. Water Air Soil pollution, 1989, 47: 335-379.
- [5] HE Sheng-hui, LUO Xian-hui, SHANG Wei. Suggestion on Treating Environ geologic Problems in Mine Areas in Gejiu. [J]. Environmental Science of Yunnan. 2006, 25(supplement): 94-96.
贺胜辉, 罗显辉, 尚卫. 个旧矿山环境地质问题及治理建议[J]. 云南环境科学, 2006, 25(增刊): 94~96.
- [6] Xia Ji-sheng, Qin De-xian, Yang Shu-hua. et al. Research on Site Selection of Mine Tailings Reservoir Based on GIS [J]. Metal Mine., 2006, 8: 51-54.
夏既胜, 秦德先, 杨树华, 等. 基于 GIS 的矿山尾矿库选址方法研究——以个旧锡矿某矿山为例 [J]. 金属矿山, 2006, 8: 51-54.
- [7] Wang ji. Environmental Pollution Investigation With RS Technique and Ecological Restoration of Tailing Areas in GeJiu Mining [D]. Qing Dao of Shan dong, Shandong University of Science and Technology, 2006.
王洁. 个旧矿区环境污染生态恢复研究 [D]. 山东青岛: 山东科技大学, 2006.
- [8] Tan Shu-chen, Xue Chuan-dong, Wang Xue-kun, et al. Research on Radon Pollution of Mines in Gejiu City [J]. Environmental Science of Yunnan, 1998, 17(4): 73-75.
谈树成, 薛传东, 王学琨, 等. 云南个旧矿山环境氡污染研究 [J]. 云南环境科学, 1998, 17(4): 73-75.
- [9] Tan Shu-cheng, Zhao Xiao-qing. Environmental Problems and Sustainable Development in GeJiu City, YunNan Province [J]. China Population, Resources and Environment. 2000, 10(1): 89-90.
谈树成, 赵筱青. 云南省个旧市的环境问题与可持续发展 [J]. 中国人口、资源与环境, 2000, 10(1): 89-90.
- [10] TAN Shu-cheng, XUE Chuan-dong, ZHAO Xiao-qing, et al. Radioactive Contamination in Earth Environment [J]. Environmental Science of Yunnan, 2001, 20(3): 7-9.
谈树成, 薛传东, 赵筱青, 等. 地球环境中的放射性污染 [J]. 云南环境科学, 2001, 20(3): 7-9.
- [11] YAO Bin, SHANG He, LIU Cheng-zhi, et al. Characteristics of Soil Microbes in Reclaimed Mine Soil of Chai-He Zinc-lead Mine Wasteland [J]. Forest Research, 2006, 19(3): 400-403.
姚斌, 尚鹤, 刘成志, 等. 废弃柴河铅锌矿区土壤微生物特征调查研究 [J]. 林业科学研究, 2006, 19(3): 400-403.
- [12] Shen ping, Cheng xiang-dong. Microbiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006: 29-34.
沈平, 陈向东. 微生物学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 29-34.
- [13] LONG Jian, HUANG Chang-Yong, TENG Ying, et al. Preliminary study on soil microbes and soil biochemical activities in mining wasteland [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(3): 497-500.

- 龙健,黄昌勇,腾应,等.矿区废弃地土壤微生物及其生生活活性[J].生态学报,2003,23(3):497-500.
- [14] TENG Ying, LUO Yong-ming, LI Zhen-gao. Kinetics characters of soil urease, acid phosphatase and dehydrogenase activities in soil contaminated with mixed heavy metals[J].China Environmental Science,2008,28(2):147-152.
- 腾应,骆永明,李振高.土壤重金属复合污染对脲酶、磷酸酶及脱氢酶的影响[J].中国环境科学,2008,28(2):147-152.
- [15] Long Jian, Chang-Yong Huang, Ying Teng, et al. Heavy metal pollution in mine reclamation soil microbial biomass and enzyme activities [J]. Ecological Agriculture in China, 2003, 22(1):60-63.
- 龙健,黄昌勇,腾应,等.矿区重金属污染对土壤环境质量微生物学指标的影响[J].农业环境科学报,2003,22(1):60-63.
- [16] ZHOU Li-kai. Soil Enzymology[M].Beijing: Science Press,1986.
- 周礼恺.土壤酶学[M].北京:科学出版社,1986.