

沉水植物资源开发与湖泊保护的研究*

尚士友 杜健民 张志毅 李旭英 武佩

(内蒙古农牧学院)

提 要 以机械化方式大规模开发沉水植物资源不仅可为养殖业提供大量高蛋白草粉饲料,而且还是针对大型植物响应型湖泊富营养化十分关键的防治对策。根据试验研究提出了一项开发利用沉水植物资源与湖泊保护兼顾进行的实用技术,可为湖区农牧渔业可持续发展创造良性循环的生态环境。

关键词 沉水植物 资源开发 饲料 湖泊保护

Exploitation of Submersed Macrophytes Resources and Lake Protection

Shang Shi-you Du Jian-min Zhang Zhi-yi Li Xu-ying Wu Pei

(Inner Mongolia College of Agriculture and Animal Husbandry, Hohhot)

Abstract Exploiting submersed acrophytes resource by mechanization method not only can provide a great quantity of high protein fodder, but also can be a main rest raining countemmeasure to lake entrophication. According to the research result, a practical technology of exploiting submersed macrophytes resource and protecting lake is advanced in this paper. It may create an ecological environment of fine circulation for sustainable development of agriculture and animal husbandry.

Key words Submersed macrophytes Resource exploitation Fodder Lake Protection

近年来,我国大部分水域都受到不同程度富营养化的影响,在大型水生植物响应型湖泊、水库及河道内,各种沉水植物具有极强的吸收和富集氮、磷营养盐的能力,生产力已达到 $180 \times 10^4 \text{ t/a}$ 以上。这些沉水植物的粗蛋白含量均为15%以上,可否作为免费的高产青绿饲料去开发利用?收获这些沉水植物对湖泊及其生态系统会产生哪些影响?在湖泊天然富营养化演变进程中人类应如何面对?针对上述问题,我们于1988~1996年采用9GSCC-1.4(A)型水草收割机在内蒙古自治区乌梁素海和哈素海等地进行了沉水植物资源开发利用及对草型湖泊治理与保护的试验研究,形成了一项水生植物资源开发利用与湖泊保护兼顾进行的适合我国国情的实用技术,中国环境科学研究院已将此项技术确定为湖泊富营养化适度控制的生物利用技术。

收稿日期:1997-06-24

* 国家自然科学基金资助项目(59668001)

尚士友,副教授,呼和浩特市昭乌达路306号 内蒙古农牧学院机电工程系,010018

1 我国沉水植物资源概况

我国大于 1 km^2 的天然湖泊有 2300 余个, 水库 8600 多座, 总贮水量为 $638 \times 10^9 \text{ m}^3$, 其中受富营养化影响, 沉水植物生长较多或分布较广的部分湖泊及其生产量见表 1。

表 1 我国部分湖泊、水库沉水植物生物量及生产量(干重)

湖泊	生物量 /kg · m ⁻²	生产量 /10 ⁴ t · a ⁻¹	湖泊	生物量 /kg · m ⁻²	生产量 /10 ⁴ t · a ⁻¹
南四湖	0.26	21.24	洱海	0.68	4.51
于桥水库	0.46	1.74	乌梁素海	0.87	9.00
固城湖	0.64	1.96	哈素海	0.68	1.80
东太湖	0.18	1.85	鄱阳湖	0.32	33.20
隔湖	0.28	2.70	赤湖	0.62	5.61
杞麓湖	0.45	1.24	保安湖	0.55	1.97

据调查, 我国湖泊、水库内主要可供开发利用的沉水植物共 7 科 21 种, 均属世界广布种, 其中生产量较高的沉水植物有: 龙须眼子菜 (*Potamogeton pectinatus* L.) 菹草 (*Potamogeton crispus* L.)、穗花狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum* L.)、大茨藻 (*Najas marina* L.)、轮藻 (*Chara* spp. C.)、金鱼藻 (*Ceratophyllum demersum* L.) 等。由于农田化肥和农药用量越来越大, 加上工业及生活废水与地表有机物的流失, 输入湖泊、水库中的氮、磷营养盐越来越多, 许多大中型湖泊、水库水体中的总氮含量为 $0.32 \sim 3.38 \text{ mg/L}$, 总磷含量为 $0.049 \sim 0.39 \text{ mg/L}$, 氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 含量为 $0.25 \sim 1.51 \text{ mg/L}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 $0.16 \sim 1.08 \text{ mg/L}$ 。由于氮、磷比值适宜、有充足的碳源储备和较高的日照强度, 沉水植物几乎是以“奢侈消费”的方式吸收和富集营养物质, 形成了极大的初级生产力, 其群落盖度为 $70\% \sim 95\%$ 、最大生物量(鲜重)可达 19 kg/m^2 。据调查统计, 我国主要湖泊沉水植物总生产力(干重)为 $180 \times 10^4 \text{ t}$ 以上, 按收获 60% 计算, 实际可供开发利用的资源量为 $108 \times 10^4 \text{ t}$ 。

2 沉水植物资源开发利用的研究

2.1 沉水植物用作饲料的试验研究

我们对几种常见沉水植物的营养成分进行化验分析, 并与几种饲草对比, 结果见表 2。

表 2 几种沉水植物与苜蓿、青干草营养成分对照表(含量%)

饲料名称	吸附水	粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	粗灰	钙	磷	无氮浸出物
龙须眼子菜	8.75	15.25	2.18	23.57	14.82	6.67	0.16	35.25
穗花狐尾藻	7.25	16.60	2.95	21.77	16.86	7.89	0.35	34.57
大茨藻	11.43	15.07	2.35	22.94	19.63	3.10	0.30	28.58
菹草	9.62	23.76	1.17	19.98	18.36	5.69	0.45	27.11
紫花苜蓿(锡林浩特市 “新疆抗旱”开花期)	9.55	15.14	1.26	34.43	6.57	1.41	0.31	33.06
混合青干草 (内蒙古正兰旗)	9.33	7.92	2.55	33.74	4.82	0.76	0.12	41.64

我们采用穗花狐尾藻代替部分基础饲料进行了北京鸭的对比饲养试验。基础料成分为: 玉米 54.3%、豆饼 18%、鱼粉 4%、骨粉 0.5%、食盐 0.2%、麸皮 22%、添加剂 1%, 用穗花狐尾藻代替基础料的顺序及代替量为: 4 周龄 20%、5 周龄 25%、6 周龄 30%、7 周龄 30%。试验结果如下: 7 周龄平均活重 2 585 kg, 料肉比 3.6:1, 对照组平均活重 2 600 kg, 料肉比 3.2:1。统计分析结果为喂养 50 只鸭的生产成本与对照组相比降低 33.5 元。

2.2 沉水植物的收获与加工

我们于 1988 年研制成功 9GSCC-1.4(A) 型水草收割机及其配套设备, 提供了以机械化方式大规模收获沉水植物的技术手段, 其工作原理如图 1。

该设备可在水下实现切割、捡拾、传送、牵引、运输一体化作业, 在不同水深下收割刚性的或柔性易倒伏的各种沉水植物和挺水植物, 其主要技术经济指标如下: 工作速度 2.8 km/h, 割幅 1.4 m, 切割深度在 1.5 m 内可调, 平均作业面积 1800 m²/h, 平均生产率(鲜重) 9 t/h, 漏割率 0, 漏收率 5.2%, 动力 11 kW、油耗 9 kg/hm²。与之配套使用的 QY-12 型牵引运输船和装草船主要技术性能指标如下: 牵引力 160 kg, 航速 7.2 km/h, 转弯半径 < 6 m, 装草量 3 t。生产试验表明, 用 1 台水草收割机与 1 条牵引运输船和 4 条装草船配套使用可连续生产并取得最好的经济效益, 以每天两班 10 h 计, 每套机组日产量(干重)为 9 t, 年产量以 100 个工作日计为 900 t。

大量沉水植物运送上岸后, 采用草架晾晒进行自然干燥, 在正常日照条件下, 2 天即可风干。自然干燥法成本低, 并可保持其青绿色和营养成分。如水草表面泥沙较多, 可冲洗或在粉碎后进行分选以降低灰分。新鲜沉水植物可切碎后直接饲喂, 也可打浆后掺入糠麸和其它添加剂使用。粉碎后的草粉可根据各种配方制成全价配合饲料, 沉水植物还可以青贮或压榨脱水后提取叶蛋白。

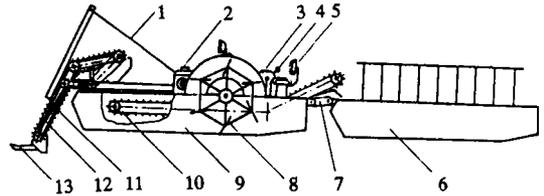
3 收获沉水植物对草型湖泊的治理与保护

3.1 转移湖泊内源性营养物负荷

据测定, 沉水植物平均含氮量为 2.4%、平均含磷量为 0.25%, 每收获 1 t 沉水植物即可从湖中去除氮 24 kg、去除磷 2.5 kg。模拟试验表明沉水植物对氮的去除率为 41%~64%, 对磷的去除率为 58%~73%。以乌梁素海为例, 目前每年输入的总磷为 56.14 t, 以湖水 0.02 mg/L 为控制标准, 超负荷输入总磷 36.5 t, 如果收获 1.82×10^4 t 沉水植物即可将超负荷的这部分磷转移出去。采用机械化方式收获沉水植物, 从而削弱湖泊内源性营养物负荷已成为大型植物响应型湖泊富营养化适度控制的核心问题, 是进行湖内治理的关键技术。

3.2 减缓湖泊沼泽化进程

湖泊天然富营养化的演化的进程是: 藻型贫营养 → 草 → 藻型重富营养 → 草型极富营养



1. 升降系统 2 发动机 3 变速箱 4 操作系统 5 驾驶座
6 装草船 7. 导料牵引板 8 明轮 9 船体 10 后输送链
11. 前输送链 12 切割架 13 割刀

图 1 9GSCC-1.4(A) 水草收割机结构简图

湖体沼泽化。据调查,内蒙古乌梁素海每年沉积的水生植物残骸(鲜重)约为 140×10^4 t, 所形成的生物掩埋作用已使湖底抬高速度达到 $6 \sim 9$ mm/a。乌梁素海的面积已由 50 年代的 677 km² 缩减为 293 km², 如不进行治理将在 100 年内被淤平, 在近 50 年内作为黄河河套灌区水利枢纽工程一部分的乌梁素海将开始对这一地区的农业生态产生破坏性的影响。收获沉水植物可使湖底淤积速度降低 80%, 是延缓湖泊衰亡进程的一种十分有效的技术手段。

3.3 改善水质保护渔业生产

沉水植物在腐败分解过程中不仅向水中重新释放出氮、磷营养盐, 而且还消耗大量溶解氧, 产生氨和硫化氢, 在冬季和初春时这种作用相当强烈。另外, 沉水植物过量生长充塞水体空间会使鱼类觅食、产卵、繁殖及栖息的生存环境受到压缩和限制, 而且沉水植物在较强的光合作用下大量消耗水中 CO₂ 可使水体 pH 值升至 10.06, 并使底层溶解氧降至 0。受上述水环境的影响, 许多湖泊的渔产量均随沉水植物的过量生长而呈下降的趋势。以乌梁素海为例, 随着其补给水源地—河套灌区化肥用量的增加, 苇蒲产量与沉水植物的生产力均已达到 6.4×10^4 t 以上, 而渔产量却由历史上最高产量 4085 t 下降到 300 t, 平均每 1 km² 水面仅 1 t (图 2)。据初步试验结果, 当水深为 1 m 时控制沉水植物生物量(鲜重)为 1.0 kg/m² 对净化水质和保证鱼、虾、蟹类摄食、栖息都是比较有利的。

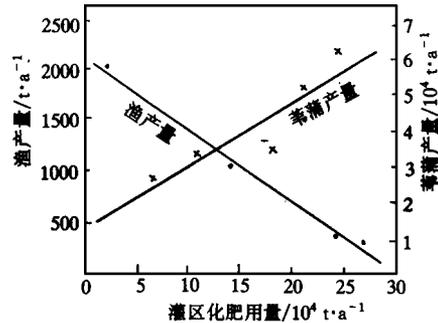


图 2 乌梁素海渔产量、苇蒲产量与灌区化肥用量的关系

3.4 保证河道输水能力

在京密引水河道、引滦工程河道及其它河道内, 繁茂的沉水植物占据了一定的河道容积, 流速及流量均受到影响, 输水能力降低约 25%。在夏季用水高峰期, 这种影响反而达到最大程度, 给城市生活及工业用水带来了严重的危害。适时收获河道内的沉水植物即可保证输水能力, 比投放草鱼除草要可靠得多。

3.5 保护湿地系统生物多样性

在沉水植物密集的湖区由于必须使用网箱捕鱼, 常会使赤嘴潜鸭以及珍贵的疣鼻天鹅等善于潜泳取食的鸟类, 特别是它们的幼鸟误入网箱而被闷死。据作样方统计, 仅乌梁素海每年这样死去的水鸟可达 50949 ± 23652 只。沉水植物的过量生长虽给水鸟提供了丰富的食料, 却间接地危害了它们的生存。在主要捕鱼作业区如清除沉水植物即可改善捕鱼方法, 不仅可以保护水鸟, 还可以降低捕鱼成本。

4 沉水植物的最低限度维持量

沉水植物是宝贵的生物资源, 它的兴衰影响着整个湖泊系统的结构与功能。综合分析对湖泊的有效保护、资源的最大程度利用以及维持湿地生态系统良性循环的需要, 必须确定一个合理的沉水植物最低限度的维持量。一般来说, 为了充分利用沉水植物资源, 收割工作是在沉水植物达到最大生产量时开始进行的, 而且首先是在生物量(鲜重)为 3000 g/m² 以上

的区域内逐步展开的,如果在沉水植物沉落之前注意保留 50 % 的面积不被收割,那么就可以实际保证 1495 g/m^2 的最低限度维持量。由此可见,合理的收割方式是:在给入湖口区 200 m 距离内保留沉水植物,以充分利用其净化水质和拦截固体颗粒物质的作用;在水鸟栖息、取食区以及产粘性鱼卵的鱼类活动区保留足够的沉水植物;在其余湖面采用分条或分块间隔收获的办法顺序收割,暂时保留 50 % 的沉水植物;在沉水植物沉落之前则全部收割。

5 结 论

1) 我国许多沉水植物的营养价值优于草原青干草、披碱草、沙打旺、向日葵盘、甜菜叶等,营养指标符合家畜家禽饲养标准,可用于喂养猪、鸭、鸡、鹅、牛等,其适口性和育肥效果均能满足饲养要求,而且因其钙、磷含量较高可作为其它全价饲料的重要组元。

2) 我国可开发利用的沉水植物资源量为 $108 \times 10^4 \text{ t}$ 以上,采用 9GSCC-1.4(A) 型水草收割机及其配套设备可以实现大规模开发,有条件发展成为一个新型的饲料行业。

3) 目前我国湖泊、水库控制外源性营养物质的输入是十分困难的,因此通过收获沉水植物有效地减少内源性营养物负荷已成为大型植物响应型湖泊富营养化防治的核心问题和关键技术。应用这项技术可为湖区农、牧、渔业的可持续发展创造良性的生态环境。

4) 利用沉水植物资源开发所获得的经济效益来推动我国湖泊及水环境保护工作,这是符合我国国情的一项实用技术。

参 考 文 献

- 1 金相灿,刘鸿亮,屠清瑛等. 中国湖泊富营养化. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 31~ 36, 79~ 81, 101~ 102, 194~ 195
- 2 陆健健. 中国湿地. 上海: 华东师范大学出版社, 1988. 4~ 5, 69~ 71
- 3 邢莲莲,杨贵生等. 内蒙古乌梁素海鸟类志. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1996. 22~ 23
- 4 陈耀东,马欣堂. 中国湿地植物资源及其保护问题. 湿地保护与合理利用- 中国湿地保护研讨会文集. 北京: 中国林业出版社, 1996. 132~ 136

欢迎订阅 1998 年《西北农业大学学报》

《西北农业大学学报》是国内外公开发行的综合性农业学术期刊。主要刊登本校各院、系、研究所(室)的科研新成果,适当刊登校外来稿。刊登内容包括农学、园艺、植物保护、资源与环境保护、动物科学、动物医学、经济贸易、食品科学、水利与建筑工程、机械与电子工程、基础科学、古农学等方面的学术论文、科研简报、文献综述等。读者对象为国内外农业科技工作者、高等院校师生及农业管理干部。

本刊为中国自然科学核心期刊、全国综合性农业科学核心期刊和中国科学引文数据库核心期刊。近年来,在全国和全省评比中,本刊先后 14 次获奖,1995 年获全国重点高校优秀学报一等奖,1996 年获第二届全国优秀科技期刊二等奖。本刊现已被国内外 18 家权威性文摘期刊、数据库固定转载或收录。

《西北农业大学学报》为双月刊,逢双月 25 日出版,每期定价 6 元,全年 36 元。邮发代号 52- 82,全国各地邮局均可订阅,亦可直接向本刊编辑部订阅。地址: 陕西省咸阳市杨陵区西北农业大学院内 邮编: 712100