

# 北江大堤植草护坡效应研究\*

夏汉平<sup>1</sup>, 敖惠修<sup>1</sup>, 刘世忠<sup>1</sup>, 王广奎<sup>2</sup>

(1. 中国科学院华南植物研究所生态中心, 广东 广州 510650; 2. 广东省航务工程总公司, 广东 广州 510230)

**摘 要:** 北江大堤在航运的浪涛侵蚀以及洪水和雨水的冲蚀下, 部分河段边坡已变得支离破碎, 对广州和珠江三角洲地区的防洪安全构成了严重威胁。香根草和百喜草都能耐较长时间的水淹, 并都有较强的抗逆性。结合土石方工程, 并辅以三维网覆盖, 将香根草和百喜草种在北江两岸的边坡上。结果, 这一护坡措施不仅有效地防止了洪流冲蚀和雨水侵蚀, 较好地起到了固土护坡作用, 而且绿化美化了河岸边坡, 成功解决了河湖水库的河岸带难以植被覆盖的难题。

**关键词:** 河岸带; 生态治理; 植草工程; 北江

**中图分类号:** X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-5221(2002)04-0359-04

北江是珠江的 3 大水系之一, 它的下游河段与广州及珠江三角洲地区的生产生活有密切关系, 其沿岸河堤的稳固与否直接关系到这一地区人民群众的生命财产安全。然而, 由于中上游地区的森林植被在过去几十年遭到严重破坏, 造成的水土流失使河床淤高; 加之沿河两岸的边坡大多经过人工修筑, 缺乏良好的植被保护, 结果在频繁航运引发的波涛以及洪水和雨水的冲蚀下, 河道两岸少有完整江堤边坡, 有些甚至受到严重侵蚀。这不仅严重影响珠江航运, 更可怕的是汛期洪水暴涨, 时刻威胁着广州及珠江三角洲的工农业生产及人民生命安全, 一旦决堤, 后果不堪设想<sup>[1,2]</sup>。广东省委省政府“九五”、“十五”期间把整治北江作为重点工作来抓, 其中一项主要内容就是北江航道边坡的修整加固。

过去 10 多年, 中国科学院华南植物研究所(以下简称“华南植物所”)科研人员先后在各种类型的水土流失地开展应用生物措施治理水土流失的研究、示范与推广工作, 并筛选出了百喜草(*Paspalum notatum* Flugge)、香根草 [*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash] 等一批适合广东地区生长且抗逆性强的优良水土保持与护坡植物<sup>[3~6]</sup>。为了将研究成果进一步推广扩大, 也为了积极参与广东的生态环境建设与水土保持工作, 2000 年华南植物所与广东省航务工程总公司(以下简称“航务公司”)合作, 在北江大

堤开展了一段边坡加固修整的护坡工程试验, 目的是试图解决北江两岸水土流失问题, 并试图找到对河岸带进行植被恢复的方法。本试验是工程措施与生物措施相结合的典型, 其中土石方工程部分由航务公司负责, 植草护坡试验由华南植物所负责, 航务公司参与。现将该试验所取得结果总结如下, 以期能为今后开展同类工作, 特别是为江河湖库的边坡生态工程治理与河岸带的植被恢复提供科学依据。

## 1 试验段的环境概况

试验地点位于北江航道广东省三水市大塘水厂附近一段边坡上。这里的土质非常疏松, 加之汛期水流较急, 流速常达 2~3 m/s, 因此坡面土壤易被河水冲走, 并常常导致河堤崩塌。试验前, 这段河岸边坡已被江水和雨水冲刷得起伏不平甚至支离破碎。试验河堤段长 900 m, 由斜边坡和坡顶平台 2 部分组成。开展工程的第一步是将破碎坡面进行修整, 使之成为坡度为 1:2 (约 20°) 的平整坡面, 然后再将边坡的下半部用石砌基, 以稳固坡脚, 上半部则用生物措施护坡。开展生态工程措施的范围为 11 m 宽的斜边坡和 3 m 宽的坡顶平台, 总面积 13 600 m<sup>2</sup> (900 m × 14 m)。根据现场读取观测水位的标尺, 平台标高为 9.0 m, 开展生物措施的下线为 4.5 m。

该河段边坡的土壤为河流冲积土, 土质为砂质

收稿日期: 2002-03-22; 修订日期: 2002-04-30

基金项目: 广东省自然科学基金团队项目 (003031) 与广东省航务工程总公司资助开展

作者简介: 夏汉平 (1966-), 男, 湖南汉寿人, 博士, 研究员, 主要从事恢复生态学及草地生态学研究, 发表论文近 70 篇, 专著 1 本, 享受国务院政府特殊津贴。

\*参加此项工作的还有广东省航务工程总公司的周春儿高级工程师、胡秋硕工程师等人。

粘壤土, 疏松, 砂性强, 以直径 0.25 ~ 0.05 mm 的细砂和 0.25 ~ 0.1 mm 的粉砂为主, 占颗粒组成的 60%, 因而易遭冲蚀 (表 1)。土壤呈酸性, 肥力较

低, 有机质含量仅为 6.2 g/kg, N、P、K 含量亦明显偏低 (表 2)。为使植物能早生快发, 尽早产生护坡效果, 适当施肥是必不可少的。

表 1 北江大堤大塘段土壤的颗粒组成分析

Tab. 1 Mechanical analysis of soil sampled from the trial spot, Datang section of the Beijiang

粒径/mm	>1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.02	0.02~0.002	<0.002
含量 (%)	0	0.1	0.59	30.24	28.08	7.08	12.34	21.64

表 2 北江大堤大塘段边坡土壤的化学性状

Tab. 2 Chemical properties of the soil sampled from the trial spot

pH	有机质 / (g kg <sup>-1</sup> )	全氮 / (g kg <sup>-1</sup> )	全磷 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) / (g kg <sup>-1</sup> )	全钾 (K <sub>2</sub> O) / (g kg <sup>-1</sup> )	水解氮 / (mg kg <sup>-1</sup> )	速效磷 / (mg kg <sup>-1</sup> )	速效钾 / (mg kg <sup>-1</sup> )
4.89	6.2	0.3	0.052	2.23	34.2	1.0	18.7

## 2 试验方法

### 2.1 植物种类选择

如何对河湖塘库的边坡进行植被覆盖并控制水土流失一直是生态工作者关注的问题。过去也曾开展过许多类似的试验研究工作, 但由于所用草种基本都不耐水淹, 结果在汛期都被淹死, 使得河岸常常留下几米到十几米高的空白带, 这也成了河道、水库、湖泊边坡进行治理与保护的一大难题<sup>[7,8]</sup>。为了不重蹈覆辙, 首先开展了耐淹性草种的筛选试验。方法是将广东地区常用的几种水土保持植物, 包括香根草、百喜草、狗牙根 (*Cynodon dactylon*)、硬穗钝叶草 (*Stenotaphrum secundatum*)、竹节草 (*Chrysopogon aciculatus*)、两耳草 (*Paspalum conjugatum*)、假俭草 (*Eremochloa ophiuroides*)、地毯草 (*Axonopus compressus*) 等 8 个种移栽到盆内, 待返青生长和扎根后放入水池中完全淹水静置, 考察其在水中的忍耐极限。结果表明, 香根草、狗牙根、百喜草等草种的耐淹性最强, 其中前 2 种能抵抗至少 80 天的完全水淹, 百喜草亦能在 50 天淹水条件下存活下来, 而其他 5 种植物在 50 天内先后被淹死 (详细结果将另文刊出)。因此, 护坡试验的草种选用百喜草、香根草、狗牙根为主, 并把近几年用得较多的糖蜜草 (*Melinis minutiflora*) 也作为试验草种一起观测。考虑百喜草和香根草强大的固土能力和优良水土保持特性, 因此试验工程将二者作为主要种类大面积种植, 而狗牙根和糖蜜草 2 种仅作为小面积试验。

### 2.2 试验布置与观测

实施生物措施之前先开展工程措施, 工程内容包括向坡脚的河道抛石减缓水流, 坡基石, 坡面

平整, 再覆盖三维网等。工程措施完成后, 就在斜坡面和平台上全面播种百喜草、狗牙根或糖蜜草。播种方法是将草种与砂土拌匀, 均匀撒播; 百喜草和狗牙根的播种量为 17 g/m<sup>2</sup>; 糖蜜草的种子明显比百喜草和狗牙根的小和轻, 因此播量减半, 为 8.5 g/m<sup>2</sup>。狗牙根播 5 kg, 糖蜜草 2.5 kg, 即二者各播 300 m<sup>2</sup>, 其余 13 000 m<sup>2</sup> 全播百喜草, 播量约 220 kg。播种后覆一层薄土。播种工作于 9 月 20 日完成, 1 个星期后再将香根草种植于坡顶平台。种前开 V 型浅沟, 施少量复合肥作基肥, 然后按每丛 1~2 个分蘖, 丛 (株) 距 15 cm, 行距 1 m, 垂直交叉的方式种植, 即平台上总共种植 4 行 900 m 和 900 行 3 m 的草带。播种栽植后从江中抽水浇灌, 保持土壤湿润, 直到种子发芽并旺盛生长, 种苗返青生长为止, 12 月中旬追施复合肥抚育一次。主要观测植物特别是主体草种百喜草的生长发育情况, 以及它们的固土护坡效果与水流对坡面的冲蚀情况。洪水期间每天观测水位状况, 选点不定期测定水流速度。

## 3 结果与分析

### 3.1 供试植物的生长发育状况与前期护坡效果

百喜草播种 7 天后开始出芽, 发芽率达 80% 左右, 整齐均匀。狗牙根发芽率约 50%, 覆盖不太均匀。糖蜜草发芽率更低, 不到 20%。二者的发芽时间与百喜草差不多。香根草种苗的成活率接近 100%, 基本未见有缺株现象。播种 28 天后, 百喜草根系的平均长度为 13 cm (6 个观测值的平均值, 下同), 最长 19 cm, 株高平均 11 cm, 坡面的植被覆盖度达 90%, 基本成草坪。就在这时, 即 10 月下旬期间北江曾出现了一次历史同期少有的高位洪水,

水位上涨达 7.5 m, 淹没了高约 2 m 的植草试验坡面, 淹水长达 4 天。百喜草由于生长快, 匍匐茎紧贴地表, 且根系发育良好, 固土较牢, 结果受洪水影响不大; 相反, 狗牙根和糖蜜草根系浅, 匍匐茎基本不贴地, 结果二者有部分表土及草苗被洪水冲走, 形成残缺外貌, 这其中又数糖蜜草更糟。

但总的来看, 由于百喜草是大面积种植的主要草种, 洪水对整个试验示范区的影响不大。百喜草播种不到 1 个月就开始产生护坡效果。播种 56 天后, 根系平均长度为 17 cm, 最长 26 cm, 地上部分的平均高度 15 cm, 对坡面的覆盖率达 99% 以上, 已经完全形成草坪。90 天后, 即在 12 月 20 日进行第 3 次生长观测, 尽管已经进入冬天, 但仍表现出了较强的生长势头, 这时根系的平均长度为 21 cm, 最长 35 cm, 株高平均 25 cm, 外貌呈现出一片绿色。特别是紧靠香根草带两边的百喜草生长茂密, 可能是因为开沟种植, 沟内施放了基肥, 水肥条件较好, 有利生长之故。狗牙根 2 个月后的叶层高 3 cm 左右, 覆盖度仅 60%。糖蜜草 2 个月未见大量发芽, 只见零星生长。二者长势差, 显然受 10 月下旬洪水冲蚀的影响。香根草种植 2 个月后, 一般每丛分蘖

增加到 5~8 株, 株高 60~90 cm。播种 3 个月后的坡面呈现郁郁葱葱的一片, 河岸外貌有很大的改观。疏松的河堤在石砌坡基、三维网和具有发达根系的草本植物联合作用下, 被紧紧地保护与覆盖。它们的联合作用产生了较明显的护坡固土效益, 而且绿化美化了河堤, 形成了大塘镇的一道风景线, 并且成了当地一些居民晨运和漫步的好去处。

### 3.2 百喜草与香根草的耐淹与抗冲能力

本试验的真正考验是在 2001 年的夏季。在整个雨季期间 (4~9 月), 草坡一共经受了 9 次洪水的淹没与冲蚀, 其中最高水位达 11 m; 水位超过 9.0 m (即淹没平台) 的洪水有 4 次, 总的淹水时间达 17 天; 底部草带一次淹水最长时间达 26 天, 总共淹水时间超过 100 天。如此长时间的淹水并未导致百喜草有任何死亡现象, 这进一步说明, 百喜草的确是一种耐淹能力很强的植物。

2001 年 9 月 3 日测定了该河段的水流速度。这一天的水位达 9.3 m, 即高出平台 0.3 m, 属高洪水位。在 3 个不同的断面位置选择离水边不同的距离和不同的水深测定水流速度 (表 3)。从表 3 可见,

表 3 2001 年 9 月 3 日试验段不同位置 and 不同水深处的水流速度

Tab. 3 Flow velocity of different positions and depths along the trial section of the Beijiang on September 3rd, 2001

垂线 号数	起点 距/ m	断面位置: D0+350				断面位置: D0+580				断面位置: D1+0.20			
		水深 /m	测点深度 /m	测点流速 / (m s <sup>-1</sup> )	平均流速 / (m s <sup>-1</sup> )	水深 /m	测点深度 /m	测点流速 / (m s <sup>-1</sup> )	平均流速 / (m s <sup>-1</sup> )	水深 /m	测点深度 /m	测点流速 / (m s <sup>-1</sup> )	平均流速 / (m s <sup>-1</sup> )
1	8.0	2.5	0.60	0.99	0.88	2.6	0.52	1.11	0.90	2.5	0.50	1.16	1.09
			1.80	0.86		1.56	0.87			1.50	1.11		
			2.40	0.79		2.08	0.71			2.00	0.99		
2	15.0	5.5	0.20	1.35	1.17	5.6	0.20	1.42	1.21	5.0	0.20	1.46	1.37
			1.10	1.33		1.12	1.38			1.00	1.48		
			3.30	1.20		3.36	1.21			3.00	1.39		
			4.40	0.99		4.48	1.08			4.00	1.22		
			5.20	0.78		5.30	0.72			4.70	1.19		
3	23.0	7.8	0.20	1.46	1.32	9.7	0.20	1.72	1.45	5.3	0.20	1.81	1.66
			1.56	1.45		1.94	1.69			1.06	1.79		
			4.68	1.32		5.80	1.46			3.18	1.68		
			6.20	1.20		7.80	1.16			4.24	1.53		
			7.50	1.03		9.40	0.98			5.00	1.31		

越靠近河流中央, 流速越大, 越往深处, 流速越小。但在这 3 个不同的起点距中, 只有离水边 8 m 的位置是在草坡的上方。由于这个位置的水深仅 2.5 m 左右, 因而 2.0~2.4 m 的测点深度已经基本贴近草坡, 也就是说在这个深度的流速基本代表了作用于草坡的水流速度, 它们分别是 0.79 m/s (D0+350 位

置, 深 2.40 m)、0.71 m/s (D0+580 位置, 深 2.08 m) 和 0.99 m/s (D1+0.20 位置, 深 2.00 m)。1 m/s 左右的流速虽然不是很快, 但它所具有的冲蚀力足以将砂质坡岸冲毁。百喜草覆盖的边坡不仅经受了如此长时间的水淹, 而且还抵抗住了如此强劲的冲击。可见百喜草的确不愧为非常优良的水土保持与

护坡植物,特别是在河湖水库的边坡保护方面显示出广阔的前景。诚然,在抵抗洪水冲蚀过程中,三维网也协助草被起了很大的作用,没有三维网,仅靠百喜草的覆盖是很难保证这种松散的砂质边坡不被冲毁的。至于香根草,虽然在头2个月长势繁茂,但由于它常年遭受动物——特别是牛——的严重啃食,加之百喜草的大量入侵,结果后来的生长不够理想,并出现了部分死亡。在护坡方面,香根草只是种在平台上,所起的护坡作用无疑要比百喜草小得多,但总的来说,它也经受住了4次洪水的冲淹,并和百喜草一起共同作用,完整地保住了平台与河岸。

#### 4 结语

1) 广东地区的江河湖库的河岸带因缺乏合理保护已经成为该地区最严重的水土流失类型之一。不仅如此,河岸带在每年旱季因湖水或河水的水位下降而变成一片落差高达数米至数十米不等的巨大“空白带”,形成与其上下环境极不协调的景观,使得湖区或流域内生态价值与旅游价值都大打折扣。

2) 对河岸带进行植被恢复一直是生态工程专家们试图解决的问题,但迄今尚未见到成功的报道。本文先通过淹水试验筛选出香根草、百喜草和狗牙根等耐淹性草种,然后结合与土石方工程、三维网覆盖等措施将其种植在江河两岸的河岸带上用于固

土护坡。结果,百喜草呈现出了最为有效的护坡与绿化美化效果,香根草亦起到了一定的固土与绿化作用。因此,百喜草与香根草用于江河两岸的固土护坡是完全可行的,值得在我国南方地区推广应用。另外,过去两年我们还用这2种植物在广东新丰江水库开展过河岸带的绿化护坡工程,亦取得成功。由此看来,在江河湖库的边坡上种植百喜草与香根草很可能为河岸带的植被恢复找到一条捷径,值得进一步探索。

#### 参考文献:

- [1] 陈小红. 珠江三角洲洪水变化及洪水风险与保险 [J]. 热带地理, 1999, 19 (2): 117 - 123.
- [2] 夏汉平. 论长江与珠江流域的水灾、水土流失及植被生态恢复工程 [J]. 热带地理, 1999, 19 (2): 124 - 129.
- [3] 夏汉平, 刘世忠, 敖惠修. 优良水土保持植物与坡地复合农林业 [M]. 北京: 气象出版社, 2000. 13 - 55.
- [4] Xia H P. Development of vetiver system in Guangdong Province, China [J]. Technique Bulletin of Pacific Rim Vetiver Network, 2001, (3): 1 - 20.
- [5] 夏汉平, 敖惠修, 何道泉, 等. 香根草在土壤改良与水土保持中的作用 [J]. 热带地理, 1996, 16 (3): 265 - 270.
- [6] 夏汉平, 敖惠修. 百喜草——护坡、草坪植物新秀 [J]. 广东园林, 1997, (4): 33 - 34.
- [7] 邓红兵, 王青春, 王庆礼. 河岸植被缓冲带与河岸带管理 [J]. 应用生态学报, 2001, 12 (6): 951 - 954.
- [8] Gregory S V, Swanson F J, Mckee W A, et al. An ecosystem perspective of riparian zones [J]. Bioscience, 1991, 41: 540 - 551.

## A STUDY ON BENEFITS OF PLANTING GRASSES ALONG THE BANK OF THE BEIJIANG

XIA Han-ping<sup>1</sup>, AO Hui-xiu<sup>1</sup>, LIU Shi-zhong<sup>1</sup>, WANG Guang-kui<sup>2</sup>

(1. South China Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Guangdong Provincial Navigation Engineering General Company, Guangzhou 510230, China)

**Abstract:** Some sections of the embankment of the Beijiang have been eroded severely by rain water, floods, and waves resulting from navigation. That has become a threat to the safety of Guangzhou and the Pearl River Delta in the aspect of flood control. It has been well documented that vetiver (*Vetiveria zizanioides*) and bahia (*Paspalum notatum*) have strong resistance to adverse conditions, and they have been testified to survive after a long time of submergence. Due to the reasons, an experimental project was conducted along one fragmental section of the bank of the Beijiang through planting vetiver, bahia, and other grasses for protecting the embankment from erosion. The result showed that the two grasses, especially bahia, played an important role in slope vegetating, beautification, as well as slope stabilization. Furthermore, they could resist impulsion of flood. Therefore, it should be promising to conduct the bahia and vetiver eco-engineering along riparian zones for the purpose of protecting the banks of rivers, lakes, reservoirs, ponds, etc. in South China.

**Key words:** Riparian zone; Ecological harness; Grass planting project; The Beijiang