



香根草通讯

Vetiver Newsletter

第 16 卷 第 2 期

2013 年 6 月

在环境保护区利用香根草建立园地挡土墙

Fernando Luiz Barcellos de Andrade

Agrogeo Engenharia

142/131 Martinico Prado, Zip Code: 01224-010,

巴西, 圣保罗

Email: fernando@agrogeo.com

摘要 绿墙将创新性技术和自然工程方法结合起来, 在土建工程中运用了植被知识, 对环境造成的影响甚微。这种创新系统考虑了环境保护地区的实际情况, 减轻对自然环境的干扰。

这里报导的绿墙项目, 位于巴西 Santana 地区 (Santana do Parnaíba-SP/Brasil)。建造的绿墙位于环境保护区域内, 外立面面积 1100m², 高 25m。

这是一种利用土工格栅、土壤和植被来建造安全壳型系统挡土墙的技术。土工格栅的作用是加固压实的土体, 植被的作用很重要, 可以防止绿墙表面侵蚀, 并将土壤团聚成一个整体。

建造绿墙时, 先将填土地域的土壤压实, 每隔约 20cm 厚的一层压实土壤, 铺置一层高强度和高模数的土工格栅。在土工格栅加固作用下, 整个填土地域变成一个巨大的稳定土体, 形成重力墙。在墙体外立面上, 使用生物可降解袋, 可以将有机废物转化为腐殖质, 逐渐形成一个有机质层次, 其上覆盖以生物可降解土工布, 这一层次可以将土壤团聚在一起, 直到香根草生长起来。香根草 (*Vetiveria zizanioides*) 在绿墙上生长, 伴随绿墙的整体使用期限。

我们应用的技术属于生物工程范畴, 用于稳定绿色安全壳型挡土墙的外立面, 从而可以防止墙面侵蚀, 并保护环境。香根草在外立面上成行种植, 形成立面覆盖, 使径流水速减缓, 并分散开来, 减轻侵蚀, 保持土壤水分, 促进土壤养分的积累, 改善微环境, 以便其后其它土生植物或先锋植物着生。

绿墙屹立不倒, 香根草根系居功至伟。香根草下扎至深, 体量庞大, 可以将土壤聚合成整体。尽管径流速度大, 也难于冲垮墙内的整体土体。因为根系深扎庞大, 生长迅速, 所以香根草甚为耐干旱, 从而很适用于稳定墙体。

修筑挡土墙的传统方法是使用水泥为主的材料。相比之下, 绿色挡土墙系统比传统工程方法有所创新, 效率更高, 成本更低。绿墙使用的是先进的天然工程技术和土工合成材料, 并在外立面上应用了香根草系统。因此, 绿墙是一种洁净、快速建造和高度生态的建筑。

关键词 绿墙, 安全壳型, 土工格栅, 生物工程, 低成本

引言

本项目地点所在地区地形非常崎岖, 交通极为不便利。预计当地将修建交通道路, 处于住房建造工地的交通要道上, 需要进行大量的土方作业。

项目所处地位于一个辽阔的自然保护区内, 上面有森林和涌泉, 本身是不允许建造住房和街区的。注意到这一点很重要。

解决的方法就是建立挡土墙, 将靠近的环境保护区的工地填土地带下部挡住。建立挡土墙的传统方法是用混凝土和石砌建筑。但从环境保护和经济观点看来, 这样做似乎并不合适。如果考虑对环境不作干扰, 并考虑挡土墙前的土壤排水畅通问题的话, 传统方法就不值得一提。通过研究我们寻找出最终解决方法, 即在压实土层之间和沿挡土墙立面栽植香根草。理想的情况则并非仅仅采用一种方法, 或采用一种方法来覆盖地面。我们需要采用数种相容型和生物型民用技术, 并使这些技术互相协调, 达到令人满意的结果 (Einloft, 2009)。

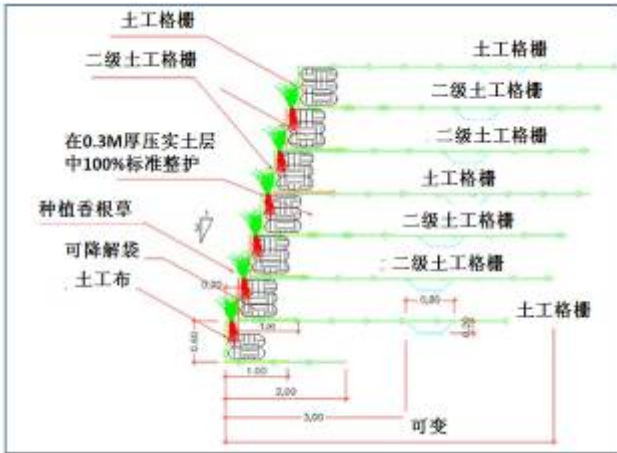
为了同时满足建筑和环境的要求, 项目的指导思想是, 企业的绿色地域应当符合美学原则, 由于交通极其不便, 从外地运入施工地的材料越少越好。建设绿墙的想法正好符合上述要求。因为绿墙的前立面有植被覆盖, 完全与环境融合在一起, 需要运入的建筑材料也最少。

材料与方

建造绿墙的材料包括: 就地取材的土壤、土工格栅、土工布、生物可降解袋和香根草。这些需运入的材料质量轻, 易于运到现场。

绿墙是一挡土墙，其建造技术可用于地形崎岖地区基础设施建设。它利用当地土壤建造，对环境的影响甚微。

建造绿墙时，将当地填土土壤一层层碾压，压实土层间放置强度高、模数高的土工格栅，用于加固墙体结构。整体结构的填土加上土工格栅形成稳定的土体，即重力墙。墙体前立面用填满土壤的生物可降解袋堆砌，土袋与土工格栅之间填以土壤、土工布以及栽上香根草。其横断面如图所示。



绿墙横断面



用泥土填充墙体

实施办法

简介

在压实并配合绿色聚乙烯土工格栅加固的土壤上建设挡土墙的实施程序。

工程队组成

为提高工作效率，组成一支工程队：一名工头，一名砌砖匠，5名小工。不要在城市雇佣工人，而应当将工作机会留给当地的工人。这样可以促进地方的和谐团结。

所需的装备、材料和设施

材料以当地的土壤为大宗。尚需加固土壤用的土工格栅，使墙面保持稳定的生物降解袋，早期用于防止侵蚀的土工布，固定挡土墙面的香根草。

建筑墙体时用的推土机械（运土的卡车，轮式装载机，挖沟机，压土机和手动压土机）。

计算方法，墙体尺寸的计算

墙体尺寸的计算所依据的是 Ehrlich(1999) 尺寸算法。该算法考虑压实土壤和加固措施之间的相对刚度，同时考虑应力诱导的紧实度的影响。至于采用的加固措施的规模，衰减因子等均应考虑长期使用（使用寿命 60 年）中的徐变效应和安装条件，采用有质量保证的土工格栅等。



倾斜而上的绿墙



绿墙侧视

香根草的根系对绿墙的重要性

对香根草加以分析，就会发现香根草应用的物理学基础是这种草类的抗张强度以及抗剪强度。根据技术通报报导，植被在边坡稳定性方面的作用如下：土壤抗剪强度的提高直接与其将剪切应力传递给植物根系，从而

抵消了应力相联系。这种传递使土壤的抗剪强度大大提高，降低了土壤的侵蚀可能性，提高土壤的稳定性 (PEREIRA, 2006)。

香根草抗剪强度为 6 - 10KPa/kg 根 /cm³ 土壤。植物根的抗剪强度可以抵消因土壤流失造成的土壤抗剪强度的降低，使土壤抗剪强度降低程度变低 (资料来源：世界银行 (1993))。

无论坡度大小都在香根草生长保护范围之内。所以香根草比其它品种的植物都更为有效。在种植香根草时，地形越陡，香根草绿篱之间的距离应当越短。

Diti Hengchaovanich (1998) 援引技术通报 (Technical Bulletin) 说，香根草根的平均抗张强度为 75MPa。此强度相当于软钢的 1/6。此处所指香根草根的直径 0.7 到 0.8 mm 之间。



环境保护区



绿墙外立面种植的香根草

香根草根的阻抗力和强度

由于内部布置了土工格栅，挡土墙阻抗力相当高。此时墙体的凝聚力（土壤颗粒之间互相吸引和约束而凝聚在一起）和内摩擦力（物质内部颗粒之间的摩擦力）会抵消土壤侵蚀的推动力。

土壤强度与侵蚀推动力之比称作安全因子 (SF)。如果 $SF > 1$ ，坡地处于安全状态，否则不安全。典型地说，SF 值为 1.2 到 1.3 是可以接受的边际值。在绿墙建设地，山坡很高。墙体内部铺设土工格栅，墙体外表面积植香根草，会使墙体的堆土处于较佳的稳定状态。墙体的稳定性是土壤类型、土壤强度、山坡几何状态（坡高、坡度）、植被、气候和天气等因子的函数。这些因子中任何一个都会在左右侵蚀推动力或抗蚀力方面产生重要影响。

- 香根草具有独特的性质，可以使墙体前立面处于较好的稳定状态，是一种非常有效的生物工程工具。
- 香根草从技术上说属于草类，但在应用于使土体稳定下来方面，这种草类更似速生的乔木和灌木。以单位面积计，香根草根系的强度和下扎深度更胜树木根系。
- 香根草的根系下扎非常深，非常庞大，结构精细。栽植第一年，其根系就可以下扎到 2.3m 处。香根草的根既长又密，在土中紧扎，不易连根拔起，而且极其耐旱。
- 香根草根很坚韧，其强度堪比许多硬木，甚至有过之。其抗张强度高，适应在陡坡上固定土壤。
- 香根草根的实测平均抗张强度约为 75 MPa。其加固能力为软钢的 1/6。在土深 0.5 m 处，其抗剪强度微升 39%。
- 香根草根能穿透紧实土壤剖面，这样使其在建造绿墙中相当有用，可以锚定填土和土壤。
- 香根草集中种植，形成浓密的绿篱。绿篱降低径流流速，并使之分流，有效过滤泥沙，很好地防治侵蚀。
- 香根草是有效的径流泥沙过滤器，大大的降低径流的浑浊度。当其根部被拦截下来的泥沙埋没后，又会长出新根。

获得的成果

绿色安全壳型挡土墙是一种重要的生态环境共生建筑。这样的结论是基于如下理由做出的：

- 聚乙烯土工格栅和香根草的阻抗力形成完美的共生体，可以稳定庞大的土体。
- 对植物区系和动物区系的影响极小。
- 墙体外立面种植的香根草有两大功能。其发育的根系将填土体外立面稳定下来；降低侵蚀风险，并且保持土壤水分。
- 有可能将一些当地植物种类集约地栽植在墙体外立面上，增加当地的生物多样性。
- 与其它水泥或混凝土加固的挡土墙相比，绿墙更加具有美学外观。
- 节约运输和材料成本，在交通困难的地方，材料就地取材更好。
- 所用的非熟练工（小工）雇自当地，为当地社区创造新工作机会。

我猜想水分和土壤修复项目将为香根草提供了进入生物工程领域的机会。我们看到了很多有趣的将香根草应用于垃圾填埋场的案例，我们知道有很多研究项目用来吸附铅、梯恩梯（三硝基甲苯）和其他物质。我发现对此的要求远高于能源，更不用说有很多可论证的结果。

Karuna Soeknandan <karuna.soeknandan@gmail.com>

香根草与生物能及香根草与医药

Narong Chomchalow <narongchc@au.edu>

香根草应用于减灾：生态与经济方面

由于暴雨和洪水造成的泥石流问题日趋严重。山坡、海岸、河岸、以及湖泊和水库岸边、公路边坡等均遭受严重侵蚀甚至导致塌方。许多研究表明香根草系统即使不能根除这些灾害，也可以减少这些灾害的数量。

Jason Fox <bigislandsoil@gmail.com>

我想 Alberto 的建议很好。一些副标题包括：

- 与政府部门一起拟定一些官样文章。
- 传播与市场（操作）方法。
- 今后 20 年香根草的发展。

Narong Chomchalow <narongchc@au.edu> 2012 年 6 月 13 日

Alberto，我同意你的提议。减短而有意义。在泰国我们有很多与水质和重金属污染有关的问题。例如，在 Thong Pha Phum Kanchanaburi 省的铅污染，Mae Sot Tak 省的镉污染，在 Tha Sala, Nakhon Si Thammarat 省的硒污染等等。最近，我们在曼谷附近，一个工业不动产的污水净化厂高度有毒污水的排出上遇到很大问题。曼谷有很多沟渠充满了富营养化水，它们来自家庭、农业和工业。

Alberto Rodriguez <agriflora312@gmail.com> , 10 月 9 日

我想越南是召开这次会议的很好的地方，但我对有关能源的讨论不感兴趣，它看上去不太成熟，可能会使与会者失望。

David Booth, 10 月 9 日

我完全同意 Shantanoo 的建议，与我的想法很类似。我坚信第 6 届国际香根草大会应当着眼于生活的基本点，即我本人所实施的持续社会和经济项目。当然实际上也有其他许多方面，如鼓励所有大型采矿公司利用香根草控制侵蚀和防治污染。已经确定有 2 个主要的矿业公司让当地社区建立香根草苗圃，然后再以最高价格回购。这样就鼓励了很多（从事）土地保护和社会经济发展的部门。第 6 届国际香根草大会的主题应该更加普遍，着眼于世界银行的最初目标。

有关香根草能源的命题不切实际，寻求大规模香根草苗圃生产生物燃料和生物球也将非常勉强。没有多少贫困的发展中世界真的建立大型苗圃并予以收割。

M. Golabi <mgolabi@guam.uog.edu> 10 月 9 日

我想“香根草与能量（能源）”是一个适当的主题，因为对能量的需求持续增加，而香根草是一个很好的生物量生产者。至少应当对它进行研究和评价。“香根草与能量”可以考虑为一个主题或副标题。

John Greenfield <27@xtra.co.nz> 10 月 10 日

我赞同 Shantanoo 和 David 的意见，我们不能失去将香根草应用于保持水分和必要养分的重要性的基本点，同时它在整个热带雨养农业地区能控制侵蚀。我们已经讲了很长时间。没有香根草系统，埃塞俄比亚乃至整个非洲靠天吃饭的农民就没有希望，无其他路可走。在因气候变化而遭到破坏的将来，得以生存下来。我跟很多人讲过。

这一观念已经从联合国及它的各机构中消失，我们有责任将此传播到全世界。在雨养农业地区控制侵蚀是最基本的。David 与青年农民的工作是怎样将香根草技术应用于热带地区的杰出榜样。

在此基础上，我要求我们的同仁们拟定一个简单而恰当的主题。

Don Miller <donmillernz@gmail.com> 10 月 11 日

我同意以上各位的评述。我想，到 2015 年世界粮食的价格会再次上涨。世界的食品供应越来越受到气候变化的影响。对于“持续发展”许多人有很多自相矛盾的说法。但如将香根草引入持续发展中去就会使发展持续下去。我想建议，这次会议可对种植的香根草的无需维护议题加以讨论，以及讨论以前获得很大成功的地方现在应用减少的原因。在以前曾经应用过香根草而后来又放弃的地方再次促进香根草（的应用）则较困难，这里的斐济是这样，据说泰国也是这样。

M.P. Singh <mpsingh@earthizen.org> 10 月 11 日

持续发展成为世界主旋律。…持续发展表现在环境、社会和经济上。这是人类将来所依赖的三大支柱。没有环境的持续，就不可能有经济的发展。而社会的发展则是自动跟进。已经证实香根草能够单独的或（与其他）结合起来促进所有三个方面。因此我支持 Shantanoo 和 David Booth 所说。如“香根草应用于持续发展”，包含了所有三大支柱，即环境，社会和经济。

Shantonoo 10 月 11 日

香根草最初是应用于控制侵蚀。这是它的独特功能，没有什么植物能够做到。而其他的应用都是它的副产品。所以，提到大会主题应以控制侵蚀为主，可以宽一点，以便研究者可以展示各自的话题。如果题目尚未确定，我建议诸如“香根草：为了一个持续的世界”。

Mark Dafforn <VetiverNet@aol.com> 10月11日

隐喻性的说，香根草可以为很多事情提供“能量”，包括燃烧，燃料来源，或是我们所做的其他事情的催化剂。“香根草能量”的持续性和维持性已经成为一个重要的领域。无论是谁谈及到设置、维护或是社会变化或生物量什么（其中不少已在实施），关键的事情总会发生，即激发活力。因此，也许用“充满活力的香根草”？它容易记住又有很好的暧昧（至少英语如此）。可以说是结合了不同的意见，能把香根草应用好，又将焦点放在能源应用上。也许大会可选择一些广义的词汇或组合。只是提供一点火星，看看是否能够燎原。

Elise Pinner <elise.pinner@gmail.com> 10月11日

加上一点：如果提供能源是一主题，我们也可反过来看：可以消除或减轻洪水的破坏性能量：

采用香根草系统-在许多应用上为人们提供活力，这些应用很容易大规模采用。

香根草系统可再生资源—副产品。

香根草系统：绿色的基础—减轻或消除暴雨和洪水造成的破坏。

Maria Calderon <imariacalderon@googlemail.com> 10月11日

香根草—为持续发展提供能量。

香根草系统-xx年持续发展。

香根草—发展中世界的绿色基础和可持续的能量。

Jim Smyle <jsmyle@earthlink.net> 10月11日

关于主题，我同意前面的评述，不能忽视香根草系统应用于侵蚀控制、社区和生计和整体持续性的重要性。但在实践上也应该认识到国际香根草大会的其它价值的重要性。我尤其想提及两点（i）扩展范围，探索和注意新的应用。（ii）加深和扩大我们的知识，了解更多的（新）开发的应用和经验，及相关的社会、文化、气候、技术和经济背景。如果主持者对“香根草与能源”有清晰的洞察力和具体设想，那么我想我们应当支持，将此作为“潜在的，开创性的应用”。同时，大多数的发言将不可避免的关注其他应用和经验。这些也不能丢弃。

因此，我对大会持续委员会的建议是设法将“香根草与能源”与 Shantanoo 的较广义的“香根草为了一个持续的世界”结合起来成一个题目，它能尊重大会主持者的意愿，又不至于给人们错觉，即认为会议仅着眼于至今尚无多少经验和知识的狭窄的主题。

John Greenfield <27@xtra.co.nz> 10月11日

我于50年代在斐济发展了香根草系统，在丘陵地区扩大种植甘蔗时应用于防治侵蚀。作用十分奇特。此后发展到“全球”，并关注世界的“贫困”。这些时候连小镇居民都知道世界的贫困问题，只是担心找不到答案。我喜欢 Maria 的“香根草-给予持续发展的活力”。“香根草：减缓贫困的途径”也许能够得到大家的关心。

M.P. Singh <mpsingh@earthizen.org> 10月12日

是的。“香根草-为持续发展提供活力（能量）”看起来进了一步。正如 Elise 所提到的能源生产的另一面，有必要钻研一下如何看待持续发展的主要支柱即“环境”。所有的发展都要消耗能量。而能源可以是天然的、可再生的，也可以是化石燃料，它带给我们的是碳。我以为，今天所有的事情都汇集到碳库的维持水平上。在项目所在地的活动需要达到碳中和。有了香根草的参与在某些情况下我们可能达到碳的正平衡。在大多数应用的情况下，它转化为地下碳库，有时能增加碳库储量。此外，如果没有香根草的参与，就要避免碳的损失。在退化地上应用香根草作为造林先锋，其作用将十分巨大。在一定时间后，在很少或没有人为干预的情况下碳库能自然增加。如果在发展中能够保持碳库，那么环境就得到保护，成为持续发展。有多少香根草能源能够实际上生产出来或转换过来，将多少对公分母碳有点贡献。

David Booth <info@eastbalipoverityproject.org> 10月12日

实际上碳这一因素很有趣，但也令人叹息。因为世界尚未认识到最重要的香根草和竹子的好处。我基本上赞同你的阐述，但我不认为我们巴厘岛这里的好多机构对碳议题有了解或是感兴趣。这里很多人是文盲。我本人不认为这应当成为大会主题，但应成为对主题的补充，它对我们脆弱的地球长期有益。

M.P. Singh <mpsingh@earthizen.org> 10月13日

我想我没有能说清楚我的观点。我引入碳与能源相联系。它是与煤炭或燃烧叶片不同的能源。并且说明 Elise Pinner 的意见“可以消除或减轻洪水的破坏性能量”。大多数化石能源或可再生能源来自碳。我们让大家了解这一点，但把它作为唯一生存源泉的穷人没必要懂得这些。我们应当懂得通过香根草给他们持续发展。他们可以从树上采集果实，而把能源留给他们的后代。

去年我访问了巴厘岛。与我这里相比，穷人对环境的态度更守纪律。吉利岛的马车的马尾巴后面挂了袋子，以收集排泄物，表明了他们市民的责任。所以我赞同“香根草-为持续发展提供能量”。

Rafael Luque M. <rafaeluque@gmail.com> 10月13日

如果我们从整体上分析一下“能量”这一词，我们发现它很广，足以能够包括香根草的应用。因此，我们不能仅仅看到香根草在热能上的转换。它可包括能量的转换与控制等许多方面，如：

热能：可能的生物燃料（固体或液体）；水力：通过设立栅栏控制洪水和土壤移动；风能：控制沙漠化；生命能量：增加粮食生产；药用植物资源。所以，正如越南所提主题“香根草与能量（能源）”是可以考虑的。

John Greenfield 10月13日

David 说的很对。我们必须更加现实，每天都要通过新闻向第三世界的贫困炮击，看起来没有人对此做任何建设性工作。已经证实香根草系统有很多应用，许多方面几乎很奇特。但是，我想它的最重要的贡献在于通过作物的持续生产，实际上无需花费就能阻止贫困。因此，会议主题应当十分清晰：香根草稳定了通向田头的市场。

从农民的田地到村庄所有道路都要种上香根草篱。村庄到主要城镇的道路也种上香根草篱；沿着管道、桥梁的连接处也要用香根草篱保护，防止它们在洪水之后被冲掉，呆在河流中间毫无用处。香根草在马达加斯加铁路上应用很成功，该铁路在使用香根草篱之前曾经被废弃。

Jeffrey Sachs 建议采用手机以便农民与市场联系。然而如果农民不能将产品送到市场，或者不能为农民或所在村庄提供实质性的服务也将无用。战略上讲种植的香根草篱能防止泥石流毁坏村庄。香根草能有效地控制径流。

应该印刷散发印有第六届国际香根草大会的小册子，邀请大学科系、资助机构出席。如果他们不出席，至少也让他们知道有这么一项技术，他们值得了解。大会也应该包括香根草的其它一些深奥的应用，为感兴趣的人设立专题。

Don Miller 10月13日

我特别认可 John 的意见，即香根草在保持乡村道路上的作用。在男人不能驾驶车辆时，妇女就要扛着他们的产品，因此对于妇女最为重要。在瓦努阿图要将香根草列入目前的项目中，而将公共建设工程部辟在一旁。

Richard Grimshw 10月13日

（至 Narong）与以往一样，你在推动第六届国际香根草大会上做了大量工作。我看了很多评述，有各自的见解和兴趣。我们要将许多成功的应用汇集到一起，提供一个大会脚本，展示香根草系统对地球持续发展的强大潜力。我不得不同意 Join 的观念，应当将香根草的应用回归到农业上。以及香根草对热带地区贫困社区的影响和潜力。不仅仅是控制侵蚀，而是整体上考虑，包括基础设施、水、能量，它们对乡村百姓都很重要。

在越南召开的第六届国际香根草大会地点将会定会有适当的聚焦（议题），并为与会者提供很好的田间示范。为了使大会开得成功，不仅仅是在了解并喜爱香根草的人们之间共享信息，而且要对世界产生影响，传播会议，在大会计划和进行中要注意一些事情：

1. 非常仔细的会议安排。

2. 发言者的安排（不仅仅是主要演讲者），要能阐明技术应用的持续成功。不但能阐明他们取得的成绩，而且要能展示政策内涵和在大规模应用时的潜在影响。如埃塞俄比亚的土壤保持，越南的减灾（公路和堤岸）；南美在应对破坏性泥石流上所做的努力，美国、澳大利亚、墨西哥在商业性污染控制方面的努力，马达加斯加、海地、印度尼西亚在扶贫方面的工作，贫困农民的能源，将来在商业上大规模应用的可能性。要对来自世界各地的发言者加以仔细选择，应对这些议题。

3. 我们应寻求某种途径，让大会能吸引世界各地主要发展单位的代表出席。不仅仅是发展银行，援助机构，以及一些基金会。使大会更加市场化。也许可让克林顿或盖茨基金会致开幕词。对赞助人的特殊邀请可能有益。

我想，我们有强有力的事例，有 30 年的经验，这一奇特的草能使地球及它的居住者在今后几十年中得以持续发展上起到很大作用。我们应该将大会作为达到这一目标的出发点。

至于大会的名称你和其他人可以做出决定。

Richard Grimshaw 10月14日

我怀疑我们正被能源焦点引开。要点是香根草每公顷有很大的生物量。我们要让发展替代能源观念和以生物量作为原料的能源生产系统的人们了解香根草的生物量。我们并不从事发展高技术生物量锅炉或汽化系统。把这些工作留给他们。因此，如果会议聚焦于香根草和能源，我们只需一页纸描述香根草的热量和在一定的管理条件下香根草的生物量生产。

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>