

香根草的研究及利用进展

毛萍^{1,2}, 杨宏¹, 马欣荣¹

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:香根草是一种利用价值极高的禾本科多年生丛生植物。经过开发,逐步被广泛用于稳固道路土方工程、矿山复垦、修复重金属土壤、污水处理和改善水质等工程;也根据它的特性,开发出一系列经济附加值高的副产品,如香精油、菌草技术和造纸原料等。从香根草的基本特征和利用现状等方面进行了概述,提出了综合开发香根草资源的建议,并展望了在四川和青海地震灾区应用的可能性。

关键词:香根草;利用现状;环境恢复;水土保持;经济价值

doi:10.3969/j.issn.1008-0864.2011.01.14

中图分类号:S157.433,Q949.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-0864(2011)01-0088-06

Progress in Research and Utilization of *Vetiveria zizanioides*

MAO Ping^{1,2}, YANG Hong¹, MA Xin-rong¹

(1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 610041;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: *Vetiver (Vetiveria zizanioides)*, a gramineous crop of tufted perennial grasses, has high utilization value. After exploitation, it was widely used in road and ground construction, mine reclamation, heavy metal soil recovery, sewage treatment and water quality improvement, etc. A series of byproducts with high economic value has been exploited according to their distinctive traits, such as essential oil, fungus technology and paper making raw material, etc. This paper expounds the basic characters and utilization status of vetiver grass and provides suggestions for synthetically developing its resources, and also prospects the possibility of utilizing vetiver grass in regions suffered from earthquake disaster in Sichuan and Qinghai Provinces.

Key words: *Vetiveria zizanioides*; utilization status; environmental restoration; water and soil conservation; economic value

香根草(*Vetiveria zizanioides*),又名岩兰草,禾本科香根草属,多年生高大草本,二倍体植物,染色体20条,原产于印度等热带地区,我国吴川亦有野生种分布。早在20世纪50年代,我国开始从印尼、印度等国家引种栽培来提炼优质精油。

香根草的开发项目始于1985年,当时在世界银行的推崇下,在印度被广泛用于稳固道路土方工程、矿山复垦、污水处理和改善水质等工程,这些技术随后在东南亚国家推广开来。1988年由世界银行农业处主任、国际香根草网络主席格雷姆肖先生引入世行中国南方红壤开发项目后,广东、浙江、江西和福建等省开始开发利用香根草,主要应用于水土保持、道路两侧的稳固土方工程以及作为防治侵蚀的绿篱^[1]。目前香根草及其

系统已被160多个国家和地区推广应用,并被国际评估委员会确认为世界持续发展技术中最为优秀的项目之一。据悉,香根草技术已在我国南方10多个省区引种推广。

1 基础研究

香根草具有坚挺的直立茎,能形成贴近地表的永久性致密绿篱。强大的网状根系能穿入并固结3m厚的土层,可稳固堤坝、河床土壤^[2]。香根草的根含有挥发性物质,因此,被我国形象地翻译为“香根草”。尽管香根草的应用已逐渐广泛,但相关基础研究却较薄弱,主要集中在它的种质资源、繁殖方式、生理生态方面。

收稿日期:2010-09-02;接受日期:2010-10-29

基金项目:国家863计划项目(2008AA10Z409;2009AA10Z108)资助。

作者简介:毛萍,硕士研究生,主要从事植物基因工程研究。通讯作者:马欣荣,副研究员,博士,主要从事植物基因工程研究。

Tel:028-85252387; E-mail: maxr@cib.ac.cn

我国早期种植的香根草生态型有 2 个,一个是在广东湛江(吴川)自然分布的野生品种(有性繁殖型);另一个是 20 世纪 50 年代从印度和印度尼西亚等国引进的品种(无性繁殖型)^[3]。目前我国已经引进 10 多个生态型品系,包括 Huffman (USA)、Capitol (USA)、Kandy (Sri Lanka)、Karnataka (India)、Lilongwe (Malawi)、Malaysia (Malaysia)、Parit buntar (Malaysia)、Sabak bernam (Malaysia)、Sunshine (USA)、Zomba (Malawi)、Wild (Guangdong, China) 和 Monto (Australia) 等^[4]。

香根草主要靠无性繁殖,最常用的有分蘖育苗、扦插育苗、留母株繁殖法、纵剖繁殖法以及压条繁殖法等^[5]。多数品种不能进行种子繁殖。但刘金祥等^[6]通过努力,在吴川利用种子繁殖方法育出种苗。姚振等^[7]将采收后的香根草种子进行萌发试验,发现活力为 100% 的种子,而最高的发芽率仅为 9.5%。但以种子为外殖体材料进行组织培养,发芽率能达到 90% 以上^[8]。因此,种子萌发的影响因素和提高种子萌发率是今后研究的重点。

传统的无性繁殖方式虽然已经推行了多年,而且容易繁殖,但香根草种苗难以满足大规模的香生态工程及运用生物技术进行遗传改良对种苗的需求,因此,很有必要创建香根草的组织培养技术。早在 1993 年, Mucciarelli 等^[9]就从香根草叶基部诱导愈伤组织。国内也有以香根草的茎段、茎节和种子为外植体,用不同浓度的

6-BA、IAA、2,4-D 进行愈伤组织的诱导和快速繁殖的报道^[8,10]。研究结果表明,茎段是香根草组培快繁的理想外植体;2,4-D 是诱导香根草体细胞胚胎发生的关键因素,且在继代条件下可以长期保持植株再生能力。上述研究成果,为利用生物技术开展香根草遗传改良及优良基因的遗传转化奠定了良好基础^[11,12]。将不同研究成果总结如表 1。

香根草是耐性很好的植物,具有极强生态适应性,能够在多种条件下生长:在气温为 -15 ~ 55℃^[13]、降水 200 ~ 6 000 mm、海拔 2 600 m 以下的地区均可以栽培^[14]。其对光照条件要求不高,在阳坡或阴坡都能生长发育。能在任何类型的土壤上生长,即使强碱 (pH 10.5)、强酸 (pH 3.3)、高盐含量 (盐饱和度 47.5%) 或受金属污染的土壤上也有较强的适应能力。有报道显示在 pH 3.8, 铝 (Al) 饱和度 68% 的强酸性土壤上,香根草亦可正常生长,也有文献称其在 Al 饱和度 85% 的土壤能正常生长^[15]。香根草对其他重金属 (铜,汞,铅,硒,锌) 也有极高的忍耐程度^[13],其铬,镍,砷,镉,锰 5 种重金属的忍耐程度分别为 18 mg/kg, 347 mg/kg, 72 mg/kg, 48 mg/kg 和 578 mg/kg,而一般作物对它们的忍耐水平分别只有 0.02 ~ 0.2 mg/kg, 10 ~ 30 mg/kg, 1 ~ 10 mg/kg 和 5 ~ 20 mg/kg^[15]。

目前,有关香根草的基因组学、基因克隆及功能等研究尚未见报道,有待进一步开展工作。

表 1 植物激素对香根草组织培养的影响

Table 1 The effect of plant hormones on tissue culture of vetiver.

编号 Number	激素配比 (mg/L) Proportion of hormones (mg/L)						备注 Note	目的 Purpose
	2,4-D	6-BA	IAA	IBA	PP	KT		
1	2.4	-	1.0	-	-	2.1	叶原基诱导愈伤组织 ^[9] Inducing callus from leaf primordia ^[9]	
2	2.0	0.5	-	-	-	-	茎段诱导愈伤组织 ^[12] Inducing callus from stem ^[12]	
3	2.0	1.0	-	-	-	-	腋芽诱导胚性愈伤 ^[13,14] Inducing embryogenic callus from axillary bud ^[13,14]	
4	0.5						种子诱导愈伤组织 ^[8] Inducing callus from seeds ^[8]	
5	2.6	-	1.0	-	-	7.0	愈伤组织出芽 ^[9] Budding from callus ^[9]	
6	-	3.	0.2	-	-	-	分化,诱导不定芽 ^[10] Differentiation, inducing adventitious buds ^[10]	
7	-	1.0	-	-	-	-	分化 ^[11,12] Differentiation ^[11,12]	
8	-	-	-	0.1	0.1	-	1/2 MS 生根 ^[11,12] Rooting ^[11,12]	
9			0.2				生根 ^[8] Rooting ^[8]	

2 应用

2.1 水土保持

目前对香根草的研究利用 90% 集中于水土保持,使用香根草防治水土流失的国家多达 68 个^[16]。至 2002 年底,全国应用香根草保护的公路边坡约 1 500 hm²^[17]。

香根草的根系固土保水能力极强,能将 30 ~ 100 cm 深的土层紧紧固结。梅州市内的五华县南方红壤丘陵地区,水土流失最为严重,用香根草构筑等高植物活篱笆带后,与对照相比,香根草区的径流量和土壤侵蚀量显著下降,能有效减缓、分散径流,拦蓄泥沙,使土壤 pH、有机质、全氮、速效氮和钾以及总孔隙度等都有不同程度的增加,改善了土壤理化性状^[18]。香根草网络状根系可在雨季增强边坡土体粘附力,发挥固土疏(排)水、防止浅层滑坡的作用,在福建省平潭县平宏线虎潮山山体滑坡治理工程中发现,香根草能够使边坡安全系数增加 12.6%^[19]。

香根草的根系有很强的抗张力:抗拉强度高 40 ~ 120 MPa,约为一般钢材极性抗拉强度的 1/6^[20]。目前大量用于公路、铁路边坡和沟渠的保护。在京九线粉土路基加固工程中,提出并实践级配碎石覆盖边坡和种植香根草加固护道等综

合整治技术,以弥补粉砂土易冲刷的缺陷,减少了水土流失,提高了路基土体强度和抗洪能力^[21]。二滩水电开发有限责任公司在锦屏一级水电站道路边坡维护工程中,运用“香根草绿篱加固技术”,沿道路边坡形成等高绿篱。以工程面积 20 000 m²计算,同比较浆砌片石护坡工程总投资节约 82 万元,较固体喷浆护坡工程总投资节约 284 万元。因此,该技术能够作为工程区一种廉价和绿色的边坡治理方案,对建设环保节约型水电站也将产生积极的作用^[22]。在三峡库区消落带防护工程中运用香根草作为维护材料,土壤物理状况得到改善、涵养水源功能提高、固土能力增强^[23]。

香根草还能促使许多天然草类生长,增加坡面植被的覆盖率,可改善边坡的微生态环境^[24]。在昆明市松华坝水库水源区生态修复项目中显示,经过 1 ~ 2 年,就可生成香根草隔离带;3 ~ 5 年,能够形成可持续的林化库岸植物群落系统^[25]。另外,香根草含挥发性芳香油,对病虫害有较强抵抗力,可驱赶鼠类等有害动物,在一定程度上可防止其对坡、坝的破坏^[26,27]。相比土工维护措施,香根草工程具有稳定性高,维护费用低,种植容易,节省财力物力等优点^[17,27]。由于香根草在防护工程中应用实例较多,遂列表进行说明(表 2)。

表 2 香根草应用实例
Table 2 The application examples of vetiver.

项目名称 Project	所属单位 Affiliation	起始时间 Start time	效果 Result
衢常铁路边坡防护工程 ^[24] Slope Protection Work of Quzhou-Changshan Railway	中铁四局集团第四工程有 限公司 4 Engineering Co., Ltd of China Railway Group IV	2002	经过台风或暴雨,香根草坡面安然无恙 The Vetiver slope was completely uninjured after typhoon or rainstorm
浙江省 41 省道公路边坡防护 工程 ^[26] NO.41 Provincial Highway Slope Protection Work in Zhejiang Province	浙江省台州市公路管理处 Taizhou Highway Management Department, Zhejiang	2004	2006 ~ 2008 年,边坡防护效果已完全充 分发挥 Slope protection work had brought into full effect from 2006 to 2008.
湘桂铁路南环线护坡防护 工程 ^[28] South Ring Slope Protection Work of Hu'nan-Guangxi Railway	南宁铁路局南宁工务段 Nanning Public Work Depart- ment, Nanning Railway Administration	2008	在当年汛期护坡中发挥了重要作用 Play an important role in protecting slope during the tide season in 2008.
东营市“黄河水城”建设工程 ^[29] The Yellow River Water City Construction Work, Dongying City	山东新汇建设集团有限公司 Shandong Xinhui Construction Co., Ltd	2009	与混凝土网格能够形成有效的生态护岸 To form effective protection ecological riverbank with concrete grid
国道 316 线公路边坡防护工程 ^[30] NO.316 National Highway Slope Protection Work	福州市公路局 Fuzhou Highway Administra- tion		减缓边坡雨水径流,保持水土,护坡固 土,经济效益显著 To slow down slope rainfall runoff, maintain soil and water, protect slope and consoli- date land with high economic benefits

综上,种植香根草是在所有防止水土流失的生物工程措施中最理想的方法之一。香根草已被大量成功应用在水土流失治理及滑坡、塌方的防治等。其应用地域包含了南方地区的 10 余个省区,应用面积超过百万平方米。目前香根草生态工程的应用已经在中国形成一个专业化的产业,但它的许多功能还有待挖掘。随着香根草研究的进一步深入,其用途将更加广阔、丰富^[31]。

2.2 环境修复

近年来,由于环境污染加剧和人们对生态环境的重视,我国开始以多种植物,诸如香根草等典型耐性植物,用于环境污染的治理和控制。刘云国等^[32]最近的研究表明,香根草能使根内重金属以活性较弱的化学形态存在,或者从较高活性向较低活性形态转移,这种机制在很大程度上限制了其从地下部到地上部的转移。因此,重金属经香根草富集之后,进入食物链的风险也相对较小。这使香根草在根际过滤技术方面的应用和矿山地区的水土保持、植被恢复、防止地下水的污染等方面具有巨大的潜力^[33]。

另外,杨兵等^[34]在研究过程中发现,添加一定量的垃圾(25%~50%)用于尾矿改良时,不仅使香根草生物量显著增加,还能使尾矿得到更快的植被恢复与更高的植物修复效果,并且能使垃圾资源得到充分合理的利用。郑小林等^[35]也发现在修复较贫瘠土壤时,对香根草适施氮肥、控制或者不施磷、钾肥时能促进香根草地上部生长,显著提高地上部特别是叶的镉和锌含量,导致其修复效率成倍显著增加。

贵州研究人员利用香根草改善煤矿矸石山的环境。发现种植香根草后,不仅滑坡和塌方现象得到了控制,并且原来乌黑的矸石淋溶废水流量变小,水质好转了,更进一步带动了地表的绿化^[36]。在重庆市污水处理工程中发现香根草对氮的吸收量为 $2.13 \text{ g/d} \cdot \text{m}^2$,对磷的吸收量为 $0.39 \text{ g/d} \cdot \text{m}^2$,其对污水中氮、磷的去除效果明显^[37]。香根草的生物量可达 750 t/hm^2 ,理论上去除氮和磷的量可分别达 $1\ 125 \sim 1\ 350 \text{ kg/hm}^2$ 和 $450 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$ ^[38]。华南农业大学刘士哲^[39]首次将香根草等作为漂浮栽培植物,用于猪场污水氧化塘净化处理植物修复系统中,发现其不但设施简单、管理方便,而且在磷吸收量、吸收速率和水体全磷的净化能力方面表现良好,有广

泛的应用前景。

可见,香根草对不少污染元素具有高度耐性与强吸收力,在重金属污染土地、地下掩埋和废弃物填埋等污染生境,香根草可用于污染修复和土壤复垦。夏汉平建议在四川地震灾区山林地区积极开展香根草试种实验,正是出于利用香根草对灾区环境修复和对生态恢复的目的,并利用香根草的经济效应,引导灾民积极自救。如果利用恰当、开发合理,香根草的环境修复工程可以对全人类的生存环境起到很好的改善作用,为子孙后代造福,具有重要的时代意义^[40]。

2.3 精油深度开发

香根草根部分含有香根油,含量为 0.2%~0.3%,其主要成分为岩兰草醇、岩兰草酮、岩兰草醇酯、岩兰草烯等,是调制各种香精和制作化妆品的重要原料,目前全世界香根油的年产量仅为 250 t,发展潜力巨大^[41]。人们精制出抗衰老、安神镇静、风湿关节、健胃及壮阳等多种药物,还推出能减缓疲劳、保护皮肤、杀菌消毒等作用的香根草精油制品,诸如沐浴液、香皂、洗涤剂、按摩油等。这样的深度开发产品价值更高,市场前景更好,利润空间更广^[42]。目前由于国内香根油生产企业极少,且设备简单,尚无香根净油国家标准,有关推广部门应该合理的进行指导性的开发利用^[43]。

另外,根据香根草精油的生物学性能,可以开发出各种杀虫剂、消毒剂、环境清新剂等。香根草提取物对桉蝙蝠蛾、蚬木曲脉木虱毒杀效果甚好^[44]。另外,香根草也可以作为“诱杀植物”应用,它可以引诱靶标害虫成虫产卵并利用自身对幼虫的杀虫活性将害虫消灭在幼虫期,避免害虫转移到被保护的作物上^[45,46]。因此,可作为绿色环保的生物农药进行开发。

2.4 其他

2.4.1 牧草开发

香根草可食用,幼嫩时富含蛋白质、氨基酸、脂肪、矿物质,是优质青饲料。已有项目开发了干香根草粉碎成草粉作为饲料添加物,但在市场上未见相关的应用。另外,由于香根草具有富集重金属离子的特性,所以将其作为饲料开发时应该建立有效的饲料质量安全检测体系,防止重金属通过食物链危害动物和人类的健康^[47]。关于香根草作为饲料开发研究仍缺乏系

统性和完整性,尚需进一步深入研究。

2.4.2 食用菌栽培 福建农业大学林占禧教授^[48]于1983年首次提出“菌草技术”,用香根草为主要菌料已培育出猴头菇、竹荪和灵芝等12种食用菌、药用菌。该技术已引起国际发明界的高度关注,多次获奖并曾被列为“九五”国家星火重点推广项目。另有研究人员将香根草采收直接晒干后粉碎成草粉作为主配料之一,设计出最优的毛木耳、平菇培养基配方。该技术已引起国际发明界的高度关注,多次获奖并被列为“九五”国家星火重点推广项目^[49,50]。

2.4.3 造纸原料 香根草原料纤维较短,粗纤维较多,可漂性能好,是纸浆的重要原料来源之一。经过研究试验,发现它的制浆造纸性能可适应一般文化用纸的生产要求^[51]。这样可以增加造纸原料的选择,减少对木材砍伐。

2.4.4 一次性用品 据泰国推广经验介绍,香根草直立、坚硬的茎叶可以经过加工,制作环保花盆、装饰品、纸箱、地板、胶合板、刨花板^[52]、一次性餐盒等多种产品。是目前广泛使用塑料一次性制品的最佳替代物,更能得到国家环保部门的政策支持。

2.5 总结

对香根草的应用,进行了小结,见图1。

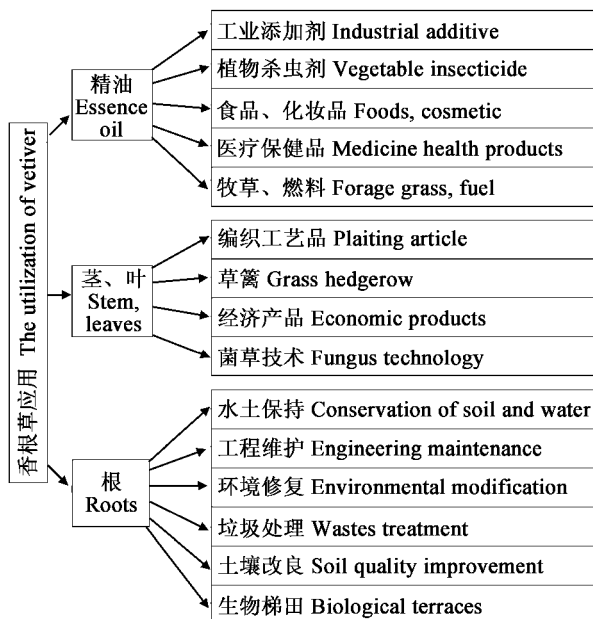


图1 香根草的用途

Fig.1 The utilization of vetiver.

3 建议及展望

草地建设是利国利民的一项基础工程,关系到山地生态恢复、农牧区居民的收入提高、土木工程的固建等诸多问题^[53],离不开科技发展和政策制度的支持。在多种备选的草地用草品种中,香根草是一种极具推广价值的禾本科植物,种植容易,便于管理,适应范围广,抗性好,具有多种开发利用途径:保持水土、防风固沙、净化水体、吸附重金属,推广以香根草为主的生物工程,治理水土流失和修复受重金属或开矿污染的土地,具有美好的前景。目前我国对香根草的应用领域还较多的局限在水土保持方面,而实际上这一点远远没有发挥出香根草应有的价值和优势,因此香根草应用领域开发拓展空间很广。另外,开发出一套高效率、高产出的香根油提炼工艺和推广模式,并制定香根净油国家质量标准^[43],显著体现香根草经济效益。再者,因其含有丰富的蛋白质和优质纤维,可以综合开发以香根草为原料的畜牧饲料业、造纸业和材料产业等新兴项目。综合分析目前的种植及利用状况,其开发力度仍待加强,寻找高新技术开发香根草具有广阔的市场前景。未来的香根草的开发应该是以“科技+企业+基地+农户”为模式的综合性质的全方位开发。这样才能增加产品的数量、提高产品质量和提升产品的国际市场竞争性。

建议在四川、青海地震灾区,舟曲、保山等泥石流灾区以及生态环境受到严重破坏地区的试种开发。应在生态学者和工程人员理论研究的背景下,模拟适应该地区复杂的自然水土、气候环境等特征的种植管理模式和推广示范模式,建立有据可依、有文可鉴的中长期水土保持计划。此举具有广阔的应用前景和无价的社会贡献。

参考文献

- [1] 蒋冬荣,张新生,漆光成,等. 香根草的引种与应用[J]. 广西园艺,2008,19(1):30-31.
- [2] 王飞生,胡赛阳,叶荣飞. 不同方法提取香根油化学成分的GC/MS分析[J]. 中国调味品,2009,7(34):42-45.
- [3] 夏汉平. 中国在50年代对香根草的繁殖栽培与管理研究[J]. 热带作物科技,1997,5:23-26.
- [4] 洒威,畅喜云,席嘉宾,等. 我国香根草种质资源研究与应用现状及展望[J]. 草业与畜牧,2009,4:25-29.
- [5] 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.
- [6] 刘金祥,李文送,李红燕. 种子繁殖香根草植株的生物学特征及其病虫害初报[J]. 草业科学,2005,22(4):108-111.
- [7] 姚 振,朱桂才,刘 华. 香根草种子繁殖特性研究[J]. 长江大学学报(自然科学版)农学卷,2007,4(4):13-15.
- [8] 姚 振,朱桂才,任文双,等. 香根草种子外植体组织培养与快速繁殖[J]. 长江大学学报(自然科学版)农学卷,2010,7(2):53-57.
- [9] Mucciarelli M, Gallino M, Scannerini S, et al.. Callus induction and plant regeneration in *Vetiveria zizanioides* [J]. Plant Cell Tiss. Org. Cul.,1993,35:267-271.
- [10] 韩 露,刘必融,潘 超,等. 香根草愈伤组织的诱导和快速繁殖[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),2004,27(4):443-445.
- [11] 马镇荣,杨冰冰,夏汉平. 影响香根草体细胞胚胎发生和植株再生因素初探[J]. 热带亚热带植物学报,2006,14(1):55-60.
- [12] 杨冰冰,夏汉平,马镇荣. 香根草组织培养技术的研究[J]. 草业学报,2007,16(4):93-99.
- [13] Danh L T, Truong P, Mammucari R, et al.. *Vetiver grass, Vetiveria zizanioides*: a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes[J]. Int. J. Phytorem.,2009,11(8):664-91.
- [14] 管淑艳,蔡小艳,蒋建生,等. 香根草的利用及其优化栽培[J]. 草业与畜牧,2007(6):21-24.
- [15] 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),73-76.
- [16] 程 洪,李 斌. 香根草的技术应用[J]. 江西科学,1996,16(3):204-210.
- [17] 钟 声,周自玮. 热带亚热带优良水土保持植物香根草及栽培技术[J]. 中国草地,2001,23(2):79-80.
- [18] 张碧芳. 南方红壤丘陵区植物篱笆试验研究[J]. 广东建材,2010,6:25-26.
- [19] 张宏波,姚 环,林燕滨. 香根草护坡稳定性效果浅析[J]. 土工基础,2008,22(1):52-55.
- [20] Kom K F, Lim F W. *Vetiver Research in Malasia-Some Preliminary Results on Soil Loss, Runoff and Yield* [J]. *Vetiver Information Network*,1991(5).
- [21] 潘成杰. 京九线粉土路基加固和病害综合防治[J]. 铁道建筑,2010,6:88-90.
- [22] 徐宗波. 香根草绿篱加固技术在锦屏一级水电站的应用[J]. 甘肃水利水电技术,2010,46(1):62-63.
- [23] 王轶浩,耿养会,李 彬,等. 三峡库区消落带香根草水土保持功能研究[J]. 四川林业科技,2010,31(2):68-71.
- [24] 陈子明. 香根草在铁路路基边坡防护中的机理和应用[J]. 安徽建筑,2009,16(2):122-125.
- [25] 陈加莉,尹 浩. 松华坝水库源区旱地生态修复研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(24):11696-11698.
- [26] 郭义飞,庞万青,王 俊,等. 应用香根草防护公路土质上边坡试验[J]. 华东森林经理,2009,23(3):66-70.
- [27] 彭 秀,李 彬,耿养会,等. 重庆市香根草引种试验初报[J]. 四川林业科技,2009,30(4):66-67.
- [28] 唐锦阳. 香根草在铁路边坡防护中的应用[J]. 铁道建筑,2009,12:80-82.
- [29] 刘春龙. 东营市“黄河水城”建设中的护岸工艺[J]. 今日科苑,2009,12:148.
- [30] 何天建. 公路边坡香根草绿篱防护研究[J]. 福建建筑,2008,11:112-114.
- [31] 徐礼煜. 香根草系统在我国的应用与发展 20 年历程回顾[J]. 生态学杂志,2009,28(7):1406-1414.
- [32] 刘云国,宋筱琛,王 欣,等. 香根草对重金属镉的积累及耐性研究[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2010,37(1):75-79.
- [33] 努扎艾提·艾比布,刘云国,宋华晓,等. 重金属 Zn、Cu 对香根草生理生化指标的影响及其积累特性研究[J]. 农业环境科学学报,2010,29(1):54-59.
- [34] 杨 兵,蓝崇钰,束文圣. 香根草在铅锌尾矿上生长及其对重金属的吸收[J]. 生态学报,2005,25(1):45-50.
- [35] 郑小林,朱照宇,黄伟雄,等. N、P、K 肥对香根草修复土壤镉、锌污染效率的影响[J]. 西北植物学报,2007,27(3):0560-0564.
- [36] 刘继文,刘继余. 香根草在煤矿矸石山污染防治中的应用探讨[J]. 能源环境保护,2006,20(4):53-54.
- [37] 谭人伟,陈 建,白一力,等. “预曝气+人工湿地”组合工艺在处理城镇污水中的应用实例[J]. 科技咨询,2010,3:124-125.
- [38] 张庆贵. 植物修复环境香根草[J]. 园林,2010,4:66-67.
- [39] 刘士哲,林东教,何嘉文,等. 猪场污水漂浮栽培植物修复系统的组成及净化效果研究[J]. 华南农业大学学报,2005,26(1):46-49.
- [40] 中国科学院. 华南植物园专家建议在地震灾区实施香根草生态工程[EB/OL]. http://www.cas.cn/xw/yxdt/200806/t20080630_986373.shtml,2008-06-30.
- [41] 谢保令,郭 勇,覃柳燕,等. 我国香根草的研究和利用现状[J]. 大众科技,2007,95:130-132.
- [42] 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.
- [43] 文 媛,王飞生,赵鹏飞,等. 微波辅助法提取香根净油的研究[J]. 广州化学,2009,34(3):8-11.
- [44] 陈尚文,刘杰恩. 香根草提取物虫道注射对核蝙蝠蛾作用的初步试验[J]. 安徽农学通报,2008,14(13):169-170.
- [45] 陈先茂,彭春瑞,姚锋先,等. 利用香根草诱杀水稻螟虫的技术及效果研究[J]. 江西农业学报,2007,19(12):51-521.
- [46] 郑许松,徐红星,陈桂华,等. 苏丹草和香根草作为诱虫植物对稻田二化螟种群的抑制作用评估[J]. 中国生物防治,2009,25(4):299-303.
- [47] 阿拉木斯,吴洪新,夏 明. 浅谈草产品安全及其影响因素[J]. 中国农业科技导报,2009,11(S1):82-86.
- [48] 林占禧. 菌草技术现状及其应用前景[J]. 福建农大学报,1997,26(增刊):12-1.
- [49] 方白玉,林 辉. 香根草栽培毛木耳的研究[J]. 韶关学院学报(自然科学版),2005,26(6):83-85.
- [50] 林 辉,罗海凌,林占禧. 香根草栽培平菇的研究[J]. 基因组学与应用生物学,2009,6(28):1166-1168.
- [51] 黄寿恩. 象草、香根草、狼尾草用于造纸原料的研究[J]. 纸和造纸,2006,25:24-25.
- [52] 王 欣,吴 燕. 香根草的植物学特性及制板的可行性研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2010,31(1):214-217.
- [53] 侯向阳,杨 理. 我国草地生态经济研究的重点任务[J]. 中国农业科技导报,2005,7(3):3-6.