

香根草生态工程——实现可持续发展的生物技术*

夏汉平 敖惠修 刘世忠

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

The Vetiver Eco - Engineering —— A Biological Technique for Realizing Sustainable Development.

Xia Hanping, Ao Huixiu, Liu Shizhong (*South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650*). *Chinese Journal of Ecology* ,1998 ,17(6) :44 - 50.

The vetiver eco - engineering, defined as planting vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) with local species of trees, shrubs, herbs and lianas by simple necessary engineering structures, is used to control soil erosion and rehabilitate degraded environments. All experiments and applications indicated that the vetiver eco - engineering provided better slope stabilization, environment mitigation and beautification than just vetiver was planted alone. For dozens of years, almost all studies and observations on vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) have indicated that the perennial had wide adaptation to the environment and strong resistance to adversity. Apart from its great success as a biological measure of soil and moisture conservation, the vetiver eco - engineering also has a multitude of other excellent functions. It can increase nutrients and moisture in soil, improve agricultural micro - climates, recover deteriorated eco - systems, and ameliorate polluted lands. Therefore, extending the vetiver eco - engineering, particularly in mountain villages, is an efficient measure for realizing the rural sustainable development. It has been testified that agricultural ecosystems, in which vetiver is acted as a pivot, may produce tangibly ecological, economic and social benefits. Obviously, the vetiver eco - engineering has wide application prospect for soil and moisture conservation and for establishing complex eco - agriculture in the tropics and subtropics as well as in mountainous areas of southern China. However, in order to popularize, develop and utilize this measure, it is necessary to ensure the newly biological technique.

Key words: *Vetiveria zizanioides*, the vetiver eco - engineering, biological technique, sustainable development.

香根草 (*Vetiveria zizanioides*) 为禾本科的多年生草本植物,原产印度。据史料记载,人类对香根草的利用有近千年历史,但过去主要是用它的根提炼精油,用作香料和化妆品原料,因而并未对这一植物给予太多的关注。10多年前,当它开始被广泛用于水土保持后,才真正受到人们的重视。从1985年开始,在世界银行的推崇下,该技术很快就在印度等国推广开来。同时,科学家们对该植物进行了较为广泛深入的研究,并取得大量的研究成果,在研究和推广过程中,又发现了它的一些新用途。这些都为今后大面积推广这一植物和实施以香根草为纽带的持续农业提供了坚

实的基础。

1 香根草的生态特性

1.1 温度

虽然香根草是一种典型的热带植物,

*本文得到第一作者的导师王庆礼研究员和孔国辉研究员的指导,何道泉研究员亦给予帮助和指正。在此一并致谢。

作者简介:夏汉平,32岁,副研究员,国际香根草网络会员。1991年在中国科学院沈阳应用生态研究所获硕士学位,毕业后主要从事有关香根草生态工程的研究和推广工作以及山区复合农业生态系统研究,发表论文30余篇。1996年起为沈阳应用生态研究所和华南植物研究所联合培养的在职博士。

敖惠修,60岁,高级工程师。主要从事植物生态学 and 生物措施治理水土流失方面的研究工作,多次获国家、部省级奖励。发表论文70余篇,合作出版专著13部。

但它能适应较广的气候条件,可在气温 $-10\sim 45$ 的地区生长^[1]。在我国的热带亚热带地区基本上都能正常生长,不过,为了保证生长良好和安全越冬,最好是种在长江以南且在海拔2000m以下的地区^[2]。当日平均温度稳定通过 10 时香根草就开始萌发生长,随着气温升高,生长逐渐加快,在 $6\sim 7$ 月前后的生长高峰期,最大日高生长量可达 $2\sim 3\text{cm}$ ^[3]。在整个广东地区,香根草都能正常生长和安全越冬。这一点已被近7年来的引种试验所证实。例如,粤东地区在1991~1992年冬天大寒潮的袭击下,多种农作物、果树、牧草等都被冻死,但香根草安然无恙,翌春照样勃发生机^[4]。香根草曾安全越过 -15 的低温(在江西)^[3]和 55 的高温(在广东)。

1.2 光照

香根草属 C_4 植物,光合能力强,生长量大。如果光照不足,则其生长会受明显影响。试验表明,在 76.8% 的遮光率下,遮光处理的分蘖速度只有不遮光的一半左右;遮光3个半月,遮光处理的株高生长在一年内比不遮光的少 91cm ^[5]。因此,要使香根草生长迅速并产生尽可能多的分蘖,就必须保证有充足的阳光,尤其是刚移栽的第一年更应如此。当光照水肥充足时,在生长旺季,香根草半年的生物产量可高达 $1.77\times 10^5\sim 3.53\times 10^5\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ^[6]。

1.3 土壤和水分

香根草对土壤的要求不严,在非常贫瘠、紧实、强酸($\text{pH}3.8$)或强碱($\text{pH}11$)的土壤上都能生长^[1]。从1988年开始的华南地区引种栽培与推广过程中,还未发现不适合香根草生长的土壤。然而,该植物虽耐瘠瘦,但并不等于不要施肥。实际上,在贫瘠的土壤上施肥能显著地促进香根草的株高生长、分蘖数的增加和生物量的积累。

例如,在公路护坡试验中,香根草种植5个月后,施肥处理的花茎高达 2.4m ,叶层高 1.4m ,平均每丛分蘖18个,而不施肥的仅分别为 1.8m , 0.9m 和4个^[7]。香根草既耐旱又耐涝,在连续干旱几个月的情況下仍能保持生长,在完全淹水的条件下也能保持较长一段生长时间。它可在年降雨量为 $300\sim 6000\text{mm}$ 的地区生长^[1]。另外,香根草还具有较强的抗盐性,在电导率高达 $47.88\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 的高盐浓度胁迫下能存活下来,它的抗盐阈值为 $8\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ^[8]。

总的来说,香根草是一种适应性广、抗逆性强的植物,它易种植、易成活、易管理,极少传播病虫害。种植香根草是一种简单易行而随时随地都可开展的生物措施。

2 作用与用途

2.1 防治水土流失,增加土壤水分

香根草的主要用途是作为生物绿篱来保持水土,其形成这一功能的主要原因是:

根系纵深发达,可深达 $2\sim 3\text{m}$,甚至 5m ,堪称是“世界上具有最长根系系统的草本植物”;而且根系能牢固地固持土壤;地上部分簇生成丛,如果等高密植,则在半年到1年左右的时间就能形成致密的绿篱带,成为一种能有效拦截地表径流和泥沙的永久“生物坝”。此外,该植物通常极难结实,一般是通过分蘖繁殖,而且无匍伏茎或根状茎,因此它不会成为农田杂草。如前所述,它还具有很强的适应性和抗逆性。正因如此,香根草已在热带和亚热带地区被广泛用来防治水土流失。在坡度为 $15\%\sim 42\%$ 的坡耕地上,种植香根草篱后,可减少土壤侵蚀 90% ^[9]。和光坡地相比,种草坡地的地表径流量和土壤侵蚀量分别下降 60% 和 93% ^[10]。由于草带对地表径流的有效拦截,这样能使地表水缓慢地渗入到土壤中,从而增加土壤的含水量。

Grewal 等人的观测发现香根草拦截地表径流的效果显著地优于龙须草 (*Euloiopsis binata*) 和 *Saccharum munja*, 香根草区的土壤含水量达 9.1%, 而龙须草、狗牙根 (*Cynodon dactylon*) 和 *S. munja* 区的分别只有 6.6%, 7.0% 和 8.2%^[11]。

2.2 净化土壤, 改良土壤性状

香根草绿篱拦截的表土泥沙和枯枝落叶, 不断累积在草篱上方的坡面上, 从而逐渐增加坡面熟土层的厚度。另外, 香根草纵深发达的根系可将 2~3m 深处的土壤养分吸收上来, 当植株死亡后, 养分又回到土壤中。香根草的这些特性都能起到改良土壤、增加土壤养分的作用。例如在广东兴宁市一块名叫“红毛岗”的酸性紫色土上种植香根草 29 个月后, 土壤 pH 上升 0.5~0.7, 孔隙度增加近 5%, 土壤有机质、全氮、速效氮、速效钾等养分的含量也都有不同程度的增加^[10]; 在柑桔园内种植香根草还提高土壤 Fe, Mn, Zn, B, Mo 等微量元素的速效成分和 20 种氨基酸的含量^[12]。与梯田种植和沿坡等高种植相比, 沿香根草篱的种植能分别增加残余 N 26 和 29kg·ha⁻¹、有效 P₂O₅ 1.6 和 4.5kg·ha⁻¹、有效 K₂O 29 和 42kg·ha⁻¹^[13]。最近有人观测到, 香根草的根际周围含有 15 种固氮菌, 这对提高土壤肥力具有重要意义。在坡地上种植香根草篱, 不仅可抑制水土流失, 而且还能使土壤的养分流失减少到最低程度。和对照(无保护措施)相比, 地埂措施和草篱措施分别减少氮素损失 13.59%~20.12% 和 14.31%~27.04%^[14]。另外, 该植物可在土壤 Al 饱和度高达 68% 的土壤上正常生长^[15], 甚至当 Al 饱和度高达 87% 时仍能长出新叶并维持 3 个星期的绿色状态^[16]; 而且它还可使土壤的可交换 Al 含量从 2.10cmol (1/3Al³⁺)·kg⁻¹ 下降到 1.45cmol (1/3Al³⁺)·kg⁻¹^[10]。香根草

对 Cr, Ni, As, Cd 4 种重金属的忍耐程度分别为 18, 347, 72 和 48mg·kg⁻¹, 而一般作物对它的忍耐水平分别只有 0.02~0.2, 10~30, 1~10 和 5~20 mg·kg⁻¹^[17]。不少示范推广工作已表明, 将香根草种在一般植物都无法生长的受重金属污染的土壤或有害废物堆积地上, 不仅能使之绿化, 而且还可能使之净化直至复垦。这是因为香根草有相当大的生物量, 在较短的时间内通过根系吸收就可能带走相当一部分的有毒物质。最近又有研究表明, 香根草能有效降低塘泥水中的化学需氧量 (COD), 去除其中悬浮固形物、氮、磷等成分; 1 年内, 它能清除污水中 96%~98% 的悬浮固形物、72%~91% 的总 COD 和 30%~81% 的溶解 COD^[18]。

2.3 改善农田小气候, 促进作物增产

香根草篱在改善农田小气候方面的效果也较明显。在夏季, 它可使果园内的气温下降 1.2~1.9, 相对湿度增加 1.7%~4.3%^[10]; 在冬季, 草篱又是果园挡风御寒的天然屏障, 能减缓冷空气对流和扩散, 使果园温度提高 1~3^[4]。另外, 香根草的根系集中, 92% 的根系分布在水平半径为 20cm 的范围内^[19], 一般不会出现与作物争水争肥现象。由于香根草篱在坡地农业生态系统具有以上多种功能, 因而, 它能较好地促进坡地农作物的生长发育, 最终使作物增产。在坡地上种植高粱, 顺坡种植、沿坡等高种植和沿草篱等高种植的产量分别为 1.55、1.84 和 2.07t·ha⁻¹, 其水分利用系数分别为 5.21、6.69 和 6.99kg·ha⁻¹(籽实)^[20]。在土层浅(20cm)、坡度缓(1.5%坡度)的坡地上种植作物, 沿草带种植的比沿坡等高种植的和顺坡种植的分别增产 21.5% 和 104.7%^[21]。农业专家指出, 香根草篱种在旱坡地或严重水土流失坡地上使农作物增产 50% 是可能

的^[22]。

2.4 其它用途

香根草嫩叶的粗蛋白含量高达 6% ~ 7%,是一种质量不错的青饲料,老叶和茎亦可作干草粉。香根草,顾名思义就是根内含有“香油”的植物。过去对它的利用主要就是取其根油,作为调制各种香精和制作化妆品的重要原料。其根还可用来治病,磨成粉后可制成香袋驱蚊虫。该植物生长快、产量高,可作燃料、肥料、纸浆和食用菌的培养基等。此外,由于其地上部分高达 2m 以上,因此它还是一种理想的地被覆盖物,效果优于农作物秸秆。传统上,这种植物在农村被用来盖房、编草席、草鞋、蓝子、扫帚和作成各种精美的工艺品等。近来的研究发现,香根油还是一种“杀菌剂”或“杀虫剂”。以青霉素或链霉素作对照,香根油对微球菌 (*Staphylococcus aureus*) 和链球菌 (*Streptococcus pyogenes*) 的抑制效果分别为 60% ~ 70% 和 50%^[23]。以亚胺环己酮 (*cycloheximide*) 和哈霉素 (*hamycin*) 作标准杀菌剂,纯香根油对 4 种真菌 *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *Fusarium oxysporum* 和 *Penicillium* sp. 的抑制效果达 70% ~ 80%^[24]。香根油对黄瓜、胡萝卜等蔬菜上的害虫的杀灭效果与化学杀虫剂无统计上的差异,而且对其产量不会产生影响^[25]。香根草种在甘蔗地里还可免疫根结线虫 (*Meloidogyne* spp.) 对甘蔗的危害^[26]。

3 推广香根草生态工程,实现农业可持续发展

香根草生态工程是指以香根草为纽带,并与适合当地生境的乔木、灌木、草本、藤本有机搭配,形成多层配置,有时还辅以简单工程措施,用于治理水土流失、恢复退化生态系统和改良环境的一种生物工程措

施。实践证明,应用香根草生态工程比应用香根草一个种在治理和改良效果以及在绿化美化环境等方面都要好得多。

我国南方红壤地区 11 个省区的水土流失面积已由 50 年代的 $6.0 \times 10^5 \text{ km}^2$ 上升到 80 年代的 $6.9 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占国土面积的 28%, 是我国人地矛盾十分突出, 水土流失又相当严重的地区^[27]。特别是近 20 年来, 人口急剧增加, 人类活动加剧, 以及工业化和城市化的加速发展, 使华南地区乃至全国的水土流失变得相当严峻, 不少地方还呈现逐年上升之势。目前, 我国的水土流失面积高达 $1.79 \times 10^6 \text{ km}^2$, 每年因水土流失损失的沃土 $5.0 \times 10^9 \sim 5.5 \times 10^9 \text{ t}$ 。广东的水土流失面积由建国初期的 7444 km^2 上升到 80 年代上半期的 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[28]。最近 10 年, 广东在水土流失治理方面做了大量工作, 取得了较显著成效, 但目前仍有 $1.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的水土流失面积。以往治理水土流失所采取的措施主要是花费较高的工程措施, 因而影响了水土保持工作的全面开展和持续进行。近年来, 一些地方开展应用生物措施进行治理, 并开始了生态农业工程, 但不少地方还处在初期的探索阶段, 治理成果还不理想。其主要原因: 一是还没选出最佳的植物种类与生物措施, 大多采用先锋植物种类, 由此建立的生态系统都相当脆弱, 易遭破坏; 二是治理与发展 (特别是可持续发展) 没有结合起来, 不少地方为治理而治理, 造成投入大, 产出低的局面^[29]。实践表明, 要真正做好水土保持工作, 就必须和可持续发展, 尤其是农业可持续发展结合起来^[30]。

然而, 在我们这样一个人口庞大、人地矛盾十分突出的国家要实现可持续发展并非易事, 尤其在人口密集、经济落后且水土流失严重的地区更是如此。很显然, 在水土流失和土地退化的山区要开展可持

续农业,首先要找到一条既能治理、又能保护、耗资少而又效益显著且长久的农业生物措施,才有可能从根本上实现防治水土流失,恢复退化土地,实现可持续发展的目标。可以说,种植香根草绿篱,推广香根草生态工程则是目前实现这一目标的理想措施。由于香根草具有根系深、固土力强、易种植、易管理、抗逆性强、适应性广、不传播病虫害等优点,因此它被很好地用来防治水土流失。例如,把香根草生态工程用于山区公路护坡时,只需 4~5 个月的时间就起到良好的护坡效果,而同期只受仔树(*Mimosa sepiaria*)“保护”的对照坡面则被冲刷出多条宽 1.0~1.6m,深 1.0~1.3m 的侵蚀沟,二者形成鲜明对照^[7]。而且实施以香根草绿篱为主体的侵蚀控制工程所得的经济回报率比以工程措施为主体的高出 3 倍^[22]。如前所述,香根草在农业生态系统中具有许多功能和用途,因而它又被称为“神奇之草”^[31]。由此可见,推广这项新型的生态工程技术完全可以建立起以香根草为纽带的复合生态农业,从而实现农业的可持续发展。

总之,香根草生态工程是一种多功能、多效益的生物工程技术,在防治水土流失、改善生态环境、建立坡地生态农业方面的作用是相当明显的。它的推广应用能产生良好的生态效益、经济效益和社会效益。

4 香根草生态工程的推广应用前景

从 1990 年以来,我们一直坚持多学科、多角度开展对香根草的研究工作,并利用香根草生态工程在粤东寸草不生的“红色沙漠”上建起了坡地复合农业生态系统^[4,29]。1993 年 11 月,国际香根草网络主席 Richard G. Grimshaw 先生专程前来广东参观我们的工程,并对此给予了高度评价。他当时就建议广东省政府尽快在全

省范围内推广这一工程。迄今我们已在广东的近 20 个县市推广开来,种苗供不应求。从 1995 年起,我们与广东省公路局多次合作利用这一生态工程措施来治理公路滑坡的棘手难题,取得了令人满意的结果^[7,32]。除广东外,福建、江西等省也较好地开展了这一工程,亦产生了良好效益。在福建,香根草生态工程不仅用于保护坡地果园,还大量用于海滨固沙护坡,防止海浪冲蚀等,效果良好^[33,34]。这些都为今后进一步的推广应用奠定了坚实的基础。

今年,长江发生了全流域大洪水,而且长江流域的洪灾已是愈演愈烈。这其中一个重要原因是长江上游的植被遭到严重破坏。虽然长江流域的生态防护林工程已开展多年,但整个流域内的水土流失有增无减。这主要是由于人工林的水土保持效果并不理想,因为林下没有地被物或“生物坝”,因而在雨水的击溅与冲刷下,水土流失照样产生。很显然,如果在长江流域大规模开展香根草生态工程,则不仅能有效控制土壤侵蚀,改善全流域的生态环境,而且还可能提高流域内瘦瘠红壤和黄壤的土壤肥力,从而实现整个长江流域的可持续发展。

目前我国大面积的滩涂地亟待保护,香根草有较强的耐盐性能,把它种在沿海滩涂,对滩涂的保护、滩涂生境的改善和盐渍地的改良都起一定作用。香根草对重金属和有机污染物也表现出了很强的抗性,因此用香根草作先锋植物来复垦尾矿地、工业污染区和垃圾堆放地,亦是一种有效的生物改良措施。此外,我国南方地区还有大量的公路、铁路、水库、堤坝、荒山、裸坡等需要保护或急待控制水土流失。而且,大面积种植香根草还可在一定程度上缓解我国南方地区饲料紧缺的局面。由此可见,香根草生态工程在我国有着十分广

泛的应用前景。

总之,开展香根草生态工程是一种投入少、回报多、生态效益、社会效益和经济效益都不错的事业。大面积推广和实施对国土治理、环境保护和农业的可持续发展乃至整个国民经济的健康发展都将起到积极的推动作用。

5 开展香根草生态工程的主要工作

从香根草生态工程的功效看,应用前景广阔,对山区水土流失的治理和促进农村经济的发展也非常重要,要大范围推广这一工程,还必须做好以下几方面工作。

5.1 进一步地做好有关香根草的研究工作

今后开展的主要研究工作应集中在3个方面:一是对它的抗逆性做深入研究,包括抗酸、碱、盐、重金属,抗热、抗冻、抗旱、抗渍(淹)等,弄清香根草在上述逆境的抗性大小与抗性机理;二是研究香根草在固土保水、抑制山体滑坡、改良土壤和治理土壤与环境污染等方面的能力和用作饲料肥料等方面的效果的研究,彻底弄清香根草在以上几方面的功能和应用价值;三是在更广泛的生境地带进行试验,包括在山区公路两旁、沿海滩涂、采矿后的废弃地、工业污染区、土层浅薄的石灰岩山区等地,观测香根草在这些逆境下的生长发育与作用情况,为它的推广和应用提供理论指导和科学依据。

5.2 建立香根草生态工程中心

这个中心应包括科学研究中心、种苗繁殖中心、教育培训中心、试验示范中心、推广咨询中心、开发利用中心等机构部门。建立香根草生态工程中心的目的、作用与权威性都是显然易见的。例如,目前香根草种苗供不应求,远不能满足大面积推广的需要,有时甚至连试验示范所需的材料

都不够;建立种苗繁殖中心就可以建立起大型苗圃基地,并开展多种形式的种苗繁殖方法(包括组织培养、营养袋苗等)。又如,建立教育培训中心就是直接对基层的推广人员和广大农民进行培训普及,使广大农民接受这一新事物并能成功开展这一工程。

5.3 充分挖掘和利用香根草的价值与用途

目前已经知道香根草有31种用途,而真正被利用与开发的仅仅是其中10来种,我国对它的利用则更为狭窄。实践表明,在推广过程中,充分利用香根草的主要作用和用途,建立起以香根草为纽带的复合生态农业,实现农村经济的可持续发展,让农民真正感受到这的确是一项造福百姓的事业,从而调动广大农民的积极性,促进这一生物工程的推广应用。

参考文献

- [1] National Research Council. *Vetiver grass: a thin green line against erosion*. National Academy Press, Washington, D.C. 1993.
- [2] 柴宗新,张宁.推广香根草篱作水土保持措施值得重视的几个问题. *山地研究*, 1992, 10(4): 239 - 242.
- [3] 陈凯等.香根草——红壤坡地水土保持的优良草篱植物. *热带作物科技*, 1993, (6): 10 - 13.
- [4] 敖惠修等.香根草在水土流失区种植试验. *广东农业科技*, 1993, (4): 28 - 29.
- [5] 夏汉平等.环境因子对香根草生长习性的影响. *生态学杂志*, 1994, 13(2): 23 - 26.
- [6] Igbokwe, P. E. et al. Influence of accession variability and fertilization on the establishment and growth of vetiver grass in a field. *Vetiver Newsletter*, 1991, (7): 4 - 5.
- [7] 敖惠修等.香根草生物工程在公路护坡的试验初报. *广州环境科学*, 1997, 12(2): 19 - 22.
- [8] Truong, P. N. V. et al. Vetiver grass, its potential in the stabilization and rehabilitation of degraded saline land. In: *Halophytes as a resource for livestock and for rehabilitation of degraded lands*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1994. 293 - 296.
- [9] Fernandez, N. et al. Evaluation of different soil and water conservation practices in a high Venezue-

- lan agricultural watershed. *Study of Water Erosion and Control Strategies*, 1995, **47**: 89 - 94.
- [10] 夏汉平等. 香根草在土壤改良和水土保持中的作用. *热带地理*, 1996, **16**(3): 265 - 270.
- [11] Grewal, S. S. and Samra, J. S. Studies on a biological erosion control system integrating tree and grasses to manage degraded soils of foot - hill Himalayas. In: *Vetiver: a miracle grass*. Chiang Rai, Thailand, 1996, 68 - 69.
- [12] 陈凯等. 红壤坡地柑桔园栽植香根草的生态效应. *生态学报*, 1994, **14**(3): 249 - 253.
- [13] Sagare, B. N. et al. The status of NPK in soils with contour farming, graded bunding and intercropping. *Agropedology*, 1992, **2**: 67 - 73.
- [14] Ranade, D. H. et al. Effect of mechanical and vegetative barriers on conservation of runoff soil and plant nutrients. *Crop Research Hisar*, 1995, **9**: 218 - 223.
- [15] Truong, P. N. V. The effects of extreme soil pH on vetiver growth. *Vetiver Information Network, Technical Information Package, Volume 1*. 1993.
- [16] Truong, P. N. V. and Baker, D. E. Vetiver grass for rehabilitation of acid sulphate soils. *Vetiver Newsletter*, 1996, **16**: 45 - 46.
- [17] Truong, P. N. V. An overview of research, development and application of the vetiver grass system(VGS) overseas and in Queensland. In: Annual report of the Vetiver Network(1996). *The Vetiver Network*, 1997. 5 - 17.
- [18] Summerfelt, S. T. et al. Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands. *Vetiver Newsletter*, 1996, **15**: 61 - 66.
- [19] Abdul, S. M. et al. Rooting pattern of vetiver (*vetiveria zizanioides* (L.) Nash) in an Oxisol. *Tropical Agriculture*, 1993, **70**: 274 - 275.
- [20] Kalane, R. L. et al. Moisture use pattern and yield of hybrid sorghum under different moisture conservation practices on Vetivic Ustochrepts. *Annals of Plant Physiology*, 1990, **4**: 1 - 8.
- [21] Sagare, B. N. et al. Nutrient extraction pattern and residual effects as influenced by various moisture conservation practices. *Annals of Plant Physiology*, 1993, **7**: 57 - 62.
- [22] Smile, J. W. et al. Vetiver grass—a hedge against erosion. In: *Technologies for Sustainable Agriculture in the Tropics. American Society of Agronomy*, 1993. 109 - 122.
- [23] Gangrade, S. K. et al. Evaluation of some essential oils for antibacterial properties. *Indian Perfumer*, 1990, **34**: 204 - 208.
- [24] Gangrade, S. K. et al. In vitro antifungal effect of the essential oils. *Indian Perfumer*, 1991, **35**: 46 - 48.
- [25] Office of Royal Development Projects Board. Vetiver grass for environment protection and other usages. Office of Royal development Project Board, Bangkok, 1996. 99 - 100.
- [26] Moura, R. M. de et al. Reactions of ten plant species, some producers of essential oils, in relation to *Meloidogyne incognita* race 1 and *M. Javanica* parasitism in mixed population. *Nematologia Brasileira*, 1990, **14**:39 - 44.
- [27] 史德明. 红壤地区土壤侵蚀及防治. 见: 李庆远主编. 中国红壤. 科学出版社, 1983. 237 - 253.
- [28] 万洪富, 肖辉林. 土壤学与广东持续农业的发展. *热带亚热带土壤科学*, 1995, **4**(2): 107 - 111.
- [29] 夏汉平等. 香根草——优良的水土保持植物. *生态科学*, 1997, **16**(1): 75 - 82.
- [30] 夏汉平, 敖惠修. 试论中国农业的可持续发展. 见: 伍尚忠主编, 现代农业发展的战略与对策. 暨南大学出版社, 1997. 25 - 29.
- [31] 夏汉平. 关于香根草及其资源和利用的研究. *国外畜牧学——草原与牧草*, 1998, (2): 1 - 5.
- [32] Xia Hanping et al. Vetiver 's Application for the prevention of highway slippage in South China. *Vetiver Newsletter*, 1996, **16**: 25 - 26, 81 - 82.
- [33] 阮伏水, 周伏建. 坡地果园开发水土保持新模式. *农村生态环境*, 1995, **11**(2): 7 - 10, 14.
- [34] 徐礼煜, 周伏建. 香根草在中国南方的应用前景——以福建省为例. *当代复合农林业*, 1997, (1): 13 - 15.

(收稿:1997年7月22日,改回:1998年9月24日)