

植被混凝土护坡基材 pH、有机质及其与速效养分的相关性分析

夏 栋^{1,2}, 许文年², 赵 娟^{1,2}, 祝顺波^{1,2}

(1. 三峡大学 化学与生命科学学院, 湖北 宜昌 443002; 2. 三峡大学 三峡库区地质灾害教育部重点实验室, 湖北 宜昌 443002)

摘 要: 采集了宜昌境内 4 处采用植被混凝土生态防护边坡的 33 个基材土壤样品, 对其 pH 值、有机质和速效 N、P、K 含量进行测定, 分析 pH 值、有机质含量与速效养分含量的相关性。结果表明: 植被混凝土护坡基材 pH 值为 7.73~8.39, 属于微碱性和碱性土壤; 有机质含量为 9.29~18.75 g/kg, 属于极低水平和较低水平; 速效氮含量为 34.34~46.10 mg/kg, 速效磷为 96.86~146.13 mg/kg, 速效钾为 196.98~333.53 mg/kg。4 个边坡的速效氮含量均属于较低水平, 速效钾、速效磷含量均为高水平。pH 与有机质、速效 K 含量呈极显著负相关, 与速效 N 和速效 P 含量均呈负相关, 但不显著; 有机质与速效 N 含量呈极显著正相关, 与速效 K 和速效 P 含量均呈负相关, 但不显著。表明植被混凝土护坡基材的 pH 值和有机质影响着土壤速效养分的含量。

关键词: 植被混凝土; pH 值; 土壤有机质; 速效养分; 基材

中图分类号: S151.9; S153.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0224-04

Analysis of pH, Soil Organic Matter and the Correlation to Available Nutrients in Substrate of Vegetation-growing Concrete Gunning

XIA Dong^{1,2}, XU Wen-nian², ZHAO Juan^{1,2}, ZHU Shun-bo^{1,2}

(1. College of Chemistry & Life Science, China Three Gorges University, Yichang, Hubei 443002, China;

2. Key Laboratory of Geological Hazards in Three Gorges Reservoir Area, Yichang, Hubei 443002, China)

Abstract: In this paper, Soil pH value, organic matter, available N, available P and available K of 33 soil samples obtained from 4 slopes protected by ecological protection technology of vegetation-growing concrete gunning were measured. The correlation between soil pH, organic matter and available nutrients were analyzed. The results showed that the pH values of soils ranged from 7.73 to 8.39 belonging to mild alkaline and alkaline soils. There were low and lower contents of organic matter ranging from 9.29 to 18.75 g/kg. The content of available N ranged from 34.34 to 46.10 mg/kg, available P ranged from 96.86 to 146.13 mg/kg, available K ranged from 196.98 to 333.53 mg/kg. The contents of available N belonged to a lower level, available K, P belonged to high levels in these 4 slopes. The correlation between pH and organic matter, available K was significantly negative, and the correlation between pH and available N, available P was positive; the correlation between organic matter and available N was significantly positive, and the correlation between organic matter and available K, available P was negative. It was showed that the contents of soil available nutrient affected by the pH value and organic matter of substrate of vegetation-growing concrete gunning.

Key words: vegetation-growing concrete gunning; pH value; soil organic matter; available nutrient; substrate

植被混凝土生态防护技术作为一门实践性很强的工程技术, 已经在边坡防护和生态治理中得到广泛的应用^[1-2]。该技术采用特定混凝土配方和混合植绿种子配方, 对岩石边坡进行防护和绿化。其核心技术

是植被混凝土绿化添加剂, 它的应用不仅可以增加植被混凝土中水泥的用量, 增强护坡强度和抗冲刷能力, 而且使植被混凝土不龟裂, 又可以改善植被混凝土物理、化学特性, 营造较好的植物生长环境^[3-4]。

收稿日期: 2010-06-05

资助项目: 国家自然科学基金项目(50879043); 国家科技支撑计划项目(2006BAC10B04); 国家水体污染控制与治理科技重大专项课题(2008ZX07104-003-03)

作者简介: 夏栋(1985-), 男, 湖北黄冈人, 硕士研究生, 主要从事生态防护技术理论体系研究。E-mail: xiaongsanxia@163.com

通信作者: 许文年(1960-), 男, 河北元氏人, 教授, 博士生导师, 主要从事生态修复技术研究。E-mail: xwn@ctgu.edu.cn

植被混凝土护坡技术施工时向基材中添加了水泥和有机物料,对基材的酸碱度、有机养分以及速效的无机养分有一定的影响。土壤酸碱度是土壤许多化学性质特别是基岩状况的综合反映,也是土壤肥力的一项重要指标^[5]。土壤的酸碱度不同,其供肥和植物的生长发育状况会有差异^[6];同时土壤 pH 值还严重影响土壤养分的有效性^[7]。而土壤有机质含量在很大程度上决定着土壤肥力的高低,是土壤肥力分级的重要指标和肥力高低的综合表现^[8]。本文通过 4 处采用植被混凝土护坡技术修复的边坡的研究,在分析其酸碱度及土壤有机质含量、各速效养分含量的基础上,侧重分析了土壤 pH 与土壤养分的关系、土壤有机质与土壤养分的关系,旨在为植被混凝土护坡技术的改进与应用提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

宜昌位于湖北省西南部,地处长江上游与中游的结合部、鄂西秦巴山脉和武陵山脉向江汉平原的过渡地带,介于东经 $110^{\circ}15' - 112^{\circ}04'$,北纬 $29^{\circ}56' - 31^{\circ}34'$ 。该区为中亚热带,在气候区划上为我国北部暖温带与南部亚热带的过渡地带全区四季分明,春秋季较长,年平均降水量为 992.1~1404.1 mm,雨水丰沛,多在夏季 6~7 月,雨热同期,全年积温较高,无霜期较长,年平均气温为 13.1~18℃。

试验样地选取宜昌地区清江水布垭三友坪公路边坡(S)、高坝州电站进场公路边坡(G)、三峡大学信息技术楼侧边坡(J)及三峡大学图书馆后边坡(T)4 处边坡。清江水布垭三友坪公路边坡 2000 年 4 月完工,高 16 m×宽 320 m,坡西向,坡度大致为 75° ,植被覆盖度约 90%,植被以高羊茅(*Festuca arundinacea*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、白三叶(*Trifolium repens*)、白茅(*Imperata cylindrical*)为主,零星分布有苕麻(*Boehmeria nivea*)、肾蕨(*Nephrolepis auriculata*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)等,植株高度 20~150 cm;高坝州电站进场公路边坡 2002 年 3 月完工,高 128 m×宽 120 m,坡北向,坡度大致为 80° ,植被覆盖度约 85%,植被以构树(*Broussonetia papyrifera*)、高羊茅、野菊花(*Dendranthema indicum*)、肾蕨、艾蒿、苕麻为主,零星分布有盐肤木(*Rhus chinensis*)、葎草(*Humulus scandens*)、互叶醉鱼草(*Buddleja alternifolia*)等,植株高度 40~350 cm;三峡大学信息技术楼侧边坡 2003 年 10 月完工,高 18 m×宽 122 m,坡北向,坡度大致为 68° ,植被覆盖度约 100%,植被以构树、高羊

茅、紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、香泽兰(*Eupatorium odoratum*)、野菊花、香花崖豆藤(*Millettia dielsiana*)为主,零星分布有肾蕨、葎草(*Arthraxon hispidus*)、白茅、小白酒草(*Conyza japonica*)等,植株高度 40~450 cm;三峡大学图书馆后边坡 2004 年 3 月完工,高 23 m×宽 167 m,坡西向,坡度大致为 64° ,植被覆盖度约 90%,植被以构树、肾蕨、臭牡丹(*Clerodendrum bungei*)、鬼针草(*Bidens pilosa*)、多花木蓝(*Indigofera amblyantha*)、狗牙根为主,零星分布有芒(*Miscanthus sinensis*)、小白酒草、凤尾蕨(*Pteris cretica*)等,植株高度 35~200 cm。4 处均为岩质边坡,均采用植被混凝土生态防护施工工艺、施工时所选植物物种、植被混凝土配方等初始条件及后期管理养护条件等均无大的区别。

各边坡基材原始的酸碱度、有机质与速效养分平均值情况: S: pH 值 8.30、有机质 26.97 g/kg、速效氮 58.95 mg/kg、速效磷 318.06 mg/kg、速效钾 550.02 mg/kg; G: pH 值 8.35、有机质 25.68 g/kg、速效氮 56.10 mg/kg、速效磷 338.14 mg/kg、速效钾 536.28 mg/kg; J、T 两边坡两坡相邻,施工原客土相同,原始值相同, pH 值 8.40、有机质 26.57 g/kg、速效氮 52.68 mg/kg、速效磷 304.32 mg/kg、速效钾 518.43 mg/kg。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集与处理 依据所选取的单个边坡面积大小,于 2009 年 6 月 18~19 日对其进行 3 点对角线式或 5 点交叉对角线式取样。取样时,用直径 4 cm 的地质钻取垂直坡面 4~8 cm 处的土壤样品各 10 钻,相同点的土样组成一个混合样,统一编号。土壤取后迅速带回室内风干磨细,并按测定要求过筛,装入磨口中备用。所有土壤样品指标测定均在 7 d 内完成。

1.2.2 试验方法 指标选取与测定方法: pH 值采用水浸提液电位测定法(Delta320pH 计);有机质采用 $K_2Cr_2O_7$ 容量法-外加热法;速效磷采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 溶液浸提-钼锑抗比色法;速效氮采用扩散吸收法;速效钾采用 1 mol/L 中性 CH_3COONH_4 溶液浸提-火焰光度法^[9]。

1.3 数据处理

数据经 Excel 2003 整理后,采用 SPSS 统计分析软件进行分析,然后经过 t 检验($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)。由 Origin 7.0 软件绘图。

2 结果与分析

2.1 植被混凝土护坡基材 pH、有机质与速效养分特征

4 个植被混凝土边坡的基材酸碱度、有机质与速效养分含量值见表 1。通过表 1 可以看出, pH 值平均范围在 7.73~8.39 之间。根据我国土壤酸碱度的

分级标准^[8],属于微碱性(7.5~ 8.0)和碱性(8.1~ 9.0)。对数据进行统计分析表明,属于微碱性土样占 39.4%,碱性土样 60.9%。其中三峡大学图书馆后边坡以及三峡大学信息技术楼侧边坡基材土壤均属

于碱性土壤,清江水布垭三友坪公路边坡以及高坝州电站进场公路边坡基材土壤为微碱性土壤。较原始酸碱度相比,都有所下降,表明随着植被的演替,基材后期的发育变化,有利于降低土壤的碱度。

表 1 边坡酸碱度、有机质与速效养分特征情况

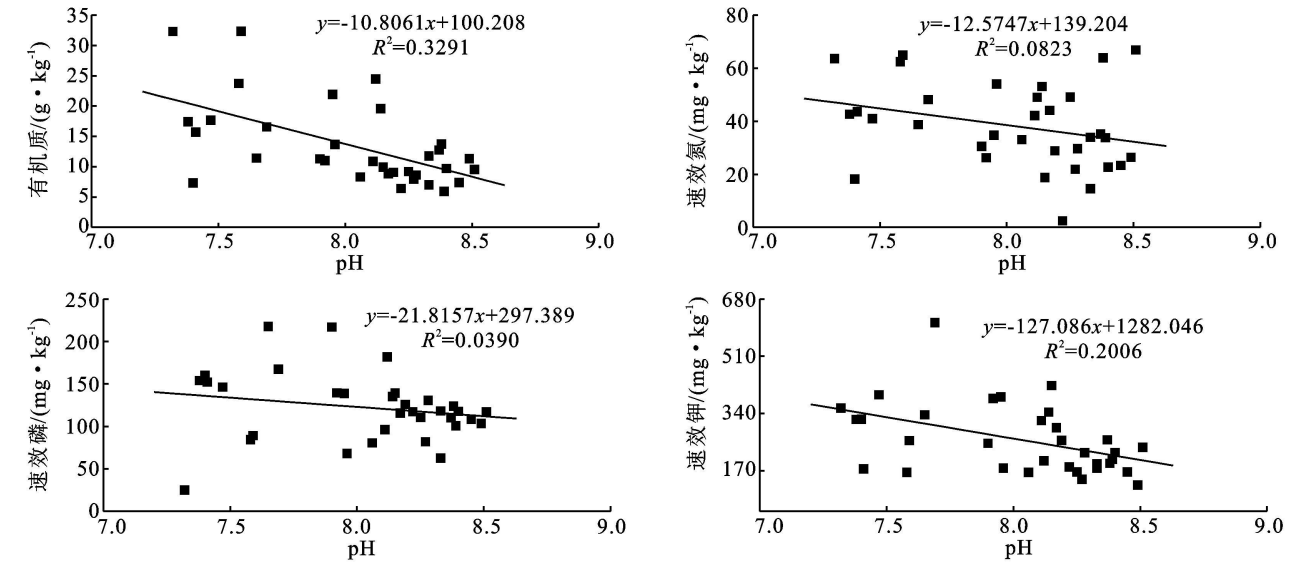
边坡	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	速效氮/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)
S	7.73±0.31	18.75±3.56	39.99±5.99	146.13±23.84	325.88±35.14
G	7.69±0.30	17.35±2.21	46.10±3.85	138.74±14.99	333.53±45.92
J	8.18±0.12	9.29±1.95	35.34±13.00	96.86±15.02	216.05±32.85
T	8.39±0.09	9.85±2.80	34.34±5.22	113.01±7.67	196.98±18.62

注: S: 清江水布垭三友坪公路边坡; G: 高坝州电站进场公路边坡; J: 三峡大学信息技术楼侧边坡; T: 三峡大学图书馆后边坡。

土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标^[10], 不仅能增强土壤的保肥和供肥能力, 提高土壤养分的有效性, 而且可促进团粒结构的形成, 改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性, 增强土壤的缓冲性等^[11]。通过表 1 可以看出, 有机质含量平均值在 9.29~ 18.75 g/kg, 根据土壤肥力评价分级标准^[8,12], 其中三峡大学图书馆后边坡以及三峡大学信息技术楼侧边坡基材土壤均属于极低水平, 清江水布垭三友坪公路边坡以及高坝州电站进场公路边坡基材土壤为较低水平。4 个边坡中以水布垭、高坝洲的有机质含量较高, 该两处施工较早, 有机凋落物较另外两处厚, 取样调查时也如此。工程前期有机质含量的高低主要取决于基材中添加的有机物料, 随着植被的生长演替, 有机质含量主要取决于植被凋落物的积累。由于坡体都为岩质, 坡面陡峭, 有机质的积累受限, 因此有机质含量较

低。通过与原始的数据相比较, 也可以看到这一点。

土壤的 N、P、K 三要素在不同程度上常成为植物生长的限制因子^[10], 因此成为诊断土壤养分基本状况的重要因子。而碱解 N、速效 P、速效 K 能较好地反映出近期内土壤 N、P、K 的供应状况^[11]。通过表 1 可以看出, 速效氮含量平均值在 34.34~ 46.10 mg/kg, 速效磷为 96.86~ 146.13 mg/kg, 速效钾为 196.98~ 333.53 mg/kg。根据土壤肥力评价分级标准^[8,12], 4 个边坡的速效氮含量均属于较低水平, 速效钾、速效磷含量均为高水平。同时 4 个边坡之间的速效养分含量相比, 以水布垭、高坝洲的含量较高, 表明施工时间长对基材的自身发育有利。速效养分含量的高低与土壤中全氮、全磷、全钾含量有关, 同时酸碱度、植被条件等都影响养分的有效性, 还存在由于坡面向下淋溶和侵蚀而引起土壤中的营养元素很快流失的影响。



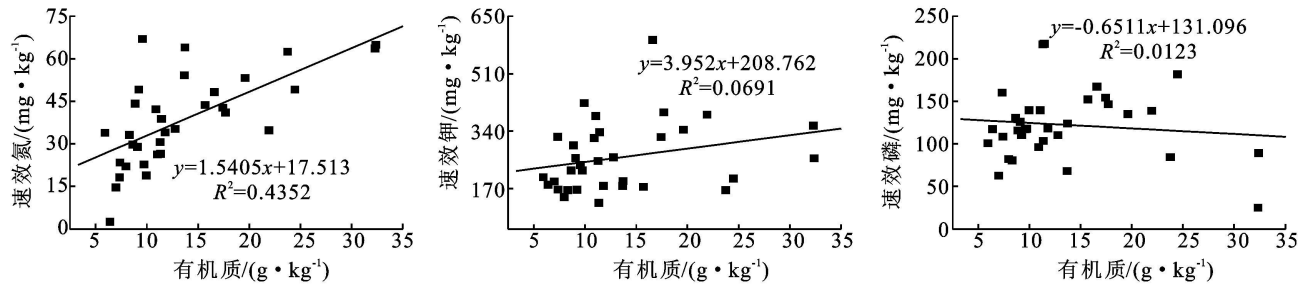
$n=33, 0.3246 \leq P_{0.05} \leq 0.3494, 0.4182 \leq P_{0.01} \leq 0.4487$
图 1 植被混凝土护坡基材 pH 与有机质、速效养分相关关系

2.2 植被混凝土护坡基材 pH 与有机质、速效养分相关性分析
对植被混凝土护坡基材 pH 与有机质、速效养分

进行了相关性分析, 结果如图 1 所示。从图 1 可以看出, pH 与有机质含量呈极显著负相关($P < 0.01$), 相关系数为 0.573 6; 与速效 N 和速效 P 含量均呈负相

关,但不显著,相关系数分别为 0.287 0 和 0.197 5;与速效 K 含量呈极显著负相关($P < 0.01$),相关系数为 0.447 9。由此表明,植被混凝土护坡基材 pH 对土壤速效 K 的含量影响明显。表明土壤酸碱性不仅直接影响作物的生长,而且与土壤中元素的转化和释

放以及有效性等都有密切关系。pH 呈碱性,不利于土壤微生物分解植被凋落物,促进有机质的腐殖化,而表现出负相关。同时土壤呈碱性时,磷酸盐因被钙离子固定而有效性降低,而速效氮则容易淋溶损失,速效钾则容易被交换出来^[13]。



$n=33, 0.3246 \leq P_{0.05} \leq 0.3494, 0.4182 \leq P_{0.01} \leq 0.4487$

图 2 植被混凝土护坡基材有机质与速效养分相关关系

2.3 植被混凝土护坡基材有机质与速效养分相关性分析

对植被混凝土护坡基材有机质与速效养分进行了相关性分析,结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,有机质与速效 N 含量呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数为 0.662 3;与速效 K 和速效 P 含量均呈负相关,但不显著,相关系数分别为 0.262 9 和 0.111 0。土壤有机质是土壤中各种营养元素的特别是氮、磷的重要来源,表层凋落物以及动物残体经分解后增加了氮素的水平^[14],因此有机质与速效氮表现出极显著正相关($P < 0.01$)。与速效钾、速效磷关系不显著可能与酸碱度、土体母质中磷钾的含量有关。

3 结论

土壤是高度不均一的历史自然体^[15],其有机质含量、pH 值及速效养分含量受多种因素的影响。(1) 植被混凝土护坡基材 pH 值平均范围在 7.73~8.39 之间,属于微碱性和碱性土壤。pH 与有机质含量呈极显著负相关;与速效 N 和速效 P 含量均呈负相关,但不显著;与速效 K 含量呈极显著负相关。

(2) 植被混凝土护坡基材有机质含量平均值为 9.29~18.75 mg/kg,属于极低水平和较低水平。有机质与速效 N 含量呈极显著正相关;与速效 K 和速效 P 含量均呈负相关,但不显著。考察有机物料本身的化学成分,通过合理选择基材配比中有机物料来提高土壤中的微生物活性,提高肥力。同时在绿化植被物种的选择上使用一些豆科植物,合理选择绿化植被。

(3) 植被混凝土护坡基材速效氮含量平均值 34.34~46.10 mg/kg,速效磷为 96.86~146.13 mg/kg,速效钾为 196.98~333.53 mg/kg。4 个边坡的速效氮含量均属于较低水平,速效钾、速效磷含量均为高水平。

参考文献:

- [1] 王铁桥,许文年,叶建军,等.挖方岩石边坡绿化技术与方法探讨[J].三峡大学学报:自然科学版,2003,25(20):101-104.
- [2] 许文年,叶建军,周明涛,等.植被混凝土护坡绿化技术若干问题探讨[J].水利水电技术,2004,35(10):50-52.
- [3] 许文年,王铁桥,叶建军.岩石边坡护坡绿化技术应用研究[J].水利水电技术,2002,33(7):35-36,40.
- [4] 许文年,王铁桥,叶建军.工程边坡绿化技术初探[J].三峡大学学报:自然科学版,2001,23(6):512-513.
- [5] 吕永华,詹寿,马武军,等.广东主要植烟土壤养分特征及施肥模式研究[J].中国农业科学,2004,37(2):49-56.
- [6] 许自成,王林,肖汉乾.湖南烟区烤烟磷含量与土壤磷素的分布特点及关系分析[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2007,33(3):290-297.
- [7] 李婷,张世熔,干文芝.成都平原土壤 pH 的时空分布特征及影响因素研究[J].四川农业大学学报,2006,24(3):313-318.
- [8] 《土壤学》编写组.土壤学[M].北京:中国林业出版社,1992.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:146-158.
- [10] 李学垣.土壤化学[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [11] 张俊华,常庆瑞,贾科利,等.黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J].水土保持学报,2003,17(4):38-41.
- [12] 潘发明.森林土壤肥力的综合分析评价[J].四川林勘设计,1997(1):33-39.
- [13] 王东胜,刘贯山,李章海.烟草栽培学[M].北京:中国科学技术大学出版社,2002.
- [14] 文炯,罗尊长,李明德,等.土壤活性有机质及其与土壤养分的关系[J].湖南农业科学,2009(1):57-60.
- [15] 王绍强,周成虎,李克让,等.中国陆地土壤有机碳库的估算[J].地理研究,1999,18(4):349-355.