



在环境保护领域香根草系统技术的研究、开发和应用的最新进展

Paul Truong* 与 Nicholas Truong**

(*国际香根草网络理事兼亚洲大洋洲协调员
澳大利亚布里斯班 Veticon 咨询公司总监

** 澳大利亚布里斯班 Veticon 咨询公司, 废水处理造模员)

摘要 香根草系统 (VS), 是在香根草 (*Chrysopogon zizanioides*, Roberty L.), 应用的基础上发展起来的。开始时, 香根草被应用于农田水土保持领域。在过去 20 多年期间, 国际香根草网络 (TVNI) 一直支持促进香根草系统作为环境保护工具方面的研究和开发工作。将香根草系统应用于环境保护, 是一项崭新的、创新性的植物修复技术。这是一项行之有效、成本低廉的自然方法, 这项技术应用于处理和处置污染废水、采矿废弃物和污染土地。已在澳洲、亚洲、非洲以及拉丁美洲的 100 余热带和亚热带国家得到应用。

本文将综述这些应用的现状, 以及介绍亚洲、非洲、北美、拉丁美洲香根草技术在污水管理、退化污染土地修复领域研究、开发以及应用的最新进展。

1 引言

香根草系统 (VS) 的基础是香根草 (*Chrysopogon zizanioides*, Roberty L) 的应用。在 1980 年代, 世界银行将香根草应用于水土保持, 这是香根草系统的最初开发。此后的 20 余年, 由于国际香根草网络 (TVNI) 的进一步研究和开发, 香根草系统已经发展成为一种创新性的生物修复技术, 用于处理和处置污染废水、采矿废料和受污染的土地。这是一项效益高、成本低的自然环保技术 (Truong 等, 2008)。

由于所实施的方法效果显著、成本低廉, 这项自然的香根草系统已在澳洲、亚洲、非洲和拉丁美洲 100 余热带和亚热带国家应用于处理和处置生活和工业排放的污染废水。

在澳大利亚、中国和泰国, 以及近来的智利和委内瑞拉对香根草系统都开展了广泛的研究和开发。结果表明, 香根草并非一种蔓延性的害草, 其吸取水分和养分的能力很强, 在恶劣的土壤和气候条件下也能旺盛生长。香根草能耐受含盐度、碱度、酸度、含钠度条件非常严酷甚至有害的环境, 几乎可以耐受各种各样的重金属和农用化学品。最新研究还表明, 香根草吸收和耐受巨量养分的能力非同凡响, 在潮湿的环境中, 能够消耗大量的水分, 同时其本身也生长非常迅速 (Truong and Baker, 1998)。

香根草系统是一项绿色环保的水处理技术, 也是一项自然的可循环再生的技术。其终端产品用途很广, 包括用作动物饲料、手工艺品、有机农业所用的绿肥等。因而, 香根草在世界各地被称为非凡之草, 奇迹之草, 魔幻之草, 香根草系统在环境保护领域主要应用在如下两个方面: (1) 防止废水产生, 处理及处置废水;

(2) 修复及处理被污染的土地。

2 防止废水产生, 处理及处置废水

2.1 污水管理

2.1.1 造模

利用计算机造模的方法来研究污水管理, 目前是人们普遍接受的方法。最初, 在设计旱地灌溉系统时, 有一个重要问题需要考虑, 那就是处置一定数量污水时需要利用多大面积的土地。如果要确定利用的土地面积的话, 最有效的办法就是因地制宜地模拟一个污水处置模型。

在澳大利亚昆士兰州, 州环保局采用了 MEDLI (土地灌溉污水处置模型) 作为工业与都市污水管理的通用模型 (Truong 等 2003; Vieritz 等, 2003)。当污水流入处理池并流入土地灌溉庄稼或草场并渗入地下水时, MEDLI 就将污水分解成水分、养分和盐分组分, 并造模。MEDLI 和许多成熟的模型一样, 由若干子模型组合而成。这些子模型各司其职, 分别处理污水管理的一个方面。污水处理的主要组元为:

(1) 污水流的数量与质量; (2) 植物种类; (3) 土壤; (4) 气候。

不过, MEDLI 仅仅限于在大规模工业和都市废水管理中应用。还有, 这一模型是基于多品种草场应用建造的, 对于香根草单品种在小规模废水管理中的应用并不合适。因此, 这就需要建造一个在 MEDLI 不能应用的场合应用的模型。在这种情况下, Veticon 咨询公司就开发了一个 EDVI 模型, 用于 MEDLI 不能应用的情况。EDVI 是在 MEDLI 的某些主元以及著名的 Boughton (1965) 水平衡模型及其更新版“Boughton 澳大利亚水平衡模型” (2006) 的基础上建造的。Boughton 提出的水平衡模型与欧洲及北美所用的模型相似。此外, EDVI

是专门为香根草设计的，所用的数据取自针对香根草在治理污水及污水沥滤液的能力和有效性所作的广泛的研究和开发工作成果。

EDVI 造模的输入参数及结果

计算方法要求有关污水流以及处置现场的性状。计算时需要已知以下数据的全部或部分：

- (1) 污水流：(a) 数量：总量及其季节变异；(b) 质量：养分数量 (N, P, 盐分)。
- (2) 处置现场土壤：(a) 土壤剖面描述与深度；(b) 土壤持水量。
- (3) 处置现场气候：雨量、温度及蒸发蒸腾量。
- (4) 作物（香根草）管理的初步计划。

利用模型给出的建议结果可以确定如下几项：

- (1) 最佳土地面积以及所需的最大面积；(2) 漫灌径流（如果适用的话）可选方案；(3) 香根草与灌溉管理计划。

如掌握的资料不多或者根本就缺乏资料，或者可对某些性状做出保守的假定。同样，在开始做概念性设计或者处置现场详查未曾开始之前，也可对某些性状做些保守性假定。

目前，EDVI 已经可以供应用操作，并在进行最后的验证。

2.1.2 生活污水的处置

1996 年，香根草系统在澳大利亚首次应用于污水处置。在实验中，我们在一块不足 50m² 土地上种上 100 株香根草，结果香根草将一座公园洗手间排出的污水全部吸干。这一点，速生的热带树木、草类或庄稼，例如甘蔗、香蕉都做不到 (Truong and Hart, 2001)。对地下水进行的监测显示，当污水流流过第五行香根草后，地下水的全 N 降低了 99% (从 93 mg/L 降低到 0.7 mg/L)，全 P 降低了 85% (从 1.3 mg/L 降低到 0.2 mg/L)，而粪大肠杆菌降低了 95% (从 500 个/100mL 降低到 23 个/100mL)。所有这些数据都完全低于澳大利亚环境保护局规定的阈值：即全 N <10 mg/L；全 P <1 mg/L；而粪大肠杆菌 <100 个/100ml。

2.1.3 都市污水的处置

无论天然湿地或者人工湿地都能有效地降低生活和工业污水径流中的污染物含量。利用湿地去除污染物的过程，涉及复杂的生物学过程，例如微生物转化和物化过程（吸附、沉淀、淀积等）。在澳大利亚的 Toogoolawah 建造了一个临时性的湿地，用来处理一座农村小镇排出的污水。这一小镇的污水排量为 500ML/日。这一项目的目的是在这些污水排入河道之前，将所排的污水量减少或者降低至无。试验迄今的结果出色，小镇所排放的污水都给这片香根草湿地完全吸收了（表 1）(Ash and Truong, 2003)。

污水处理过程分两个阶段进行：(1) 在水塘里将污水进行水培法处理；(2) 临时性湿地。

表 1 香根草处理前后污水的性状

测试标准	新排污水	结果 (2002/03)	结果 (2004)
pH(6.5 至 8.5)*	7.3 至 8.0	9.0 至 10.0	7.6 至 9.2
溶解氧(最少 2.0 mg/l)*	0 至 2 mg/l	12.5 至 20 mg/l	8.1 至 9.2 mg/l
5 天 BOD(最大 20 - 40 mg/l)*	130 至 300 mg/l	29 至 70 mg/l	7 至 11 mg/l
悬浮性固体(最高 30 - 60 mg/l)*	200 至 500 mg/l	45 至 140 mg/l	11 至 16 mg/l
全氮(最高 6.0 mg/l) *	30 至 80 mg/l	13 至 20 mg/l	4.1 至 5.7 mg/l
全磷(最高 3.0 mg/l) *	10 至 20 mg/l	4.6 至 8.8 mg/l	1.4 至 3.3 mg/l

*许可标准



图 1 污水池塘里的香根草浮筏



图 2 面积达 1.5ha 的临时性湿地

在昆士兰一个小型休闲地飞机场附近，我们种植香根草来处置小量污水。这一试验结果如下：

- (1) 流入的污水：平均日流入量 1 670L；平均全 N 含量：68mg/L；平均全 P：10.6mg/L；平均粪大肠杆菌：>8 000；
- (2) 流出的污水：平均日流出量：几乎为零；平均全 N 含量：68mg/L；平均全 P：0.152mg/L；平均粪大肠杆菌：<10。

Boonah 镇靠近布里斯班。为了符合新的环保法律标准，其污水处理厂急需更新换代。更新方案规划报告应用多标准分析法研究了若干供选更新方案。从时效性和成本核算出发，报告认为一种专门的灌溉处置系统是最为适宜的方案。建议采用的方案利用一种专门的草类灌溉式方案，灌溉地域需要的面积在 50ha 和 60ha 之



图3 Watts 桥 面积为 100m²的污水处置地

间。随后，项目开展了初步的设计研究并开发出一种专用灌溉式方案，而且特别将处置地域湿地采用改植 Monto 香根草。相对其它方案而言，香根草方案的优点是占地面积小，成本低廉，而且运作费用也低。

通过考察研究的主题设计要求对溪流零排放。利用 EDVI 模型估算，当污水流入量在 400KL/天到 700KL/天时，如果要求完全将污水处置，需要的处置面积为 10ha 与 17ha 之间。根据初步调查研究制定的综合管理计划，需要的用地面积还可明显减少，从使用普通草场草类的 50-60ha 减少到使用香根草的 4-5ha，即可实现污水的完全处置。目前，这一方案已经实施，大大节约了建设和维护的成本。

印度尼西亚 Aceh 于 2005 年遭受海啸的破坏。美国红十字会为灾民们建造了 2000 套安置房。其生活污水的处置就采用了非常简易的香根草系统技术。这种技术与上述澳大利亚 Watts 桥处置地的技术是一样的。所以，2009 年再建的 1500 套安置房，依然采用这种非常有效的技术。



图4 设计与建造平面图以及初栽的香根草



图5 4ha 香根草栽植现场全景图



图6 印度尼西亚 Aceh, 的香根草系统技术生活污水处置系统

2.1.4 工业污水处理

在澳大利亚，工业污水的处置必须严格按照环境保护当局制定的指引进行。在昆士兰州，处理工业污水的一般方法是土地灌溉式方法，目前应用的灌溉植物是热带或亚热带草场植物。由于供灌溉用的土地面积有限，这些草场植物效率不高，不能可持续地处置工业排出的全部废水。因此，为了符合新标准，工业受到的更新废水处理设施的压力越来越大，故采用香根草系统这一可持续利用的处置废水的手段(Smeal 等，2003)。

布里斯班 Gibson 岛上的 Incitec Pivot' 肥料厂面临的环境问题有如下几方面：

(1) 暴雨降水中的养分过高；(2) 工地排出的废水养分过高；(3) 养分将土壤和地下水都污染了。

解决方法是实施一项污染防治项目。这就是，在地下水位高的地段种植香根草，在蓄水塘上布置香根草浮筏，建设湿地并在水滨种植香根草，将排入水道的污水养分去除。

香根草浮筏的初步效果如下：

头三个月，香根草长得好好得很，平均 9.1kg 干生物量/浮筏(1.5m²)；

在冬季 3 个月中，(仅仅枝叶)去除的养分计有：

(1) N: 231g/浮筏；(2) P: 30 g/浮筏；(3) S: 23 g/浮筏；(4)Na:19 g/浮筏。

在冬季 3 个月中，(仅仅枝叶)去除的重金属计有：

(1)B: 122 mg/浮筏；(2)Cr: 39 mg/pontoon；(3)S: 23 g/浮筏；(4)Cu: 81mg/浮筏；(5)Zn: 309mg/浮筏。

按这一结果推算，每一香根草浮筏就可以去除的污染物数量如下：

N: 2310g；P: 300g；S: 230g 以及 Na: 190

B: 1 220mg；Cr: 390 mg；Cu: 810 mg 以及 Zn: 3 090 mg (Miller and Truong, 2010)

在中国人口密集的地区，如何处理大型牲畜养殖场的废水是面临的最大的问题之一。中国是世界上养猪最多的国家。养猪场排出的养分和重金属是主要的水污染源。猪场废水含有大量的 N 和 P。污水中也含有大量的 Cu 和 Zn，这些金属是生长促进剂带来的。研究成果显示，香根草的净化能力异常强，其对 Cu 和 Zn 的吸收和净化率高达 >90%，对 N 的吸收和净化率高达>75%；对 Pb 的吸收和净化率为 30%–71%，而对 P 的吸收和净化率为 15–58%。香根草对猪场废弃物的重金属以及 N 和 P 的净化效果的排序为 Zn>Cu>As>N>Pb>Hg>P (Xuhui 等，2003)。

在委内瑞拉，香根草系统用来处置啤酒厂、养殖场废水；净化被污染的湖水和水库 (O. Luque pers. com)。

2.2 垃圾填埋渗滤液处理

垃圾填埋渗滤液受重金属以及有机无机污染物的高度污染，这些填埋渗滤液的处理是所有大城市大伤脑筋的事情。在澳大利亚和中国，人们在垃圾堆顶部和垃圾填埋场挡土墙种植香根草，然后用填埋场底部收集的渗滤液来灌溉香根草，从而解决这类问题。迄今，试验效果相当不错。香根草生长旺盛，因此在干旱期间，收集的渗滤液甚至都不足于灌溉香根草。种植 3.5ha 香根草就能够有效地处置 4 ML (夏季每月) 或 2 ML 渗滤液 (冬季每月) (Percy and Truong, 2005)。

越南的最新研究结果显示，当金属含量在一定的高范围内(Cd, 5 - 60ppm; Zn, 200 - 500ppm; Cu, 50 - 100ppm; Pb, 100-700ppm)，香根草的生长，无论其生物质量、蘖枝数量、根长和株高都不受影响。这说明香根草符合可供治理受重金属污染的土壤和水体的所有重要条件。还应指出的是，香根草对重金属的吸收能力，随重金属在土壤中的含量增高而提高。按重金属在土壤中的含量变化，或土壤类型的不同，香根草对重金属的吸收也相差甚远。研究表明，尽管香根草对重金属的吸收和运移速率总的来说变异甚大，但香根草的生长却不受影响。因此，香根草可以从土壤中带走大量的重金属。香根草此一特性，使之成为植物修复的理想草类 (Vo Van Minh, 博士论文)。



图 7 香根草的生长不受高浓度的 Cd 影响



图 8 正在受渗滤液灌溉的香根草

在新加坡，经过为期两年的严格挑选，香根草从一系列通常用来营建湿地的植物中脱颖而出，被挑选来种植在面积为 40 000m²，地点在 Lorong Halus 的人工湿地综合园里。

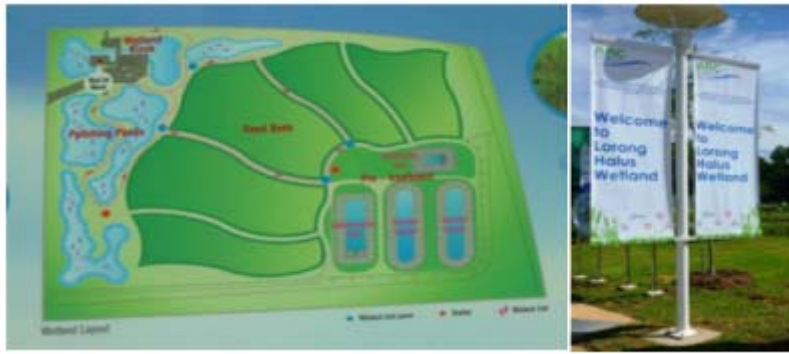


图 9 Lorong Halus 湿地综合园，香根草种植在面积为 4ha 的人工湿地里



图 10 使用香蒲的湿地机能失调（左）为种植香根草准备的苗床（右）

在靠摩洛哥东部边境的 Oujda 市，正在新建一座极大型的垃圾填埋场。为了处置有工业和生活垃圾产生的高度污染的渗滤液，在多个选项中，香根草被选中用来处置渗滤液，现在正在实施中。



图 11 新运抵的工业和生活垃圾正在压实（左）准备就绪的香根草种植地（右）

在美国密西西比州的比洛克西，正在墨西哥湾上，北美第一项利用香根草处置渗滤液的项目已于 2011 年 6 月实施。由于环保条例所限，本项目采用了次表层灌溉的方式，而不像其它地方采用地表灌溉的解决方案。这一项目由 Leggette, Brashears & Graham 公司为 Republic 公司实施。



图 12 比洛克西工地上正在用机器种植香根草并进行次表层灌溉，植后 3 个月的香根草

最近，洛杉矶也对利用香根草处置渗滤液感兴趣。该市想用香根草处置产量为 200KL/天到 400KL/天的渗滤液。如果该项目得以实施，则是美国最大的植物修复项目。在墨西哥，Leggette, Brashears & Graham, 公司最

近正在莱昂实施一项为一座极大型的垃圾填埋场利用香根草处置垃圾渗滤液的项目。该公司还在为另两项在 Posa Rica 和 Villahemosa 的工程作调查研究。这些工程都是为墨西哥的垃圾填埋公司 PASA 服务的。



图 13 墨西哥莱昂的大型垃圾填埋场

3. 污染土地的修复和处理

从环境保护角度看来，过去 15 年最有意义的突破有两点。其一，确定香根草耐受不良土壤条件的基准容许水平的研究；其二，确定香根草耐受重金属毒害基准容许水平的研究。这些研究为香根草的应用开辟了全新的领域，即将香根草应用于修复采矿废弃地和受污染的土地(Truong, 2004; Shu, 2003)。最近，在一篇题为“香根草：可供对重金属和有机废弃物进行植物修复的植物”（Luu Thai Danh 等，(2009)的综述中，解释了香根草为何能够担此重任的道理。文中指出，无论室内研究还是田间研究均显示，香根草的生物量产量高 ($>100\text{t}/\text{ha}^{-1}\text{年}^{-1}$)；特别能耐受极端的气候条件及其变异，在冗长的干旱，洪灾，水淹，极端温度 (-15°C 至 55°C)，酸度特高或碱度特大的土壤 (pH 3.3 - 9.5)，含 Al (饱和度 85%) 和含 Mn (578 mg kg^{-1}) 量高的土壤，含盐度高 ($\text{EC}_{\text{se}} 47.5\text{ dS m}^{-1}$)，含钠碱度大 (ESP 48%) 的土壤，以及含有多种重金属 (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se 及 Zn) 的土壤条件下都能生长。香根草能够积累重金属，特别是铅(枝叶 0.4% a, 根部 1%) 和锌(枝叶和根, 1%)。重金属多数在香根草根部分积聚，所以香根草可用作植物修复之用。而且，在加入螯合剂后，还可用于植物提取。香根草能够吸收有机废物 (2, 4, 6-trinitrotoluene, 苯酚, 溴化乙腈, 苯并芘, 阿特拉津)，并可以促进有机废物的生物降解。虽然香根草在吸收有机废物方面，不如某些植物有效，但在耐受严酷气候和生长介质(土壤、沙地和尾矿等)方面，却几乎没有任何其它植物能比得上香根草。总而言之，香根草当之无愧的成为重金属和有机物污染环境的修复植物的候选者。

3.1 采矿废弃物的处置

3.1.1 澳大利亚

以往报道过，在澳大利亚有人利用香根草系统来修复矿山(煤矿、金矿、膨润土矿)的堆土和尾矿。



图 14 煤矿废弃物种植香根草之前和之后



图 15 在金矿尾矿上种植香根草作植被，防止风蚀及尘暴

3.1.2 智利

铜矿是智利的主要经济收入。2005 年，智利开展了一系列试验研究，利用香根草系统来改良采铜工业产

生的废弃物。这些废弃物是污染环境，即水体、土壤和空气的重要源头。在智利中部地区的一些铜矿，人们实施了一些示范性试验，以确定香根草在高度污染的铜矿石砾和尾矿上是否能够生长；观察香根草在那里极端恶劣的气候条件（高海拔、寒冷而潮湿冬季、苦旱而酷热的夏季）下的生长情况；验证香根草是否能有效地固定有尾矿材料筑成的尾矿坑壁和弃石堆，使之能抗御风蚀和水蚀；看看香根草能否防治新老尾矿坑的风蚀和水蚀 (Fonseca, et al, 2006)。

Arochas 等 (2010) 在智利圣地亚哥举行的拉丁美洲香根草大会上，报告了它们的研究结论：最新获得的成果令人鼓舞，在高度污染的铜矿尾矿坑和弃石堆上，香根草都能生长，6 个月的时间就长到 1.5m。在海拔高达 3 500m 的采矿点里，香根草也长得可以，尽管这儿冬天苦寒，其中有一个月积雪厚达 50cm，但香根草照样生长。种植香根草五年之后，可以做结论说香根草完全可以在含铜量极高 (2369mg/kg) 的尾矿堆上定植。尾矿上不用另铺表土，只要略添些养分，香根草就能生长良好。不过，这儿含铜量实在太高，香根草的根系发育欠佳，叶子的长度和宽度都不足。在这些地方，对香根草的最大伤害，还是脱水和食草动物的侵害。为了使香根草能最好地适应这些生长环境，最少应实现如下条件：

(1) 选择最佳质量的香根草品种；(2) 施肥，提供最佳土壤养分；(3) 种植头一年，夏季每月最少灌溉两次；(4) 防止食草动物侵害。



图 16 智利铜矿香根草生长情况 2006 年 11 月

2010 年 4 月

3.1.3 泰国

Roongtanakia 等 (2008) 报导说香根草在铅矿尾矿上生长良好。如果对尾矿上的香根草施用堆肥或化学肥料，香根草生长会更好一些。比起不施肥的植株，已施肥的株高和干重都胜一筹。不过，施肥并没有增加香根草植株的铅浓度。香根草根部的铅浓度要高于枝叶的铅浓度。

3.1.4 委内瑞拉

CVG BAUXILUM 铝土矿位于玻利瓦尔州的 Los Pijiguaos。这一采矿企业在其运营策略中加入了香根草元素，期望以此抵消采矿活动对当地居民社区的影响。其目的是为当地居民提供社会援助，使其经济得以发展。在此，香根草系统用来稳定各种斜坡，种植在土壤-混凝土界面上保护采矿点基础设施，稳定冲沟和界沟，强化泻湖堤，作为冲沟和泻湖四周的生物滤坝。为了防治侵蚀，从 2003 年到 2006 年 6 月，一共种植了 26 300m 的香根草绿篱，目今， CVG BAUXILUM 还准备再种植 7 400m 香根草绿篱。在上述成果的基础上，过去 3 年 CVG BAUXILUM 成功地利用香根草系统修复了这一开挖式矿山的土地和环境，使委内瑞拉之一铝土矿山达到预想的环境友好水平 (Luque 等 2006; Lisenia 等 2006)。

3.2 受污染土地的复原及植物修复

工业废弃物含有高量的无机及有机的化合物。澳大利亚、中国、泰国和越南都拥有成功治理这类污染物的经验。

3.2.1 澳大利亚

人们成功地利用香根草修复了一座炸药厂受氮严重污染的陈年废料堆，该废料堆的情况如下所述：

(1) 受污染的土壤容积: 6 990m³ ; (2) 受污染土壤总容积: 71 120 m³ (3) 土壤含氮浓度: 20 至 1 220mg/kg, 平均 620mg/kg; (4) 土壤全氮浓度: 31 至 5 380mg/kg, 平均 2 700mg/kg。(5) 水分含氮浓度: 235 至 1 150mg/L, 其中有一个样本高达 12 500mg/L。

按上述含 NH₃ 和全 N 量推算，表土 (20cm 深度) 的全部含氮量为 0.66kgN/m²，相当于 6 600kgN /ha 香根草。研究显示，在水分供应最佳时，香根草能在施氮量为 8 000kgN/ha 的土壤 中生长 (Wagner 等 2003)。因而可以推见，在气候有利的条件下，废料堆中的氮在 4 年内可以被香根草去除，在正常气候条件下，最多 6 年也就可以了。过去几年中，废料堆的香根草长得非常旺盛，产出高量含氮量高的生物质。这就意味着上述推想正在实现之中。

3.2.2 印度

印度和许多国家一样，以烧煤发电厂为主要的电力源。煤的燃烧过程中产生的残余物中，15 - 30% 为飞灰 (FA)。FA 一般呈碱性，含有许多有毒金属，如 Cr, Pb, Hg, As 和 Cd 及其它基本元素。FA 的微粒和有害的金属对生物圈造成污染。尽管煤飞尘对环境有负面影响，但煤依然是印度的主要能源。所以，飞灰的处置成重要的环境课题。为了解决这一问题，人们开始将飞尘堆当作一种潜在的资源，在其上种树使之产生物质。植

物修复的做法，就是利用植物来降解、固定污染物，使之从土壤、水体和飞尘堆中去除。利用香根草对飞灰进行植物修复，是因为香根草根系发达、生物质量大、具其具有木质性、土著性，还能耐受酸、盐碱以及有毒金属。

最近，印度研究人员开始利用香根草对飞灰堆放地进行绿化，开展植物修复工作。Chakraborty and Mukherjee (2011) 先用花园泥土对飞灰改良，然后按不同组合，在飞灰堆上栽植香根草。香根草的根系生长的十分庞大，犹如一张巨网，发挥植物固定效果。对香根草根细胞核进行的彗星试验法说明，香根草发挥植物修复作用后，其本身的核 DNA 并无丝毫受损。这就意味香根草可以长期在飞灰堆上生长，持续发挥植物修复作用。研究显示，在 18 个月中，改良对象及其渗滤液的重金属浓度明显下降。飞灰-土壤改良体及其渗滤液重金属浓度的降低与飞灰的潜在遗传毒性降低相关性很好。用香根草作为修复植物时，其枝叶照样可以安全地用来饲养牲畜。因为飞灰的重金属并没有运移到，或极少运移到其枝叶。香根草的这些特性，使之当之无愧成为可放心应用、环境兼容的植物修复材料，用以改良飞灰堆土地。

Pathak (2011) 认为，在开挖式矿山，香根草技术可以发挥如下作用：

(1) 固定废石堆；(2) 防治破碎地带和废石堆侵蚀；(3) 在集水区防治水道淤积；(4) 在尾矿坑中处置有毒水体。

妥善安置受矿山工程影响的人群。矿山关闭后，与工程相邻的村民需要从事经济活动，需要烧柴，这样就会上山砍伐毁林，妨碍森林恢复计划。如果计划得当，监控有力，处理适当，种植香根草有助于地面采矿企业达到符合其企业社会责任要求。

4. 香根草系统应用优越性概述

相比较于化学和工程方法，利用香根草系统来处理受污染水体和土地，其主要优越性在于：

4.1 简单易行

与其它传统方法相比，香根草系统的应用就非常简易。除了做适当的设计之外，香根草系统需要的仅是标准的整地以便种草，在定植阶段除草即可。

4.2 成本低廉

应用香根草进行废水处理，其成本仅仅是常规方法，如化学处理和机械处理的零头。香根草法的成本大头是种苗，此外就是小额的肥料、除草剂和人工费用。

4.3 维护省简

香根草正常定植之后，实际上不用怎样维护就可以发挥作用。每年将香根草收割两到三次，以便收集植物养料，并对其顶部进行修剪，以作他用。仅此而已。这与其它手段形成强烈对比。其它措施每年得花巨资，动用熟练操作人员进行维护，常常是出动工程师才能有效应付。(熊国炎 翻译；参考文献 略)



中德合作项目再次扎根安徽

经德国经济合作与发展部批准实施的“中国大别山区的乡村发展与水土保持”项目，由中国香根草网络主持，正式确定在岳西县头陀镇梓树村和金寨县双河镇大畈村实施，项目期限是 2013 年 5 月到 2015 年 4 月，为期两年。

香根草系统（原称香根草技术）是一种价格低廉、用于水土保持、基础设施保护、污染控制和治理、和减轻自然灾害等的有效系统。香根草于 1988 年由格雷姆肖先生引入世界银行中国南方红壤开发项目，主要应用于中国南方红壤的水土保持。一年后，即 1989 年 10 月 20-23 日由农业部和水利部合作于福建邵武召开了香根草种植技术研讨会。进一步促进了香根草在我国的试验与研究。为了总结经验，在世界银行的赞助下，中国香根草网络于 1997 年 10 月 20-26 日在福州召开了“国际香根草学术研讨会”，讨论了我国对香根草基本特性的试验、研究、和应用情况，同时也介绍了香根草技术在国外的进展。此后通过“南昌会议”（1999）、“广州会议”（2003）香根草系统在我们得到了更广泛传播。

这次香根草网络与头陀镇人民政府合作，在梓树村利用香根草保护农田和边坡，完成高标准种植毛竹 100 亩，高标准栽植新茶 100 亩，老茶园改造 100 亩，帮助 20 名妇女学习香根草编织技术。此外，2011 年 5 月至 2013 年 4 月，金寨县双河镇大畈村与中国香根草网络已经合作过，取得良好的效果，这次项目在该地的主要内容是改造老茶园 300 亩；帮助 20 名妇女提高香根草编织技术；组织编织学员去周边地区考察市场等。

项目要尽最大努力保护大别山区的自然资源，控制水土流失，改善生态环境，帮助当地农户脱贫致富。

主办：中国科学院南京土壤研究所 中国香根草网络，南京市第 821 信箱，南京市北京东路 71 号
邮编：210008，电话：(025) 86881269，传真：(025) 86881000
E-mail: lyxu@issas.ac.cn Home page: <http://www.vetiver.org.cn>