

# 香根草在水土保持生态修复中的应用

刘静文

云南今禹生态工程咨询有限公司 云南 昆明 650233

**摘要:** 香根草 (*Chrysopogon zizanioides*) 以其卓越的固土保水能力, 在生态修复领域作用显著。其资源在环境保护、能源利用及粮食安全等维度的创新应用, 促进了生态产业化与产业生态化融合, 诠释了绿色发展理念。香根草“生态修复-价值转化-产业振兴”三级联动模式, 通过滩涂种植、“光伏+香根草”等项目实现生态资产向绿色经济转化, 提供了水土保持与生态产业化可复制模式, 在生态、社会与经济效益上均表现出色。

**关键词:** 香根草; 水土保持; 生态修复; 生态产业化; 推广应用;

香根草 (*Chrysopogon zizanioides*), 多年生禾本科香根草属植物, 具有生物量大、分蘖迅速、适应性强、生态幅宽、易栽种管理等特点<sup>[1]</sup>, 是优良的水土保持植物。香根草根系发达致密, 深2~3米, 平均抗拉强度75~85 MPa, 强度相当于同直径钢筋的1/6, 能提高土壤剪切强度, 起到固土作用<sup>[2]</sup>。香根草的生态位参数显示, 其温度耐受区间为 $T_a = -10 \sim 45^\circ\text{C}$ , 降水需求满足度 $P \geq 300\text{mm/a}$ 。香根草圆锥花序, 雌雄同株, 且无匍匐茎, 自然结实率低, 在生产中以分蘖繁殖作为常规方法<sup>[3]</sup>。

香根草作为生态修复重要物种, 其引种栽培已覆盖全球160余个国家和地区, 在水土保持和污染治理领域价值显著, 但在研究及推广中, 除了重视其生态效益, 还应关注香根草给种植者带来直接的经济效益。目前香根草突破了在水土保持、生态修复、日化、能源、材料、产业振兴、大健康、新能源等领域的应用, 产业化需求量大, 市场前景向好。

## 1 时代赋予的生态产业发展背景

基于生态文明思想与山水林田湖草沙冰系统治理理念, 我国构建了生态要素协同治理政策体系。我国草地资源近60亿亩, 约占国土40%, 是我国主要江河源头和水源发育区, 重要的生态屏障。草地生态系统脆弱, 退化严重, 生态保护修复任务艰巨, 不合理的开发利用活动大量挤占和破坏生态空间, 迫切需要生态产业化路径。

香根草技术涉及环境、能源、粮食三大领域, 其水土保持功能在生态环境中的应用最为广泛。我国20世纪50年代从印度引种香根草, 现已在全国22个省、市、自

治区实现规模化种植, 广泛用于农、林、水、环保、交通、矿业、能源、食品、饲料、日化、生物制药等行业, 并取得了良好效果, 使香根草的产业应用进入了新的发展时代。

## 2 水陆两栖的固坡护堤“生物坝”

香根草根系纵深发达, 能够有效稳固土体, 是固坡护堤的优质材料。研究结果显示, 香根草根系显著提高了土体的强度以及内摩擦角, 其加筋效果主要来源于根系竖直排布的根-土接触界面<sup>[4]</sup>。根据USLE模型参数测算, 香根草的地上生物量 (AGB) 年增量达12.4 t/ha, 其密集冠层结构使曼宁糙率系数提高至0.045, 其地上部分的三维构型使径流流速降低62%~78%, 实现土壤颗粒的有效捕获与沉积。香根草的根、茎、叶具有贯穿的通气组织, 具备旱生和水生结构特点, 在完全淹水5个月后仍能存活, 部分淹水时分蘖和株高与陆生无明显差异, 净光合速率更强。当泥沙淤积掩盖香根草基部时, 植株基部的茎节分蘖长出新根, 在种植成活当年单株可分蘖10倍以上, 最大可达20~40倍。香根草随着冲积的土壤增多而向上拔节生长, 形成会长高的“生物坝”坝体, 有效减少土壤流失量。

针对水位涨落引发的边坡失稳问题 (坡面剪切力波动  $\geq 35\text{kPa}$ ), 香根草通过分植繁殖构建弹性根系网络, 在旱季 (土壤含水量  $< 12\%$ ) 与淹水期 (水深  $> 80\text{cm}$ ) 均能维持  $> 85\%$  的植被覆盖度, 实现动态边坡稳定性的生物强化。基于USLE模型改进的WATEM/SEDEM系统模拟显示, 香根草在消落带边坡的防护效能指数 (RPEI) 达0.87, 其地下茎横向生长速率 (1.2 cm/d) 与根系抗拉强度 (18.7 MPa) 协同作用, 有效应对水位波动引发的剪切应力 ( $\tau = 15 \sim 25\text{ kPa}$ ) 与孔隙水压力 ( $u = 8 \sim 12\text{ kPa}$ ) 耦合作用。香根草“生物坝”能有效拦截地表径流与泥沙、树枝、石块等物体, 同时延迟雨水流入河川, 使其能渗入土中, 提高地下水位<sup>[5]</sup>。香根草是能够长期适应三峡水

**作者简介:** 刘静文(1984.4.25), 女, 汉族, 四川遂宁人, 本科学历, 云南今禹生态工程咨询有限公司, 高级工程师, 研究方向: 水土保持与荒漠化防治及生态工程咨询。

库消落带生境的少数物种之一<sup>[6]</sup>。实验模拟消落区的长期完全水淹条件、180天全淹处理后,香根草的存活率为87.5%<sup>[7]</sup>。在三峡库区坡地水土流失严重区域,香根草植物篱可以在坡面形成拦截屏障,显著影响坡面土壤的剥离、搬运和沉积过程<sup>[8]</sup>,一方面物理阻挡泥沙,使泥沙沉积,另一方面隔断坡面径流,改变径流能量的分布。通过植物-微生物-基质的界面耦合机制,香根草在滇池污染水体中形成独特的“水下森林”生态系统,根系泌氧量达 $12.6\mu\text{molO}_2/\text{g}\cdot\text{h}$ ,促进好氧脱氮菌(如Nitrosomonas)丰度提高3.2个log值,使TN去除效率较传统人工湿地提升42%。该技术已纳入《云南省高原湖泊生态修复技术导则》作为推荐工艺。

### 3 水土保持与生态修复治理的应用

香根草属于抗盐植物,表现出拒盐特性,对强酸、强碱或重金属污染土壤有较强耐受能力,能富集复合重金属污染矿区土壤中的重金属,且能有效地降低土壤砷、镉和铅含量<sup>[9]</sup>。研究表明,香根草对铬、镍、砷、镉4种重金属的忍耐程度分别为18、347、72和48mg/kg,而一般作物对它们的忍耐程度分别只有0.02~0.2、10~30、1~10和5~20mg/kg<sup>[10]</sup>,可见它对重金属污染的忍耐程度是一般植物的10~100倍以上。香根草根分泌物还能提高重金属胁迫下草坪草种子的发芽率<sup>[11]</sup>。对水体中镉和扑

草净的单一/复合污染胁迫具有较强耐受反应,能通过抗氧化酶系统间的相互调整来应对胁迫,研究结果可为筛选人工湿地植物用以修复重金属、农药的单一/复合污染提供基础理论依据<sup>[12]</sup>。如图1水体中磺胺嘧啶或联合磺胺类抗生素胁迫下,香根草地上部和根系长度与无污染物对照相比差异均不显著,污染物去除率比无植物对照组分别提高了13.47%和15.45%,降解周期比无植物对照组分别缩短了49、75天<sup>[13]</sup>。随着我国社会经济的发展,生态承载力已经达到或接近上限,表土缺失、土壤结构变差、金属污染、生物多样性锐减等问题日益突出,香根草的抗盐特性在水土保持流域治理、荒漠化(石漠化、沙漠化、盐碱化)治理、土壤污染治理、矿区生态修复等领域表现优异。

在南亚热带集约化蔗区那辣流域,沟渠内植入香根草可有效降低沟蚀和养分流失量<sup>[14]</sup>。在云南东川严重水土流失区,如图2以香根草为先锋固土保水,间套种农林作物,成功治理荒漠化400余亩,减少水土流失和泥石流灾害。香根草稳固坡面并促进周边植物生长,提升生物多样性,推动农业结构优化。项目通过套作农产品、生态畜禽、沼气生物柴油、草料制浆及观光休闲等产业,提升土地价值、增加农民收入,推动循环经济与生态云南建设。



图1 东川泥石流堆积区香根草定植初期

针对我国262.2万平方公里荒漠化土地亟需治理,近年来我国科技工作者在陕西、宁夏、山西、山东、内蒙古、新疆、甘肃等地荒漠地区,采用“香根草+EPSB+黄腐酸”模式改良土壤,提高土壤孔隙度和有机质,促进排盐,为我国粮食安全提供土地资源保障,并通过深加工发展循环经济共赢。

### 4 生态产业化的经济价值体现

香根草产量高、营养丰富,嫩叶粗蛋白含量高达7%,是优质饲料。其老叶茎秆可制造环保餐盒,还可代替木



图2 东川泥石流堆积区香根草定植后第三年

料作为生产食用菌的上好原料。根据《国家中长期科技发展规划纲要(2021-2035年)》部署,香根草技术系统入选“十四五”国家重点研发计划“乡村产业共性关键技术研发”专项。其药食同源,富含多种营养成分和活性物质,具有抗菌、抗炎、抗氧化等多种生物活性,已列入国家添加剂目录,是大健康产业优质的原料。

香根草提取液是内燃机节能减排催化液,该液体含有羟基、三环香根草醇等物质,与汽、柴油雾化后可充分燃烧,减少积碳,提高燃烧率,减少有害排放,降

低油耗,有效减排二氧化碳30%以上,节能15-20%。同时,香根草精油市场空间极大,世界年贸易量约350吨,市场缺口约100吨。云南作为世界公认的高级香精香料原产地,滇中地区及干热河谷产出的香根草原料,作为重要的香料作物,在“一带一路”中促进农业合作与文化交流。它不仅带动了相关产业链的发展,还加深了沿线国家间的经济联系和文化理解。

利用滩涂、盐碱地、荒漠等种植香根草,“光伏+香根草”模式创新“双碳”路径,改良土壤同时提供生物基环保材料,实现生态产业化、产业生态化融合发展。基于生态工程学原理,香根草的规模化应用构建了“生态修复-价值转化-产业振兴”的三级联动模型,在实现生物多样性的同时,完成生态资产向绿色经济转化,形成可复制的生态治理范式。

#### 结束语

香根草凭借其卓越的生态适应性与多功能性,在水土保持、污染治理、退化生态系统修复中展现出不可替代的价值。其“生态修复-价值转化-产业振兴”三级联动模式,成功地将生态保护转化为经济效益,生动实践了“绿水青山就是金山银山”的理念。从稳固边坡的“生物坝”,到改良土壤的先锋植物,再到能源、材料、大健康产业的宝贵原料,香根草的应用深度与广度不断拓展。面对日益严峻的生态环境挑战,大力推广香根草技术,深化其在生态产业路径中的集成创新,对于筑牢生态安全屏障、推动绿色低碳发展、助力乡村振兴具有重要意义,是践行生态文明、实现可持续发展的有效典范。

#### 参考文献

- [1]刘金祥,陈燕.我国大陆唯一的大面积成群落分布的优良水土保持植物—香根草的用途与保护问题[J].草业科学,2002,19(7):13-16.
- [2]程洪,张新全.草本植物根系网固土原理的力学试验探究[J].水土保持通报,2002,22(5):20-23.
- [3]李文送.我国香根草繁殖方法的研究进展[J].草业科

学,2007,24(7):33-36.

[4]何磊.根系排布方向对香根草固土效果影响试验研究[J].山西建筑,2024,50(23):112-115.

[5]张国发,姜旭红,崔玉波.香根草研究与应用进展[J].草业科学,2005,22(1):73-78.

[6]马凡强,简尊吉,郭泉水等.长期水陆周期性变化条件下香根草形态性状和生物量分配的可塑性[J].生态学报,2023,43(2):672-680.

[7]王海锋,曾波,乔普等.长期水淹条件下香根草、菖蒲和空心莲子草的存活及生长响应[J].生态学报,2008,28(6):2571-2580.

[8]肖海,刘子睿,夏振尧等.香根草植物篱对三峡库区紫色土坡地泥沙沉积的影响[J].武汉大学学报,2024,70(1):129-138.

[9]王学文,刘鸿雁,何进.重金属复合污染下不同种植密度香根草的生长及富集特征[J].草业科学,2023,40(8):2028-2037.

[10]Truong P N V.An overview of research,development and application of the vetiver grass system(VGS)overseas and in Queensland[A].Annual re-port of the Vetiver Network (1996)[C].The Vetiver Network,1997,5-7.

[11]牛学礼,丘雯鑫,杨锦玉等.香根草根分泌物对重金属胁迫下两种草坪草种子萌发的影响[J].草业科学,2020,37(6):1074-1087.

[12]杨秀彪,吴珂,欧朝蓉等.香根草对镉-扑草净复合污染胁迫的生理响应[J].生态与农村环境学报,2024,40(7):964-974.

[13]荣渝虹,孙仕仙,张发明等.香根草对水体中磺胺嘧啶单一及联合污染的去动态研究[J].西南林业大学学报,2023,43(6):79-90.

[14]周小淇,陈婷婷,李勇等.不同植被盖度香根草减少沟渠侵蚀和C,N,P流失的有效性[J].水土保持通报,2023,43(5):62-68.