

改良剂对土壤锌铬及养分有效性的影响

仲崇府¹, 张青松¹, 林立金², 辉建春¹, 朱雪梅¹

(1. 四川农业大学 资源与环境学院, 四川 雅安 625014; 2. 雅安水土保持生态环境监测分站, 四川 雅安 625000)

摘 要: 选用 5 种不同类型的改良剂, 对锌铬复合污染的土壤进行试验, 分析了不同改良剂对土壤养分及重金属有效态含量的影响。结果表明: 各改良剂的施入均改变了土壤 pH, 其中, 过磷酸钙、麦秆及油菜秆降低了土壤 pH 值, 石灰及兔粪提高了土壤 pH 值。5 种改良剂均显著降低了土壤中的锌、铬有效态含量, 其中, 麦秆(高浓度)处理的土壤有效态锌含量最低, 为 20.00 mg/kg, 较对照降低了 53.25%; 石灰(高浓度)处理的土壤有效态铬含量最低, 为 3.18 mg/kg, 较对照降低了 60.15%。除过磷酸钙和石灰降低了土壤速效钾含量之外, 各改良剂处理均显著提高了土壤速效氮、磷、钾含量, 其中, 兔粪(高浓度)处理的土壤碱解氮含量最大, 为 124.56 mg/kg, 比对照提高了 41.51%; 过磷酸钙(高浓度)处理的土壤速效磷含量最大, 为 42 mg/kg, 较对照提高了 133.33%; 麦秆(高浓度)处理的土壤速效钾含量最大, 为 211.56 mg/kg, 较对照提高了 136.88%。

关键词: 改良剂; 锌铬复合污染; 土壤养分; 有效性

中图分类号: S156.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0233-04

Effects of Modifiers on Zinc, Chromium and Nutrient Availabilities in Soil

ZHONG Chong-fu¹, ZHANG Qing-song¹, LIN Li-jin², HUI Jian-chun¹, ZHU Xue-mei¹

(1. College of Resources and Environment, Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China;

2. Ya'an Soil and Water Conservation Monitoring Substation, Ya'an, Sichuan 625000, China)

Abstract: Five different types of modifiers were applied in compound pollution of zinc and chromium soil to analyze the effects of modifiers on zinc, chromium and nutrient availabilities in soil. Five modifiers changed the soil pH. Superphosphate, wheat straw and rape straw decreased soil pH, and lime and rabbit manure increased soil pH. Five modifiers significantly decreased the available zinc and chromium contents in soil. The lowest available zinc content (20.00 mg/kg) appeared in the wheat straw (high concentration) treatment, which decreased by 53.25% compared with CK, and the lowest available chromium content (3.18 mg/kg) appeared in the lime (high concentration) treatment by 60.15% compared with CK. All modifiers significantly increased the soil available phosphorus, potassium and alkaline hydrolyzed nitrogen contents, except that superphosphate and lime decreased available potassium content. The maximum alkaline hydrolyzed nitrogen (124.56 mg/kg) appeared in the rabbit manure (high concentration) treatment, which increased by 41.51% compared with the CK. The maximum available phosphorus (42 mg/kg) appeared in the superphosphate (high concentration) treatment, increased by 133.33% compared with the CK, and the maximum available potassium (211.56 mg/kg) appeared in the wheat straw (high concentration) treatment, increased by 136.88% compared with the CK.

Key words: modifier; compound pollution of zinc and chromium; soil nutrient; availability

随着采矿、冶炼、制造等工业的快速发展, 农药、化肥的不合理施用及生活污水的大量排放, 使得土壤的重金属污染日趋严重, 严重限制了土地生产力的发展^[1-2]。因此, 对土壤重金属污染状况及修复技术的研究显得尤为重要^[3-5]。目前, 关于土壤重金属污染治理

的研究报道很多, 主要包括物理修复、生物修复、改良剂修复等^[6-10]。其中, 改良剂在一定程度上能够起到松土、保湿、改良土壤理化性状等方面的作用使得其成为修复重金属污染土壤的重要措施之一^[11-12]。尤其最近几年, 高效低用量改良剂的出现, 使用方法的

收稿日期: 2010-05-07

资助项目: 四川省科技厅 2008 年科技支撑计划项目(2008FZ0180)

作者简介: 仲崇府(1987-)男, 江苏赣榆人, 在读研究生, 主要从事生态恢复以及环境变迁方面的研究。E-mail: zhongchongfu@126.com

通信作者: 朱雪梅(1963-)女, 四川仁寿人, 教授, 主要从事污染生态及水土保持研究。E-mail: zhuhroad@163.com

不断改进和成本的逐渐降低,使改良剂在大田的普遍使用成为可能,而且该项技术易于推广、见效快,越来越具有广阔的应用前景^[13-14]。鉴于此,本研究选用 5 种不同类型改良剂对铬锌复合污染的土壤进行改良试验,探讨改良剂对土壤锌、铬及养分有效性的影响,以期为土壤重金属修复及作物种植研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为紫色土,质地为中壤。其基本理化性质如下:土壤 pH 值 6.57,有机质含量 23.45 g/kg,全氮含量 1.859 g/kg,全磷含量 0.813 g/kg,全钾含量 16.571 g/kg,碱解氮含量 73.96 mg/kg,速效磷含量 22.50 mg/kg,速效钾含量 99.67 mg/kg,全锌含量 51.87 mg/kg,全铬含量 25.49 mg/kg,有效态锌含量 4.77 mg/kg,有效态铬含量 0.82 mg/kg。

1.2 供试重金属

供试重金属为锌和铬,以 $ZnCl_2$ 和 $CrCl_3 \cdot 6H_2O$ 分析纯溶液的形式,按国家土壤环境质量(GB15618-1995)二级标准加入(水田, pH 值为 6.5~7.5),即锌为 250 mg/kg,铬为 300 mg/kg。

1.3 试验设计

供试改良剂为:过磷酸钙(锌含量为 7.76 mg/kg,铬未检测出,全磷及有效磷含量分别为 158 g/kg 和 95.6 g/kg)、石灰(锌含量为 5.22 mg/kg,铬未检测出)、麦秆(锌含量为 29.66 mg/kg,铬未检测出,氮含量 4.2 g/kg、磷含量 0.9 g/kg、钾含量 12.5 g/kg)、兔粪(锌含量为 31.71 mg/kg,铬未检测出,氮含量 23 g/kg、磷含量 23 g/kg、钾含量 8 g/kg)、油菜秆(锌含量为 26.57 mg/kg,铬未检测出,氮含量 4.6 g/kg、磷含量 0.6 g/kg、钾含量 17.6 g/kg),其中麦秆和油菜秆先进行粉碎,过 18 目筛后施用,每种改良剂设高浓度和低浓度 2 个施用水平。浓度设定为:过磷酸钙(低浓度 4 g/kg、高浓度 8 g/kg)、石灰(低浓度 0.5 g/kg、高浓度 1 g/kg)、麦秆、兔粪、油菜秆(低浓度 5 g/kg、高浓度 10 g/kg)。用 25 cm×20 cm 塑料桶装入过 5 mm 筛的风干土 6.5 kg,按风干土重加入各处理浓度的锌、铬溶液,混匀。淹水 4 周后施入改良剂,再淹水平衡 4 周后(土壤淹水期间的环境平均温度为 15.5℃)进行土壤样品取样(0-5 cm),测定土壤 pH、土壤碱解氮、速效磷、速效钾及土壤锌、铬有效态含量,每个处理重复 12 次。土壤理化性质均采用常规方法测定^[15]。土壤锌、铬有效态含量采用原子吸收分光光度法测定^[15]。

1.4 数据处理

用 Excel 作图,用 DPS 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 改良剂对土壤 pH 的影响

各改良剂处理均不同程度引起了土壤 pH 的变化(表 1),其中石灰(高、低)和兔粪(高、低)4 个处理提高了土壤 pH 值;而麦秆(高、低)处理、油菜秆(高、低)处理和过磷酸钙(高、低)处理的土壤 pH 值较对照均有所降低。从处理间差异来看,仅过磷酸钙处理和石灰处理土壤 pH 值与对照间差异达显著水平($0.01 < P < 0.05$)。

表 1 改良剂对土壤 pH 值的影响

改良剂类型	高浓度	低浓度
对照	6.07cde	6.07cde
过磷酸钙	5.38g	5.69f
石灰	6.82a	6.19bc
麦秆	5.93e	5.97e
兔粪	6.23b	6.15bcd
油菜秆	5.98e	6.01de

注:表中的小写字母表示 $P=0.05$ 的差异水平,字母相同表示差异不显著,下同。

2.2 改良剂对土壤锌、铬有效态含量的影响

2.2.1 改良剂对土壤锌有效态含量的影响 从图 1 可以看出,与对照相比,5 种改良剂均显著降低了土壤有效态锌的含量($0.01 < P < 0.05$),在同一改良剂处理下,土壤有效态锌含量均为低浓度处理>高浓度处理。各改良剂处理对土壤有效态锌含量降低幅度的大小顺序为:麦秆>油菜秆>过磷酸钙>石灰>兔粪。其中,麦秆(高浓度)处理的土壤有效态锌含量最低,为 20.00 mg/kg,较对照降低了 53.25%;而兔粪(低浓度)处理的土壤有效态锌含量最高,为 28.35 mg/kg,较对照降低了 33.74%。

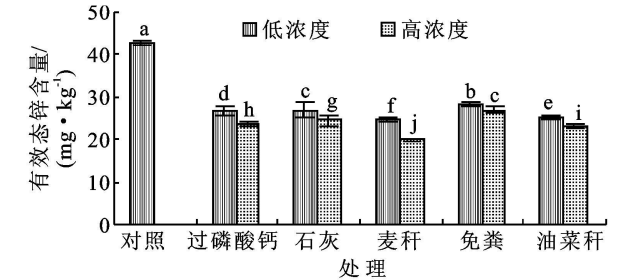


图 1 改良剂对土壤有效态锌含量的影响

2.2.2 改良剂对土壤铬有效态含量的影响 从图 2 可以看出,与对照相比,5 种改良剂均显著降低了土壤有效态铬的含量($0.01 < P < 0.05$),在同一改良剂处理下,土壤有效态铬含量均为低浓度处理>高浓度处理。各改良剂处理对土壤有效态铬含量降低幅度的大小顺序为:石灰>麦秆>油菜秆>过磷酸钙>兔粪。其中,石灰(高浓度)处理的土壤有效态铬含量最低,为 3.18 mg/kg,较对照降低了 60.15%;而

兔粪(低浓度)处理的土壤有效态铬含量最高,为 5.84 mg/kg, 较对照降低了 26.79%。

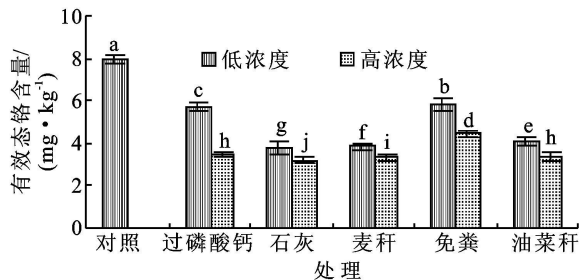


图 2 改良剂对土壤有效态铬含量的影响

2.3 改良剂对土壤养分速效态含量的影响

2.3.1 改良剂对土壤碱解氮含量的影响 从图 3 可以看出,施加改良剂后提高了土壤碱解氮的含量。在同一改良剂处理下,除石灰处理的土壤碱解氮含量为低浓度处理>高浓度处理外,其它的 4 种改良剂均为高浓度处理>低浓度处理。5 种改良剂处理对土壤碱解氮含量的提高效果的排序为:兔粪>油菜秆>麦秆>过磷酸钙>石灰。其中,兔粪(高浓度)处理的土壤碱解氮含量值最大,达到 124.56 mg/kg,较对照提高了 41.51%;石灰(高浓度)处理的土壤碱解氮含量最小,仅为 89.48 mg/kg,较对照只提高了 1.66%。从处理间差异看,除麦秆和油菜秆之外,各高浓度处理间的土壤碱解氮含量差异均达到显著水平($0.01 < P < 0.05$)。

2.3.2 改良剂对土壤速效磷含量的影响 从图 4 可以看出,施加改良剂后提高了土壤速效磷的含量。在同一改良剂处理下,土壤速效磷含量均为高浓度处理>低浓度处理。5 种改良剂土壤速效磷含量的提高效果排序为:过磷酸钙>兔粪>油菜秆>麦秆>石灰,其中,过磷酸钙(高浓度)处理对土壤速效磷含量提高效果最好,达到 42 mg/kg,较对照提高了 133.33%;石灰(低浓度)处理对土壤速效磷含量的提高效果较最差,仅为 24 mg/kg,较对照提高了 33.33%。从处理间差异看,除麦秆和油菜秆之外,各高浓度处理间的土壤速效磷含量差异均达到显著水平($0.01 < P < 0.05$)。

2.3.3 改良剂对土壤速效钾含量的影响 从图 5 可以看出,与对照相比,过磷酸钙和石灰的高、低浓度处理均不同程度降低了土壤速效钾含量,降低范围为:7.26%~35.69%,其土壤速效钾含量大小排序为:过磷酸钙(高浓度)>过磷酸钙(低浓度)>石灰(高浓度)>石灰(低浓度);而其它改良剂高、低浓度处理均不同程度的提高了土壤速效钾含量,提高范围为:11.14%~136.88%,其土壤速效钾含量大小排序为:麦秆(高浓度)>油菜(高浓度)>油菜(低浓度)>麦秆(低浓度)>兔粪(高浓度)>兔粪(低浓度)。从总

体上看,土壤速效钾含量大小排序为:油菜秆>麦秆>兔粪>过磷酸钙>石灰。麦秆(高浓度)处理土壤速效钾含量为 211.56 mg/kg(最大值),较对照提高了 136.88%;而石灰(低浓度)处理土壤速效钾含量为 57.43 mg/kg(最小值),较对照降低了 35.69%。从处理间差异看,各处理间的土壤速效钾含量差异均达到显著水平($0.01 < P < 0.05$)。

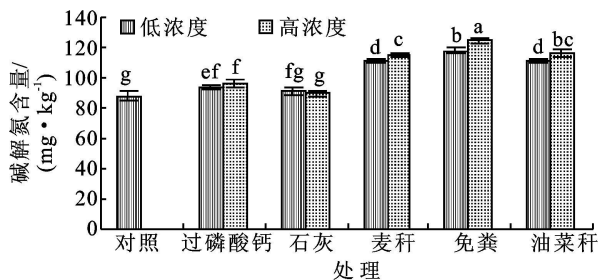


图 3 改良剂对土壤碱解氮含量的影响

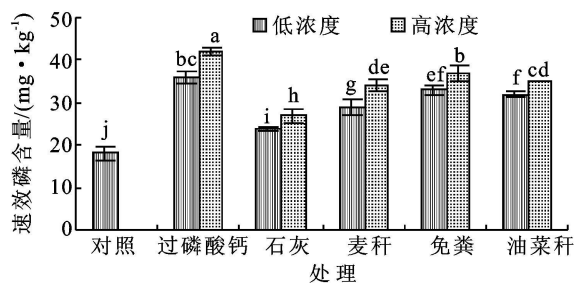


图 4 改良剂对土壤速效磷含量的影响

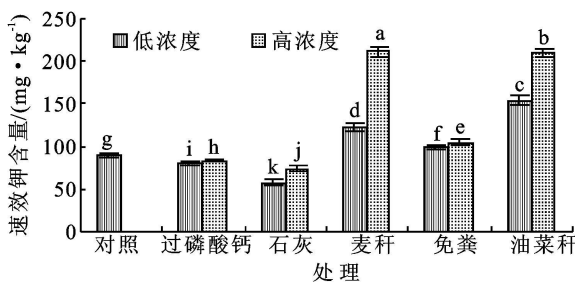


图 5 改良剂对土壤速效钾含量的影响

3 讨论

研究表明^[16-19]:石灰对重金属污染土壤改良效果的好坏主要取决于其对土壤 pH 值的影响程度。石灰是碱性无机物,过磷酸钙是酸性无机物,两者施入土壤后可直接提高或降低土壤 pH 值。麦秆和油菜秆为未腐熟有机质,在分解初期会释放大量的有机酸和 CO₂,从而引起土壤 pH 值降低,而兔粪为腐熟有机质,分解过程中释放的酸性物质较少,且可产生较多的 NH₄⁺,从而引起土壤 pH 值升高。研究表明:过磷酸钙、麦秆及油菜秆降低了土壤 pH 值,石灰及兔粪提高了土壤 pH 值。这与前人的研究结果相一致。同时,5 种改良剂处理均显著降低了土壤中锌、铬的有效态含量,其中对土壤锌有效态含量降低效果顺序

为:麦秆> 油菜秆> 过磷酸钙> 石灰> 兔粪;对土壤铬有效态含量降低效果顺序为:石灰> 麦秆> 油菜秆> 过磷酸钙> 兔粪。这与改良剂的理化性质、组成成份密切相关。5 种改良剂均明显提高了土壤碱解氮和速效磷的含量,其中麦秆、油菜秆和兔粪对土壤碱解氮提高幅度优于石灰和过磷酸钙。而过磷酸钙处理和石灰处理降低了土壤速效钾含量,麦秆处理、油菜秆处理和兔粪处理提高了土壤速效钾含量。这表明,与对锌、铬有效性的降低作用不同,5 种改良剂对土壤养分(氮、磷、钾)有效性的影响并不是单纯的提高或降低,而是针对不同养分元素的作用不同,这就可能直接影响到水田作物根系及植株能否平衡吸收和利用各种养分元素,进而影响产量。

参考文献:

[1] 陈义群,董元华.土壤改良剂的研究与应用进展[J].生态环境,2008,17(3):1282-1289.
[2] 陈同斌.重金属对土壤的污染[J].金属世界,1999(3):10-11.
[3] 高永恒,孙吉雄,王有国,等.土壤改良剂对草坪床土理化性质的影响[J].草原与草坪,2004(2):34-36.
[4] 张黎明,邓万刚.土壤改良剂的研究与应用现状[J].华南热带农业大学学报,2005,11(2):32-34.
[5] 许晓平,汪有科,冯浩,等.土壤改良剂改土培肥增产效应研究综述[J].中国农学通报,2007,23(9):331-334.
[6] 崔德杰,张玉龙.土壤重金属污染现状与修复技术研究进展[J].土壤通报,2004,35(3):432-437.
[7] 胡克伟,关连珠.改良剂原位修复重金属污染土壤研究进展[J].中国土壤与肥料,2007,21(4):443-446.
[8] Gworek B. Use of synthetic zeolites of 3A and 5A type

for lead immobilization in anthropogenic soils[J]. Polish Journal of Soil Science, 1992,25(1):35-39.
[9] Gworek B. Lead inactivation in soils by zeolites[J]. Plant and Soil, 1992,143(1):71-74.
[10] Garcia-Sanchez A, Alastuey A, Uerol X. Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils[J]. The Science of the Total Environment, 1999,24(2):179-188.
[11] 胡钟胜,章钢娅,王广志,等.改良剂对烟草吸收土壤中镉铅影响的研究[J].土壤学报,2006,43(2):233-239.
[12] 邢世和,熊德中,周碧青,等.不同土壤改良剂对土壤生化性质与烤烟产量的影响[J].土壤通报,2005,36(1):72-75.
[13] Rogoz A. The content and uptake of some micronutrient and heavy metals in sunflowers and maize depending on the dose of lime[J]. Zeszyty Problemowe Nauk Rolniczych, 1996,434(1):213-218.
[14] 丁凌云,蓝崇钰.不同改良剂对重金属污染农田水稻产量和重金属吸收的影响[J].生态环境,2006,15(6):1204-1208.
[15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.
[16] 陈英旭,朱祖祥,何增耀.土壤中铬的有效性与污染生态效应[J].生态学报,1995,15(1):55-57.
[17] 王凯荣,张玉烛,胡荣桂.不同土壤改良剂对降低重金属污染土壤上水稻糙米铅镉含量的作用[J].农业环境科学学报,2007,26(2):476-481.
[18] 孙健,铁柏清,周浩,等.不同改良剂对铅锌尾矿污染土壤中灯心草生长及重金属积累特性的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(3):637-643.
[19] 邹晓霞,陕红,陈磊,等.秸秆和猪粪施用对樱桃萝卜的效果比较及对土壤性状的影响[J].中国农学通报,2009,25(5):165-172.

(上接第 232 页)

参考文献:

[1] Nilsson C, Berggren K. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation[J]. Bioscience, 2000,50(9):783-793.
[2] Bruggeman A S, Mostaghimi S, Holtzman G I, et al. Monitoring pesticide and nitrate in Virginia's groundwater-A pilot study[J]. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers, 1995,38(3):797-807.
[3] Franklin J F. Scientific basis for new perspectives in forests and streams[M]// Naiman R J. Watershed Management, Balancing Sustainability and Environmental Change. New York: Springer-Verlag, 1992.
[4] 吕斌,刘丽君.长春市伊通河生态型护岸的应用分析[J].吉林水利,2009,3(3):39-40.
[5] 李小平,张利权.土壤生物工程在河道坡岸生物修复中应用与效果[J].应用生态学报,2006,17(9):1705-1710.
[6] 刘瑛,高甲荣,张金瑞,等.扦插-抛石联合技术的构建

与应用[J].水利水电科技进展,2009(8):47-50.
[7] Fischenich J C. Effects of riprap on riverine and riparian ecosystems[R]. Washington D C: Army Engineer Research and Development Center, 2003.
[8] 侯俊.生态型河道构建原理及应用技术研究[D].南京:河海大学,2005.
[9] 陈仲颐,周景星,王洪瑾.土力学[M].北京:清华大学出版社,1992:178-180.
[10] 王库.植物根系对土壤抗侵蚀能力的影响[J].土壤与环境,2001,10(3):250-252.
[11] 陈士银,黄月琼,吴雪彪.湿地松林根系对土壤抗侵蚀能力影响的研究[J].西南农业大学学报,2000,22(5):468-471.
[12] 张祖荣.植物根系提高土壤抗侵蚀能力的初步研究[J].渝西学院学报:自然科学版,2002,15(1):34-35.
[13] 杨喜田,董惠英,黄玉荣.黄土地区高速公路边坡稳定性的研究[J].水土保持学报,2000,14(1):77-81.
[14] 陈红星,李法虎.土壤含水率与土壤碱度对土壤抗剪强度的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):21-25.