

保安湖沉水植被恢复及其渔业效益*

金 刚¹ 李钟杰¹ 刘伙泉¹ 温周瑞² 陈洪达²

(1:中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072; 2:湖北省水产研究所, 武汉 430071)

提 要 通过消除对沉水植物生长有破坏作用的草食性鱼类和杂食性鱼类, 在低水位的早春选择无风浪的天气移栽水草, 于1994年在保安湖一个面积为3.3hm²网栏湖汉成功地恢复了绝迹8个月的水草群落, 秋季水草覆盖率达50%, 同时研究了在无鱼类摄食破坏的条件下苦草和黄丝草的生长动态. 于1994-1995年在保安湖另一个面积为133.3hm²土栏湖汉(即肖四海)恢复了水草群落, 1995年秋季水草覆盖率达70%. 由于水草群落的恢复, 肖四海结束了施肥投草主养四大家鱼的养殖方式, 而采用了以河蟹和鳊鱼为增殖对象的优质高效渔业模式, 1994-1997年河蟹产量分别达到1646.6kg、1100.0kg、838.3kg、4739.5kg, 至1997年10月水草生物量(鲜重)2730g·m⁻², 覆盖率达100%.

关键词 保安湖 沉水植物群落 恢复 渔业

分类号 X173

沉水植物群落对于草型湖泊渔业生态系统的持续发展, 尤其是以河蟹和鳊鱼等名贵水产品为增殖对象的优质高效渔业之发展, 起着极为重要的作用. 水草群落不仅产生丰富的溶氧、吸附悬浮物质, 还为鱼、蟹提供优良的生存空间和充足的饵料资源. 但是, 由于水质污染及草食性鱼类过度牧食, 长江中下游许多草型湖泊水草群落萎缩甚至绝迹, 或逆向演替为藻型湖泊^[1], 或变为依靠施肥投草维持渔业生产的巨型池塘, 渔业经济效益很低. 以持续发展优质高效渔业为目的的湖泊水草群落的重建与恢复已成为渔业生态学研究的重要课题. 重建沉水植物是对退化生态系统重建中的重要步骤^[2], 国内外已开展大量的相关研究^[3-7]. 本文旨在研究通过恢复湖泊沉水植物群落来建立可持续发展的优质高效渔业.

1 方法

1.1 地点

保安湖(114°43'E, 30°15'N)位于湖北省大冶市境内, 地处江汉平原东部边缘, 为长江中游南岸的一个浅水草型湖泊, 分四个湖区: 主体湖区、桥墩湖区、扁担塘湖区及肖四海湖区, 面积分别为2667、800、333和133hm². 水深均在1.5-2.5m. 网栏试验湖汉位于主体湖区, 面积3.3hm², 水草主要种类为苦草(*Vallisneria spiralis*)、聚草(*Myriophyllum spicatum*)、黄丝草(*Potamogeton maackianus*)、金鱼藻(*Ceratophyllum oryzetorum*)和菹草(*Potamogeton crispus*), 1991年秋季, 水草生物量4800g·m⁻², 覆盖率为100%, 1992年因暂养区草鱼外逃, 过量牧食水草, 致使秋季水草生物量降至546g·m⁻², 覆盖率为60%^[8]. 肖四海湖区1987年以前, 水

* 农业部“八五”攻关课题(85-14-01-01)、“九五”攻关课题(95-008-02-03)和中国科学院重大课题(KZ951-A1-102)共同资助.

收稿日期: 1998-02-16; 收到修改稿日期: 1998-06-20. 金刚, 男, 1965年生, 助理研究员.

草丰盛,由于高密度放养草鱼,1988年水草消失^[9],至1992年整个湖区均无水草生长.试验湖汊和肖四海均位于保安湖北部(图1).

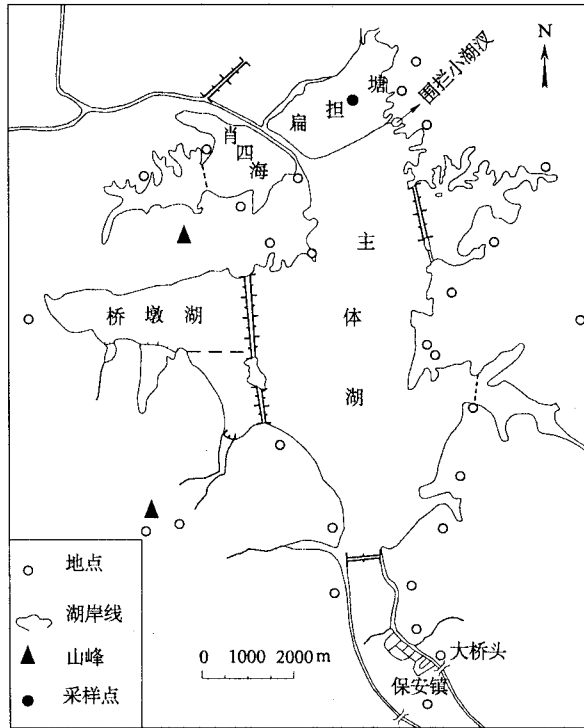


图1 试验湖汊和肖四海位置示意图

Fig.1 Location of the experimental embayment and Xiaosihai Lake

1.2 清除鱼类

利用定置网(即迷魂阵)、丝网和电捕船联合作业,于1993年10月-1994年1月和1994年冬季分别清除围栏试验区和肖四海湖区对水草群落有牧食行为的鱼类,主要是草鱼、鳊鱼和鲤鱼.当日捕捞量下降到只有几公斤时,结束鱼类清除工作.

1.3 移植水草

供移植用的水草均取自保安湖主体湖区.于1994年2-3月在围栏试验区移栽苦草665kg.于1994年2-4月在肖四海移栽黄丝草和聚草等约196t.于1995年5月在肖四海湖区移栽黄丝草和聚草等10t.苦草移栽方法:将完整的苦草植株和底泥一同取出(苦草叶片长10-38cm,株重8-20g,泥中有很多幼芽),在浅水处用手栽插,3-6株为一把,将根和横走茎插入底泥,每把苦草间距50-80cm;在深水处则用泥团裹住根茎后再沉入水底.黄丝草和聚草移栽方法:用泥团裹住根茎和断枝后沉入水底.

1.4 移植水草的观测

1.4.1 受控实验 在围栏试验区浅水处用网片围一个面积为 10m^2 的小区,每月观测苦草的生长.在面积为 0.16m^2 的竹蓝中盛湖泥25cm厚,按3个生物量水平栽种黄丝草:1000、3000、 $5000\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (干重分别为66.7、200.0、 $333.3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$),每月测量生物量,进行一周年.

1.4.2 湖区水草生物量和群落分布监测 用常规方法^[10]于每年秋季调查水草生物量和群落分布面积.围栏试验区设5个采样点、肖四海湖区设2个采样断面20个采样点.采样点均匀分布.

1.5 名优品种放养

肖四海湖区于1993-1997年每年放养河蟹苗种和鱼种,放养量和放养规格见表1-2.

表1 1993-1997年肖四海河蟹苗种放养量
Tab.1 The stocking of Chinese mitten crab seedlings in Xiaosihai Lake during 1993-1997

| 时间 | 规格/ 只·kg ⁻¹ | 重量 /kg | 只数 | 密度/ 只·hm ⁻² |
|---------------------|---------------------------|-----------|--------|---------------------------|
| 1993年7-11月 | 200-2400 | 143.95 | 116020 | 870 |
| 1994年8-12月 | 180-2000 | 478.5 | 147972 | 1110 |
| 1995年11-12月 | 180 | 400 | 72000 | 540 |
| 1996年6月- 1997年3月 | 232-180000 | 425.65 | 683000 | 5124 |

表2 1993-1997年肖四海鱼种放养量
Tab.2 The stocking of fish seedlings in Xiaosihai Lake during 1993-1997

| 时间 | 鱼种 | 规格/ g·尾 ⁻¹ | 重量 /kg | 尾数 | 密度/ 尾·hm ⁻² |
|---------|-----|--------------------------|-----------|--------|---------------------------|
| 1993年3月 | 鲢 | 50 | 3000 | 60000 | 450 |
| 1993年3月 | 草鱼 | 250 | 1000 | 4000 | 30 |
| 1993年6月 | 高背鲫 | 1-5 | 300 | 100000 | 750 |
| 1997年3月 | 草鱼 | 50-100 | 150 | 2000 | 15 |
| 1997年6月 | 鳊鱼 | 1-3 | 8 | 4000 | 30 |

2 结果与讨论

2.1 草食性鱼类和杂食性鱼类清除量

在非富营养浅水湖泊,水草群落的恢复相对容易一些.关键的一环是清除对水草生长有破坏作用的草食性鱼类和杂食性鱼类.草鱼和鳊鱼是典型的草食性鱼类,对水草的摄食破坏作用最大.特别是草鱼,食草量大,夏季摄食率达150%以上.早在60年代,美国就用草鱼清除河道和游钓湖泊的水草,效果非常明显^[11].最近国内亦有作者用草鱼和鳊鱼清除浅水湖泊中的黄丝草、金鱼藻、聚草和菹草^[12].鲤鱼虽然摄食水草的量不大,但因其在寻食过程中有拱泥的习性,使水质浑浊,不利于水草的光合作用,同时松动水草的根系,对刚移植的水草生长有害.鲫鱼喜食水草的嫩茎幼芽,对发展初期的水草群落有显著的抑制作用.

表3 1993年10月-1994年1月
试验区食草鱼捕捞量

Tab.3 The catch of herbivorous fish and omnivorous fish during Oct. 1993-Jan. 1994

| 种类 | 捕捞量/kg | 回捕尾数 | 平均体重/kg·尾 ⁻¹ |
|-----|--------|------|-------------------------|
| 草鱼 | 979.8 | 854 | 1.15 |
| 团头鲂 | 446.9 | 865 | 0.52 |
| 鲤鱼 | 441.0 | 513 | 0.86 |

2.2 水草群落的恢复和发展

在围栏试验区清除草鱼979.8kg(854尾)、鳊鱼446.9kg(865尾)、鲤鱼441.0kg(513尾)(表3).在肖四海湖区捕捞草鱼5000kg、鲤鱼2500kg、高背鲫7500kg.在捕捞努力量不变的条件下,当日捕捞量趋于零时,上述几种鱼类的剩余量可以认为很小了.1995年以后,两围栏区未放养鳊鱼、

鲤鱼和鲫鱼,有利于水草群落的迅速发展.为适量利用过密的水草,1997年肖四海开始放养少量草鱼.

2.2.1 苦草群丛 在栽种过程中,因根系受到损伤,加之3月初水温只有5-10℃,大部分苦草叶片在10d内逐渐枯萎,但泥中萌发的幼芽没有死亡.幼芽可能是苦草群落生存与发展的重要基础.在夏季移栽苦草时,叶片生长良好.1994年3月上旬,由于连续3天刮6级北风,风浪

搅动了根系还没有稳定的苦草,水深 1-1.5m 处的苦草大量浮起.可见,较深处移植苦草方法有待进一步探索.而浅水处用手直接栽插的苦草因根部插得较深,几乎没有受到风浪的破坏,20d 后新生叶片长出,植株成活率为 100%.1994 年 9-11 月,移栽的苦草开花结果.至此,苦草群落已经趋于稳定,至 1997 年苦草生物量达到 $3560\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表 4).在没有外界扰动因子存在的条件下,苦草的发展非常迅速,从 1994 年 3 月到 10 月,5 株苦草发育到 700 株,生物量从 41g 增加到 950g,覆盖面积从 0.04m^2 增加到 1.0m^2 (表 5).

2.2.2 黄丝草群丛 黄丝草只有在干扰相对较轻的湖泊才能形成稳定的群落^[13].因此,以渔业目的的水草移植一般不宜移植此种水草.1994 年肖四海草鱼库存量较大,2-4 月份所移栽的黄丝草未能形成稳定的群落.但是,在无外界扰动的条件下,黄丝草群落的建立是能够成功的,在人工样地上不同密度下 4 月初始生物量为 66.7 、 200.0 、 $333.3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$;生长到 11 月,生物量分别达到 356.3 、 516.3 、 $636.3\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表 6).

2.2.3 聚草群丛 聚草能靠种子及能从断枝的每一个茎节处萌发出新的植株.在网栏试验区没有对聚草进行人工移栽,聚草群落的恢复完全是自然恢复,其生物量从 1994 年的 $1100\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 发展到 1997 年 $1870\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$.肖四海湖区聚草生物量从 1994 年的少量发展到 1997 年的 $2310\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表 7),1997 年聚草覆盖率达 80%.

2.2.4 金鱼藻群丛 在网栏试验和肖四海湖区金鱼藻群落均有一定程度的恢复,1997 年生物量分别达到 530 、 $320\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表 4、7).

2.3 河蟹与鳊鱼的增殖养殖效果

2.3.1 河蟹的放养与产量 肖四海湖区于 1993 年 7 月放豆蟹 95160 只,11 月放养扣蟹

20860 只,1994 年捕获商品蟹 1646.6kg;1994 年放养蟹种 88763 只,1995 年捕获商品蟹 1100kg;1995 年放养蟹种 65000 只,1996 年捕获商品蟹 838.3kg;1996 年 6 月放养大眼幼体

表 4 1991-1997 年试验区水草生物量动态(秋季)
Tab.4 Changes of submerged macrophyte biomass in the experimental embayment in autumn during 1991-1997

| 年 份 | 苦 草 $/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ | 聚 草 $/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ | 金 鱼 藻 $/\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ | 水草覆盖率 /% |
|------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|-------------|
| 1991 | 2100 | 1500 | 1100 | 100 |
| 1992 | 0 | 546 | 0 | 60 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1994 | 2700 | 1100 | 230 | 50 |
| 1995 | 3100 | 1345 | 326 | 100 |
| 1996 | 3540 | 1670 | 548 | 100 |
| 1997 | 3560 | 1870 | 530 | 100 |

表 5 试验湖汉苦草群落的生长动态

Tab.5 Changes of *Vallisneria natans* community biomass and cover area

| 时 间 | 株 数 | 覆盖面积/ m^2 | 生物量/g |
|-------------|------|--------------------|-------|
| 1994 年 3 月 | 5 | 0.04 | 41 |
| 1994 年 6 月 | 40 | 0.7 | 500 |
| 1994 年 10 月 | 700 | 1.0 | 950 |
| 1995 年 3 月 | 1500 | 1.8 | 2500 |
| 1995 年 6 月 | 1800 | 2.2 | 3900 |

表 6 人工样地上黄丝草生物量的变化(干重, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Tab.6 Monthly biomass of *Potamogeton maackianus* during Apr. 1994-Mar. 1995

| 时 间 | 密度 1 | 密度 2 | 密度 3 |
|------------|-------|-------|-------|
| 1994-04-12 | 66.7 | 200.0 | 333.3 |
| 1994-05-12 | 77.5 | 228.8 | 353.8 |
| 1994-06-12 | 111.3 | 276.3 | 401.5 |
| 1994-07-12 | 171.3 | 340.0 | 478.8 |
| 1994-08-12 | 246.3 | 426.3 | 551.3 |
| 1994-09-12 | 307.5 | 481.3 | 598.8 |
| 1994-10-12 | 345.0 | 511.3 | 632.5 |
| 1994-11-12 | 356.3 | 516.3 | 636.3 |
| 1994-12-12 | 352.5 | 512.5 | 626.3 |
| 1995-01-12 | 341.3 | 481.3 | 608.8 |
| 1995-03-12 | 317.5 | 415.0 | 511.3 |

54 万只、1997 年 3 月放养扣蟹 9.8 万只,1997 年产商品蟹 4739.5kg(表 8)。

2.3.2 鳊鱼的增养殖 从 1986 年到 1993 年,肖四海湖泊环境退化,不适于鳊鱼生长。经过几年的生态恢复,肖四海环境条件明显改善。1997 年 6 月肖四海放养鳊鱼寸片 4000 尾(表 8),至 10 月抽样测量,鳊鱼体重在 200 - 300g,平均 250g。由于该湖禁捕小杂鱼,鳊鱼的饵料鱼较充足,因此鳊鱼生长良好。

2.3.3 肖四海渔业经济效益的变化 从 1986 年到 1992 年肖四海以传统池塘养殖方式进行渔业生产,年产值波动在 0.5 万元以内,经济效益可谓低下。1993 年开始恢复水草,

表 7 1986 - 1997 年肖四海水草优势种生物量(秋季)

Tab.7 Biomass of the major submerged macrophytes in Lake Xiaoshihai during 1986 - 1997 (autumn)

| 年 份 | 苦 草 /g·m ⁻² | 聚 草 /g·m ⁻² | 金 鱼 藻 /g·m ⁻² | 水草覆盖率 /% |
|------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------|
| 1986 | - | 3930 | - | - |
| 1987 | - | 100 | - | - |
| 1988 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1989 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1992 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1993 | 极少 | 少量 | 极少 | 1 |
| 1994 | 少量 | 少量 | 少量 | 5 |
| 1995 | 1061 | 1402 | 186 | 70 |
| 1996 | 450 | 2190 | 580 | 100 |
| 1997 | 100 | 2310 | 320 | 100 |

* 1986 - 1990 年数据来自苏泽古(1991)^[9]。

表 8 肖四海渔产量、产值及渔业方式

Tab.8 The fishery production and the type of aquaculture in Xiaosihai Lake

| 年 份 | 产 量 | | 产 值 /万元 | 渔 业 方 式 |
|------|--------------------------|---------|------------|---------|
| | 鱼 / × 10 ⁴ kg | 河 蟹 /kg | | |
| 1986 | 7.5 | 0 | 0.4 | 施肥投草 |
| 1987 | 8.3 | 0 | 0.5 | 养殖四大家鱼 |
| 1988 | 10.2 | 0 | 0.5 | |
| 1989 | 14.5 | 0 | 0.4 | |
| 1990 | 15.0 | 0 | 0.5 | |
| 1991 | 15.2 | 0 | 0.5 | |
| 1992 | 3.6 | 10 | -0.4 | |
| 1993 | 3.4 | 60 | 0.3 | 恢复水草 |
| 1994 | 3.5 | 1646.6 | 12 | |
| 1995 | 3.0 | 1100.0 | 11 | |
| 1996 | 1.5 | 838.3 | 8.5 | 以河蟹、鳊鱼 |
| 1997 | 1.5 | 4500.0 | 71.1 | 为养殖对象 |

经济效益可谓低下。1993 年开始恢复水草,1994 年即放养河蟹,产值达 12 万元。由于河蟹苗种问题以及优质高效渔业管理技术滞后,1994 - 1996 年肖四海年产值未能突破 12 万元。1997 年由于河蟹苗种质量较好,加上实施生态学管理,肖四海收获成蟹 4500kg,产值达 71.1 万元。与十年前相比,产值翻了数十倍(表 8)。

2.4 沉水植物群落在湖泊优质高效渔业中的作用

沉水植物群落不仅提供优良的湖泊水下景观,抑制藻类的大量发生,还为水生动物提供丰富的溶氧、充足的饵料,以及适宜的栖息地和产卵场。因此,沉水植物群落的环境价值和渔业价值是非常巨大的。

随着经济的迅速发展和人民生活水平日益提高,湖泊渔业过去所走单纯追求渔产量而不顾环境保护与资源持续利用的路子已不可取。通过“七五”和“八五”十年的科技攻关和渔业实践,对湖泊渔业的发展方向有了清楚的认识,那就是走可持续的以资源增殖为技术依托的优质高效渔业之路。何谓“可持续”,可持续就是不破坏生态平衡和资源的持续利用。具体到湖泊来讲,沉水植物群落的存在和维持是可持续优质高效渔业重要前提之一,可以说,没有沉水植物群落,就没有可持续的优质高效渔业。

要实现湖泊渔业的优质高效,必定涉及目标品种的问题。从现阶段我国渔业实际情况来看,在草型湖泊增殖河蟹和鳊鱼是能够实现优质高效目标的。从食性来讲,

河蟹属杂食性,虽然其胃含物中植物占主要部分^[14],但河蟹对沉水植物群落的破坏极其有限.笔者曾观察到,在8-9月份二龄河蟹现存量密度较高($120 \text{只} \cdot \text{hm}^{-2}$)时,河蟹对苦草群落有一定的破坏作用,河蟹咬断苦草根茎,致使苦草成丛漂浮起来.河蟹对沉水植物群落演替的影响是明显的.鳊鱼以野杂鱼为食,不影响沉水植物群落.从生长速度来讲,从孵化到上市规格河蟹和鳊鱼都只需2年时间.从渔业经济角度来看,河蟹和鳊鱼都是我国人民传统美食佳肴,市场稳定.

致谢 在野外工作中得到中国科学院水生生物研究所方榕乐高级工程师、雷武副研究员和张进军同志大力帮助,在论文写作中承蒙胡传林研究员、倪乐意副研究员提出宝贵意见,作者在此一并表示衷心感谢.

参 考 文 献

- 1 谢 平,崔奕波.长江中游湖泊生物多样性与渔业发展.水生生物学报,1996,20(增刊):1-5
- 2 倪乐意.武汉东湖水生植被结构和生物量现状及其长期变化,见:刘建康主编.东湖生态学研究(二),北京:科学出版社,1995,287-301
- 3 倪乐意,李纯厚,黄祥飞.在富营养型水体中重建沉水植被的研究.见:刘建康主编.东湖生态学研究(二),北京:科学出版社,1995,302-311
- 4 李文朝.浅型富营养湖泊的生态恢复——五里湖水生植被重建实验.湖泊科学,1996,8(增刊):1-10
- 5 Comin F A, Menendez M, Lucena J K. Proposal for macrophyte restoration in eutrophic coastal lagoons. *Hydrobiologia*, 1990, 200/201:427-436
- 6 Moss B, Balls H, Trinne K, et al. Restoration of two lowland lakes by isolation from nutrient-rich water sources with and without removal of sediment, *J Appl Ecol*, 1986, 23:391-414
- 7 Ozemek T, Gulati R D, Ponk E. Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes? *Hydrobiologia*, 1990, 200/201:399-407
- 8 刘伙泉,李钟杰,方榕乐.保安湖优质高效生态渔业模式系列试验.见:梁彦龄,刘伙泉主编.草型湖泊资源、环境与渔业生态学管理(一).北京:科学出版社,1995.236-245
- 9 苏泽古等.保安湖水生维管束植物研究.见:胡传林,黄祥飞主编.保安湖渔业生态和渔业开发技术研究文集.北京:科学出版社,1991.31-48
- 10 陈洪达,何楚华.武昌东湖水生维管束植物的生物量及其在渔业上的合理利用问题.水生生物学集刊,1975,5(3):410-420
- 11 Cross D G. Aquatic weed control using grass carp. *J Fish Biol*, 1969,1:27-30
- 12 朱清顺等.浅水草型湖泊除草技术的实验.湖泊科学,1994,6(2):171-176
- 13 于 丹,曾一本.桥墩湖与扁担塘水生植物群落多样性的比较.水生生物学报,1996,20(增刊):156-163
- 14 堵南山.甲壳动物学(下册).北京:科学出版社,1993.744

Recovery of Submerged Vegetation and Its Fishery Benefit in Bao'an Lake

JIN Gang LI Zhongjie¹ LIU Huoquan¹ WEN Zhouhui² CHEN Hongda²

(1: Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072;

2: Hubei Fisheries Sciences Research Institute, Wuhan 430071)

Abstract

The recovery of submerged macrophyte community is very important to the purification of water quality and the restoration of beautiful landscape, and also to the sustentation of the lake fishery with high quality and high economic benefit because the fishery species with high market-price, such as Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards and mandarin fish *Siniperca chuatsi* (Basilewsky), do not grow well without the densely submerged macrophyte community.

By catching the herbivorous fishes (grass carp *Ctenopharyngodon idellus*, *Megalobrama amblycephala* Yih, Cyprinidae) and the omnivorous fishes (common carp *Cyprinus carpio* L., crucian carp *Carassius auratus* L.) which are harmful to the submerged macrophyte growth, and transplanting the aquatic plants (*Vallisneria natans*, *Potamogeton macckianus*, *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*) on the calm days in early spring when the water depth was 0.1–1.0 m, the submerged macrophyte community was recovered in Xiao-si-hai Lake (area is 133.3 hm²) near to the middle reach of Yangtze River, China in 1995.

Because of the recovery of submerged macrophyte community, the traditional fishery type which applying fertilizer to culture the plankton feeder (silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* and bighead *Aristichthys nobilis*) with low market price was given up, and began with a new fishery by stocking the crab and the mandarin fish to gain a great benefit in Xiaosihai Lake. The biomass, cover rate of submerged macrophyte is 2730gm⁻², 100%, respectively, in autumn in 1997, and the crab production is 4739.5kg in 1997.

Key Words Bao'an Lake, submerged macrophyte community, recovery, fishery