

锰尾矿污染土壤上植物群落地上部分生物量及其细根的变化

向言词¹, 彭秀花¹, 何 艳¹, 陈永义²

(1. 湖南科技大学生命科学学院, 湖南 湘潭 411201; 2. 湖南省湘潭市第一中学, 湖南 湘潭)

摘 要: 通过野外采样调查, 分析了湖南湘潭锰矿区内锰尾矿污染土壤以及其上生长的植物群落地上部分生物量、细根的变化。结果表明, 锰尾矿污染土壤中的含水量、pH 值和 Mn 含量都有季节变化; 在这种土壤上生长的植物群落地上部分生物量在夏季和秋季较高, 春季和冬季较低, 其年平均值为 $67.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 该群落地下细根生物量的年平均值为 $50.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, 而活细根和死细根生物量年平均值分别为 33.4 和 $16.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$; 活细根和死细根中 Mn 含量年平均值分别为 604.9 和 $319.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

关键词: Mn; 生物量; 细根

中图分类号: X53 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 – 2043(2005)02 – 0337 – 03

Alteration of Biomass and Fine Roots of Several Plants in Soil Polluted by Manganese

XIANG Yan-ci¹, PENG Xiu-hua¹, HE Yan¹, CHEN Yong-yi²

(1. School of Life Sciences, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China; 2. Number 1 Middle School of Xiangtan City)

Abstract: Remediation of sites contaminated by toxic metals is a particularly challenge. As organic compounds, heavy metals are not degraded, and cleanup usually requires their removal therefore, removing process often employs stringent physicochemical agents which may dramatically inhibit soil fertility with subsequent negatively impacts on the ecosystem. Therefore, new technology with environmentally friendly and low – cost processes is urgently required. Phytoremediation has been proposed as a cost – effective, environmental – friendly alternatively technology. Phytoremediation is an emerging innovative technology that utilizes high plants to transport and concentrate pollutants (metals and organics) from contaminated soil into the harvestable parts of plants. The success application of a phytoremediation process depends on many factors including contaminated – site soil properties, the extent of soil contamination, metal availability for uptake into roots (bioavailability), plant root systems, adequate plant yield and high metal concentration in plant shoots. A survey of soils and above – ground biomass, fine roots of plant community on the soil polluted by manganese mine tailings in Xiangtan city was conducted by field experiment. Four $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ experimental plots were established in the manganese mine tailings zone. Soil and plant samples were collected from these plots every season in 2003. We measured soil water contents, pH, Mn contents, fine root and above – ground biomass. We have found that the water contents, pH and Mn concentrations of the polluted soil changed with season by season. The mean annual biomasses of above – ground and fine roots of plant community were 67.3 and $50.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively. The mean annual biomass of living fine roots and dead fine roots were 33.4 and $16.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$, respectively. The mean annual Mn concentrations in living fine roots and dead fine roots were 604.9 and $319.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively.

Keywords: manganese; biomass; fine root; change

土壤重金属污染是一个全球性的棘手问题, 这对人类的健康会造成严重的危害。应用植物修复对重金属污染土壤的治理是一个廉价而且有效的方法。植物修复重金属污染土壤是同植物特性相关的, 如植物根系的变化和植物生物量的大小对重金属的吸收积累影响很大。在细根的研究中, 只见到森林群落细根的研究报道^[1~4], 而对重金属污染区植物群落细根的研究未见到有关报道。本文就镉尾矿污染土壤上植物群落地上部分生物量和细根的变化作了研究。

1 材料与方法

1.1 土壤与植物样品的采集

湘潭镉矿位于湖南省湘潭市北郊, 该地属于典型的亚热带大陆性气候, 温暖、湿润、四季分明, 年均温度为 17.4℃, 年均降雨量 1431.4 mm。镉矿从 1913 年开采至今, 矿区内污染土壤上植被状况极差^[5]。

采样地点选在尾矿坝区, 设置 4 个固定的样地, 每个样地的面积为 10 m × 10 m, 每个样地再分成 25 个 2 m × 2 m 的小样方。在 2003 年每个季度采样 1 次 (具体时间为 2003 年 3 月 15 日、6 月 16 日、9 月 15 日和 12 月 13 日), 每个季度只在其中 1 个样地中采样, 方法如下:

(1) 根钻采样法, 用内径 5 cm 的土钻在每个小样方上钻取土芯 1 个, 深度为 50 cm, 取回的土样在水中浸泡 24 h, 然后用 1 mm 网筛冲洗, 检出直径 ≤ 2 mm 的根系 (即细根); 依据根的外形、颜色、弹性区分死活根。根系风干 1 d 后, 称鲜重, 并取一定量的根在 80℃ 下烘干至恒重, 计算干重率, 并将样品全部换算成干重。另外用同样的土钻取土样 25 个 (深度为 50 cm), 用小塑料袋封装带回实验室用于测定土壤含水量、pH 值和 Mn 含量。

(2) 在同一块样地上, 在每个小样方上取土样后, 采割小样方中所有植物的地上部分, 称量并记录植物地上部分的鲜重, 称取一部分带回, 在 80℃ 下烘干至恒重, 计算干重率, 并将样品全部换算成干重, 然后计算植物群落的生物量。

1.2 土壤 pH 值用电位法测定

样品水溶后直接在酸度计上测定; 土壤的含水量用烘干法测定 (在 105℃ 下烘干至恒重); Mn 元素含量用干灰化法和原子吸收分光光度法测定。所有数据都在 Excel-2000 上处理, 并用单因素方差法进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量、pH 值和 Mn 含量的变化

土壤含水量在春季和冬季较低, 分别为 10.3% 和 7.0%, 而在夏季和秋季较高, 分别为 16.2% 和 13.0%, 见图 1。

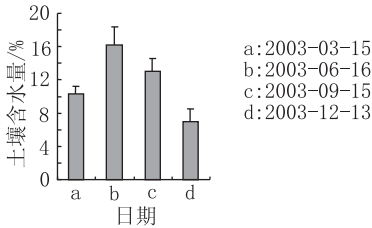


图 1 土壤含水量的变化

Figure 1 Changes in water contents for the studied soils

土壤 pH 值在春季和冬季分别为 7.69 和 7.83, 显著地高于夏季和秋季 (两者分别为 7.05 和 7.12) ($P < 0.05$), 见图 2。

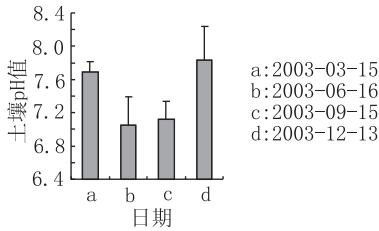


图 2 土壤 pH 值的变化

Figure 2 Changes of pH values for the studied soils

土壤中 Mn 含量在春季和冬季较高, 而在夏季和秋季较低, 这可能是夏季和秋季降雨多, 土壤中部分 Mn 随水流失, 春季和冬季雨水少, 流失的 Mn 较少。镉尾矿污染土壤中的 Mn 含量的年平均值为 90 098.5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 见图 3。

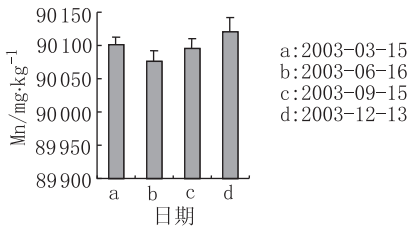


图 3 土壤中 Mn 含量的变化

Figure 3 Changes Mn contents for the studied soils

2.2 植物群落地上部分生物量的变化

从图 4 可以看出, 植物群落地上部分生物量在春季、夏季、秋季和冬季分别为 38.9、86.7、90.4 和 53.1 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$, 年平均值为 67.3 $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。

2.3 植物群落细根生物量的变化

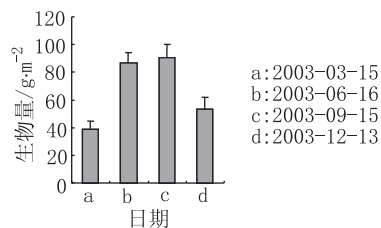


图 4 植物群落地上部分生物量的变化

Figure 4 Changes in aboveground biomass of the selected plants

植物群落活细根生物量在夏季和秋季较高,分别为 41.5 和 $37.9 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,而在春季和冬季较低,分别为 23.3 和 $30.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,活细根的生物量季节变化较大;而死细根生物量在春季、夏季、秋季和冬季分别为 14.9 、 16.1 、 17.4 和 $18.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,死细根生物量的季节变化幅度不如活细根的变化大。每个季节活细根的生物量显著大于死细根的生物量 ($P < 0.05$)。

森林群落中的细根生物量则多数在 $100 \sim 1\,000 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 之间^[6],而 Mn 污染土壤上的植物群落的活细根生物量年平均值为 $33.4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,死细根生物量年平均值为 $16.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,两者年平均值之和为 $50.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,比森林群落中的细根生物量小得多,这主要是 Mn 污染土壤上的植物群落物种结构简单,多数是草本植物,木本植物少,而且草本植物的根系分解快,见图 5。

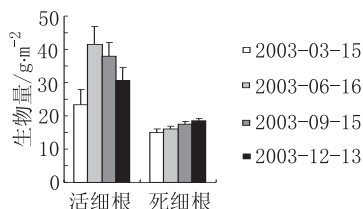


图 5 植物群落细根生物量的变化

Figure 5 Changes of the fine root biomass of plants

2.4 细根中的 Mn 含量的变化

从图 6 中可以看出,植物活细根中 Mn 含量在夏季最高,为 $706.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,秋季次之 ($683.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),而在冬季最少,为 $498.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,活细根中的 Mn 含量季节变化较大,这同植物的生命活动可能有关,在夏季和秋季,土壤的温度较高,土壤水分含量较大,植物根系的生命活动强,能量供应充分,有利于植物吸收土壤中的各种元素,而冬季和春季土壤温度较低,水分含量较少,根系活力弱,根系吸收矿质元素的能力弱。死细根中的 Mn 元素含量在冬季和春季较

高,而在夏季和秋季较低,这可能同死细根在夏季和秋季分解快和这两个季节雨水多淋溶快有关。在同一个季节中,死细根中 Mn 含量显著小于活细根中的 Mn 含量,这主要是死细根部分组织被分解,造成这些残体中 Mn 的流失。

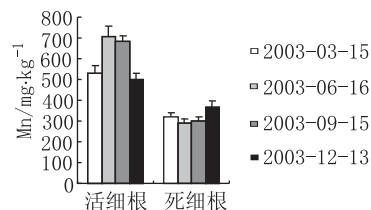


图 6 细根中 Mn 含量的变化

Figure 6 Changes of Mn contents in fine root of the plants

活细根中 Mn 含量的年平均值为 $604.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,死细根中 Mn 含量的年平均值为 $319.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,无论活细根还是死细根,其中 Mn 含量的年平均值都远远低于锰尾矿污染土壤。

3 结论

锰尾矿污染土壤中的含水量、pH 值和 Mn 含量都有季节变化;在这种土壤上生长的植物群落地上部分生物量在夏季和秋季较高,春季和冬季较低,其年平均值为 $67.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;该群落地下细根生物量的年平均值为 $50.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,而活细根和死细根生物量年平均值分别为 33.4 和 $16.7 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;活细根和死细根中 Mn 含量年平均值分别为 604.9 和 $319.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,两者的 Mn 含量都远远低于土壤中的 Mn 含量。

参考文献:

- [1] 黄建辉,韩兴国,陈灵芝. 森林生态系统根系生物量研究进展[J]. 生态学报,1999,19(2):270-277.
- [2] 廖利平,高洪,于军,韩士杰. 人工混交林中杉木、桉木和刺楸细根养分迁移的初步研究[J]. 应用生态学报,2000,11(2):161-164.
- [3] 杨玉盛,陈光水,林鹏,等. 格氏栲天然林与人工林细根生物量、季节动态及净生产力[J]. 生态学报,2003,23(9):1719-1730.
- [4] 朱慧,洪伟,吴承祯,等. 天然更新的榉木林根系生物量的研究[J]. 植物资源与环境学报,2003,12(3):31-35.
- [5] 张慧智,刘云国,黄宝荣,等. 锰矿尾渣污染土壤上植物受重金属污染状况调查[J]. 生态学杂志,2004,3(1):11-13.
- [6] 张小全,吴可红. 森林细根生产与周转研究[J]. 林业科学,2001,37(3):126-138.