

海涂的草基渔塘模式研究

朱洪光¹, 钦 佩¹, 谢 民¹, 尹金来², 周春霖², 洪立洲², 王 凯², 丁星海²

(1. 南京大学生物技术研究所, 南京 210093; 2. 江苏沿海地区农科所, 盐城 224002)

摘要:以江苏盐城海涂为研究对象, 研究海涂草基渔塘模式的技术及实际运行效益。结果表明: 海涂草基渔塘对改良海滨盐土十分有效, 同时该模式经济效益也相当可观; 在堤脚与集鱼沟之间种植芦苇有利于维护堤身安全; 在塘内的一定量区域种植芦苇不仅提供一定数量的草食性鱼类饵料和净化鱼塘水质, 还具有一定的缓冲海涂单纯养殖对环境造成的负面影响; 最后, 冬季排水捕鱼后, 在塘内滩面上种植牧草对抑制滩面土壤返盐有显著效果。

关键词: 盐土; 海涂利用; 草基鱼塘

Grass Dick Fish Pond in Tideland

ZHU Hong-Guang¹, QIN Pei¹, XIE Min¹, YIN Jin-Lai², ZHOU Chun-Lin, HONG Li-Zhou², WANG Kai², DING Xing-Hai² (1. Institute of Biotechnology, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Institute of Agriculture in Coastal District, Jiangsu, Yancheng Jiangsu 224002, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1333~1338.

Abstract: The key technique and actual benefit of Grass Dick Fish Pond (GDFP) in tideland of east Jiangsu Province, China were studied in this paper. It is shown that GDFP could effectively reclaim saline land and bring big economic benefits. *Phragmites communis* planted between dyke-foot and fish-gathering ditch could ensure the safety of embankment wall; in fishpond it did not only provide forage for grass carp and purify water in fishpond, but also buffer unfavorable influence on environment resulted from fish culturing. Furthermore, after draining from fishpond for fishing in winter, grass cultured on land in fishpond could well prevent salt from accumulating on soil surface.

Key words: saline land; tideland utilization; grass dick fish pond

文章编号: 1000-0933(2002)08-1333-06 中图分类号: Q959 文献标识码: A

随着人口的快速增长, 土地已成为我国经济发展和稳定的重要制约因子, 然而, 江苏东部海岸线 953.88km, 且绝大部分为淤涨型海滩, 已有 $6.40 \times 10^4 \text{hm}^2$ 滩涂亟待开发^[1]。1995 年, 江苏省委、省政府作出“建设海上苏东”的战略性决策, 为江苏的海涂开发注入了一针兴奋剂^[2]。但是, 海涂的高盐性严重制约着传统农业的发展, 引淡洗盐种稻技术, 耗淡水量大、投资收益低, 难以大面积推广^[1]; 同时, 以种植业为主的传统农业结构, 在当前国内粮食价格低迷的形势下, 也迫切需要调整。

20 世纪 90 年代以来, 海涂大面积框围蓄淡养鱼改土模式在苏东滩涂有一定的发展^[3,4], 但存在前期投资和堤身防护代价过高等缺陷; 此外, 单纯养殖业排放的废水富含有机质和大量营养物质, 促进近海水质富营养化, 引发赤潮爆发, 对近海环境产生的较大负面影响, 已引起一些生态学家的重视^[5]。

基塘系统, 巧妙地实现了同一系统内能量流动与物质循环的统一。如桑基鱼塘, 在江浙一带早已应用, 在唐代扩展至华南一带, 并发展为果(荔枝等)基鱼塘, 菜基鱼塘, 草基鱼塘等。近期, 一些学者结合生态工程学的相关思想, 进一步发扬了这种模式, 并进行了一些深入细致的机理研究。如颜京松等在山东禹城大

基金项目: 江苏省自然科学基金资助项目(BK2001036)

收稿日期: 2000-12-03; 修订日期: 2001-07-04

作者简介: 朱洪光, 男, 安徽阜南, 博士。主要从事系统生态学、垃圾资源化和区域生态环境规划研究。E-mail: Zhuhg-nju@sina.com.cn

面积改造盐碱湿地的研究与应用^[6];林日健,骆世明等在广东肇庆等 10 多个县市进行的基塘形式改造数十万亩地低洼渍水地工程^[7];钊功甫等对基塘系统的水陆相互作用进行系统总结^[8]。

在对以上各因素综合分析的基础上,参考海涂大面积框围蓄淡养鱼改土模式和基塘系统原理,设计出海涂的草基鱼塘模式,并以江苏盐城海涂为研究对象,对该模式的技术及实际运行效益进行研究。

1 研究地区概况

江苏盐城海涂全年太阳辐射约 502.42kJ/cm²,年平均降雨量约 1000mm,年平均风约 6m/sec,霜冻期 150.3d,日平均气温稳定降低至 10℃以下始期为 11 月 3~10 日^[1]。区内上游水系发达,河道相通,特别是近年来,泰州引江和通榆运河两大工程的建成,使得区内淡水资源供给充足^[9]。

2 研究方法

2.1 试验地的建立和管理

试验地建于 1998 年春季,处于盐城市大丰县海丰农场内,建有大塘一个,面积 100hm²,小塘 40 个,面积为 2hm²/塘。鱼塘的建造和管理措施如下:

建设鱼塘时,先通过筑挡潮堤围垦光滩,然后在挡潮堤内筑塘堤。筑塘堤时从堤内取土,挖成集鱼沟,形成四周堤沟围田的格局^[3,4];根据植物消浪原理^[10,11,12],在堤脚与鱼沟之间的滩面上种植芦苇用于护堤—芦苇护堤(protecting embankment wall with Planting reed, PR),同时建立 4 种不同的护堤方式进行比较,他们分别为:水泥护堤(Concrete-pouring, CP)、土袋护堤(Piling sack filled up soil, PSS)、草把护堤(Arranging bundle of straw, ABS)和不护堤(No protecting embankment wall, NPEW);再根据湿地植被净化水体的原理^[13,14,15],在鱼塘内 1/5 滩面上按品字型种植芦苇,以缓冲鱼塘水质恶化和排水对近海环境的负面影响,留有 10 个小塘作对照。筑塘种植芦苇养鱼的结构模式见图 1。

鱼塘建成后,每年 4~10 月从份运河通过引水渠引进淡水,进行养鱼,10 月份至来年 4 月份排水捕鱼。11 月初,在排去塘水的滩面西半部上,根据生态位原理,选择盐城多花黑麦草作为优势草种进行种植^[16],并与杂草共同构成滩面冬春牧草群落,留着滩面东半部光滩作为对照。

2.2 测定和分析项目

(1)土壤理化指标测定^[17] 有机质采用重铬酸钾法,pH 值用 pH-S-P 酸度计法(水:土=1:1),含盐量用电导法(ODS-11A 电导仪),全氮含量采用扩散定氮法,速效磷采用碳酸氢钠浸提法,速效钾采用钾电极法,含水量采用烘干法。

(2)水质分析^[18] COD 采用高锰酸钾-硫酸法,pH 值用 pH-S-P 酸度计法,含盐量用电导法(ODS-11A 电导仪),NH₄⁺ 含量采用纳氏试剂比色法,可溶性磷采用 2,4-二硝基苯酚法,可溶性钾采用钾电极法。

(3)草本生产力测定采用 50×50 cm² 样方地上刈割法^[19]。

(4)浮游藻类生产力测定采用黑白瓶法^[20]。

3 结果及分析

3.1 土壤理化指标

1998 年 3 月 15 日塘内灌水以前和 1999 年 11 月 30 日鱼塘排水捕鱼后,分别对鱼塘滩面土壤进行取样分析(见表 1)。结果表明:海涂草基鱼塘利用后,土壤含盐量显著下降,土壤肥力显著提高。这是由于连续的水层保持,对土体产生较强的淡水洗盐作用^[16];投入大量饵料、牧草、杂草喂鱼,大量没有被采食和排泄的有机物质被溶解或沉掉,并与鱼塘滩面共同作用形成软泥层,土壤肥力得到提高^[3,4]。

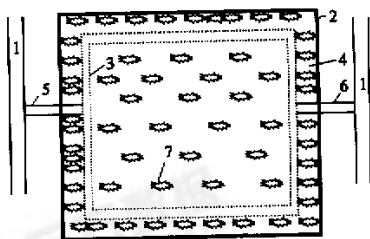


图 1 筑塘种植芦苇养鱼的平面图

Fig. 1 Raising fish in pond planted reed

1. 河道 River; 2. 塘堤 Dick of pond; 3. 集鱼沟 Ditch gathering fish; 4. 护堤芦苇 Reed protecting embankment; 5. 进水渠 Intake ditch; 6. 排水渠 Drainage ditch; 7. 塘内芦苇 Reed in pond

2000年4月1日,对草地和裸地土壤分别采样进行理化分析(见表2)。结果表明:草地的含盐量比滩面排水后还低,而裸滩却比滩面排水后显著性提高;草地有机质下降比裸滩快,但速效磷、速效钾、含氮和持水量,都比裸滩有所提高。这是由于鱼塘排水后,土体水份会大量蒸发返盐,在土表形成致密的盐花层;而种植牧草形成植被覆盖层后,减少土表蒸发,抑制了土壤返盐;同时牧草根系的穿插又促进土壤的渗透性,增加土壤的持水能力,透气性增强又促进一些粘胶性物质的分解,营养物质得以释放。

表1 草基鱼塘利用前后滩面土壤理化分析
Table 1 Analysis of soil physics-chemical indices before and after Utilization Grass Dick Fish Pond

项目 Items	1998. 3	1999. 11	t 检验 t-test
含盐量 Salt content(%)	0.790±0.032	0.099±0.011	* *
有机质 O. M. (%)	0.489±0.041	0.944±0.039	* *
全氮 Total N(%)	0.0074±0.0008	0.0428±0.0011	* *
速效磷 Available P(×10 ⁻⁶)	18.40±1.23	60.20±2.32	* *
速效钾 Available K(×10 ⁻⁶)	223±81	191±24	* *
pH	8.54±0.31	7.92±0.32	*
含水量 Moisture content(%)	14.40±0.43	28.93±0.62	* *

* P<0.05, ** P<0.001

3.2 水质分析

2000年4月1日和7月8日,对养鱼前和养鱼3个月后的塘水进行取样分析(见表3)。结果表明:养鱼后水体含盐量、COD、NH₄⁺、可溶性磷、可溶性钾的含量都比养鱼前显著性上升;种植芦苇的鱼塘水体COD、NH₄⁺、可溶性磷、可溶性钾的含量又显著低于未种植芦苇的鱼塘,但仍然显著高于养鱼前的水体。这是由于大量饵料、牧草、杂草被投入喂鱼,鱼塘中大量没有被采食和排泄的有机物质被溶解,导致养过鱼的水体营养物质较高;芦苇的生长吸收了水体中大量营养物质,同时放出的氧气也促进了水体COD的氧化,使水质显著改善;但饵料不断投入鱼塘使水体营养物质也在不断供给,塘内种植芦苇只能对其进行适度吸收,因此各种指标仍然较高。

3.3 生产力测定

实验过程中,不同时期草本植物地上生产力分别被测定,结果为:牧草为27.79g/(m²·a),芦苇为2244.1g/(m²·a)。

从测定的结果看:本次实验牧草的生长状况不是很良好,是由于1999年种草时间过晚(11月24日),而种草过后又遇到寒冬(最低气温-10℃以下),因此,冬前牧草萌发和分蘖都不好,单株分蘖最多只有5个。芦苇生长较好,由于养鱼而造成的鱼塘滩面和水体的营养物质含量都比较高。

种植芦苇和未种植芦苇鱼塘的开敞水体中浮游藻类净生产力分别被测定,结果为:种植芦苇的鱼塘为3.465g/(m²·d),未种植芦苇的鱼塘为4.436g/(m²·d)。两种水体的浮游藻类生产力都是相当高的,是由于养鱼使水体的营养物质含量提高促进了浮游藻类的生长;种植芦苇的鱼塘浮游藻类生产力又低于未种植芦苇的鱼塘,可能是由于芦苇生长吸收了水体中大量营养物质。

3.4 不同护堤方式的费用及效果

不同护堤方式的效果统计结果见图2、3,通过统计图表明:种植芦苇护坡(PR)工程投入低,堤身的安全性稳定;水泥护坡(CP)工程代价高,但在遇到浪高30cm以上时,工程薄弱的堤段会发生崩塌;土袋

表2 草地与裸滩土壤理化分析
Table 2 Analysis of soil physics-chemical indices of grassland and nude marsh

项目 Items	草地 Grassland	光滩 Nude marsh	t 检验 t-test
含盐量 Salt content(%)	0.073±0.012	0.138±0.013	* *
有机质 O. M. (%)	0.900±0.046	0.913±0.034	* *
全氮 Total N(%)	0.0469±0.0012	0.0357±0.0015	* *
速效磷 Available P(×10 ⁻⁶)	60.13±1.05	40.39±1.17	* *
速效钾 Available K(×10 ⁻⁶)	237±73	198±19	* *
pH	8.2±0.43	8.3±0.51	n. s.
含水量 Moisture content(%)	11.44±0.64	10.69±0.49	*

n. s 不显著 Not significance, * P<0.05, ** P<0.001

护坡(BSS)安全性能稳定,但是工程代价过高;草把护坡(ABS)和不护坡(NPEW),一次性工程投入较低,但后期日常护理费用过高,而且堤身容易崩塌,风险较大.种植芦苇护坡确保了堤身的安全,是由于芦苇生长形成一个柔性植物带,把水浪的动能吸收消除,减少对堤身的冲击^[10~12]。

表 3 养鱼前后鱼塘水质分析

Table 3 Analysis of hydrochemistry before and after fish						
项目 Items	养鱼前 Before fish	未种植芦苇 Not planting reed	种植芦苇 Planting reed	P_1	P_2	P_3
含盐量 Salt content (%)	0.0250±0.002	0.0953±0.031	0.0942±0.041	**	**	n.s
COD(mg/L)	26±2	2508±18	1987±22	**	**	**
NH ₄ ⁺ (mg/L)	0.15±0.02	0.81±0.03	0.75±0.03	**	**	*
速效磷 Available-P(×10 ⁻⁶)	0.024±0.002	0.216±0.003	0.147±0.003	**	**	**
速效钾 Available-K(×10 ⁻⁶)	4.73±0.003	52.39±0.02	41.08±0.02	**	**	*
pH	8.58±0.53	6.85±0.49	6.96±0.52	*	*	n.s

t 检验(*t*-test), P_1 未种植芦苇与养鱼前比较 Not planting reed versus before fish, P_2 种植芦苇与养鱼前比较 Planting reed versus before fish, P_3 未种植芦苇与种植芦苇比较 Not planting reed versus planting reed, n.s 不显著 Not significance, * $P<0.05$, ** $P<0.001$.

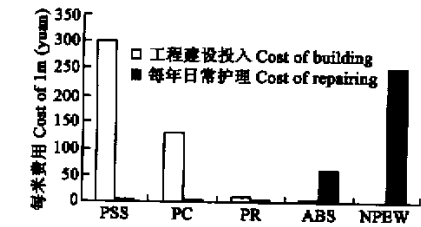


图 2 不同护堤方式平均每米费用(元)
Fig. 2 Average cost of different way of protect embankment wall (RMB yuan)

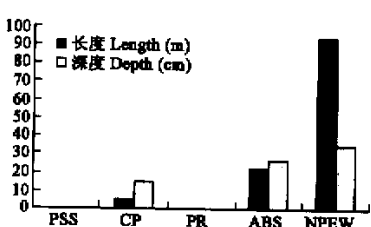


图 3 不同护堤方式 100m 堤身 30cm 水浪后崩塌情况
Fig. 3 State of collapse of different way of protect embankment wall in length of 100 m after 30 cm height waver

3.5 经济投入和产出

由两年的生产统计:1998 年试验地的经济效益为 229208.47 元,利润率 11.71%;1999 年为 377962.58 元,利润率 22.86%(见表 4)。1998 年利润率较低,是由于前期购买饲料价位较高,而成鱼的售价却很低;同时计算利润时,固定资产投入没有进行摊销。1999 年利润率达到 22.86%,是由于成鱼售价虽然不高,但饲料价格较低。

3.6 淡水资源消耗

试验中,试验地每年中间排换水 5 次,每次排换水量为总水体的 1/5,平均水深 1.52m,平均消耗淡水量 $3.04\times10^4\text{m}^3/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 。

4 讨论

海涂的劣势是制约传统农业在海涂发展的主要因素^[1,21]。通过土壤理化指标的变化(表

表 4 实验地两年投入产出(元)

Table 4 Input-output of testing ground in this two year (RMB yuan)			
项目 Items		1998	1999
投入 Input			
1 固定资产 Fixed assets		89417.00	37967.00
2 管理费用 Cost of management		14862.00	7153.30
3 工人工资 Cost of labor		12197.50	142873.40
4 饵料 Bait		1076688.70	622345.10
5 小塘鱼苗 Fry of small pond		89040.00	116337.87
6 大塘鱼苗 Fry of large pond		446774.00	349013.60
合计 Total		1728979.20	1275690.27
产出 Output			
7 小塘产出 Out of large pond		465351.47	608018.85
8 大塘产出 Out of large pond		1502836.20	1045634.00
合计 Total		1958187.67	1653652.85
效益 Benefit		229208.47	377962.58
利润率 Ratio of profit		11.71%	22.86%

1,表 2)和淡水资源消耗量统计揭示,草基鱼塘模式可有效地降低土壤盐分含量,提高土壤肥力,但仍要消耗大量淡水资源。因此,对于苏东海涂由于泰州引江和通榆运河的建成,长江水体的引进,海涂草基鱼塘模式对于改良当地海滨盐模式渍土是行之有效的。

通过研究可知,海涂草基鱼塘模式经济效益相当可观,如果进一步调整试验中一些因对照而引起的成本因素,将会取得更好的经济效益(图 2,图 3,表 4)。因此,在当前国内粮食价格低迷形势下,为了提高苏东沿海农民收入水平,可以大力发展海涂草基鱼塘模式。

海涂草基鱼塘模式的养殖面积一般较大,风浪较强,确保堤身安全非常重要,否则会造成不可挽回的损失。通过试验可以看出,采取种植芦苇护坡,不仅工程投入低,而且安全性和稳定性都很高。

滨海养殖的污水排放已引起近海环境的富营养化,引起赤潮暴发,对近海环境造成极恶劣的影响^[10]。试验中,塘内水体水质分析和浮游藻类生产力测定的结果也说明了鱼塘排放水体的富营养化特性。海涂草基鱼塘模式中,由于种植芦苇对水体营养物质的吸收,对鱼塘水质的净化效果相当显著,一定程度上缓冲了单纯养殖业对近海环境的负面影响;但是由于饵料不断投入鱼塘,营养物质也在不断供给水体,种植的芦苇没有形成过滤性草带,使种草的鱼塘水体的各种指标仍然显著高于养鱼前的水体(见表 3)。因此,海涂草基鱼塘模式进一步改进的方向应当是,在鱼塘排水口处增设一定面积的过滤性草带。

参考文献

- [1] Team of investigating coastal zone and resource of tidal marsh for Jiangsu(江苏海岸带和海涂资源调查队). Report of investing coastal zone and resource of tidal marsh in Jiangsu (in Chinese). NanJing: Jiangsu Science And Technical Press, 1985. 270~336.
- [2] Yuan F(袁峰). Science road of "developing the marine economic of the east Jiangsu" In: Jiangsu science and technology association(江苏科技协会)ed. Science road of "developing the marine economic of the east Jiangsu"(in Chinese). Beijing: Science And Technical Press, 1996. 1~5.
- [3] Zhang Z H(张振华), Yan S H(严少华), Hu Y H(胡永红). Theory and practice of promoting inshore saline soil. *Jiangsu Science And Technology of Agricultural Cultivation*(in Chinese)(江苏农垦科技), 1994, (4): 22~23.
- [4] Chen Q S(陈清硕), Yan S H(严少华), Zhang Z H(张振华), et al. System pedology meaning of fish-grain alternate culture in encloses land of inshore saline. *Journal of Jiangsu Agricultural College*(in Chinese)(江苏农学院学报), 1989, 10(2): 17~20.
- [5] Qin P(钦佩), An S Q(安树青), Yan J S(颜京松). *Ecological engineering*(in Chinese), Nanjing: Nanjing University Press, 1998. 187~189.
- [6] Gan S J(甘师俊), Wang R S(王如松). Advance and Usable Technology Guiding for Middle and Small City (in Chinese). Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1998. 354~361.
- [7] Lin R J(林日健), Luo S M(骆世明). Structure and Function Study of High Dick and Deep Ditch Farm-ecosystem in Zhujiang Delta. *Chinese Journal of Ecology*(in Chinese)(生态杂志), 1989, 8(3): 24~28.
- [8] Zhong G F(钟功甫), Wang Z Q(王增琪), Wu H S(吴厚水). Interaction between Water and Land in Dick Fish Pond (in Chinese). Science Press, 1993. 93~104.
- [9] Dai Y K(戴玉凯). Key measure of "developing the marine economic of the east Jiangsu" is to speed up construction of water conservancy. In: Jiangsu science and technology association(江苏科技协会)ed. Science road of "developing the marine econocic of the east Jiangsu"(in Chinese). Beijing: Science And Technical Press, 1996. 225~229.
- [10] Qin Pei, Xie Min, Jiang Yunshen, et al. Estimation of the ecological-economic benefits of two *Spartina alterniflora* plantations in North Jiangsu, China. *Ecological Engineering*, 1997, 8: 5~17.
- [11] Zhang S T(张晟途), Qin P(钦佩), Wang S W(万树文). Emergy analysis of *Spartina Alterniflora* Ecological Engineering. *Journal of Nanjiang University*(in Chinese)(南京大学学报), 2000, 36(5): 592~597.
- [12] Van Eerd M. The influence of vegetation on erosion acration in salt marshes of the Oosterschelde, the Netherlands. *Ibid.*, 1985, 367~373.

[13] Environmental Work Group. Wetland value assesment menthodelogy and commnity models. Report of the Coastal Wetlands planning, Protection, and Restoration Act Technical Committee. U. S. Fish and Wildlife Service, Lafayette, La, 1994. 16.

[14] Turner R E, Rao Y S. Relationships between wetland frragmentation and recent hydrologic changes in a deltatic coast. *Estuaries*, **13**:272~281.

[15] Turner R E, Boyer M E. Mississippi River diversions, coastal wetland restoration creation and an economy of scale. *Ecological Engineering*. 1997, **8**:117~128.

[16] Liu Z P(刘兆普), Shen Q R(沈其荣), Ying J L(尹金来). Saline agriculture in seashore (in Chinese). Beijing: Science And Technology of Agricultrue Press, 1998. 233~234.

[17] Nanjing soil research institute of Chinese Academy of Sciences(中国科学院南京土壤研究所). *Soil physics-chemical analysis*(in Chinese). Shanghai:Shanghai science and technology press, 1978.

[18] Hy giene research institute of China Medical Academy of Sciences(中国医学科学院卫生研究所). *Water Hydrochemistry Analysis Method*(in Chinese). Beijing:People Hygiene Press, 1983.

[19] Mucun Y(木村). Test method of produced quantity of plant community in terrestrial land (in Chinese). Beijing: Science And Technology Press, 1981. 5~56.

[20] Beijing Norm University(北京师范大学), Huadong Norm University(华东师范大学). Test guide of animal ecology (in Chinese). Beijing:High Education Press, 1983, 128~132.

[21] Fan R(范荣). Negative factor analysis and solutions of developing modern agriculture in tidal marsh of Jiangsu. In: Jiangsu Science and technology association(江苏科技协会)ed. *Science road of developing the marine economic of the east Jiangsu*(in Chinese). Beijing Science and Technical Press, 1996. 106~110.