



香根草通讯

Vetiver Newsletter

第 18 卷 第 3 期

2015 年 9 月

我国栽培的香根草是外来入侵种并会蔓延成为杂草吗？

夏汉平^{**1} 王明珠² 徐礼煜²

(1 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 1988 年国际香根草网络主席理查德·格雷姆肖先生引入到中国的香根草技术是一种利用香根草进行水土保持、环境保护、生境恢复、防灾减灾、污染治理的生态工程与植物修复技术。在过去 20 多年, 该技术应用到中国南方 10 多个省区, 取得了显著的生态效益与社会效益。然而, 当年引入香根草技术时, 海南、广东、福建等地早已有“野生”的香根草存在, 甚至可以追溯到 1936 年。而最初的香根草种源究竟是我国本土生长还是从国外引入? 至今未见确凿的证据或资料。目前, 世界上栽种的香根草是通过分蘖等无性繁殖的, 在中国未发现香根草的无序蔓延及其“排他”现象。与此相反, 由于香根草的种植可改善恶劣的生境条件, 使其他乡土植物得以很快定居并生长, 从而导致香根草自身萎缩甚至消失。此外, 香根草对除草剂非常敏感, 常因除草剂的喷洒而消失。因此, 我们认为香根草被当作外来入侵种并认为会成为杂草的说法是缺少科学依据的。

关键词 香根草; 起源; 生物入侵; 杂草; 中国

中图分类号 Q14、Q94 文献标识码 文章编号

Is vetiver grass planted in China an invasive alien species and becoming a weed?

XIA Han-ping^{**}, WANG Ming-zhu², XU Li-yu²

(1South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2Nanjing Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

Abstract: The Vetiver Grass Technique (VGT) was introduced into China in 1988 via Mr. Richard Grimshaw, the Chairman of International Vetiver Network. It is an excellent eco-engineering and phytoremediation technology that has been utilized in multiple applications: soil and water conservation, environmental protection, habitat restoration, disaster and pollution control and so on. In the last two decades, VGT has been applied to over a dozen of provinces in southern China, and has made significantly ecological and social benefits. As a matter of fact, before it was introduced into China, “wild” vetiver had already existed in Hainan, Guangdong, Fujian for long, which can be traced back to 1936. However, there has not been conclusive evidence or information so far whether the vetiver was native to China or imported from abroad. At present, the only reproduction method of the cultivated vetiver around the globe is through asexual means (e.g., tillering), and vetiver sprawl and “repellent” phenomena haven’t been found in China. In contrast, vetiver can improve harsh habitat conditions and therefore benefits the growth of other native species, which leads to the shrinking or even disappearance of vetiver due to its poor tolerance to shade. In addition, vetiver is particularly sensitive to herbicides, and therefore, often can be completely annihilated by the spraying of herbicide. In conclusion, we think there is no scientific basis to conclude that vetiver is an alien invasive species and has potential to become a weed.

Key words: *Vetiveria zizanioides*; provenance; biological invasion; weed; China.

香根草 (*Vetiveria zizanioides*), 过去又称“岩兰草”, 是禾本科香根草属的一种多年生、丛生型草本植物。香根草系统 (Vetiver System) 亦称香根草生态工程技术, 或简称香根草技术 (Vetiver Grass Technique) (National Research Council, 1993; 夏汉平等, 1998a), 是一种利用香根草进行水土保持、环境保护、生境恢复、防灾减灾、污染治理的生态工程与植物修复技术, 该技术成本低廉、操作简便、应用广泛。

1988 年国际香根草网络主席理查德·格雷姆肖先生通过世界银行在我国南方红壤的开发项目从印度引种香根草到我国, 用于南方红壤的水土保持, 从此香根草技术进入我国并推广应用开来。1 年后, 由农业部和水利部联合在福建邵武召开了国内第 1 个关于香根草种植技术的研讨会, 进而开始了香根草技术在我国试验、研究与应用。为了系统总结经验和全面推广香根草技术, 在国际香根草网络的支持下中国香根草网络于 1996 年正式成立。1997 年 10 月在福州召开了国际香根草学术研讨会, 总结了香根草过去近 10 年的研究成果, 阐述了我国对香根草的试验、研究和应用情况, 同时也介绍了香根草技术在国外的进展 (徐礼煜, 1998)。1999 年 10 月中国香根草网络与江西省公路管理局在南昌召开了“国际香根草生物工程技术保持水土与工程保护讲习研讨会”, 会上国际知名专家介绍介绍了香根草技术在工程保护上的应用。随后香根草技术在我国公路、铁路边

^{**}作者简介 夏汉平, 男, 1966 年生, 博士、研究员, 主要从事恢复生态学与环境生态工程研究。E-mail: xiahap@scib.ac.cn

坡防护及水库、矿山、污水处理等领域迅速推广。

在中国科学院和广东省人民政府等机构的联合主持下，第3届国际香根草大会于2003年10月在广州召开。会前中国香根草网络出版了中英文版的《香根草系统及其在中国的研究与应用》，总结了自“福州会议”以来中国香根草的研究与应用进展（徐礼煜等，2003）。同时，大会编辑出版的《第三届国际香根草大会论文集》收集了全球有关香根草研究与应用的最新成果，积极推动了香根草技术的国内外交流（Truong et al., 2003）。

为了进一步促进香根草的推广和应用，使得农民在利用香根草保持水土的同时得到更加直接的经济效益，中国香根草网络于2007年在广西桂林举办了“首期国际香根草编织培训班”。而后相继在广西、安徽举办了10期香根草编织培训，为其利用尤其是山区农民的增效增收开辟了新途径。

近几年又有一些香根草的专著与成果问世。其中，2008年出版的《香根草系统的理论与实践》一书，主要汇集了近些年来我国科技工作者在香根草的研究和应用方面所取得的最新成就，同时将国外的主要研究成果和信息也介绍到中国（徐礼煜等，2008）。与此同时，《香根草系统应用技术参考手册》也于同年面世（Truong et al., 2008），与《Vetiver Grass: The Hedge against Erosion》（World Bank, 1987）相匹配，目的是进一步交流成果，加速香根草技术在我国和世界上的研究、应用和推广。

香根草技术在我国的发展已经历27年，其应用领域包括从农田水土保持到基础设施防护，从环境保护到污染治理，从固土护坡到防灾减灾等，其应用地域已遍及南方10多个省市以及香港和台湾地区，绝大多数的推广应用取得良好的生态效益和社会效益，并带来较好的经济效益。然而，近些年来也有人将香根草列为外来入侵种或担心它会成为杂草，原因之一是该种植株高大，常形成密丛，还能分泌化感物质，排挤当地植物（李振宇等，2002）。这由此带来3个问题：1）香根草是否是外来入侵种；2）香根草是否会演化成杂草；3）香根草是否会分泌化感物质，从而影响其他植物的正常生长。实际上，在香根草技术的推广应用过程中，也常有用户咨询类似问题或表现出同样的担心。对此，我们认为有必要对这3个问题进行探讨，以期展示香根草的实际应用情况，为香根草推广应用提供依据。

1 香根草是外来入侵种吗？

我国早些年从国外引进过香根草种。从目前能查到的文献记载来看，最初是在20世纪50年代从印度和印度尼西亚引进，主要目的是提炼根油（梁盛森等，1957）。后来，即1988年格雷姆肖先生将香根草技术引入我国时也从国外带进了香根草种苗。但这不能表明香根草是外来种，更不能断定是入侵种。在1936年，“野生”的香根草在海南岛被发现，当时由植物学家刘心祈先生采集的标本仍保存在中国科学院华南植物园的标本馆里（图1）。20世纪50年代海南岛又发现了野生的岩兰草，而且其植物形态与栽培种无显著区别（梁盛森等，1957）；60年代又相继在海南临高县多文、文昌一带发现有分布（黄步汉等，1964）。可见，香根草当年在海南是多处自生自发的存在，生境条件也明显不同（夏汉平等，1998b）。

除海南外，广东有更大面积的香根草分布，20世纪50年代在吴川、茂名、电白3地交界的河流入海地带发现了一片面积达6670 hm²的野生香根草群落。当地群众就反映该植物已在此生长数百年，老百姓一直称这片大草原为“草蓢”，把其中的香根草称为白茅、油茅、茅骨（黄步汉等，1964；广东植物研究所，1976）。虽然近40年来人为过度开发利用与破坏，这一天然群落已完全破碎化，总面积也大幅缩小，群落结构和组成亦发生了较大变化，但现在仍可看到野生的香根草群落或零星生长在荒野的香根草（夏汉平等，1998b；刘金祥等，2002）。此外，目前我们能查到的国内最早描述香根草的文献是美国植物学家A. S. Hitchcock于1929发表在《Linnaean Science Journal》上的“Grasses of Canton and vicinity”这篇文章，作者猜测在广州及周边地区可能有该物种存在，尽管作者在当时未能在广州地区见到香根草标本或活体植株（Hitchcock, 1929）。

这表明：1）我国早已有野生香根草种的记载，并且在多地发现了其天然分布的群落；2）这些野生香根草不但没有蔓延，反而大面积萎缩，尤其是海南基本上找不到野生种群或自然生长的香根草（夏汉平等，2001）。这些香根草到底从何而来，是当地乡土植物还是从国外引进？中国何时有了香根草，已存在多久？我们未能找到相关的报道或令人信服的文献记载，也无从考证。

假如20世纪30年代（以前）在中国南部（尤其是海南岛）发现的香根草也是从国外引进的，其目的仅为提取精油，而限于当时的历史条件、人们的消费水平、工艺技术水平等是不可能的，当时的海南较为落后与闭塞。另外，若真是引进，那么由谁引进，何时引进，从何引进，引作何用？这些问题都无据可查或未找到文献记载。因此，仅凭后来一两次（批）引种就断定香根草是外来物种是不够严谨的。

此外，在1988年11月，当格雷姆肖先生在拿着从国外带来的香根草苗在福建作推广宣传时，在场的陪同人员也当即指出，该草在福建的光泽县、建阳市等地本来就有。随即双方一起到建阳市将口镇西岸村沙滩与光泽县止马镇白门楼村坡地参观，实地见到了长势良好的香根草（图2）。由此说明，在世界银行引入香根草到中国之前，不但广东、海南已有香根草，福建等地也有。表明，香根草就是我国的乡土植物。从已有的文献记载与目前的状况来看，我国亦为香根草原产地的可能性较大。

2 香根草会蔓延成杂草吗？

2.1 香根草的形态与生理特征

香根草密生成丛，主要靠根颈产生的分蘖繁殖出新的个体。该植物虽然抽穗开花，但在陆地自然条件下几乎不结实，因此基本上不存在靠种子传播的可能性；它也没有根状茎或匍伏茎，因此也不会四处蔓延。这些形态特征或生理特性决定香根草不可能成为农田杂草 (National Research Council, 1993; 夏汉平等, 1997)。



图 1 1936 年从海南东方县白沙村采集的香根草标本 图 2 在福建光泽县止马镇参观野生的香根草 (1988, 格雷姆肖提供)

从 20 世纪 30 年代在我国大陆发现香根草算起，迄今 80 多年，除湿地生长的香根草有种子繁殖的可能外 (刘金祥等, 2005)，陆地上的香根草均是通过植株本身的分蘖繁殖的，也未见过香根草无序蔓延与排他现象。相反，有据可查的或野外看到的都是人工种植的香根草逐渐退化或原有的野生香根草群落大面积萎缩。

国外引种香根草的实践也得出相同结论。例如，Doug Richardson 在美国加利福尼亚南部 Santa Barbara 地区引进香根草 (Sunshine 品种)，用于坡地稳定和侵蚀治理。目前，他在该地开展的 60 多个项目都显示，香根草的效果很好，10 多年过去了，从未发现蔓延为害的问题。PIER (太平洋岛屿生态系统风险) 评估的结论是，香根草的风险因子非常之低。Doug 的观察证实了 PIER 的评估结论 (VETIVERIM, No. 45, July 2008, P1)。

入侵植物在生态学上是有严格定义的。一般而言，对于依赖种子或其他有性繁殖体的入侵植物，扩散能力是 50 年内扩散距离大于 100 m；对于主要依赖无性繁殖而扩散的入侵植物而言，要求 3 年内扩散距离 6 m 以上 (Pyšek et al., 2004)。总之，入侵植物表现为个体数众多、扩散能力强、对环境影响较大 (Pyšek et al., 2004; Jiang et al., 2011)。对香根草而言，虽然它对环境影响较大，但根据野外观测，它的扩散速度远未达到上述标准。因此，从扩散能力来看，香根草也不算是入侵植物。

2.2 香根草是一先锋植物

很多试验表明香根草是一种优良的先锋植物，在生态环境十分恶劣的条件下可以生长，并且能够迅速改变当地的微域生态环境，为当地乡土植物的定居与生长创造条件，随后香根草逐渐被乡土植物所取代。笔者曾经在泰国北部地区看到栽培的香根草被当地乡土植物所取代的案例。这种情况在中国也屡见不鲜。为了推动香根草系统在铁路边坡固定上的应用，中国香根草网络与新长铁路有限责任公司合作，于 2001 年春首次在苏北里下河冲积平原区的新建铁路边坡上进行试验，3 个月后，基本形成绿篱，起到了保护铁路边坡的作用。7 年后再次访问时香根草生长良好，铁路边坡依然得到很好保护。但在 13 年后调查时发现，香根草不但没有向路边的稻田蔓延，而且在铁路边坡上已经很难发现，基本上为乡土植物所取代 (图 3-图 5)。在广东，用于公路护坡的香根草最初茂盛生长，但仅过 4 年左右就被同时种植的其他植物或随后定居的乡土植物所取代，香根草几乎不见踪影 (夏汉平等, 2002)。香根草之所以会逐渐退化甚至消失，根本原因是香根草不耐阴，当其他植物特别是乔木长大而导致处于林下的香根草得不到足够的阳光时，其生长就会受到严重影响，甚至消亡。



图 3 江苏某铁路边坡种植 3 个月以后的香根草 (2001, 徐礼煜摄) 图 4 上述生长 7 年后的香根草绿篱 (2008, 徐礼煜摄)

2.3 香根草对除草剂敏感

野外观察发现，香根草对除草剂十分敏感。在南昌，香根草苗圃地由于受到临近地块喷洒除草剂而枯死。

在安徽岳西，茶园边坡种植香根草篱，也因老乡施用除草剂而全部消失（图 6）。Paul（2015）也指出，一旦香根草篱建立起来了，杂草就给遮盖下去了，极低浓度的草甘膦除剂也会杀死香根草，种植时切勿使用。



图 5 生长 13 年后的香根草大多被乡土植物取代（2014，徐礼煜摄） 图 6 在安徽岳西茶园中间套的香根草因喷洒除草剂而全部枯死（2010，徐礼煜摄）

由此可见，清除香根草时，喷施除草剂为一种有效的方法；更环保的办法是从土中挖出香根草，它随即很快死亡，不会再萌生。并表明香根草几乎不可能成为杂草，需要清除香根草时也是简单、易行。

3 香根草是否有化感作用？

香根草，顾名思义就是根内含有“香油”的植物。其根的确能分泌有机化合物，这是制造香料最有价值和最重要的原料之一，同时它又是天然定香剂。过去对香根草的利用主要就是取其根油，作为调制各种香精的重要原料或用来驱蚊治病；近年来还发现香根油可用作杀菌剂和杀虫剂（National Research Council, 1993）。分析表明，香根油的化学成分非常复杂，内含多种岩兰醇（Vetiverols）、岩兰酮（Vetivones）、岩兰烯（Vetivene）和岩兰酯（Vetivenate）的有机化合物；目前有超过 60~150 种左右的化合物从香根油中分离出来，主要是倍半萜类化合物以及烃、乙醇、羧酸等（Akhila et al., 1989; National Research Council, 1993）。但这些化合物是否会有化感作用或对其他植物的生长产生不利影响仍缺少科学的观测与严谨的实验，也未见相关的研究报道，笔者在野外多年的推广应用过程中亦未观察到有这样的现象。因此，笔者认为，有关香根草“还能分泌化感物质，排挤当地植物”的说法（李振宇等，2002）缺少科学依据。

4 结论

在 1988 年香根草技术引入中国之前，在海南、广东、福建等地已经发现有“野生”的香根草的存在，时间可以追溯到 1936 年甚至更早。这些野生的香根草是我国本土生长还是从国外引入？至今未见到相关的证据或文献报道。

香根草的形态特征与生理特性决定它不会成为杂草。香根草基本上都是通过分蘖繁殖，至少从 1936 年以来的 80 年时间里未见香根草的无序蔓延或入侵农田现象。相反，原有香根草资源或野生的香根草群落正在大面积萎缩。此外，香根草的扩散速度很慢，远未达到“入侵植物”的扩散速度的水平。

实践表明，香根草对除草剂特别敏感，在江西和安徽以及国外的实践均表明，香根草可因对相间套的农林作物或临近农田喷洒除草剂而消失。迄今尚无证据表明香根草分泌物具有化感作用或排他现象。

因此，把香根草当外来入侵种无可靠证据，认为香根草分泌化感物质、排挤当地植物亦缺乏严谨的科学实验或深入的野外调研；相反，中国有可能亦是香根草的原产地。

参考文献

- 广东植物研究所. 1976. 广东植被. 北京: 科学出版社.
- 黄步汉, 张敬熙. 1964. 芳香植物野香根草的初步研究. //广东省植物学会论文集, 广州: 广东省科学技术协会: 114-121.
- 李振宇, 解焱. 2002. 中国外来入侵种. 北京: 中国林业出版社.
- 梁盛森. 岩兰草. 1957. 热带作物, (22): 29-31.
- 刘金祥, 陈燕. 2002. 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. 草业科学, 19(7): 13-16.
- 刘金祥, 李文送, 李红燕. 2005. 种子繁殖香根草植株的生物学特征及其病虫害初报. 草业科学, 22(4): 108-111.
- 夏汉平, 敖惠修. 1998b. 中国野生的香根草种及其保护与分类问题. 生物多样性, 6(4): 292-297.
- 夏汉平, 敖惠修. 2001. 海南野生香根草资源调查报告. 热带农业科学, 21(2): 40-43.
- 夏汉平, 敖惠修, 刘世忠. 1998a. 香根草生态工程——实现可持续发展的生物技术. 生态学杂志, 17(6): 44-50.
- 夏汉平, 敖惠修, 刘世忠. 2002. 香根草生态工程应用于公路护坡的效益研究. 草业科学, 19(1): 52-56.
- 夏汉平, 敖惠修, 刘世忠, 等. 1997. 香根草——优良的水土保持植物. 生态科学, 16(1): 75-82.
- 徐礼煜. 1998. 香根草研究与展望. 北京: 中国农业科技出版社.
- 徐礼煜, 方长久, 万明, 等. 2003. 香根草系统及其在中国的研究与应用. 香港: 亚太国际出版有限公司.
- 徐礼煜, 夏汉平. 2008. 香根草系统的理论与实践. 北京: 中国广播电视出版社.
- Truong P, 夏汉平, Van TT, 等. 2008. 香根草系统应用技术参考手册. 广州: 广东科技出版社.

Akhila A, Thakur RS. 1989. Biosynthesis of the constituents of vetiver oil. II. Nootkatane and eudesmane compounds. Proc. 11th Int. Congress of Essential Oils. Fragrance and Flavours. New Delhi. Vol. 5: 143-150.

Hitchcock AS. 1929. Grasses of Canton and vicinity. Lingnan Science Journal, 7: 177-265.

Jiang H, Fan Q, Li JT, et al. 2011. Naturalization of alien plants in China. Biodiversity and Conservation, 20: 1545-1556.

National Research Council. 1993. Vetiver Grass: A Thin Green Line against Erosion. Washington, D.C.: National Academy Press.

Pyšek P, Richardson DM, Rejmanek M, et al. 2004. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. Taxon, 53: 131-143.

Truong P, Xia HP. 2003. Proceedings of the Third International Conference on Vetiver and Exhibition. Beijing: China Agriculture Press.

Truong P, 2015. 少量废水处理的计算机模型, 香根草通讯 18(2)2-4.

World Bank. 1987. Vetiver Grass: The Hedge against Erosion. Washington D.C.: The World Bank.

责任编辑 魏中青
(原载《生态学杂志》2015, 34 (8), 本文有增改)



2015 年国际香根草网络奖发放

在越南岘港召开的第 6 届国际香根草大会上, 2015 年国际香根草网络奖于 5 月 6 日发放。

国际香根草网络赞助人——诗琳通公主殿下授予来自澳大利亚的 Paul Truong 全球香根草冠军奖。奖励他 25 年来在香根草技术发展上所作出的贡献, 尤其是在土地和水净化应用方面所作出的贡献。同时奖励他指导和支持大批研究生将香根草研究作为他们论文的一部分。

来自刚果民主共和国的 Alain Ndonga 被授予香根草冠军奖, 奖励他将香根草技术引进刚果(金)和刚果(布)并加以传播, 尤其是在边坡稳定上的应用和传播。

来自秘鲁的 Alois Kennerknecht 被授予 Nick Dolphin 奖 (750 美元), 奖励他将香根草系统应用于秘鲁利马城区的社区内。

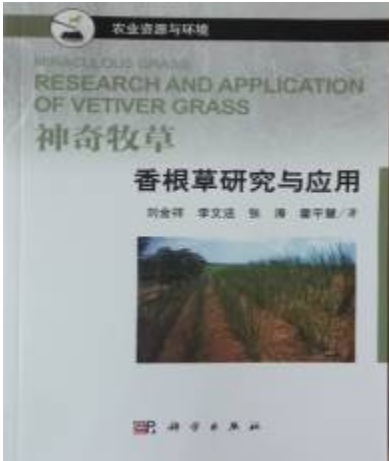
来自越南的 Luu Thai Danh 被授予 Mark Dafforn 奖 (1500 美元), 奖励他对香根草技术应用于植物修复的综合评述和编辑。

来自泰国的 Kittima Sivaarthitkul 和她土地开发部的同事们被授予 Monty Yudelman 奖 (2500 美元), 奖励他们在泰国开发了香根草跟踪系统。

其他奖项见下表:

序号	类别	作者	论文题目	国别
1	香根草基本特性研究	Malee Nanakorn, Mattanaporn Maikami, Lily Kaveeta, Surin Peyachoknagul	耐盐香根草	泰国
2	生物工程: 研究	M.S. Islam	作为坡地生物技术保护措施的应用: 孟加拉国一些成功的案例	孟加拉国
3	生物工程: 应用	Leonel Castro	应用和推广香根草的创新理念	危地马拉
4	农业水土保持: 研究	K. Boonsong, S. Piyatiratitivorakul, A. Sophapongse and P. Chaikul	稻田间作香根草对土壤质量、水稻产量、CO ₂ 和CH ₄ 排放的影响	泰国
5	农业水土保持: 应用	Tekalign Negash Terefe	香根草在埃塞俄比亚西南部水土保持上的作用 (Metu 区 Tulube 农民协会的案例)	埃塞俄比亚
6	污染土地和水体处理: 研究	T. Phenrat, P. Teeratitayangkul, T. Imthiang, Y. Sawasdee, S. Wichai, T. Piangpia J. Naowaopas, W. Supanpaiboon	运用香根草处理泰国北柳府 Phanom Sarakarm 区 Nong-Nea 亚区受苯酚及其他有害物质污染的水土: 实验室及田间试验进展	泰国
7	污染土地和水体处理: 应用	M. Oduro	加纳东部纽蒙特 Akyem 黄金开采区香根草技术的应用	加纳
8	促进香根草在社区的发展	Alois Kennerknecht	香根草技术在秘鲁杰出的传播和应用	秘鲁
9	创新	Kittima Sivaarthitkul, Chunphen Larphitir, Pornpat Nopmalai, Weera Pathakheeng	运用香根草跟踪系统在泰国进行香根草种植管理和监测	泰国

《神奇牧草：香根草研究与应用》出版



由任继周院士作序，刘金祥等人撰写的《神奇牧草——香根草研究与应用》一书于 2015 年 6 月由科学出版社出版，全书 32 万字。

本书有前言，正文部分共有六章，第一章香根草的功能价值与动态，第二章香根草的群落学特征，第三章香根草的抗逆性生理与光合生态研究，第四章香根草的繁殖方法、栽培技术及病虫害防治，第五章 香根草在环境保护工程方面的应用，第六章香根草在工农业生产实践中的应用，全书还有后序，主要介绍香根草研究存在问题与应用展望。

该书图文并茂、资料丰富，填补了我国华南牧草资源与抗逆性研究的某些空白，为我国南方牧草资源在环境保护开发利用方面提供一些科学依据。本书可作为草业，农、林、牧，环境保护工作者及大专院校师生在教学、科研和生产的参考书目。



神奇香根草：21 世纪最具潜力的生物技术

——记第三届中国-南亚博览会上

2015 年 6 月 12 日-16 日，昆明光宝生物技术工程有限公司，在昆明滇池国际会展中心举办的第三届南亚博览会暨第 23 届中国昆明进出口商品交易会上，系统展出了香根草的特性、功能及应用。整个展览共分《世界的香根草》、《21 世纪最具潜力的生物技术》和《香根草生态修复技术成果及资源化开发》3 章内容，向与会者展示了香根草及其全产业链及衍生产品，受到了广泛关注。

图文资料涵盖神奇的香根草、世界的香根草、中泰香根草产业合作、香根草产业化开发利用、香根草生态工程范例等，现场推出了“香根草鲜榨饮料、食用菌菌棒、草编工艺品、香根草纯露、乳霜、精油皂、可燃香、香料包”等系列产品，充分展示了香根草生物产业的前景，通过现场宣传与促销，让社会、市场更多地认知香根草这一“神奇之草”。

展会期间共接待农林水利环保等部门领导 50 余人次，工程设计及施工单位约 200 人次，投资者合作 100 人次，估算宣传影响逾万人次。现场共发放公司宣传资料及名片 1500 套，香根草纯露试用装 5000 瓶以上，企业公众号粉丝增长数 2430 个，网店转发数 4220 次。

现场签署了安徽怀宁光伏发电与香根草配种示范项目。展会期间与本地的安宁、团结乡、百草园等公司、农庄签订了合作协议；与昭通、保山、贵州、红河、寻甸、丽江等地林下套种及养殖达成了合作意向，签订并成立了宜良县小古城珍妮农庄香根草种养殖专业合作社。

通过此次展会，进一步扩大了香根草在国际及国内的知名度，传播了香根草服务生态文明建设理念，彰显了云南香根草网络的“互联网+…”影响力。

展会期间，泰国国家副总理黄海阁下与云南香根草网络的有关人员进行了友好交谈，并为昆明光宝生物技术工程有限公司题词留影，加强了泰中香根草领域合作，促进“中泰一家亲”向更深更广领域发展。



照片 1 与安徽某政府考察团在展厅合影



照片 2 了解香根草香料包

土壤侵蚀威胁粮食生产

David Pimentel 和 Michael Burgess

(康乃尔大学农业与生命科学学院)

摘要 由于99.7%以上的人类食物来源于陆地生态系统，而只有不到0.3%取自海洋和淡水生态系统，因此，保护耕地并保持土壤肥力对于保障人类福祉非常重要。土壤侵蚀是威胁世界粮食生产最重要的因素之一。地球上每年有一千万公顷的耕地因为土壤侵蚀而消失，导致可供世界粮食生产的耕地减少。据世界卫生组织和国际粮农组织报道，世界2/3的人口营养不良，耕地损失是其重要原因。总之，农田土壤的损失速度10倍甚至40倍于土壤形成速度，威胁人类粮食安全。

关键词 土壤侵蚀，营养不良，农田，牧场，草地，土壤有机质，评估

1. 引言

由于土壤侵蚀造成的地表土壤流失广泛存在，这不仅减少了自然生态系统的生产力，也降低了农业、森林和草原牧场生态系统的生产力。与此同时，随着人口的增长，由于矿物燃料消耗、内陆水域和近岸海域水体富营养化、生物多样性的减少等造成的土壤侵蚀、水资源可利用量、气候变化等被全世界公认为主要的环境问题。

当今世界有近66%的人营养不良，这是史上营养不良人数最多的时期（所谓营养不良是由于不合理或不平衡营养摄入，或不完全吸收利用而导致的营养缺乏）。现在营养不良的世界人口达到7亿，预计到2050年将达到9.3亿，届时将需要更多的食物。考虑到当前99.7%的人类食物来源于陆地，而仅有0.3%来自海洋和水生生态系统，因此，维持并增加世界粮食供应主要还是依靠耕地的质量和其生产力。

多年来，对所有农用地而言，人为因素引起的土壤侵蚀及其相关危害，一方面造成土地荒废导致可利用农用地减少，另一方面，其余受影响的土地在一定程度上需要增施N肥、P肥来维持生产力。土壤侵蚀造成耕地流失后，常常导致森林和草地开发为新农田，并需增施N、P肥以提高其肥力。此外，土壤侵蚀还会减少植物、动物和土壤微生物多样性的价值。

本文评估了造成土壤侵蚀的各个因素，分析与土壤侵蚀相关的损害程度，着重强调这些因素对未来粮食安全和自然环境可能的影响。

2. 侵蚀因素

土壤侵蚀发生于其暴露于雨滴或风能时。在美国纽约州的区域内，每年大约1000mm降水量，雨滴打击一公顷土地提供相当于60000千卡的能量（ 250×10^6 焦耳），大致相当于8公升汽油的能量。雨滴打击使土粒松散，在低至2%的斜坡上，土壤就可开始向下移动。片蚀是主要的侵蚀类型。在坡地上土壤侵蚀的影响加强，随着坡度的增加，更多的表土随水向下移动，进入河谷和溪流。

风能也具有很大的能量，能带走表层土粒，并长距离搬运。发生在堪萨斯州1995-1996年间那个干燥和多风冬季的风蚀就是一个典型的例子。当时，可耕地上大约每公顷有65吨的土壤被侵蚀掉了（图1）。风能足够强大到吹动土壤颗粒至几千千米外。这可通过美国国家航空和宇宙航行局拍摄的照片（图2）所展示，该照片显示大量的沙尘被风从非洲吹到了南、北美洲。



图1. 1995-1996年冬天堪萨斯州约50mm深的耕地土壤被风吹走（E. L Skidmore, 美国农业部，曼哈顿，堪萨斯，1996年春摄）

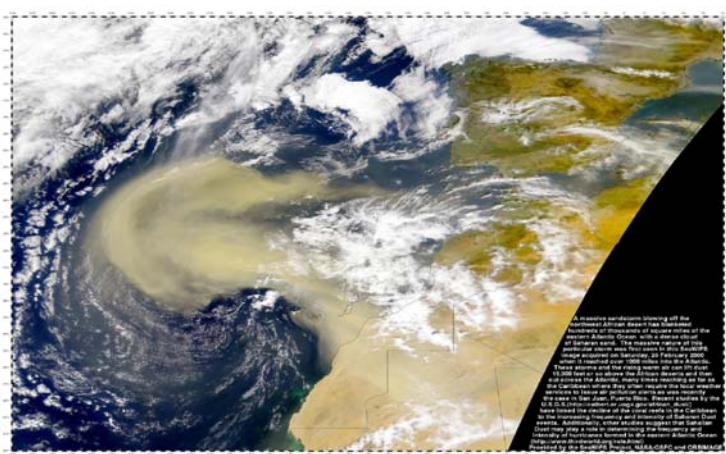


图2. 来自非洲的大量沙尘被吹着横穿大西洋[15]

2.1. 土壤结构

土壤结构影响土壤侵蚀的难易程度。有中至细粒、低有机质含量和弱结构发育的最容易被侵蚀[16]。这些土壤水分入渗率低，因此受高速水流侵蚀，也容易被风能搬运。

2.2. 植被的作用

被活的或死的植物生物物质所覆盖的土壤，对风力和水力侵蚀有更强的抵抗力，从而受到相对较小的侵蚀。

这是因为生物质层消散雨滴和风的能量，而表土也被生物质团聚在一起。例如，在美国犹他州和蒙大纳州，随着地被覆盖率从100%减少到不到1%，侵蚀速率增长了将近200倍[18]。在森林地区，至少要有60%的森林覆盖率才能避免严重的土壤侵蚀和滑坡[19-21]。因此，随着大范围的森林被开垦为农田和草地，土壤侵蚀随之增强。

在发展中国家土壤植被的损失尤其普遍。这些国家人口众多并不断增长，耕作方法常不能保护表土。此外，在这些国家，做饭和取暖常依赖于利用作物秸秆作为燃料。例如，在上世纪90年代，中国约60%、孟加拉国90%的作物秸秆通常被从田里运走，用作燃料燃烧[22]。较新的估算显示，在孟加拉国，对未来作物产量不会产生影响，可用作生物质能转换的作物秸秆收获量，为水田作物秸秆的50%，非水田作物秸秆的80%[23]。在中国，由于矿物燃料使用量的增加，作物秸秆已经较少作为居民燃料来源[24]。然而，中国有计划将每年6000亿吨秸秆（来自谷类）的一半用来燃烧发电[25]。在薪材和其他生物质稀缺的地区，连禾本科和灌木的根系都会被收集燃烧[26, 27]。以上这些可导致土壤贫瘠，并完全暴露在雨水和风力侵蚀力之下。

2.3 陆地地形

一个景观内的地形、降雨和/或风向联合影响土地的土壤侵蚀敏感性。在菲律宾，58%以上的土地坡度大于11%，而在牙买加，52%以上的土地坡度大于20%，据报道其土壤侵蚀速率高达400吨/公顷/年[1]。在森林开垦成陡峭农田上侵蚀速率特别高[1]。据报道印度的一个干旱地区，在较强风力的干旱条件下，土壤侵蚀速率高达500吨/公顷/年[28]。甚至像美国这样有着丰富的农田，几乎不需要开垦陡坡土地的发达国家，到2007年为止，侵蚀依然造成平均13吨/公顷/年的土壤流失[29]。在欧洲这样的发达地区，已测得的侵蚀速率范围也在3~40吨/公顷/年之间，而由于单个风暴造成20~40吨/公顷以上流失量的事件在欧洲被定期测量，这种情况可能两到三年发生一次，而在极端气候事件中，流失速率甚至大于100吨/公顷/年[30, 31]。

2.4 其他土壤扰动

尽管世界农用地占土壤侵蚀面积的3/4，但是，无论何时，只要人们移除植被，侵蚀就会出现[1, 32]。道路、停车场和房屋建筑等都是此类例子。尽管建筑工地的土壤侵蚀速率可能极高，但这一侵蚀出现在相对短的时期。一旦地表种上草或被其他植被覆盖，侵蚀就会减弱[33-35]。

自然生态系统也会遭受水土流失，这在溪流岸边特别明显，这是由于附近流水的强烈作用，侵蚀自然产生。在溪流切割附近土地时，水土流失在陡峭的表面（坡度大于30%或更多）明显增加。即使在坡度仅为2%的相对平坦地方，在暴雨和洪水泛滥的时候，溪岸也会被侵蚀。

3. 土壤侵蚀评估

自然生态系统在漫长地质年代中，尽管土壤侵蚀非常缓慢，但超过数十亿年的侵蚀对土壤质量影响的累积效应还是很明显的。在世界范围内，土壤侵蚀速率，可从被草地或森林覆盖平坦地区的小于0.001吨/公顷/年，至自然植被覆盖山区的1~5吨/公顷/年[36]。然而尽管速率很低，数十亿年的土壤侵蚀也能导致巨大质量的土壤移动。此外，侵蚀的土壤在山谷中不断堆积形成冲积平原。世界上像尼罗河、恒河、密西西比河等大的三角洲就是几千年侵蚀的结果[37]。

据估算，全世界农业系统每年有将近750亿吨肥沃的土壤流失掉[38, 39]。另一个关于世界I~V等耕地土壤侵蚀量的估算表明，每年有670亿吨土壤被水蚀侵掉了[40]。上世纪90年代，土壤学家Lal和Stewart[1]、Wen[41]曾报道印度每年有66亿吨的土壤被流失，中国为55亿吨。印度德哈拉中央水土保持研究和培训学院的一项研究显示，2010年印度土壤平均侵蚀速率为16.4吨/公顷/年，年总流失量为53.34亿吨。中国水利部、中国科学院、中国工程院的研究人员曾进行了三年的研究，结果表明，2009年中国有646个县遭受严重水土流失，其总面积达375万平方千米[43]。为期两年的深入研究表明，如果按中国目前的土壤侵蚀速率持续下去，未来50年粮食产量将减少40%[44]。考虑到这两个国家的耕地面积占世界总量的13%，且都已有数千年的农耕历史，在世界范围内，每年750亿吨土壤侵蚀的估算量依然是保守的。在美国水力和风能造成的耕地土壤侵蚀量已从1982年的30.6亿吨减少到到2007年17.25亿吨[29]。

3.1 管理生态系统的生产力下降

大约有50%的地球陆地为农业用地，其中1/3用于作物种植，2/3用于畜牧。森林大约占据20%的陆地面积。农田被频繁耕作，作物种植前土壤表层植被会被去除，使土壤常裸露于风雨之下，因此，上述三种土地利用类型中，农田最易被侵蚀。加之，农田在种植期间经常没有植被覆盖，加剧了农业用地的土壤侵蚀。农田侵蚀率较之天然森林侵蚀率高出75倍。

3.2 世界范围内的农田

当前，约80%农业用地遭受中度至重度侵蚀，仅10%左右遭受轻度侵蚀。世界范围内，农田的侵蚀量平均约30吨/公顷/年，范围在0.5-400吨/公顷/年之间。在过去的40年中，全球约30%的农田因土壤侵蚀而丧失生产力，其中大量耕地已被抛弃。（未完待续）

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 Homepage: <http://www.vetiver.org.cn>