

嫩江大堤植物根系固土护堤功能研究

代全厚 张 力 刘艳军 许晓鸿

(吉林省水土保持科学研究所·吉林省辽源市·136200)

摘 要 通过对嫩江大堤护坡植物根系及土壤抗冲、抗蚀及抗剪强度的测定分析,发现同一地段土壤的抗冲、抗蚀(水稳性)指数及抗剪强度均是表土层大于底土层。植物根系有较强的固持土壤功能,抗冲指数与根长、根量间有明显的相关性,单相关系数分别为 0.9146 和 0.8197。有机质含量高的土壤抗蚀性强,水稳性指数大。水稳性指数与有机质含量间的相关系数为 0.9132,与根长和根量的相关性相对较低,单相关系数分别为 0.8317 和 0.8091。土壤稳定性与植物根量关系密切,根量大,其抗剪强度就大,相关系数为 0.9814。在现有的植物中,牛毛草地抗蚀能力最大,其固土护坡护堤功能最强,应大力推广。

中图分类号: S157.433

关键词: 护堤植物 抗冲指数 水稳性指数 抗剪强度

Soil-fixation and Dyke Revetment Function of Plant Root System in NenJiang Dyke

Dai Quanhou Zhang Li Lu Yanjun Xu Xiaohong

(Soil and Water Conservation Institute of Jilin Province, Liaoyuen City, Jilin Province, 136200, PRC)

Abstract Through analysis on root system, soil antiscour, antierosion and shear strength determination of slope protection plant on the Nenjiang dyke, the results show that, in a same section, soil antiscour and antierosion (water stability) index and shear strength of surface soil layer are all larger than that of base soil layer. Plant root system has rather powerful strength of soil-fixation function, the antiscour index has clear coherence with root length and root quantity, the single cohere coefficients are 0.9146 and 0.8197 respectively. Soil antierodibility is better and water-stable index are bigger as soil organic matter content is higher, the cohere coefficient between them is 0.9132, the cohere coefficient of it with root length and root quantity are comparatively rather low, the single cohere coefficient are 0.8317 and 0.8091. Plant root quantity has a great bearing upon soil stability, the cohere coefficient of it with shear strength is 0.9814. In the plants now available on Nenjiang dyke, the antierodibility of *Carex duriuscula* C. A. Mey is greatest, its soil-fixation and dyke revetment and slope revetment function are most strong, so it should be given a energetic spread in the same areas.

Keywords: dyke protection plant; antiscour index; water-stable index; shear strength

大江大河下游的冲积土地,地势平坦,土质疏松,土壤肥沃,是重要的农、林、牧业生产基地,但频繁的风沙、暴雨、大潮等自然灾害经常袭击堤岸,甚至破堤成灾,严重威胁着堤外人民生命和财产安全。因此,深入研究大堤植物根系特征和土壤抗冲抗蚀性能及其稳定性的关系,筛选出既适于防蚀防冲固堤,又具有较高生产力的护堤草种,不仅可为嫩江大堤植物防护体系

的建立提供理论依据,而且对保障大堤稳定,防止江水泛滥,提高效益都具有重要意义。

1 研究区概况

研究区位于吉林省镇赉县丹岱东南的嫩江大堤上,总面积 0.5 hm^2 ,地理坐标为东经 $123^\circ 58' 49''$,北纬 $46^\circ 31' 08''$ 左右,为温带大陆性季风气候,四季分明,年均温度 4.6°C ,年均降水量 377 mm ,且季节分布不均,大堤迎水坡坡度 $30^\circ \sim 40^\circ$;背水坡坡度 $25^\circ \sim 30^\circ$;土壤疏松,粉沙含量高,每到汛期,受第二松花江洪水顶托,高水位长时间运行,风大浪高,坡面水土流失和冲刷严重。 $0 \sim 10 \text{ cm}$ 表土层有机质含量较高,在 99.5 g/kg 以上,底土层较低, $10 \sim 40 \text{ cm}$ 土层有机质含量 75 g/kg 左右,属泥炭土。主要护堤草种有牛毛草、早熟禾、紫羊茅、天然杂草等。

2 研究方法

2.1 土壤及根系调查

在研究区内分别植物种设立 $1 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 样地,挖深 0.5 m 的土壤剖面,按常规土壤调查方法进行剖面记载,室内分析 $0 \sim 10 \text{ cm}$, $10 \sim 20 \text{ cm}$ 和 $20 \sim 40 \text{ cm}$ 土层的有机质含量和含盐量等指标。并在样地内,结合常规标准地调查,进行植物根系调查。

2.2 土壤抗冲性测定

在标准地内典型地段每隔 10 cm 土层自上而下应用索波列夫 C. C. 抗冲仪测定 $0 \sim 40 \text{ cm}$ 各土层的抗冲指数。

2.3 土壤抗蚀性测定

土壤抗蚀性,用土壤的水稳性指数表示。从各层风干土样中,选取直径 $0.5 \sim 0.7 \text{ cm}$ 的土粒 50 颗,均匀放在孔径 5 mm 的金属网上,然后置于静水中,以 1 min 为间隔,记录分散的粒数,持续 10 min ,最后计算土壤的水稳性指数。

2.3 土壤稳定性测定

土壤稳定性用土壤的抗剪强度表示。用大型直接剪切箱原位剪切法测定牛毛草、天然杂草和农地地表下层 10 cm , 20 cm , 30 cm , 40 cm , 50 cm 5 个层次的土壤抗剪强度。

3 结果与分析

大堤坡面土壤是侵蚀作用的主要对象,侵蚀的产生和发展是降水侵蚀力和江水波浪冲刷与土壤抗蚀力间相互作用,相互影响的结果。因此土壤性状,特别是土壤抗冲性、抗蚀性和抗剪强度对江水侧蚀、淘蚀及其它流失的影响最大。

3.1 植物根系与土壤抗冲性

土壤抗冲性是指土壤抵抗径流和风等外营力机械破坏的能力,它与土壤理化性状及生物因素关系密切。通过对研究区主要植物地段土壤抗冲性测定,发现不同地段以及同一地段不同土壤层次的抗冲指数间存在较大差异(见图 1)。

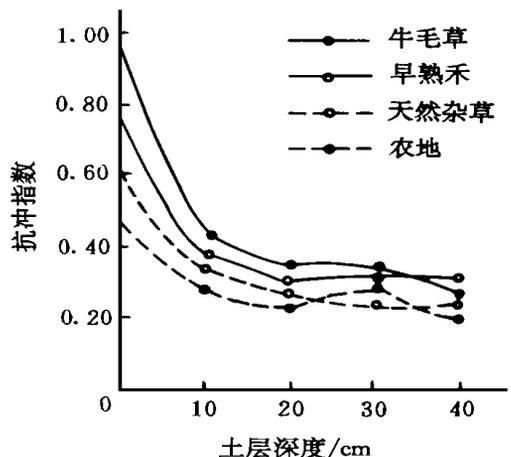


图 1 不同土层深度土壤抗冲指数变化曲线

由图 1 可以看出,同一地段表土层(0~10 cm)土壤的抗冲指数均高于心土层,这与表土层根系数量及有机质含量较高有关。

为进一步弄清植物根系对土壤的网络作用及有机质对土壤的改良作用,我们对植物根量、根长和土壤有机质含量及土壤抗冲指数间进行了单相关分析,发现根量(x_1)、根长(x_2)和土壤有机质含量(x_3)与土壤抗冲指数(y_1)间存在明显的直线回归关系:

$$y_1 = 0.0241 + 0.0632x_1 \quad n = 25, \quad r = 0.8197$$

$$y_1 = 0.0412 + 0.0003x_2 \quad n = 25, \quad r = 0.9146$$

$$y_1 = 3.3682 + 0.5563x_3 \quad n = 23, \quad r = 0.8061$$

由上述回归分析可知,植物草地土壤的抗冲性与根量、根长密切相关。土壤抗冲指数随着有机质含量的增加而增大,故结构良好的土壤(有机质改良土壤结构)具有较强的抗冲性。

3.2 植物根系与土壤抗蚀性

土壤抗蚀性是指土壤抵抗径流水对其分散和悬浮的能力。易被水分散、悬浮的土壤,其抗蚀性亦较差,水稳性指数较小。植物的腐烂根系不仅能提高土壤有机质含量,而且其生长根系,根毛穿插在土体中可防止土体在水中分散和破碎,增强土壤抗蚀性。不同植物种地类的水稳性指数及有机质含量见表 1。

表 1 不同植物种地类土壤水稳性指数与土壤有机质含量

地 类	0~10 cm		10~40 cm	
	水稳性指数	有机质/($g \cdot kg^{-1}$)	水稳性指数	有机质/($g \cdot kg^{-1}$)
牛毛草	0.893	11.419	0.397	10.015
天然杂草	0.724	8.905	0.286	7.024
农 地	0.350	6.413	0.296	4.552

由表 1 可以看出,土壤水稳性指数与土壤有机质含量呈正相关,且同一地段的土壤从上到下水稳性指数递减,从而表明:有机质含量高的土壤抗蚀性强。如牛毛草地 0~10 cm 土层有机质含量最高,其水稳性指数亦最大。植物根系与土壤抗蚀性(y_2)具有相关性,但土壤有机质与土壤抗蚀性能的相关性更好。

$$y_2 = 0.1523 + 0.0588x_1 \quad n = 18, \quad r = 0.8091$$

$$y_2 = 0.1005 + 0.0004x_2 \quad n = 18, \quad r = 0.8317$$

$$y_2 = 0.1351 + 0.5647x_3 \quad n = 18, \quad r = 0.9132$$

3.3 植物根系与土壤稳定性

土壤稳定性是指土体抵抗波浪、径流、风力、重力等外营力的机械位移的能力,它与土的粘着力、内摩擦力关系密切,抗剪强度是内摩擦力和粘着力之和,故土壤的抗剪强度能较好地反映其稳定性。不同地段的土壤机械位移性能有差异,同一地段不同层次的土壤抗剪性能也存在差异,造成了土壤稳定性的差异,并呈现出一定的规律性。通过对研究区各植物地类不同土层的抗剪强度测定表明,表层土的抗剪性能较好,稳定性大,不易被外营力位移破坏(见表 2)。

表 2 几种植物生长堤段不同层次土壤抗剪能力测定表

地 类	0~10 cm		10~20 cm		20~30 cm	
	土壤抗剪力/ kg	土壤抗剪强度/ ($kg \cdot cm^{-2}$)	土壤抗剪力/ kg	土壤抗剪强度/ ($kg \cdot cm^{-2}$)	土壤抗剪力/ kg	土壤抗剪强度/ ($kg \cdot cm^{-2}$)
牛毛草	370	0.1630	260	0.1160	215	0.1003
天然杂草	298	0.1190	160	0.0640	150	0.0587
农 地	130	0.0528	120	0.0514	115	0.0490

植物根系不仅能改善土壤的理化性状,提高有机质含量,而且能网络固持土壤,增强土壤的稳定性,其抗剪强度(y_3)与植物的根量具有显著的相关性,其回归关系如下:

$$y_3 = 0.0088 + 0.2642x_1, \quad n = 16, \quad r = 0.9814$$

3.4 植物根系固土抗冲功能分析

嫩江大堤土壤为泥炭土,在降水径流和波浪的作用下,土壤侵蚀极其严重。鉴于表土层是侵蚀作用的直接对象,故本文仅通过各堤段表层土壤的抗冲指数、水稳性指数及抗剪强度进行植物根系固土抗冲功能的综合分析,筛选出护堤固土抗冲功能较强的植物草种。

表3 植物根系固土抗冲功能分析

指 标	土 层/cm	牛毛草	早熟禾	紫羊茅	天然杂草	农 地
抗冲指数	0~10	0.9345	0.7327	0.7989	0.6418	0.4191
	10~40	0.3031	0.2182	0.1981	0.2047	-
水稳性指数	0~10	0.8932	0.7413	0.6843	0.7134	0.2542
	10~40	0.3974	0.2096	0.2096	0.1891	-
抗剪强度	0~10	0.1630	-	-	0.1905	0.0528
	10~40	0.1082	-	-	0.0627	0.0502

从表3可以看出,各地段表土层有机质含量和植物根系数量较大,其抗冲指数、水稳性指数及抗剪强度均高于心土层,但除牛毛草外,其余地段0~10cm土层的抗冲指数、水稳性指数均在0.75以下,而牛毛草地类不仅抗冲指数、水稳性指数高,均在0.85以上,而且抗剪强度也大,有较强的固土能力。因此,从水土保持角度出发,认为在嫩江大堤上种植牛毛草,能够发挥较强的护堤固堤功能。

4 结 论

- (1) 土壤抗冲性与植物根系的数量、长度及土壤有机质含量密切相关。
- (2) 土壤抗蚀性受植物根系和有机质含量影响较大,其中有机质含量起主导作用,根长、根量次之。
- (3) 土壤抗剪强度与植物根系的数量具有显著的相关性,相关系数达0.9814。
- (4) 在现有的护堤植物中,牛毛草地类的土壤抗蚀、抗冲性最强,抗剪强度也最大,固堤护坡效果好,能力大,早熟禾、紫羊茅草次之,天然杂草最差。

(上接第3页)

保持作用,把治理水土流失作为防灾、减灾的战略措施来抓。

(3) 要加大牧区的小流域治理力度,改变重农区轻牧区的状态,牧区的生态环境较脆弱,一旦破坏,恢复难度大。

(4) 小流域治理必须坚持山、水、田、林、路、沟综合治理,单一措施抵御自然灾害能力低,极易毁坏,沟谷部位承担着全部流域洪水的输移任务,是水力、重力侵蚀集中的地方,是控制和减轻水土流失的关键部位,要坡面工程沟道工程一起上。

(5) 要严格按科学规律办事,既要按规划设计严格实施,又要注重工程施工质量,克服“经验”施工,忽视科学的思想,以免出现设计标准过低、过高,而造成水毁或劳民伤财的现象。

(6) 加强执法监督、预防新的水土流失的发生,防止边治理、边破坏的现象。

参加调查工作的还有刘宝永、张忠、李德、王文贤等同志,表示感谢。