

重金属污染土壤的植物-微生物-土壤改良的联合修复技术研究

研究生：刘卫敏；导师：王春梅副教授



研究背景

在矿山开采和加工过程中，对矿区周围环境造成严重危害，Cu、Zn、Pb、Cd、Mn、As、Hg、Ni等重金属污染对自然生态环境、农业生产产生了严重污染，并通过食物链危及人类健康。矿山的修复还处于起始阶段。迫切需要开发快速、有效、持久的新型重金属污染废弃矿山的修复技术。

研究内容

该文以北京市万庄金矿废弃矿区土壤为研究对象，通过盆栽实验：

- 施用不同比例的污泥堆肥对矿区污染土壤修复效果研究
- 微生物（氧化亚铁硫杆菌）对矿区污染土壤修复效果研究
- 植物修复-微生物-土壤改良的联合修复对矿区污染土壤修复效果研究

研究方法



图1采样区域图

实验设计

表1 盆栽实验一

编号	各处理添加成分
对照组CK	100 %矿区土壤+0 %污泥堆肥
10%	90 %矿区土壤+10 %污泥堆肥
20%	80 %矿区土壤+20 %污泥堆肥
30%	70 %矿区土壤+30 %污泥堆肥
40%	60 %矿区土壤+40 %污泥堆肥
50%	50 %矿区土壤+50 %污泥堆肥

表2 盆栽实验二

编号	各处理添加成分
对照组CK	100%矿区土壤+0 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
15mL	100%矿区土壤+15 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
30mL	100%矿区土壤+30 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
45mL	100%矿区土壤+45 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
60mL	100%矿区土壤+60 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
75mL	100%矿区土壤+75 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O

表3 盆栽实验三

编号	各处理添加成分
对照CK	100%矿区土壤+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
B1	90%矿区土壤+10%污泥堆肥+15 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
B2	80%矿区土壤+20%污泥堆肥+30 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
B3	70%矿区土壤+30%污泥堆肥+45 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
B4	60%矿区土壤+40%污泥堆肥+60 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O
B5	50%矿区土壤+50%污泥堆肥+75 mL菌液+15 g FeSO ₄ 7H ₂ O

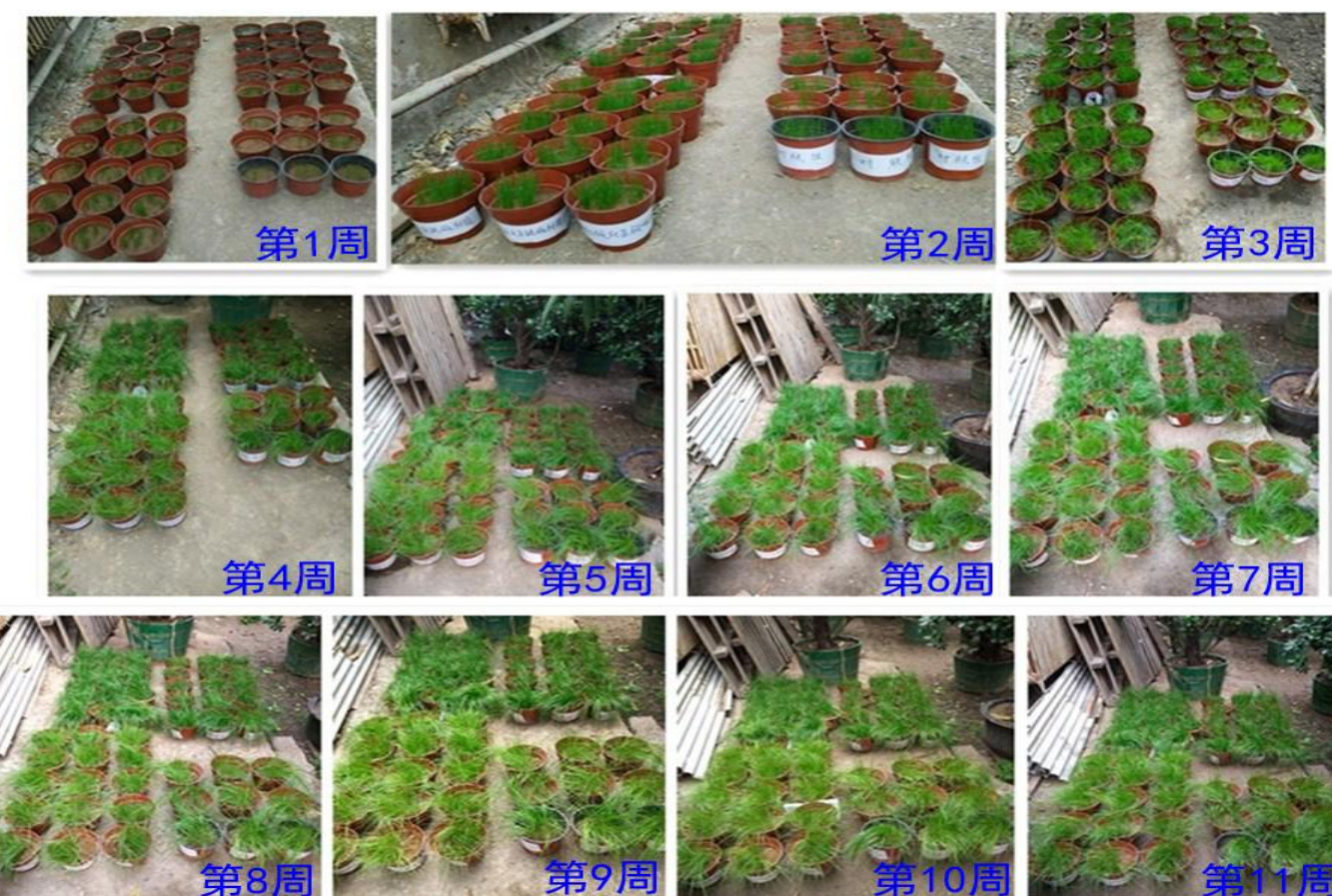


图2盆栽实验现场图

研究结果

污泥堆肥对矿区土壤修复效果的影响

污泥堆肥显著促进了黑麦草的生长（图3），地上部分、地下部分的生物量均在30%污泥堆肥处理下达到最大值，与对照相比，地上部分、地下部分的生物量分别增加了20.52%和405.75%、97.14%。过量污泥堆肥会抑制黑麦草的生长。

从图4可知，种植黑麦草后，不同处理下的土壤中Cu、Zn、Cd和Pb含量出现了不同程度的减少。土壤中Cu和Pb的去除率均在30%污泥堆肥处理时去除率最大，而Zn和Cd分别在10%和40%污泥堆肥处理时去除率最大

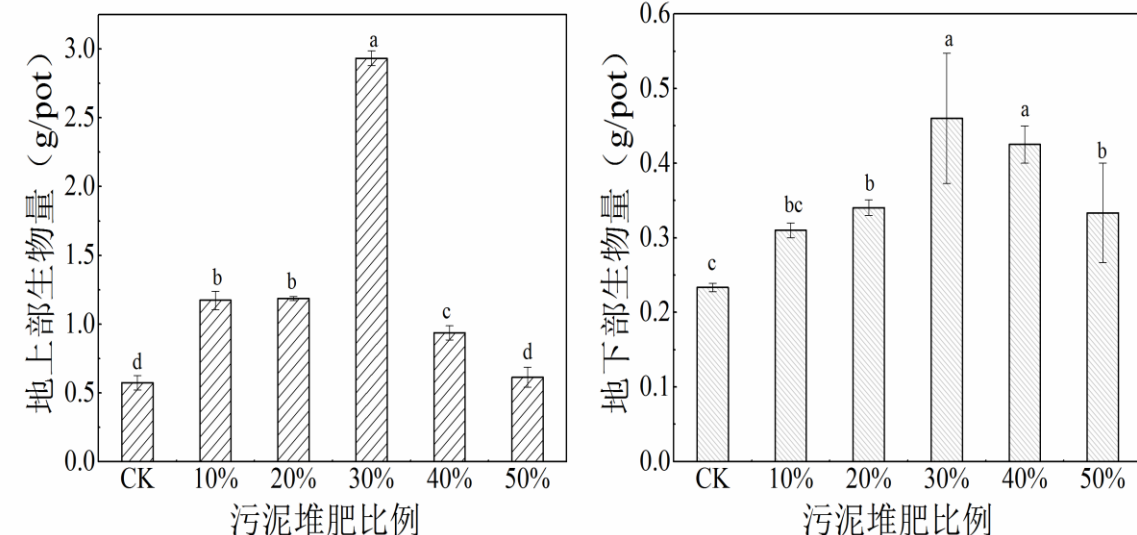


图3 不同施用污泥堆肥比例下的黑麦草的生物量

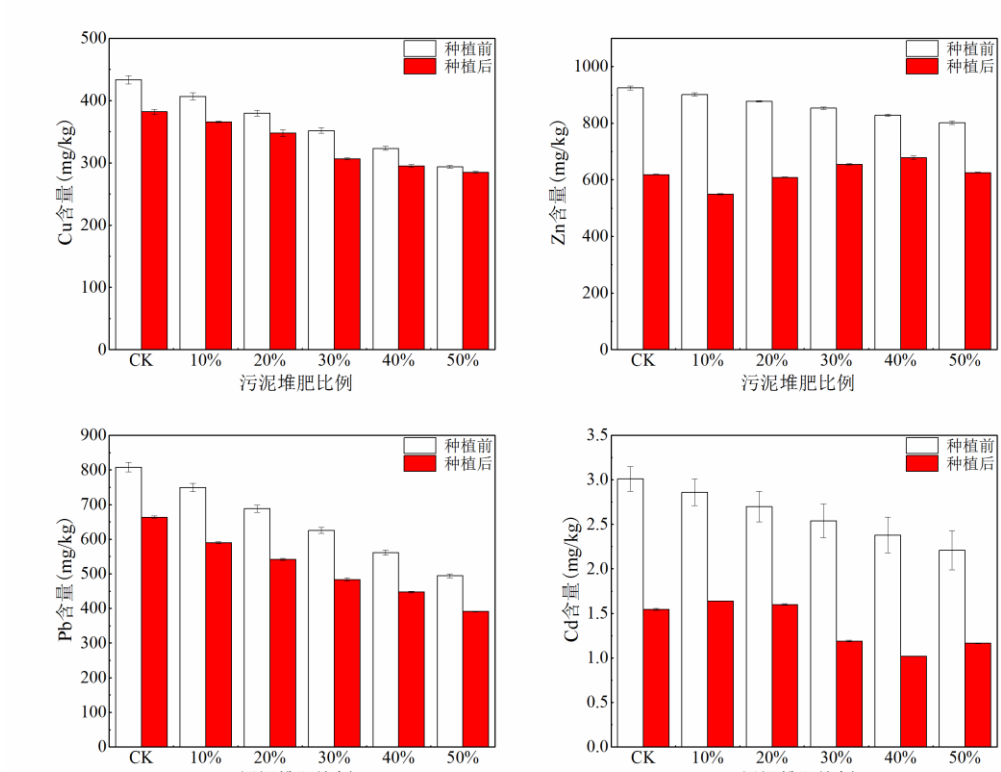


图4不同施用污泥堆肥比例下种植黑麦草对Cu、Zn、Pb和Cd含量的影响

氧化亚铁硫杆菌强化黑麦草对矿区土壤修复效果的影响

从图5可知，不同用量的菌液促进了黑麦草对土壤中Cu、Zn、Cd和Pb的富集吸收。黑麦草地上部分对四种重金属的富集能力大小顺序为Cu>Zn>Cd>Pb，而地下部分富集能力大小顺序为Cd>Cu>Pb>Zn。黑麦草体内Zn的转运系数大于1，其他重金属均小于1（图6）。

从图7中可知，种植黑麦草后，土壤中的Cu、Zn、Cd和Pb含量在30 mL菌液、60 mL菌液、30 mL菌液和45 mL处理时去除率最大。综合以上结果，添加30 mL~45 mL菌液对黑麦草修复土壤重金属效果较好

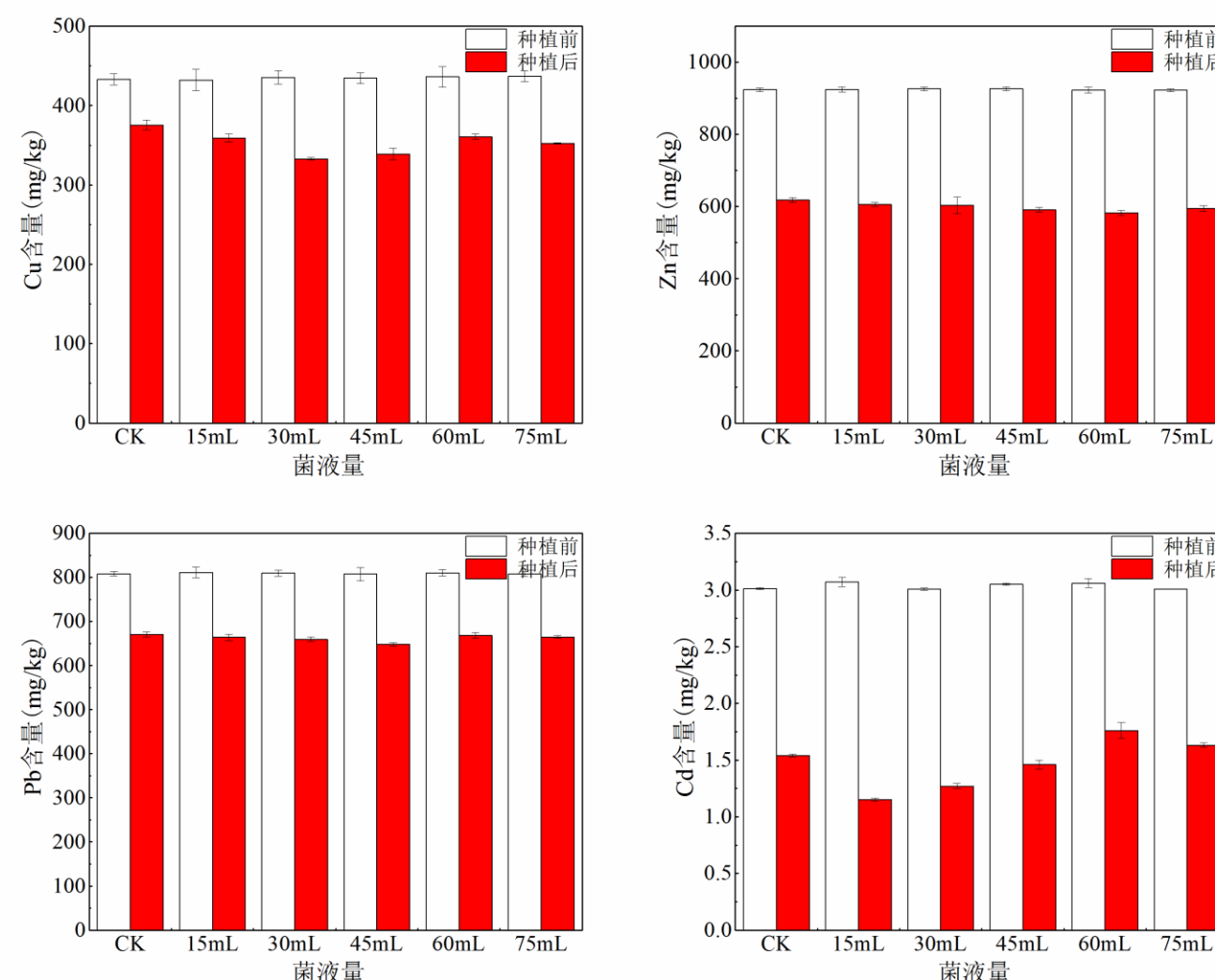


图7加菌处理下种植黑麦草对Cu、Zn、Pb和Cd含量的影响

联合修复对矿区土壤修复效果的影响

从图8中可以看出氧化亚铁硫杆菌菌液和污泥堆肥的同时添加，显著促进了黑麦草的生长，在B1处理（10%污泥堆肥，15 mL菌液）下生物量达最大值。

从图9中可知，种植黑麦草后，土壤中的Cu、Zn、Pb和Cd的含量都有不同程度的减少，分别在30%污泥堆肥和45mL菌液处理、10%污泥堆肥和15 mL菌液处理、40%污泥堆肥和60 mL菌液处理、15 mL菌液和10%污泥堆肥处理时去除效果最好，去除率分别为35.5%、33.68%、59.55%和22.59%

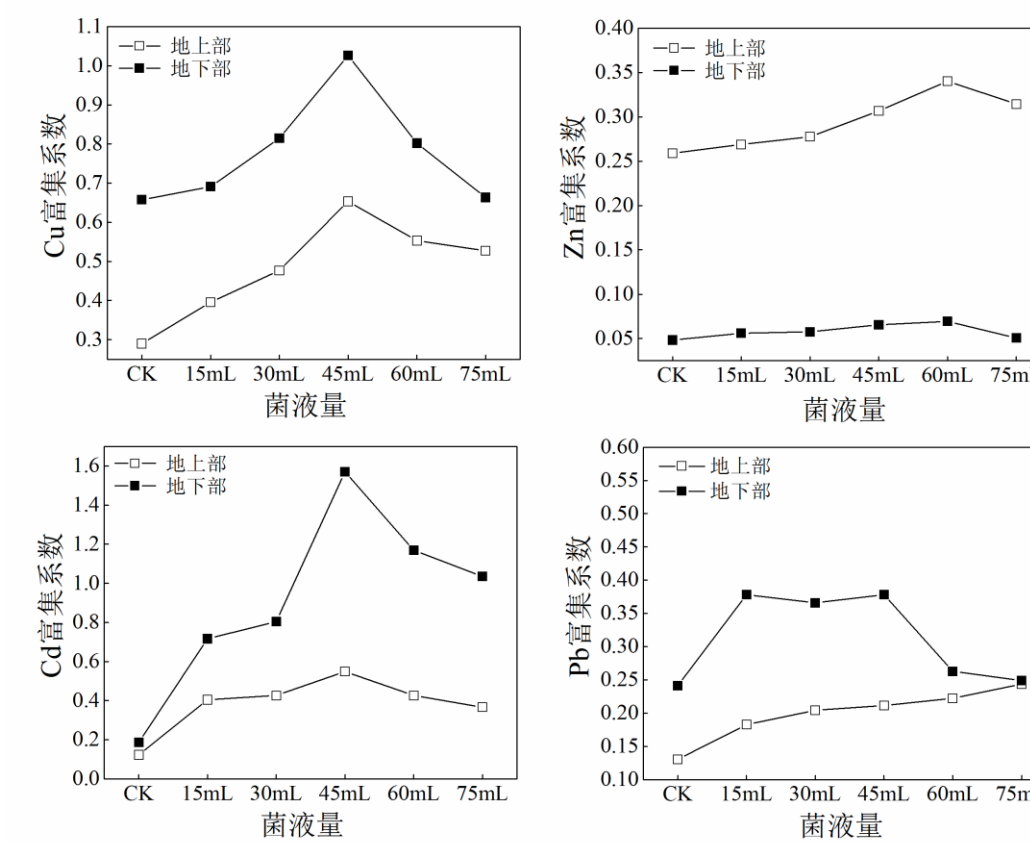


图5加菌处理下Cu、Zn、Cd和Pb的富集系数

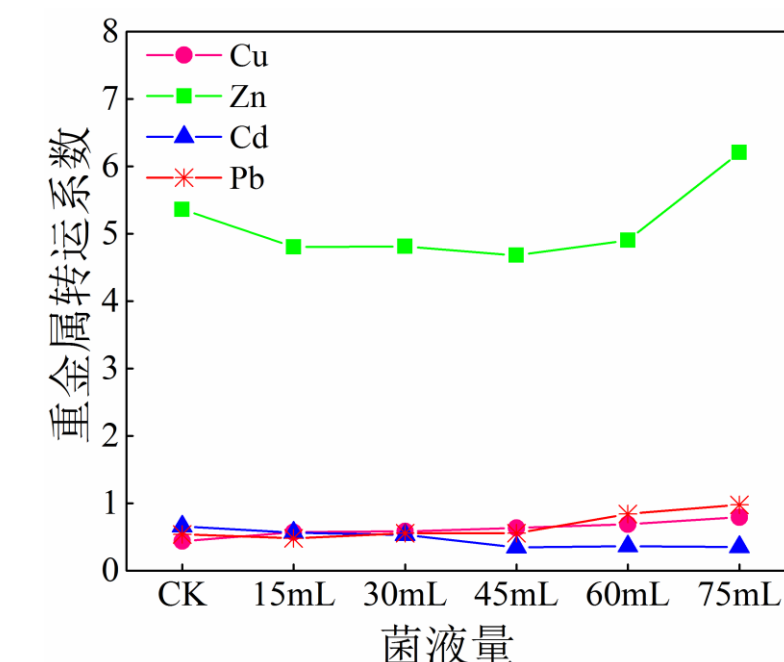


图6加菌处理下Cu、Zn、Cd和Pb的转运系数

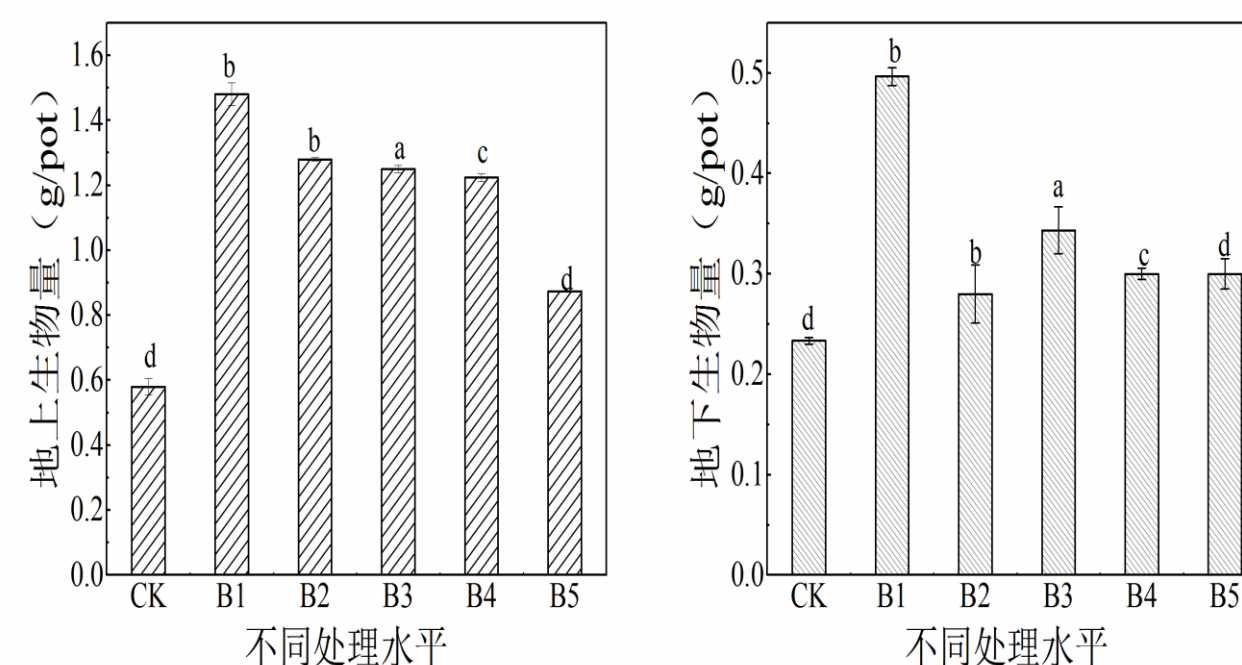


图7加菌处理下种植黑麦草对Cu、Zn、Pb和Cd含量的影响

图8不同处理下黑麦草的生物量
CK、B1、B2、B3、B4、B5分别表示添加0 mL菌液和0%污泥堆肥（对照）、15 mL菌液和10%污泥堆肥、30 mL菌液和20%污泥堆肥、45 mL菌液和30%污泥堆肥、60 mL菌液和40%污泥堆肥、75 mL菌液和50%污泥堆肥，下同

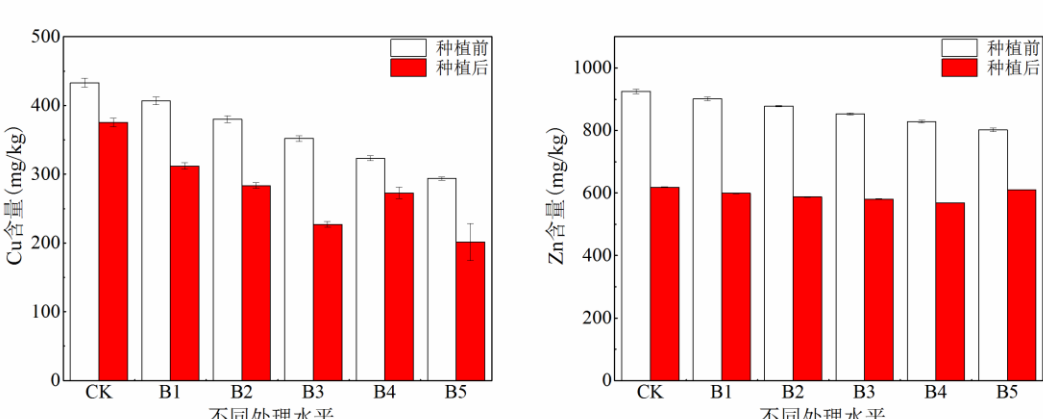


图9不同处理下种植黑麦草对Cu、Zn、Pb和Cd含量的影响

研究结论

- 污泥堆肥作为土壤改良剂显著促进了黑麦草的生长，生物量在30%污泥堆肥处理时达到最大值。土壤中的Cu、Zn、Cd和Pb含量分别在30%、10%、40%污泥堆肥和30%处理时去除率最大。综合考虑，污泥堆肥作为矿区土壤改良剂，30%是最佳比例。
- 不同量的菌液增大了黑麦草对重金属的吸收，种植黑麦草后，土壤中的Cu、Zn、Cd和Pb含量在30 mL菌液、60 mL菌液、30 mL菌液和45 mL菌液处理时去除率最大。综合以上结果，添加30 mL~45 mL菌液对黑麦草修复土壤重金属效果较好
- 氧化亚铁硫杆菌和污泥堆肥的同时添加，明显促进了黑麦草的生长，在10%污泥堆肥和15 mL菌液处理下不仅生物量达最大，土壤中的Zn和Pb去除率也达最大值分别为33.68%和22.59%；而Cu、Cd的去除率分别在30%污泥堆肥和45mL菌液处理、40%污泥堆肥和60 mL菌液处理达最大：35.48%、59.55%

课题来源：中央高校基本科研业务费

取得的主要研究成果：

刘卫敏，王春梅.施用污泥堆肥对黑麦草吸收Zn、Cd和Pb的影响.第八届全国河湖治理与水生态文明发展论坛论文集[C].2016；