

植被混凝土基材微生物活性对不同水泥含量的响应

吴彬¹, 夏振尧², 赵娟³, 杨悦舒⁴, 李铭怡², 许文年²

(1. 三峡大学 生物与制药学院, 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学 三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心, 湖北 宜昌 443002; 3. 安琪酵母股份有限公司, 湖北 宜昌 443003; 4. 三峡大学 土木与建筑学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要:以常用护坡草本生长下的植被混凝土基材作为研究对象,选择脲酶、转化酶、碱性磷酸酶、微生物量碳、微生物量氮做为因子,对样地土壤生物活性指数(SBAI)做了综合计算,研究了不同水泥含量对植被混凝土基材生物活性的影响。结果表明,水泥的添加会降低基材生物活性,低水泥浓度样地土壤生物活性指数相对较高;相同水泥含量梯度下,对照样地比狗牙根样地、紫花苜蓿样地的土壤生物活性指数低。植物在一定程度上能够改善土壤生物的活性水平。

关键词:植被混凝土基材; 水泥含量; 土壤生物活性指数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0006-04

中图分类号: S153.6

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.002

Responses of Microbial Activities in Vegetation—Concrete Substrate to Different Cement Contents

WU Bin¹, XIA Zhen-yao², ZHAO Juan³, YANG Yue-shu⁴, LI Ming-yi², XU Wen-nian²

(1. College of Biology and Pharmacy, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China; 2. Collaborative Innovation Center for Geo-Hazards and Eco-Environment in Three Gorges Area, Yichang, Hubei 443002, China; 3. Angel Yeast Co., Ltd, Yichang, Hubei 443003, China; 4. College of Civil Engineering and Architecture, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China)

Abstract: Impacts of cement content on soil biological activities in vegetation-concrete substrate are discussed. By taking vegetation-concrete substrate covered by common revetment herb as the study object, the soil biological activity index(SBAI) is calculated based on experimental data of urease, invertase, alkaline phosphatase, microbial biomass carbon and microbial biomass nitrogen. Results indicate that adding cement can reduce soil biological activities and the SBAI was at a higher level with low cement content. Under the same gradient of cement content, the SBAI of unmanaged samples is obviously lower than managed samples covered by *Cynodon dactylon* and *Medicago sativa* L., which shows that plants can improve the level of soil biological activities to a certain extent.

Keywords: vegetation—concrete substrate; cement content; soil biological activity index

植被混凝土生态防护技术(CBS)是一种效果较好的边坡生态防护技术,它将边坡防护与坡面的植被恢复相结合起来,实现了生态修复与边坡防护的有机结合,解决了传统的工程护坡技术不能解决的基础建设与生态环境结合的重大难题^[1]。植被混凝土生态基材是把水泥、土、有机质物质、植被混凝土绿化添加剂、混合植物种子(混合撒播狗牙根、黑麦草、高羊茅等草种)、水按一定的组成比例均匀混合而成^[2]。水泥是配制植被混凝土基材时不可或缺的交联剂,其对

混凝土基材的结构稳定及防止侵蚀意义重大,但水泥在水化时会使植被混凝土基材呈强碱性,对植被混凝土基材产生较长期的不良影响,因而不利于植被群落的恢复与重建。

土壤基材中的生物种类、数量、活性与土壤质量有着密切的关系,尤其是土壤微生物和土壤酶活性,影响着植被的生长发育。有人利用土壤微生物及其活性作为反映土壤质量变化的生物学指标^[3],因此,对植被混凝土基材中水泥含量与基材微生物活性进

收稿日期:2013-06-03

修回日期:2013-08-03

资助项目:国家自然科学基金项目“植被混凝土生态防护基材微生物活性的变化机制与增强方法的研究”(51278281);国家自然科学基金项目“三峡库区紫色土的植物根系加固效应与机制研究”(41202250);三峡大学硕士论文培优基金项目(2013PY074)

作者简介:吴彬(1986—),男(赫哲族),黑龙江省同江市人,硕士,研究方向为边坡防护和生态修复技术。E-mail:wb_hb@126.com。

通信作者:夏振尧(1981—),男(汉族),湖北省武汉市人,博士,副教授,主要从事边坡生态防护方面的研究。E-mail:xzy_yc@126.com。

行研究具有重要的意义。本文以常用护坡草本生长下的植被混凝土基材作为研究对象,选择脲酶、转化酶、碱性磷酸酶、微生物量碳、微生物量氮做为因子,对样地土壤生物活性指数(SBAI)做了综合计算,对确定植被混凝土基材中水泥的最佳含量、指导优质生态型植被混凝土基材研发,具有重要的意义。

1 材料和方法

试验材料有土、水泥、有机质、植被混凝土绿化添加剂和水。土样选取三峡大学翠亭山某位置表土(0—20 cm),土壤类型为黄棕壤,碱性土,其天然含水率为24%,天然密度为1.78 g/cm³,干密度为2.64 g/cm³。水泥为P 0.325普通硅酸盐水泥,干密度为3.10 g/cm³;有机质采用锯末,烘干后天然密度为0.43 g/cm³。植被混凝土绿化添加剂为三峡大学绿野环保工程有限公司生产的专利产品LY—2型混凝土绿化添加剂,水为自来水。

试验样地设置在湖北省宜昌市三峡大学的翠屏山上,样地分7大块,尺寸皆为0.9 m×1 m,水泥的加量分别为0%,2%,4%,6%,8%,10%,12%。每块样地再均分为0.3 m×1 m的3小块,分别单播狗牙根和紫花苜蓿,中间的一块为空白对照。先将挖回的土样风干,用铁锹碾碎过1 cm筛,然后按照植被混凝土基材的配方加入一定量的有机质和添加剂等物质,搅拌均匀后分层平铺到划定的地块上(四周用挡板围起固定),每铺厚约3 cm土层后用喷壶将土样充分润湿,当土层总厚度约大于10 cm时完成铺土。草种的播种密度采用常用的草坪建植单播密度,分别为狗牙根10 g/m²,紫花苜蓿5 g/m²。铺设样地最后2 cm的土层时,将称好的种子与适量搅拌均匀的植被混凝土基材充分混合,均匀撒播到样地上,进行一定的镇压。21块样地统一管理,定期浇水、及时清理杂草和防治病虫害。

样地种植时间是2010年8月,土壤样品取样时间为2011年7月。取样时先把每小块样地平均分成3块,用来做3个重复,从每块小样地挖取新鲜土壤(取样深度为垂直表面4~8 cm处),剔除土壤中的植物残根等杂质。测定时,新鲜土过2.5 mm筛,4℃下保存,于一周内测定土壤酶活性,微生物量碳、微生物氮。

土壤生物活性指数(SBAI)是综合评价土壤生物学性质指数,是土壤酶与土壤微生物量因子综合作用的反映。土壤生物活性的综合评价可分为3个步骤:因子的选择、权重的确定以及综合指数的获得。由于土壤生物学性质的变化具有连续性,故其评价指

标采用连续性的隶属度函数^[4]。依据主成分因子负荷量值的正负情况,确定隶属度函数的升降类型。根据本研究的计算结果与前人的研究情况决定3个土壤酶及2个微生物量因子都采用升型分布函数^[5]。

升型分布函数的计算公式为:

$$SBAI(x_i) = (x_i - x_{imin}) / (x_{imax} - x_{imin}) \quad (1)$$

式中: x_i ——生物活性因子的活性值[mg/(g·d)];

x_{imax}, x_{imin} ——生物活性因子(i)的最大值和最小值。

土壤性质的各个因子的表征意义和重要性不同,所以通常采用权重系数来表征各因子的重要程度。本研究利用主成分法分析方差贡献率大小以及因子负荷量来计算各因子作用的大小,获得其权重系数。利用式(2)计算:

$$W_i = C_i / C \quad (2)$$

式中: W_i ——权重; C_i ——第 i 个因子的公因子方差; C ——公因子方差之和。

土壤生物活性评价指数计算公式为:

$$SBAI = \sum_{i=1}^n w_i \times SBAI(x_i) \quad (3)$$

式中: $SBAI(x_i)$ ——生物活性因子的隶属度值; w_i ——生物活性因子(i)的权重。

基材微生物量碳、氮采用氯仿熏蒸浸提法,即0.5 mol/L K₂SO₄浸提(水土比为4:1),土壤微生物量碳、氮含量以熏蒸和不熏蒸的碳、氮含量之差除以相应得转化系数(均为0.45)得到^[6];脲酶采用苯酚一次氯酸钠比色法,活性以24 h后1.0 g土壤中NH₃—N的毫克数表示^[7];转化酶采用3,5—二硝基水杨酸比色法测定,活性以24 h后1.0 g土壤中葡萄糖的毫克数表示;碱性磷酸酶以磷酸苯二钠比色法,活性以24 h后1.0 g土壤中苯酚的微克数表示^[8];原始数据合成、统计计算使用Microsoft Excel 2003, Word 2003 软件处理,采用SPSS 统计分析软件进行显著性差异分析。图表采用Origin 软件绘制。

2 结果分析

2.1 样地基材生物活性指数主成分分析结果及权重计算

生物活性指数KMO检验用于研究变量之间的偏相关性。一般KMO统计量大于0.9时效果最佳,0.7以上可以接受,0.5以下不宜作因子分析^[9]。7月土壤酶KMO检验值为0.752, Bartlett球形检验近似卡方为64.428,故可以作因子分析。

表1为7月生物活性指数主成分贡献率与累计

贡献率统计结果,一般要求提取的主成份能够解释总体的 80%~85% 以上,可以比较好地解释原有变量所包含的信息。本研究提取 3 个公共因子,累计贡献率为 96.992%,能够较好的解释原有变量所包含的信息。

表 1 生物活性因子主成分方差贡献率与累计贡献率

主成分	初始特征值		
	方差贡献率/%	累计贡献率/%	合 计
1	62.411	62.411	3.121
2	26.141	88.552	1.307
3	8.440	96.992	0.422
4	1.934	98.927	0.097
5	1.073	100.000	0.054

表 2 表明,每个变量的共性方差均在 0.5 以上,且大多数接近或超过 0.7,说明 3 个公因子能够较好地反映客观原变量的大部分信息。

表 3 生物活性因子公因子方差、权重和综合权重

因 子	公因子方差			权 重			综合权重
	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	
脲 酶	0.918	0.240	0.210	0.157	0.032 5	0.014	0.207
蔗糖酶	0.954	-0.024	0.219	0.163	0.003 5	0.015	0.191
碱性磷酸酶	0.966	-0.159	-0.027	0.165	0.022 0	0.002	0.191
微生物量碳	-0.498	0.775	0.378	0.086	0.105 0	0.026	0.197
微生物量氮	0.434	0.790	-0.433	0.075	0.107 0	0.030	0.211

注:经计算第 1 主成分贡献率在前 3 个累计贡献率的比重为 0.643;第 2 主成分为 0.270;第 3 主成分为 0.087。

2.2 样地基材生物活性指数分析

各样地基材生物活性指数如图 1 所示。由图 1 可以看出土壤生物活性指数基本表现为低水泥含量样地大于高水泥含量样地。水泥含量 0%紫花苜蓿样地的生物活性指数最高,为 0.693。其次是水泥含量 4%狗牙根样地和水泥含量 2%狗牙根样地的 0.691,0.670。水泥含量 10%狗牙根样地、12%对照样地及 10%对照样地的生物活性指数最低,分别为 0.176,0.121,0.083。高水泥含量的样地与低水泥含量的样地相比,生物活性指数偏低,水泥含量 10%对照样地、水泥含量 12%对照样地及水泥含量 10%狗牙根样地的生物活性指数分别排倒数第 1,2,3 位,说明高水泥浓度不利于土壤的生物活性。另一方面,水泥含量一定的情况下,对照样地的生物活性会比单播狗牙根、紫花苜蓿样地的生物活性低。这说明植被的生长活动对土壤的生物活性有较好的影响。

表 2 变量的共同度

因 子	初始值	共性方差
脲 酶	1.000	0.944
转化酶	1.000	0.958
碱性磷酸酶	1.000	0.959
微生物量碳	1.000	0.991
微生物量氮	1.000	0.999

通过表 3 可以看出,第 1 公因子主要代表了脲酶、转化酶、碱性磷酸酶这几个变量信息,第 2 公因子主要代表了微生物量碳、微生物量氮的信息,第 3 公因子主要代表了微生物量氮的信息。通过各生物活性因子在每个主成分中所占的比重计算出分权重,再根据各主成分贡献率在前 3 个累计贡献率的比重最后计算出每个土壤酶因子的总权重系数。经计算土壤脲酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶、微生物量碳和微生物量氮的总权重系数分别为 0.207,0.191,0.191,0.197 以及 0.211。

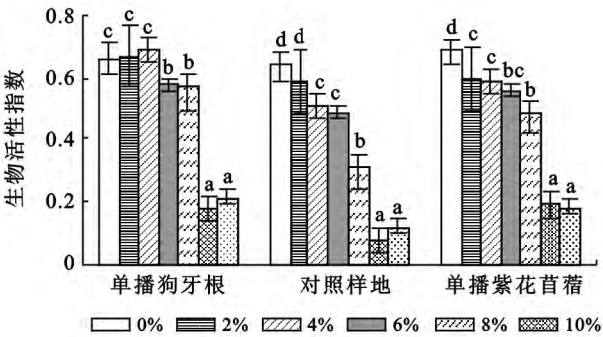


图 1 不同样地基材生物活性指数

注:不同字母表示不同处理组之间的差异显著($p<0.05$)。下同。

将同一水泥梯度下的 3 块样地的生物活性指数取平均值后得到图 2。由图 2 可知,2011 年 7 月平均生物活性指数基本随水泥含量的增大而变大。平均生物活性指数最高为 0%水泥含量样地的 0.665。其次是 2%,4%,6% 水泥含量样地的 0.621,0.597,

0.542,这3者之间无显著性差异。平均生物活性指数最低为10%水泥样地的0.151。

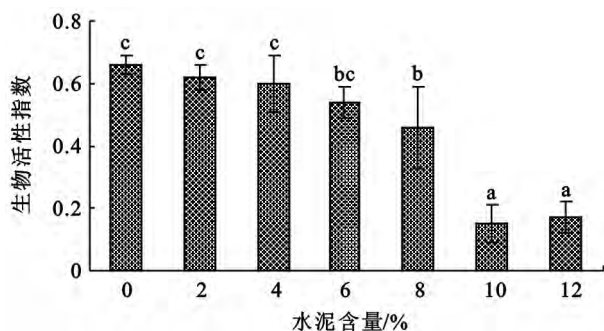


图2 同一水泥梯度3块样地基材平均生物活性指数

3 结论

对各样地取样土壤生物活性指数的综合计算结果表明,低水泥含量样地土壤生物活性指数相对较高,且同等水泥梯度下,对照样地比狗牙根样地、紫花苜蓿样地的土壤生物活性指数低;水泥含量4%,6%,8%的样地土壤生物活性较接近,但平均说来4%,6%水泥含量样地比8%水泥含量样地的生物活性指数要更高。说明水泥的不利于基材的生物活性指数;植物在一定程度上能够改良土壤生物活性。

植被混凝土基材随着水泥掺量的增大,基材强度增加;但工程实际应用中水泥掺量的减小利于植被在基材中的生长和发育。因此,在植被混凝土生态防护的工程实践中,应根据边坡情况及实施条件,计算植被混凝土基材保持自身稳定所必须的最小初期强度,再根据预测模型估计基材最小水泥掺量,既可保证程实施初期基材的自身稳定性,又有利于边坡的微生物活性,为后期植被的恢复和持久生长提供有力的保证。

水泥作为基材的交联剂对边坡结构的稳定性意义重大,因此在考虑水泥对基材生物活性的影响的同时应该将基材(含植被根系)的结构力学耦合在一起进行研究,从基材活性和基材稳定性上选择合适的水泥配比。

本研究采所选取的草本是比较常规的草本,为推动植被护坡技术的发展,应加大对水泥碱性抗逆性强的植物的研究。因此,边坡植被恢复理论的研究还需要一个长期历程。

[参 考 文 献]

- [1] 许阳. 五种先锋物种对不同水泥含量的植被混凝土的生态学响应[D]. 湖北 宜昌:三峡大学,2012:1-5.
- [2] 夏振尧,许文年,王乐华. 植被混凝土生态护坡基材初期强度特性研究[J]. 岩土力学,2011,32(6):1719-1724.
- [3] 李潮海,王群,郝四平. 土壤物理性质对土壤生物活性及作物生长的影响研究进展[J]. 河南农业大学学报,2002,36(1):32-37.
- [4] 黎孟波,张先婉. 土壤肥力研究进展[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991.
- [5] 罗珠珠. 不同耕作措施下黄土高原旱地土壤质量综合评价[D]. 兰州:甘肃农业大学,2008.
- [6] 王春阳,周建斌,董燕婕,等. 黄土区六种植物凋落物与不同形态氮素对土壤微生物量碳氮含量的影响[J]. 生态学报,2010,30(24):7092-7100.
- [7] 杜琳倩,何钢,王静,等. 水淹胁迫下新型氧肥对土壤脲酶活性的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(4):66-69.
- [8] 李伟,韦晶晶,刘爱民,等. 吊兰生长对锌污染土壤微生物数量及土壤酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2013,27(2):276-281.
- [9] 陈超,邹滢. SPSS 15.0 常用功能与应用实例精讲[M]. 北京:电子工业出版社,2009.