

外来种互花米草及米草生态工程

THE ALIEN SPECIES *Spartina alterniflora* AND *Spartina* ECOENGINEERING

朱晓佳 钦 佩

(南京大学生命科学院 南京 210093)

中图分类号 XI 73 文献标识码 A 文章编号 1000-3096(2003)12-0014-06

1 外来种互花米草(*Spartina alterniflora*)简介

互花米草是禾本科米草属的多年生草本植物。茎干粗壮、坚韧、直立,其地下部分由短而细的须根和长而粗的地下茎所组成,在茎基部和根茎的节上常有胚芽生长出土,长出新的植株。种子在10~11月成熟,种子脱落随水漂浮,遇合适的海滩位置和较好的立地条件种子自行萌芽,耐盐耐淹能力强,适宜在高潮带下部至中潮带上部的潮间带生长。原产于大西洋沿岸,从加拿大的纽芬兰到美国的佛罗里达中部直到墨西哥海岸均有分布。

我国于60年代初由南京大学的仲崇信教授等引进大米草(*Spartina anglica*),在80年代初又引进互花米草(*S. alterniflora*),狐米草(*S. patens*),大绳草(*S. cynosuroides*),随之广泛推广到广东、福建、浙江、江苏和山东等沿海滩涂上种植。现互花米草和大米草在我国滩涂上已有了广泛的分布,仅根据90年代不完全统计,我国大米草发展面积在 $3.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$,互花米草面积在 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上,形成了可观的盐沼植被^[1]。

互花米草主要以无性分蘖的方法进行繁殖,伴以种子繁殖,在光滩上能迅速成丛,一般无其他伴生种。移栽3个月后,株高能从10~20 cm增长到150~190 cm,株数从2~3株发展到220~350株,草丛向外扩展 $0.8 \sim 1.2 \text{ m}^2$ 。短短的20年,我国的沿海北起鸭绿江口,南至广西北部湾的沿海滩上都有它的分布,现该物种的种群已发展到 $5.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上。由此可见,作为一个外来种,互花米草属于r型对策者,它以较高的繁殖能力和扩散能力取得生存。

需要强调的是,作为外来种的互花米草,虽长势

茂盛,但根据其引进后所做的大量工作可知其绝非入侵种。

外来种是指由于人类的活动或与人类有关的活动致使其重新分布而出现在本来不存在的地区或生态系统内的分类单元。当外来种进入一个新的地区并能存活、繁殖,形成野化种群(feral population),其种群的进一步扩散已经或即将造成明显的生态和经济后果,这一事件称为生物入侵(biological invasion),造成生物入侵的外来物种称之为外来入侵种(alien invasive species)^[3]。

据经验估计,到达某一地区的外来种仅有约10%的物种可以发展成为偶见种群(casual population),偶见种群能发展成为建成种群(established population)的概率亦约10%,建成种群能最终成为入侵种(invasive species)的概率也只有10%。可见,一个地区所有外来植物能最终成为有害杂草(pest weeds)的只有约1/1 000^[4]。

外来种的引进不外乎产生两种效应:一是正面效应,二是负面影响。

许多外来种对人类是有益的,一个有利物种的引进会丰富本地生物基因、物种、生态三方面的多样性,同时给当地带来一定的经济效益,在提高人民的生活

* 江苏省自然科学基金项目BK2001036号;江苏省农业科技攻关项目BE2001337号。

第一作者:朱晓佳,出生于1980年,南京大学生态专业研究生,从事耐盐植物基因克隆方向的研究。E-mail: beaujia@etang.com

收稿日期:2002-10-25;修回日期:2003-01-10

质量和美学方面也起到积极的作用。根据美国统计局 (USBC) 1998 年的统计,引进的粮食作物(玉米、小麦和水稻)和畜禽(牛和鸡)目前为美国提供近 98% 的食物,每年创造的经济价值高约 8 000 亿美元^[5]。中国引入的荷兰豆、美国芹菜、西红柿及牛蛙等,不仅丰富了我国人民的食谱,还给养殖户们提供了优良的种源,带来了巨大的经济效益^[6]。2002 年我国引进的以色列草莓品种“哈达”,其休眠期短、果实大而整齐、丰产、品质优良,经对比实验表明,抗白粉病能力较强,且这一品种耐储存,解决了草莓不易运输的问题,特别适合冬暖棚栽培,已经成为山东又一草莓主栽品种^[7]。1998 年伊犁引进的美国黑核桃是一种速生优质的硬材阔叶树种,其材果兼用的特性能提供巨大的经济效益。美国黑核桃树体高大,寿命长,可作为主副林带网防护树种,不论纯林还是混交林其防护效益都不亚于杨树。此树种自引入后生长良好,将逐步改变平原单一杨树防护林的格局,且能提高平原林业经济效益约 10 倍以上,现已被确定为“三北”地区主要造林树种,发展前景十分广阔^[8]。

然而,不少外来种对生态系统的入侵造成一系列负面影响甚至严重的后果。某些外来种会以一种特殊而隐秘的生物污染形式表现出来。它们常以不可预测和不可逆转的速度繁殖并蔓延,一旦形成种群,就可能成为永久性的问题,它们能捕猎本地物种或与本地物种竞争空间和食物,破坏栖息地,破坏食物网,造成水质降低,并可传播疾病和寄生虫,导致巨大的经济损失。根据皮门特尔等 2000 年的统计,美国由于某些外来种而受到的直接经济损失和防治费用高达 1370 亿美元^[5]。

在 20 世纪 90 年代初才入侵我国的微甘菊 (*Mikania micrantha*) 是原产于中南美洲的菊科藤本植物,其繁殖力强,扩散速度快,不断产生旺盛的蔓生茎,攀缘缠绕其它植物,可使附近植物枯萎死亡。微甘菊 1919 年来到香港,20 世纪 80 年代侵入深圳,现在正迅速向珠江三角洲扩散,分布面积剧增,危害林地面积已达 0.27 余万 hm^2 。深圳内伶仃岛自然保护区全岛 466.67 余 hm^2 山林中,微甘菊覆盖了 40%~60%,严重破坏了当地的生态环境,对保护区内的香蕉、荔枝、龙眼、野生桔的生长构成直接威胁,也危及到以这些树种果实为食的猕猴、穿山甲等动物^[9]。原生长于喜马拉雅山脉地区的一种叫腺凤仙花的紫花灌木,在 20 世纪被引入欧洲,由于能够分泌出相当于当地其它河岸灌木 5 倍的花蜜,很容易吸引蜜蜂,加大了传粉的机会,繁殖优势大增,很快取代了其它当地灌木,在欧洲部分地区占据 0.5 m 以上的河道,危及当地其

它植物的生存^[10]。

一些物种的引进虽不直接危害本地种,但可传播疾病和寄生虫。近 20 年来,由于传统农业多元化、农产品和非农产品贸易的增长、国际交往和旅游业发展等原因,危险性病虫害入侵的几率大大增加。美国大约 40% 的农作物害虫是从国外引入的,欧洲也达到 20%,在夏威夷 95% 的害虫是近 200 年引进的。自 70 年代以来,国外的危险性病虫害传入我国后的扩散蔓延有逐渐增加的趋势,突出的例子有松材线虫、美国白蛾等。1860 年法国由于引进美国的葡萄苗而传入了葡萄根瘤蚜,在此后的 25 年中被毁灭的葡萄园达 100 万 hm^2 ,占当时法国葡萄栽培总面积的 1/3,致使法国的酿酒业几乎停产^[11]。

2 互花米草在生态系统中的功能

作为能在滩涂、盐沼中生长的绿色植物,米草的主要功能是保滩护堤,促淤造陆。近 20 年来米草将我国沿海的许多淤泥质沙滩从不毛之地变为海滩绿地,提供了巨大的第一性生产力,并且在我国海堤保护及陆地围垦等方面做出了巨大的贡献,为水利学界所认可^[12]。

海岸带地区是我国受自然灾害最严重的地区,其受灾区从辽宁丹东到广东珠江三角洲,基本上可以连接成带,尤其是几个大河三角洲及其他经济发达地区都属于重灾区。危害海岸带地区的自然灾害主要有风暴潮、台风、海岸侵蚀等,特别是台风和风暴潮经常发生,对沿海经济和人民生命财产危害极大。仅 1990 年统计,全国因自然灾害造成直接经济损失 616 亿元,而山东、江苏、浙江、福建沿海四省的损失就高达 176 亿元左右,可见沿海地区自然灾害损失的严重性。

我国适合米草生长的淤泥质海滩占我国滩涂总面积的 80%^[13]。互花米草草带具有较强的消浪能力,见表 1。5 m 高的风浪通过 100 m 宽草带时,草带消浪能力为 97%;6 m 高的风浪通过 100 m 宽草带时,其消浪能力为 81%;7 m 高的风浪通过 100 m 宽草带时,其消浪能力为 65%。

1990 年 11 月,苍南县水利局三角牌海堤是标准海堤,堤顶高程 8.3 m,由于无互花米草保护,台风浪全线越过海堤,并有 200 m 长的护浪墙被台风浪冲塌。永强海堤堤顶高 7.2 m,由于无互花米草保护,台风浪越过海堤并冲毁海堤。沙中镇海堤与永强海堤高度一致,堤前有 20~30 m 宽的互花米草保护,其被台风浪破坏程度就小,仅防波墙被冲毁。堤顶高仅 6.5 m 的三条海堤中,温州市养殖场海堤和灵昆岛 200 hm^2 的八六海堤前有较宽的互花米草保护,海堤完全无

损,而堤前无互花米草的灵昆对虾养殖场海堤完全被台风浪冲毁^[14]。米草栽种成本低,繁衍迅速,可节约大量用于堤坝加固的费用,如据苏北射阳水利局的资料,射阳北部沿海互花米草保滩护岸生态工程9年(1986~1995年)来,在射阳河以北的侵蚀性海滩上,互花米草取代块石护岸设施,节省护岸工程投资、防汛修理费和人工费等共计320余万元^[15]。

米草还可加速海滩的淤积。浙江温岭海滩种植267 hm²大米草,8年后即可围垦的高程,围滩面积达400 hm²,这是我国利用大米草从海中取得的第一块陆地^[17]。1993年,珠海南水大基进行的比较实验

表1 互花米草的消浪效果(%)^[16]

草带宽 (m)	水体总高度(m)						
	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0	0	0	0	0	0
10	7	0	0	0	0	0	0
20	15	6	0	0	0	0	0
30	24	13	5	0	0	0	0
40	34	21	11	4	0	0	0
50	45	30	18	9	3	0	0
60	57	40	26	15	7	2	0
70	70	51	35	22	12	5	1
80	81	63	45	30	18	9	3
90	90	73	56	39	25	14	6
100	97	81	65	49	33	20	10
110	100	87	72	57	42	27	15
120	100	91	77	63	49	35	21
130	100	93	80	67	54	41	28
140	100	95	81	69	57	45	33
150	100	96	81	70	58	47	36
160	100	96	82	70	58	48	37
170	100	97	82	71	59	48	38

表明,草滩的促淤造陆效果比同等高程的光滩淤积一般要快2.0~2.5倍。海湾连片的互花米草带淤积速率每年达500 m²。此外,在沿海港口、航道、闸门附近的滩地上种植米草,既可拦截潮水带来的泥沙,又可防止滩面上的泥沙被风浪、潮水冲蚀,从而减缓泥沙淤塞速度,起到很好的防护作用^[18]。浙江省利用种植米草促淤造陆,准备实施半岛工程计划,围垦海涂陆连灵昆、霓屿、浅门、深门、状元,可新增土地11 333.33 hm²^[19]。

3 米草的负面效应

近几年来,作为外来种的米草,特别是互花米草

(因其植株较高,在生态系统中功能显著而倍受关注)出现了一系列的问题,如米草会侵占滩涂贝类养殖的场所,对紫菜、海带等大型海藻养殖亦存在一定影响等,在福建等地区表现得较为严重^[20]。鉴于米草对滩涂养殖业的影响,一些人将米草视为入侵害草,认为应将其铲除。米草究竟是否属于入侵种呢?不可否认,米草在部分以贝类养殖为支柱产业的地区的确有部分入侵现象,米草与本来生长在光滩上的贝类的生态位是重叠的,贝类在密集的米草草滩中无法自由活动,健康成长,甚至会窒息死亡。

然而在大部分地区,米草虽然生长旺盛,但却并无入侵现象产生。华东师范大学河口海岸实验室陆健健教授在一项实验中发现,在长江口的米草和当地种三棱蔗草的混合草滩中,三棱蔗草逐渐发展成为优势种。米草生长局限于潮间带的中潮带。在江苏北部沿海滩涂上,米草长势十分茂盛的地区,米草也仍然仅分布于中潮带。而中国大部分海岸的这一地带,如福建北部和江苏北部地区,基本为淤泥质的光滩,在米草生长之前只存在少数贝类,更别谈植物了。减少生物多样性的入侵之说自然不成立。由此我们可以断定米草并非典型的入侵种。

作为海边滩涂的先锋植物,米草出色地完成了它的使命,在促淤造陆保滩护堤的同时完成了第一性生产力的积累。在米草滩长成数年后,人们可以对滩涂进行围垦,米草的种植使得土地的盐分下降,有机质的成分却大大增加,相对于光滩围垦的土地更有利于围垦后农作物的生长。

在承认米草所造成的负面影响的同时,我们也必须看到它所作出的巨大贡献。事实上,权衡米草的利弊可见,因米草保滩护堤,促淤造陆所带来的经济效益是长远的,也远大于由于妨碍养殖业所造成的损失。

4 米草生态工程的研究

就米草而言,对它在我国沿海能繁衍如此迅速也是始料未及的。然而除了米草的防浪护滩功能外却一直未能对其进一步、大规模地开发利用,任其年复一年在滩涂上自生自灭,这不但造成了生物资源的巨大浪费,也使其枯枝落叶飘落在滩涂上,对海藻生长造成不良影响,还让人们错误地认为米草是一种没有利用价值,无法带来更多经济收入的植物。只有根据已对米草进行的研究,在更深层次上对其进行市场化开发利用,创造出更大的经济效益,同时在适宜贝类生长的地区有效控制米草,才能充分利用这一生物资源。米草生态工程为我们提供了一个十分良好的利用

米草资源的生态模式。

米草生态工程就是以我国引种的米草(主要是大米草和互花米草)为主要工具种进行海滩生态工程的研究和设计,充分利用米草人工湿地的生物量和系统的能量,即发挥其保滩护堤的功能,又不失时机地进行绿色食品的开发和综合利用,促进生态系统的良性循环,做到对人类社会和自然环境都有益无害,有利于海滨地区的可持续发展。其具体步骤如下。

4.1 人工米草带的种植

人工种植的米草带是沿海水利工程的极好补充,在一些地方甚至优于水利工程,是滩涂绿化的有效途径。在充分考虑到不影响养殖业的前提下在有需要的海岸带上,应予以人工种植。种植应在春季进行,可采用先育苗后移栽,亦可取海滩植株直接移栽的方法,保持种植的米草带向海宽度 100 m 以上为好。种植两年后米草种群繁衍连片,即可发挥其抗风防浪的作用。

4.2 种植米草净化海岸带水质

我国沿海已较普遍地存在 N、P 污染,由此所形成赤潮等灾害时有发生,造成极大的经济损失,并有不加重的趋势。1997 到 1999 年 3 年间,我国共记录到较大规模的赤潮 45 起,其中渤海和黄海 24 起,东海 10 起,南海 11 起,共造成直接经济损失超过 20 亿元^[21]。

刘军普等^[22]实验表明,互花米草具有耐盐碱、耐污能力,而且对污水有明显的净化效果,对总磷和氨氮的平均去除率分别为 32.1% 和 38.8%。在海岸带大面积种植,可以降低海水中的 N、P 含量。实验还得出,经污水灌溉的互花米草营养成分中粗蛋白和粗脂肪含量与优质牧草苜蓿基本相同,且毒物含量符合《饲料卫生标准》(GB/13078-2001)中家禽、猪配饲料指标要求。说明互花米草在净化污水的同时,又可使污水资源化。可作为一种优质饲料,各项毒物积累均不超标。

4.3 利用米草作生物饲料,发展养殖业

互花米草是一种生物量高,贮能大的植物。每年,这些在本无其他植物生长的滩涂上生长的植物所固定下来的能量被白白浪费掉了。经测,其 9 月份的生物现存量 5 600 g/m²,贮能 96.14 × 10⁶ J/m²,大大超过 9 月份玉米和向日葵的有关指标。互花米草含有较高的粗蛋白和粗脂肪,经测定其干物质中粗蛋白 10.75%、粗脂肪 2.04%、粗纤维 26.01%,并含有适量的灰分和维生素,以及一般动物必需的 10 种氨基酸。互花米草受海水冲刷,一般的病原微生物和寄生虫不能衍生,减少了牲畜感染的机会。

根据 1999 年林国梁^[23]等所做实验,他们用青割后切割的互花米草辅以精饲料,喂养山羊,实验表明互花米草是山羊上等的青粗饲料。具体数据见表 2。

表 2 实验组增重及耗料情况

组别	天数	羊数	始重	末重	增重	米草重	精料重
	(d)	(只)	(kg)	(kg)	(kg)	(g)	(g)
1	90	20	16	38	22	270	45
2	90	20	16.2	33.7	17.5	315	22.5

随着人口和经济的增长,我国西部的牧场压力日益加重,过度放牧使草场大面积的退化,带来了一系列的生态问题。若是我们能利用我国广大的且正闲置着的滩涂和盐沼,种植互花米草,建成滩涂牧场,来合理地发展畜牧业,可大大提高我国土地资源的利用率。

米草的有机碎屑是海滩中动物的良好食料。经米草潮间带动物调查发现互花米草滩内的双齿围沙蚕、蟹类等海生动物种类和数量比光滩高数倍至数十倍,这就为利用互花米草滩规模性养殖提供了一个契机。沙蚕不仅是近海鱼、虾的天然优质食料,而且是娱乐业钓鱼的优良饵料,现我国苏北地区的农民很多都以挖沙蚕作为副业,挖到的沙蚕多数出口运往日本。可见,开发沙蚕可以是今后沿海地区出口创汇的一大途径。有研究证明,大米草使土壤中 NH₄⁺-N 含量降低,有机质含量增高,土壤空隙增加,对土壤有明显的改良作用,改善了双齿围沙蚕的生存条件^[24]。

4.4 米草绿色食品,保健食品的研制、开发

海滨的绿色植物常常有较为特殊的成分,使海滨绿色食品有特殊的保健功效。原因有二:首先,根据英国地球生物化学家 Hamilton 对海水、地壳岩石和入血中的化学元素对比分析后指出,海水中的化学元素与入血中元素极其相似;其次,由于海洋与海滨的特殊环境,使物种在生存和适应的过程中积累了一些特殊的次生代谢物。如磺酸脂类物质(有磺酸胺、磺酸黄酮等);不饱和脂肪酸(尤其是 EPA、DHA 等);高密度脂蛋白、凝集素等。这些次生代谢物不仅为海洋、海滨生物生存所必需,也是对人类健康有益和宝贵的生物活性物质^[25]。

米草在春、夏季节萌芽,像雨后春笋般大量长出新芽,芽长 10~20 cm,茎粗 1 cm 左右,拨开叶鞘包被,其嫩茎像小竹笋或芦笋,沿海人民称之为“海笋”,可作蔬菜供食用。据霞浦县长春乡村民反映,吃了海笋还有清凉解毒之功效。目前在霞浦县长春、宁德等地有农民食用^[25]。进一步研究“海笋”的食用价值及

加工方法,并宣传、鼓励群众下海挖“海笋”,不仅可以丰富蔬菜市场,还可以有效地控制米草的蔓延。

在每年 9~10 月份,我国东部沿海地区遭受风

暴袭击的季节已过,时值米草地上部分黄熟,其有效成分和营养成分积累最为丰富,见表 3,是进行提取利用制成生物保健食品的最佳时期。在每年秋冬季对

表 3 1992~1995 年互花米草提取液中生物活性物质含量的季节变化

月份	维生素 B ₁ (10 ⁻² mg/g)	维生素 B ₂ (10 ⁻² mg/g)	维生素 B ₆ (10 ⁻² mg/g)	维生素 PP (10 ⁻² mg/g)	维生素 C (10 ⁻² mg/g)	总黄酮 (mg/g)	多酚类 (mg/g)
8	5.19	0.284	1.23	32.65	22.32	4.67	21.9
9	6.04	0.338	1.26	33.58	27.04	5.86	23.2
10	6.36	0.392	1.3	38.56	26.67	6.26	23.6
11	6.32	0.363	1.27	35.92	23.54	5.33	23.1
12	5.39	0.287	1.25	34.21	22.41	4.87	22.4
1	3.52	0.216	1.11	32.99	13.54	4.52	21.8

米草进行采收,制成米草生物矿质液(BLM)和米草总黄酮(TSF),经本课题组试验证明,由其制成的绿色食品无污染、保质期长,且具有增强机体免疫力、强心、降血脂等功效^[14,17],极具市场潜力。由米草生物矿质液为主要原料加工而成的降脂胶囊,由于含有丰富的黄酮类物质,经实验证明有明显的降脂功效。

4.5 米草渣的开发利用

米草经提取 BLM 后,产生的大量草渣中含有丰富的纤维素和多糖,见表 4,可用作食用菌的培养。有栽培实验表明,在香菇栽培的基料中加入 20% 的大米草可以在较低的栽种成本下产出高质量的食用菌^[26],这样既利用和处理了米草残渣,避免了污染,又提高了系统的输出效益。收获过食用菌的残渣,富含菌丝蛋白和其它营养,仍可利用作为饲料。这样的举措提高了该系统内资源和能量的利用率,也提高了米草生态工程的综合效益。

表 4 互花米草残渣的营养成分分析(%)

残渣	粗蛋白	纤维素	多糖
提取 BLM 后	10.16	29.86	21.44
收获食用菌后	19.28	33.46	18.84

4.6 丰富抗逆基因库,用于培育抗逆新种

全世界的盐地约占陆地面积的 1/3,我国也有大面积的盐碱地,仅海岸带、滩涂就达 1 亿多亩,且有逐年增加的趋势^[27]。在人口不断增加,耕地日趋减少和淡水资源不足的严重压力下,如何利用大面积的盐碱地、荒漠化土地和丰富的咸水资源发展农业,是迫切需要解决的重大课题。耐盐作物的培育是开发利用盐碱地的有效途径。以往培育耐盐作物采用组织

培养,或通过细胞融和的方法进行选育都可以获得耐一定盐度的植株,但这两条途径都耗时费力,成功率低。随着分子生物学的发展,植物耐盐机制及相关调节基因的深入研究,已取得许多可以用于农业应用的基因工程成果。将山菠菜甜菜碱醛脱氢酶基因经根瘤土壤杆菌介导转入豆瓣菜,实验组在 0.8% NaCl 培养基上的成活率明显高于对照^[28]。高度耐盐的转基因烟草品种方面也有大量的研究^[29]。

利用抗性较强的物种,提供抗逆基因或遗传物质采取生物工程的手段去培育有经济效益的抗逆高产新种,已引起国内外许多学者的兴趣。如黑麦中分离的含脯氨酸合成酶基因的 DNA 片断在烟草中的转化成功,并能提高其耐盐能力,利用组织培养、原生质融合等技术提高水稻、大麦和小麦的耐盐能力^[30]。

互花米草、狐米草的抗性很强,耐盐耐碱,对其遗传物质的研究很有意义^[31]。分离克隆其抗逆基因,将该基因转入淡土植物体内,获得具有较高耐盐性的转基因经济作物,培养出耐盐农作物是一种极好的发展方向,可为我国大面积开发盐碱地奠定基础。

5 因地制宜发展米草引种及其有效的控制

如何管理好互花米草资源,是值得我们去思考的。如果将米草根除,还光滩一片,是不科学、不可行的。单纯除草将可能导致滩涂生态系统的退化,甚至恶变,当台风海啸袭来时,无遮无挡的光滩上将是风暴肆虐。为了发展经济,综合利用自然资源,我们可以研究米草和贝类的生态位,通过调整其生态位,从养殖种类、养殖模式、养殖时间等方面进行科学的设计。如充分利用每年 12 月至来年 5 月米草地上部

分生长停滞的时间,安排有关物种的养殖;在米草草滩中,可适量挖一定深度的蛭塘,发展养殖业;还可以借鉴美国沿海农民经验,利用插杆养殖牡蛎的方法,将牡蛎苗杆插至低于米草所占潮位的潮滩上去,照样可以获得好收成^[14]。

若是对米草滩毫不管理,任其生长、繁殖、蔓延,亦是不科学、不可行的。米草生长迅速,大量占据可进行贝类养殖的滩涂,在无需造陆的海滩,米草会使滩涂沙地逐渐变成淤泥质,改变水体的动力特征,在某些地方挤占本地种生态位,造成一定的损失。我们应在一定程度上控制米草在某些地区的生长繁殖。在这一层面上,如果仅仅为控制而控制,会耗费人力财力,却无法取得收益。只有研究出可行的米草利用方法,收取米草,在取材制成市场所需要的产品的同时,自然而然地有效控制米草。米草生态工程就此为我们提供了一条有效的途径。

综上所述,米草植被对我国沿海保滩护岸以及辅助沿岸水利工程是不可缺的,而从多种途径开发利用米草,才是控制米草可行且有效的途径。研究开发出切实可行的米草利用工艺流程,因地制宜地发展和控制米草是需要我们重点关注的问题。米草生态工程为保护环境和发挥海滨滩涂生态系统的整体功能和效益提供了崭新的思路,是合理利用米草的有效途径,有待于进一步的研究完善。

参考文献

- 1 沈永明. 江苏沿海互花米草盐沼地的经济、生态功能. 生态经济, 2001(9): 72-74
- 2 曹洪麟. 发展互花米草开发华南热带海滩. 热带地理, 1997, 17(1): 41-46
- 3 李博. 从上海外来杂草区系剖析植物入侵的一般特征. 生物多样性, 2001, 9(4): 446-457
- 4 Williamson M, Fitter A. The varying success of invaders. Ecology, 1996, 77: 1661-1666
- 5 Reimentel D. The infection of alien species to American economy and ecology. Bioscience, 2000, 84(1): 1-20
- 6 刘红霞. 重视生物入侵的影响. 世界农业, 2002(8): 26-28
- 7 姜远茂, 段誉. 哈达草莓引种栽培初报. 落叶果树, 2002(4): 12-13
- 8 丛桂芝, 买买提依明. 美国黑核桃在伊犁的引种栽培. 林业实用技术, 2002(5): 21-23
- 9 王忠良. 不同生境和森林内微甘菊的生存与危害状况. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(2): 131-138
- 10 乔勇进, 张敦论. 试论生物入侵的“生态安全”与相对应

- 策. 防护林科技, 2002, 3(2): 41-43
- 11 汪开治. 外来种对美国经济和生态的影响. 植物杂志, 2000, (4): 41-42
- 12 陈才俊. 从近期几例海堤跨堤分析江苏的海堤工程. 海洋通报, 1997, 16(2): 37-43
- 13 章成逸. 中国海岸带滩涂资源开发利用及综合评价. 自然资源, 1991, 13(3): 10-13
- 14 钦佩, 安树青. 海滨盐土农业生态工程. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- 15 张馥桂. 生物工程在海岸防护中的应用. 河港工程, 1994, (4): 25-28
- 16 钦佩, 仲崇信. 米草的应用研究. 北京: 海洋出版社, 1992.
- 17 田星星. 滩涂大米草的种植与开发. 生物学通报, 1996, 31(4): 46-47
- 18 宋连清. 互花米草及其对海岸的防护作用. 东海海洋, 1997, 15(1): 11-19
- 19 李植斌. 温州海岛区土地资源的开发利用. 地域研究与开发, 1998, 17(1): 58-61
- 20 高志强. 福建海滩地米草资源开发利用问题. 福建农业大学学报, 1996, 25(1): 72-77
- 21 李斌. 赤潮吞噬海疆. 经济月刊, 2000, (9): 50-51
- 22 刘军普, 田志坤. 互花米草净化污水的研究. 河北环境科学, 2002, 10(2): 45-48
- 23 林国梁. 圈养山羊饲喂米草实验. 福建畜牧兽医, 1999, 21(4): 4
- 24 赵清良, 赵强. 大米草对双齿围沙蚕生境中土壤的改良作用的研究. 生态学杂志, 1997, 16(2): 28-30
- 25 盐城海滩资源调查课题组. 盐城沿海海洋药物与保健品资源及其开发利用现状的调查. 盐城工学院学报, 1999, 6(12): 2
- 26 陈成枝, 王玉华. 大米草栽培香菇试验总结. 中国食用菌, 1994, 13(1): 27-28
- 27 张晟途, 钦佩. 不同海滨港湾环境条件下互花米草总黄酮积累动态研究. 生态学报, 1997, 19(4): 587-591
- 28 李银心, 常凤启. 转甜菜碱醛脱氢酶基因豆瓣菜的耐盐性. 植物学报, 2000, 42(5): 480-484
- 29 Sheveleva E V, Marquez S, Chmara W, et al. Sorbitol-6-phosphate dehydrogenase expression in transgenic tobacco. Plant Physiol, 1998, 117: 831-839
- 30 何池全, 赵魁义. 湿地克隆植物的繁殖对策与生态适应性. 生态学杂志, 1999, 8(6): 38-46
- 31 周长芳, 钦佩. 离子束注入对狐米草几种生理生化指标的影响. 植物生理学通讯, 2002, 38(3): 237-239

(本文编辑: 张培新)