

厚层基材喷射植被护坡的水分常数分析

张俊云, 周德培, 武小菲

(1. 西南交通大学 岩土工程研究所, 四川 成都 610031)

摘要: 基材混合物的有效持水量是评价厚层基材喷射植被护坡效果的重要指标之一。采用模拟岩石坡面进行厚层基材喷射植被护坡实验, 研究了有机质及保水剂含量对基材混合物水分常数的影响。该研究结果对合理选择基材混合物的组成及使用比例有重要意义。

关键词: 厚层基材喷射; 植被护坡; 基材混合物; 水分常数

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)01-0044-04

中图分类号: TU761.1

Moisture Contents of Thick Layer Base Material Spraying Bio-slope Engineering

ZHANG Jun-yun, ZHOU De-pei, WU Xiao-fei

(Research Institute of Geotechnical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, Sichan Province, China)

Abstract: Effective moisture of base material mixture is one of the important indices evaluating thick layer base material spraying bio-slope engineering. Based on spraying experiments on simulated rock slope, different organic matter and absorbent agent contents' effect on base material mixture's moisture constants are studied. This has some significance for the selection of base material mixture composition and proportion.

Keywords: thick layer base material spraying; bio-slope engineering; base material mixture; moisture contents

1 前言

厚层基材喷射植被护坡技术是利用植被保持水土的原理稳定岩土边坡同时美化生态环境的一种高新技术, 主要由锚杆或锚钉、金属网或土工网及基材混合物 3 部分组成。日本在这方面做了大量的研究工作, 开发出多种厚层基材喷射工法^[1-4]。国内目前在这方面的研究还很少, 仅有少量综述类的报道^[5-8]。在借鉴日本经验的基础上, 选用多种原材料, 做了数百组配比的基材混合物理化实验及大量的模拟试验、工程应用试验, 初步形成了适用于国内年平均降水量大于 600 mm、连续干旱时间小于 50 d、非高寒地区的厚层基材喷射植被护坡技术^[9]。本文采用模拟实验, 主要研究了基材混合物中有机质含量及保水剂含量对基材混合物水分常数的影响。

2 基材混合物的水分常数

基材混合物的水分以固态、液态和气态 3 种形态存在。当水分进入基材混合物后, 会受到基材混合物中各种力的作用, 如基材混合物表面的分子引力、毛管孔隙的毛管引力、重力等。由于基材混合物水所受力的大小、性质的不同及其被植物利用状况的差异,

参照土壤水分分类^[11], 把基材混合物水分分为吸湿水、膜状水、毛管水和重力水 4 种。

基材混合物从干燥状态吸水开始, 随着水分含量的增加, 其形态经吸湿水、膜状水、毛管水和重力水一直到饱和持水量, 基材混合物对水的吸力由 1.00×10^9 Pa 一直降到接近于零。水分常数是指在一定基材混合物水吸力水平下保持的含水量或是指一种水分形态向另一种水分形态过渡时的含水量。对某一具体基材混合物来说, 基材混合物所能保持的各种水分形态类型的最大数值变化很小或基本恒定, 所以称为水分常数, 如最大吸湿量、凋萎持水量、田间持水量、最大持水量等。基材混合物水分常数反映了基材混合物的持水能力和含水量的大小, 它对研究基材混合物水分状况及其对植物的有效性有重要意义。

基材混合物中各种形态的水分, 对植物来说并非都能被植物吸收利用。其中, 可以被植物吸收利用的水分称为有效水, 不能被植物吸收利用的水分称为无效水。基材混合物水分对植物是否有效, 主要取决于基材混合物对水分的保持力及植物根系的吸水力。当基材混合物水的保持力小于植物的吸水力时, 水分

就能被植物利用, 反之则不能被植物利用。一般地, 当基材混合物含水量下降到凋萎持水量时, 基材混合物对水的保持力与根系的吸水力相等, 植物不能从基材混合物中吸水, 因此把凋萎持水量作为基材混合物水分对植物有效性的下限。田间持水量是基材混合物所能保持的毛管悬着水的最大含量, 超过田间持水量后, 虽然水分对植物的有效性仍然很高, 但由于通气不良而产生渍害, 因而把田间持水量作为基材混合物中植物有效水的上限。因此, 基材混合物有效水的范围是从田间持水量到凋萎持水量之间的含水量。两者之差就是基材混合物能保存的最大有效持水量, 简称为有效持水量。

关于水分常数的表示方法, 土壤学中常用质量百分比(g/g)表示。对于基材混合物, 由于采用不同配比混合, 其干容重差异较明显, 因此, 若用质量百分比表示会得出错误的结论。为避免此类错误, 本文采用质量容积百分比(g/cm^3)来表示基材混合物的水分常数, 不同配比的基材混合物的某种水分常数定义为在规定条件下单位体积基材混合物中的含水总质量, 使得不同容重的基材混合物的水分常数具有可比性。

3 实验设计

3.1 岩石坡面的模拟

厚层基材喷射植被护坡主要针对岩石边坡的植被防护而开发, 研究基材混合物的特性必须以喷射到坡面上的基材混合物为对象才有意义。因此首先需要模拟岩石坡面。

图 1 为模拟的人工岩石坡面, 其制作顺序如下。

(1) 沿乡村道路边缘砌一面高 2 m 的砖墙。(2) 借助地面与乡村道路路面的高差(1.7 m), 从地面按规定坡度分层填土并夯实, 直至与砖墙顶平, 总高度 3.7 m。(3) 为保证砖墙的稳定, 在砖墙靠乡村道路侧用碎石土沿墙堆积, 坡度 1:1, 高度为 1.4 m。(4) 平整人工填土坡面, 并用石板整齐地铺满坡面, 石板规格: 长 \times 宽 \times 高=1.0 m \times 0.5 m \times 0.05 m, 石板间缝隙用水泥砂浆填满。

喷射试验时, 每组试验的喷射面积为坡面斜长 \times 宽= $L \times 1.0 m^2$ 。基材混合物配比设计如表 1、表 2 所示。

3.2 喷射工艺

基材混合物的喷射与现场施工工序完全一致, 所用主要机械设备包括: 混凝土搅拌机、混凝土喷射机、空压机、水泵及风钻。喷射工序如下。

(1) 在人工岩石坡面或混凝土面用风钻钻孔, 孔

深 30 cm, 孔径 25 mm, 孔距 1.0 m。(2) 在孔内放入锚固剂并插入锚杆, 锚杆规格: $\varphi 12$ 圆钢, 长度 35 cm。(3) 挂 14[#] 镀锌铁丝网, 并用垫板、螺母与锚杆固定在一起, 网间搭接处用 18[#] 铁丝绑扎紧。(4) 按比例称取基材混合物各组成成分, 并用混凝土搅拌机搅拌均匀。(5) 用混凝土喷射机喷射基材混合物。

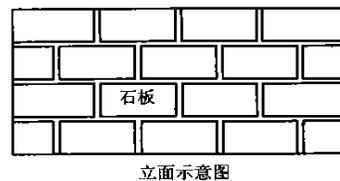
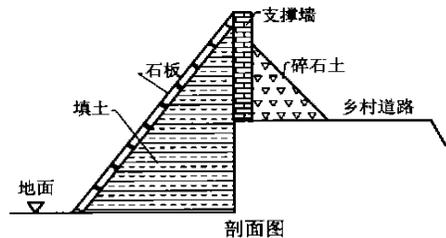


图 1 岩石坡面的模拟

表 1 基材混合物配比(体积比) %

编号	有机质	纤维	种植土	其它材料	土壤
1	20	35	40	5	植壤土
2	15	40	40	5	植壤土
3	10	45	40	5	植壤土
4	5	50	40	5	植壤土
5	20	35	40	5	砂质土
6	15	40	40	5	砂质土
7	10	45	40	5	砂质土
8	5	50	40	5	砂质土
9	50	25	20	5	植壤土
10	35	25	35	5	植壤土
11	20	25	50	5	植壤土
12	10	25	60	5	植壤土

表 2 基材混合物配比(体积比)

编号	保水剂/%	有机质/%	其它材料/%	土壤
13	0.0	15	85	植壤土
14	0.5	15	85	植壤土
15	1.0	15	85	植壤土
16	1.5	15	85	植壤土
17	0.0	15	85	砂质土
18	0.5	15	85	砂质土
19	1.0	15	85	砂质土
20	1.5	15	85	砂质土

3.3 测试方法

基材混合物水分常数的测定按 GB7835—87 森林土壤水分—物理性质的测定, GB7836—87 森林土壤最大吸湿水的测定和 GB7837—87 森林土壤稳定凋萎含水量(凋萎系数)的测定进行。取样时间为基材混合物喷射一周后。取样环刀规格为 $\phi 50.46 \text{ mm} \times 50.00 \text{ mm}$, 每组试验取 3 组, 取其平均值分析。

4 实验结果分析

图 2—4 是基材混合物中有机质含量的变化对其水分常数的影响, 配比编号为 1—12。图中水分常数的单位均表示为 g/L 即 $\text{g}/1000 \text{ cm}^3$ 或 kg/m^3 , 图 2 中基材混合物中的有机质含量变化范围为 10% ~ 50%, 种植土为植壤土, 保水剂含量为 0.5‰; 图 5 和图 6 中基材混合物的有机质含量变化范围较小, 为 5% ~ 20%, 保水剂含量为 1‰。

由图 2 可知, 随着基材混合物中有机质含量的增加, 其水分常数都呈增长趋势, 当有机质含量从 10%

增加到 50% 时, 凋萎持水量由 120 g/L 增长到 188 g/L , 田间持水量由 360 g/L 增长到 555 g/L , 最大持水量也由 491 g/L 增长到 757 g/L 。同凋萎持水量相比, 田间持水量增长得更快, 因此, 有效持水量也呈增长趋势, 由 233 g/L 增长到 367 g/L , 增幅 57.5%。

由图 3 和图 4 可知, 随着基材混合物中有机质含量的增加, 其水分常数也都呈增长趋势, 但由于基材混合物中的有机质含量变化范围较小, 因此, 无论是种植土采用植壤土还是砂质土, 凋萎持水量、田间持水量和最大持水量增长幅度都不大, 由此, 有效持水量增长也较缓慢。如对于采用植壤土的基材混合物, 其有效持水量由 374 g/L 增长到 402 g/L , 增幅 7.5%; 对于采用砂质土的基材混合物, 其有效持水量由 323 g/L 增长到 407 g/L , 增幅 26.0%。

图 5 和图 6 为基材混合物中保水剂含量对水分常数的影响, 配比编号为 13—20, 基材混合物中, 有机质含量 10%, 纤维含量 40%, 种植土 45%, 图 5 中种植土为植壤土, 图 6 中种植土为砂质土。

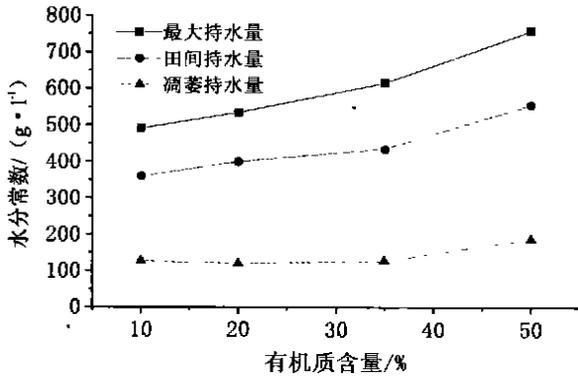


图 2 基材混合物的水分常数与有机质含量的关系(配比编号: 9—12)

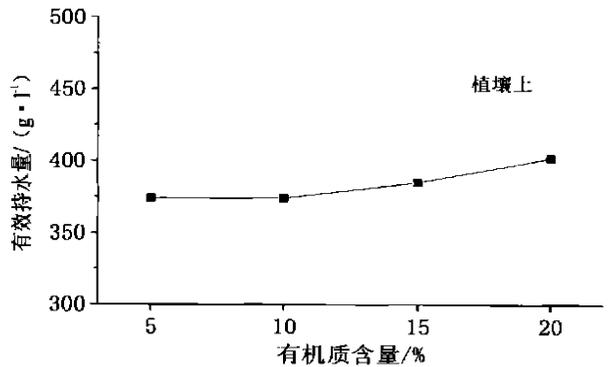
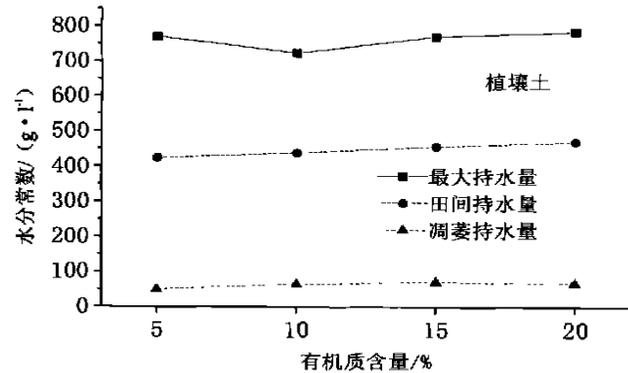
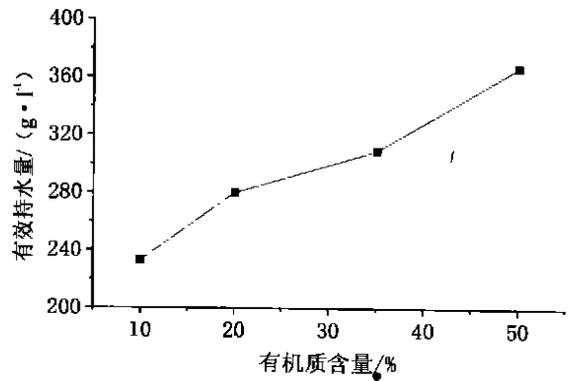


图 3 基材混合物的水分常数与有机质含量的关系(配比编号: 1—4)

由图 5、6 可知, 不改变其它材料含量, 随着基材混合物中保水剂含量的增加, 田间持水量呈增长趋势, 凋萎持水量和最大持水量变化则明显, 故有效持水量也呈增长趋势。对于采用植壤土的基材混合物,

当保水剂含量由 0 增加到 1.5% 时, 有效持水量由 287 g/L 增长到 365 g/L, 增幅 27.2%; 对于采用植壤土的基材混合物, 当保水剂含量由 0 增加到 1.5% 时, 有效持水量由 275 g/L 增长到 364 g/L, 增幅 32.4%。

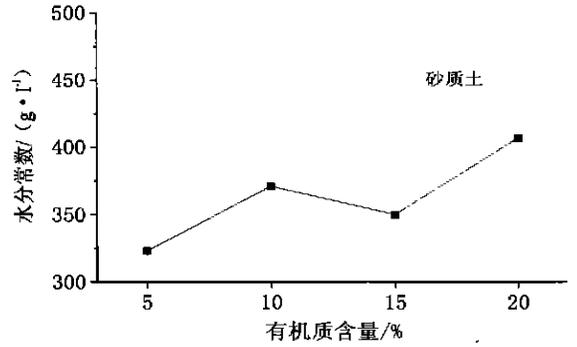
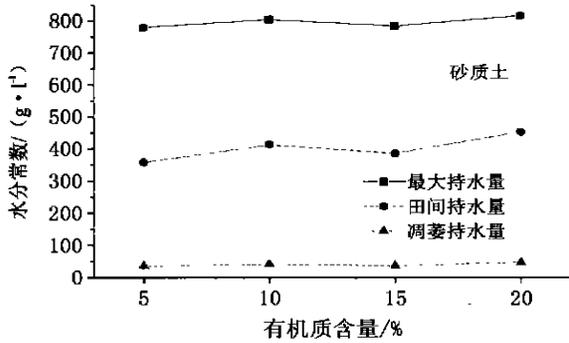


图 4 基材混合物的水分常数与有机质含量的关系 (配比编号: 5—8)

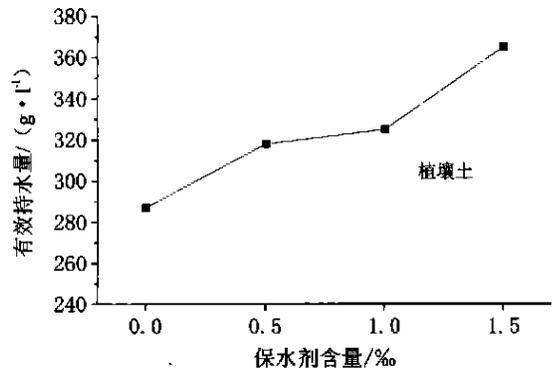
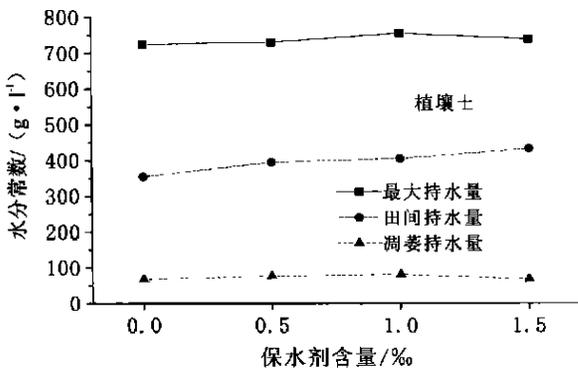


图 5 基材混合物的水分常数与保水剂含量的关系 (配比编号: 13—16)

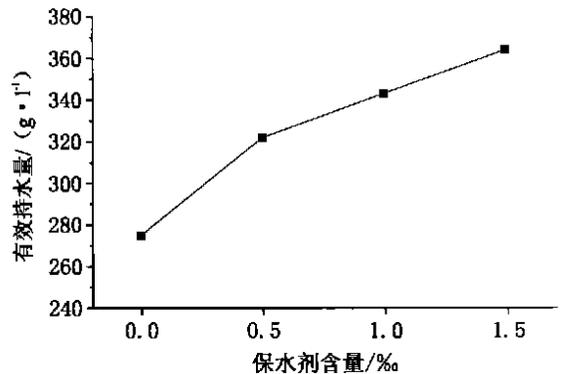
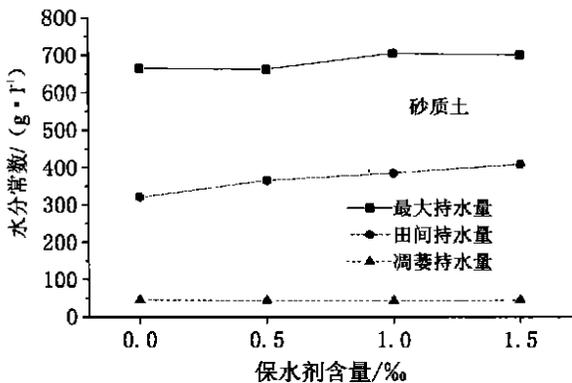


图 6 基材混合物的水分常数与保水剂含量的关系 (配比编号: 17—20)

5 结 论

(1) 基材混合物中的有机质和保水剂的含量都影响着有效持水量, 但是, 两者的影响方式却有所差异。有机质通过影响萎凋持水量和田间持水量, 从而

影响着有效持水量; 保水剂则通过影响田间持水量而影响有效持水量。随着有机质和保水剂含量的增加, 基材混合物的有效持水量呈增长趋势, 植物可以获得更多的有效水分。

(下转第 50 页)

持工作以植被建设,提高造林种草成活率和丘陵坡地治理为重点。

(4) 长白山低山丘陵中度水蚀治理区。该区以低山丘陵为主要地貌类型。该区土壤主要为暗棕壤、黑土、草甸土、白浆土、沼泽土和水稻土等。总土地面积为 191 500.56 km²。长白山区土壤侵蚀面积为 51 536.28 km²。该区水土保持工作以农林交错区为治理重点,加强森林保护,全面退耕还林。坡耕地以基本农田建设为中心,促进农林产业协调发展。

(5) 大兴安岭东坡丘陵沟壑水蚀治理区。该区西北部为丘陵漫岗,南与东南部为冲积平原。主要土壤为草甸土、黑钙土、黑土和暗棕壤。总面积 75 208.63 km²,土壤侵蚀面积为 33 928.69 km²。该区水土保持工作以丘陵区水土流失治理为中心,加强植被建设,结合水土保持工程措施,控制土壤侵蚀。

2.2.3 防治区

(1) 松嫩平原中部轻度风蚀防治区。该地区属松花江嫩江一级阶地,主要土壤有风沙土、盐碱土。该区总面积 42 062.81 km²。全区土壤侵蚀面积为 9 456.33 km²。该区水土保持工作重点是:风水蚀兼治,以治风蚀为主,通过防风固沙林和封育措施建设,提高区域抗御风蚀能力。

(2) 三江、兴凯低平原轻度水蚀防治区。该区地貌为冲积平原与河谷阶地。主要土壤为白浆土、沼泽土和草甸土。全区总面积 34 834.24 km²。全区土壤侵蚀面积为 1 993.13 km²。该区水土保持工作重点是:大力营造农田防护林和推行水土保持耕作制度,

合理保护和开发农业资源,促进农业可持续发展。

(3) 小兴安岭低山丘陵轻度水蚀防治区。该区中部为低山丘陵,南部为低山,主要土壤为暗棕壤和山地草甸土。总面积 101 874.91 km²。全区土壤侵蚀面积为 17 498.37 km²。该区水土保持工作重点是:加强预防管理,保护山林植被;实施坡耕地治理工程,加快山区水土流失治理。

(4) 长白山中低山轻度水蚀防治区。该区为中山地貌,主要土壤类型有暗棕壤、白浆土,总面积 50 425.35 km²。土壤侵蚀面积为 923.99 km²。该区水土保持工作重点是:管护为主,认真贯彻执行《水土保持法》、《森林保护法》,依法保护现有的森林资源。

(5) 辽河平原轻度水蚀防治区。该区地处辽河下游平原,总面积 13 319.08 km²。土壤侵蚀面积为 903.39 km²。该区水土保持工作重点是:加强农田防护林体系建设和缓坡耕地治理。

3 结 语

东北黑土区的地域勘定是一个涉及自然地理、农业生态等多学科领域的复杂课题,笔者谨从水土保持专业角度出发,集百家之言,成一己之管见,上述观点的提出,包涵东北 4 省区几代水土保持科技工作者研究成果。谨此,向他们表示深切的谢意。并希望更多有识之士对此提出建议与意见,使黑土区划更具指导该区水土保持生态建设的现实意义。

(上接第 47 页)

(2) 基材混合物中有机质的含量并不能无限制地增加,其原因为:①有机质含量过高,若因降雨过多,有可能造成基材混合物的液相比例过大,导致不合理的三相分布,植物易于因不透气而死亡;②随着有机质含量的增加,虽然田间持水量增加,但凋萎持水量也相应增加,因而有机质的利用效率明显降低。一般地,基材混合物中有机质的含量不超过 30%。

[参 考 文 献]

- [1] 青木和夫,林田秀典.ファイバーソイル绿化工法における波形阶段状の植物生育基盤の侵蚀特性[J].土木技术,1982,37(2):121-126.
- [2] 横 享,濑川进.新しいのり面绿化工法—テタソル・グリーン工法による绿化[J].土木技术,1994,49(2):83-88.
- [3] 佐丸雄治,中野裕司.新しいのり面绿化工法—主よして纤维による补强[J].土木技术,1996,51(2):56-64.

- [4] 原则之,田口睦.高次团粒 SF 绿化システムによる法面の施工事例[J].基础工,1999,27(5):46-49.
- [5] 李旭光,毛文碧,徐福有.日本的公路边坡绿化与防护——1994 年赴日本考察报告[J].公路交通科技,1995,12(2):59-64.
- [6] 张俊云,周德培,李绍才.岩石边坡生态护坡研究简介[J].水土保持通报,2000,20(4):36-38.
- [7] 章梦涛,付奇峰,吴长文.岩质坡面喷混快速绿化新技术浅析[J].水土保持研究,2000,7(3):65-66.
- [8] 杜娟.客土喷播施工法在日本的应用与发展[J].公路,2000(7):72-73.
- [9] 西南交通大学岩土工程研究所,四川省励自生态与环境工程技术有限公司.岩石边坡厚层基材喷射植被护坡工程技术[M].成都:四川省科技厅鉴定,2000.
- [10] 张俊云.厚层基材喷射植被护坡技术研究[D].博士学位论文.成都:西南交通大学,2001.
- [11] 江苏省淮阴农业学校.土壤肥科学[M].北京:中国农业出版社,1990.