

虎榛子群丛根系的固土作用研究

周建勤^{1,2}, 贾宏涛², 朱金兆¹, 谢建强¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 新疆农业大学 草业与环境学院, 新疆乌鲁木齐 830052)

摘要: 共选样地 18 块, 其中 15 块均为由虎榛子(*Ostryopsis davidiana* Decaisne) 单一种组成的植被群落样地, 另外选择对照样地 3 块, 样地规格为 5 m×5 m。18 块样地均测定了地表以下 20、40、60、80、100 cm 共 5 个层面的土壤抗剪强度, 同时测定对照裸地样地的紧实度和虎榛子植被群落样地根截面积率。虎榛子植被群落样地土壤样品需去除裸地抗剪强度的影响。在研究林木根系固土作用时, 必须消除土壤紧实度造成的影响。经测量计算, 土壤样品根截面积率最大为 1.014%, 对应的抗剪强度增强值(也为最大值)为 0.134 6 kN/m²。分析结果表明, 虎榛子群丛根系对土壤抗剪强度的增强值与穿过剪切面的根截面积率呈线性正相关。

关键词: 抗剪强度; 固土作用; 土壤紧实度; 根截面积率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0229-03

中图分类号: S157.5, Q947.6

Effect of Soil Reinforcement by *Ostryopsis Davidiana* Decaisne Root System

ZHOU Jian-qin^{1,2}, JIA Hong-tao², ZHU Jin-zhao¹, XIE Jian-qiang¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. College of Grassland and Environment Science, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

Abstract: 18 sampling areas of size 5 m×5 m were selected, of which 15 sampling areas were composed of *Ostryopsis davidiana* Decaisne vegetation community only. Soil shear strengths at the depths of 20, 40, 60, 80, and 100 cm in the 18 plots were measured. 3 bare lands of size 5 m×5 m were selected and soil compaction and the ratio of sectional root area were measured as well. The effect of soil shear strength in bare land was then removed from the soil sample in *Ostryopsis davidiana* Decaisne vegetation community. By calculation, the ratio of sectional root area was 1.014% and the corresponding shear strength was the maximum value of 0.134 6 kN/m². Analyses indicated that the increased value of soil shear strength in the *Ostryopsis davidiana* Decaisne vegetation community root system was positively correlated to the ratio of sectional root area.

Keywords: shear strength; soil reinforcement; soil compaction; ratio of sectional root area

植被护坡是利用植物根系固土作用稳定浅层边坡的一种新技术, 同传统的土木工程相比, 植被护坡在发挥其护坡作用的同时, 具有土木工程措施所无法比拟的优点, 一方面能够迅速恢复由于人类工程建设所破坏的生态环境, 保持生态位的平衡, 美化景观, 净化空气。另一方面, 植被护坡造价低, 经济性较工程措施护坡优越^[1]。

目前, 植被护坡应用还处于定性和经验发展阶段, 理论研究落后于工程实践^[2]。随着植被护坡的不断推广应用, 植被固土护坡的定量作用研究成为很迫切的研究课题。

探讨根系对提高土壤抗剪强度作用的大小, 从而

为植被固土护坡提供依据, 具有重要的理论意义和实践意义^[3]。灌木因具有地下根系发达, 地上部分树身重量轻, 风的阻力小等特点从而成为植被护坡首选的植被类型。本文在野外取裸地和虎榛子(*Ostryopsis davidiana* Decaisne)灌木林地的不同层次土样, 测量裸地样地不同层次紧实度, 在室内通过直接剪切试验就不同层次根系对土壤抗剪强度的影响进行了研究。

1 试验方案及结果

1.1 实验土样

土样于 2009 年 6 月取自甘肃省天水市, 土壤为在第四纪黄土上发育的黄绵土。由于植被恢复以前长期

收稿日期: 2010-04-22

修回日期: 2010-07-06

资助项目: 国家科技支撑项目“典型脆弱区域气候变化适应技术示范”(2007BAC03A06); 国家自然科学基金(40901155); 新疆土壤学重点学科项目; 北京市教育委员会学科建设与研究生教育建设项目(CXYBL2008-2010)

作者简介: 周建勤(1975—), 男(汉族), 湖南省宁乡县人, 在读博士, 讲师, 主要从事水土保持、生态环境演变的教学与研究工作。E-mail: machinel229@163.com。

通信作者: 贾宏涛(1975—), 男(汉族), 陕西省高陵县人, 博士, 副教授, 研究方向为土壤生态。E-mail: hongtaojia@126.com。

反复的土壤侵蚀,因此可以说该研究基本上是在黄土母质上进行的。选择样地坡度小于 20° 的半阳坡,生物量最大为 531.7 g/m^2 ,最小的为 479 g/m^2 (均为干重)。为了研究的方便,选择 15 块均由虎榛子单一种组成的植被群落样地,海拔高度 $123.0 \sim 159.8 \text{ m}$,起源为天然,生长中等,密度中等。另外选择对照裸地样地 3 块,样地规格 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 。在每一块样地内挖 1 个平均深度为 100 cm 的土壤剖面。沿土壤垂直剖面每 20 cm 用取样器取土样,共计取 90 个土样。分别测定了地表以下 $20, 40, 60, 80, 100 \text{ cm}$ 共 5 个层面的土壤抗剪强度,同时记载了各层面的土壤紧实度。

1.2 试验装置

本次试验所用的剪切仪为南京土壤仪器厂生产的 ZJ 型应变控制式直剪仪。剪切速率 12 r/min 。试验中竖向荷载分为 4 级,分别为 $50, 100, 150, 200 \text{ kPa}$ 。土壤紧实度测定使用浙江托普生产的 TJSD-750 土壤紧实度计分别测定了各剪切层面的土壤紧实度。

根据空闲地土壤紧实度与剪切强度的测定资料,建立紧实度与抗剪强度的关系方程。利用该方程和实测的虎榛子林地各层次的土壤紧实度资料,分别消除了虎榛子林地各层次土壤抗剪强度中土壤紧实度差异造成的影响,以使各样地之间处在同一个紧实度水平上进行研究。

1.3 试样制备

样地区的土壤为黄绵土。本次试验用取原状土样(即土样含植物根系),试样的高度为 15 cm ,直径为 8.8 cm 。试验土样严格按照试验规程,严格控制土样的含水量,使土样的含水量相同。为了满足各类测定点的土壤条件相同,测定前 1 d ,在测定点定量灌水,使土壤水分尽量趋于一致,测定时再次定量灌水,使其含水率基本一致,达到规定的试验要求^[4-5]。

1.4 根截面积率的测定

每层土样用环刀取样,将环刀中的虎榛子根系选出,洗净晾干,用游标卡尺测量根系直径,算出根系截面积,避免同层根系截面积的重复计算,计算出取样环刀截面积,根截面积比取样环刀面积得此层根截面积率。

2 计算方法

剪切时用 $50, 100, 150, 200 \text{ kPa}$ 的 4 种垂直压力,量力环率定系数分别为 $1.862, 1.706, 1.799, 1.799$ 。对每一个试样进行剪切后,可以得到 4 个不同垂直压力下的剪应力,用剪应力 τ (kPa)和相应的垂直压 σ (kPa),依据库仑公式: $\tau=c+\sigma \tan \varphi$,可以计算出每个试样的黏聚力 C (kPa)和内摩擦角 φ 。

对于某一植被类型的土壤剖面的不同层次,用同一层次 3 个平行样的抗剪强度参数值的平均值作为该植被类型下该层次的抗剪强度参数值,如用 3 个裸地土壤剖面的第一层土样的抗剪强度参数值的平均值作为裸地第一层的抗剪强度参数值。

3 试验结果与分析

3.1 土壤抗剪强度与紧实度的关系

经测定的 3 个空闲地(对照点)的土壤抗剪强度、紧实度结果见表 1。对表 1 数据进行分析,土壤抗剪强度与紧实度的线性关系式为:

$$S_f = 179N - 4.1156 \quad (R^2 = 0.9758)$$

式中: S_f ——对照点土壤抗剪强度(kN/m^2); N ——土壤紧实度值(kg/cm^2)。

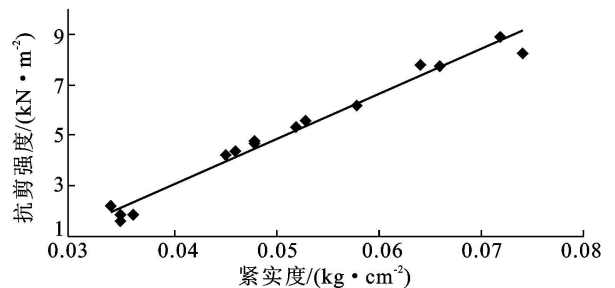


图 1 土壤抗剪强度与紧实度关系

表 1 空闲地土壤深度与土壤紧实度、土壤抗剪强度关系

土层/ cm	空闲地 1		空闲地 2		空闲地 3	
	抗剪强 度/($\text{kN} \cdot$ m^{-2})	紧实度/ ($\text{kg} \cdot$ cm^{-2})	抗剪强 度/($\text{kN} \cdot$ m^{-2})	紧实度/ ($\text{kg} \cdot$ cm^{-2})	抗剪强 度/($\text{kN} \cdot$ m^{-2})	紧实度/ ($\text{kg} \cdot$ cm^{-2})
20	1.85	0.036	1.88	0.035	4.23	0.045
40	1.62	0.035	4.78	0.048	4.36	0.046
60	2.21	0.034	5.32	0.052	5.58	0.053
80	4.68	0.048	7.74	0.066	6.20	0.058
100	8.24	0.074	8.88	0.072	7.81	0.064

可见,土壤抗剪强度与土坡紧实度之间的这种线性关系是普遍存在的,只是在不同土壤条件下系数变化不同罢了,因此,在研究林木根系固土作用时,必须消除土壤紧实度造成的影响^[6-7]。

3.2 土壤容重的影响

裸地抗剪强度随容重的增大而增大,这是由于土层深度越深土壤的原始密度越大,土粒间表面接触面积和镶嵌程度越大,使土粒表面摩擦力和咬合力增大,表现为 φ 值增加,同时,密度越大,孔隙率越小,接触紧密,颗粒间的结构结实,使 C 值加。

3.3 虎榛子群丛根系的固土作用

经测定的 15 个样地各层次土壤抗剪强度增强值

和穿过各该层次的根截面积率列于表 2。应该说明的是, 表 2 中土壤抗剪强度增强值是在首先利用 S_f-N 关系式消除了土壤紧实度土壤抗剪强度的影响之后, 即减去了同一紧实度下空闲地(对照地)相应层次的土壤抗剪强度得到的。

根据表 3, 经数学分析, 虎榛子群丛对土壤抗剪强度增强值与根截面积率的关系式为:

$$\Delta S_r = 0.111 4x + 0.005 6A_p \quad (R^2 = 0.731 9)$$

式中: ΔS_r ——根系对土壤抗剪强度的增强值 (kN/m^2); A_p ——穿过剪切面的根截面积百分率的分子值。从图 2 可以看出, 即从总趋势看, 只要根截面积

率大, 就能产生大的抗剪强度增强值。也就是说, 虎榛子群丛的固土作用是随着穿过剪切面的根截面积率的增减而增减的。

表 2 空闲地土壤直剪试验结果

土层深度/ cm	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	黏聚力 C/kPa	内摩擦角/ ($^\circ$)
0—20	1.10±0.2	26.5	19.52
20—40	1.21±0.2	27.2	18.46
40—60	1.42±0.2	27.8	21.27
60—80	1.51±0.2	34.4	23.18
80—100	1.58±0.2	40.2	23.46

表 3 虎榛子群丛不同土层抗剪强度增强值和根截面积率测定结果

样方号	根截面积率/ %	抗剪强度增强值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	根截面积率/ %	抗剪强度增强值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	根截面积率/ %	抗剪强度增强值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	根截面积率/ %	抗剪强度增强值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)	根截面积率/ %	抗剪强度增强值/ ($\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$)
1	1.014	0.134 6	0.185	0.025 9	0.125	0.011 2	0.022	*	0.017	0.011 8
2	0.590	0.099 2	0.089	0.034 8	*	0.012 5	0.016	0.012 1	*	*
3	0.430	0.060 3	0.298	0.023 7	0.054	0.021 1	*	0.013 2	0.008	0.012 5
4	1.000	0.071 8	0.185	0.010 6	0.141	*	0.011	0.014 1	0.016	0.014 5
5	0.418	0.063 4	0.213	0.027 8	0.120	0.014 9	0.028	0.008 9	0.020	0.002 5
6	0.593	0.041 4	0.098	0.026 9	0.032	0.021 6	0.018	0.016 5	0.004	0.002 4
7	0.568	0.132 6	0.048	0.011 9	0.026	0.003 8	0.015	0.005 2	0.014	0.005 2
8	0.636	0.088 6	0.368	0.013 6	0.048	0.012 8	0.014	0.007 4	0.006	0.004 9
9	0.405	0.044 6	0.078	0.025 8	0.024	0.005 6	0.019	0.005 6	0.009	0.003 2
10	0.423	0.064 5	0.189	0.012 5	0.038	0.004 5	0.016	0.007 8	0.005	*
11	0.289	0.021 9	0.089	0.004 2	0.036	0.006 2	0.015	0.008 4	0.019	0.002 6
12	0.236	0.062 5	0.071	0.004 9	0.024	0.014 3	0.016	0.005 6	0.009	0.002 6
13	0.246	0.051 0	0.030	0.005 2	0.021	0.014 5	0.003	0.008 8	0.004	0.003 2
14	0.208	0.010 2	0.068	0.007 0	0.026	0.003 4	0.017	0.004 5	0.002	0.002 5
15	0.141	0.040 9	0.275	0.005 4	0.040	0.004 8	0.016	0.003 4	0.008	0.002 4

注: * 表示剪切试验失败。

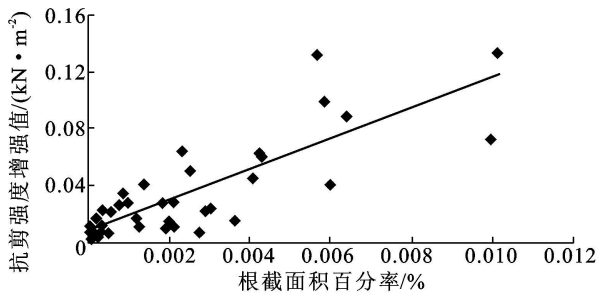


图 2 根截面积率与土壤抗剪强度增强值关系

4 结论

虎榛子群丛根系具有明显的固土作用, 在所研究的 15 个样地, 根截面积率最大为 1.014%, 对应的抗剪强度增强值也是最大的为 0.134 6 kN/m^2 , 经试验数据分析虎榛子群丛根系对土壤抗剪强度的增强值与穿过剪切面的根截面积率呈线性正相关。

[参 考 文 献]

- [1] 姜志强, 孙树林. 堤防工程生态固坡浅析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(12): 2133-2136.
- [2] 王治国, 张云龙, 刘徐师, 等. 林业生态工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000: 111-112.
- [3] 王可钧, 李焯芬. 植物固坡的力学简析[J]. 岩石力学与工程学报, 1998, 17(6): 687-691.
- [4] 朱清科, 陈丽华, 张东升, 等. 贡嘎山森林生态系统根系固土力学机制研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(7): 64-67.
- [5] 郭小平, 朱金兆, 周心澄, 等. 植被护坡技术及其应用[J]. 中国水土保持科学, 2004, 2(4): 112-116.
- [6] 胡利文, 陈汉宁. 锚固三维网生态防护理论及其在边坡工程中的应用[J]. 水运工程, 2003(4): 13-15.
- [7] Gay D H, Sotir R B. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization[M]. New York: John Wiley & Sons, 1996: 187-196.