

46-51

黄淮海平原封丘试区 水体营养状态的综合评价

蔡庆华 刘瑞秋[√] 黎道丰 倪乐意 伍焯田 梁彦龄

(中国科学院水生生物研究所, 武汉 430072)

S 917

摘要 选择封丘试区内有代表性的7类水体, 对其营养状态进行综合评价和聚类分析, 初步提出了用于水体营养状态评价的方法和标准。结果表明, 各水体营养状态可依其植物组成而明显分成挺水植物、沉水植物和浮游植物型等, 而且草型水体的营养指数均高于藻型水体。总的看来, 该试区各类水体营养状态较为相似, 营养指数均很高, 属富营养—重富营养型, 渔业发展潜力较大。

关键词 营养分类 综合评价 聚类分析 黄淮海平原
水体, 营养状态, 生物学

封丘试区属北温带半湿润季风气候, 光热资源丰富, 气候温和。全年日照时数为2300—2500h, 日照率为55%左右, 太阳年辐射量为460—500kJ/cm², 年均气温约14℃, 大于0℃的积温在5100℃以上, 无霜期220d左右, 降水量年际变动较大, 平均为550—650mm, 蒸发量约为降水量的3倍, 平均值为1860mm。由于受季风影响, 降水集中, 干湿季分明, 试区内坑塘、洼地众多, 渠道、河沟交错, 地下水源丰富, 水域总面积较大, 渔业开发前景良好。

水体营养状态是水体中各种营养物及其与各类生物关系的综合体现, 是影响渔业生产的重要条件之一, 而对水体营养状态进行综合评价则应是一个将定性问题量化的多变量综合决策过程。本工作选择封丘试区内有代表性的主要水体, 应用层次分析定量地评价水体营养状态, 应用聚类分析动态地研究水体间营养状态的相似性, 为黄淮海平原水体的开发利用提供科学依据。

一、样点选择与工作方法

鉴于过去对该区水体缺乏全面了解, 故工作中选择多类水体计14样点进行研究(表1, 图1)。

曹岗湖(35°N, 114°39' E)地处封丘县东南部, 由黄河决口冲刷而成, 呈南北向狭长形, 长约2.4km, 宽仅0.35km, 水面约86×10⁴m², 可分为中心敞水区(浮游植物占优势, 深1.8m, 样点1)和北部挺水植物区(面积40×10⁴m², 芦苇、蒲草和大茨藻群丛分布其中, 深0.5m, 样点2)两大部分。近年来该湖渔业已初具规模。

潘店芦苇荡(35°02' N, 114°33' E)位于封丘县东部, 呈东西向狭长形, 长7—8km, 宽

0.6—1.2km 总面积 $667 \times 10^4 \text{m}^2$, 跨潘店、留光和油坊三个乡。由天然渠、天然七支(以下简称七支)、天然八支(简称八支)将其分为四个部分。七支、八支间为主要水体(即潘店芦苇荡), 面积 $200 \times 10^4 \text{m}^2$, 芦苇和蒲草生长茂盛。根据其形态和植物分布特征^①, 设 6 个采样点: 中心为 3 站(水深 1.8m, 优势植物为芦苇和香蒲), 屯里排入水口为 4 站(水深 1m, 优势植物为马来眼子菜), 大黑岗村北为 5 站(水深 1.5m, 优势植物为香蒲), 6 站位于 3 和 5 站间, 有水道连结两岸(水深 1.5m, 优势植物为香蒲), 七支入水口之东为 7 站(水深 1.4m, 优势植物为芦苇), 八支入水口为 8 站(水深 1.7m, 优势植物为藻类和马来眼子菜)。

表 1 水体类型及样点分布

Tab. 1 Types of waters and the distribution of sampling points

类 型	Type	位 置	Site	编号 No.
湖 泊	Lake	曹 岗 湖		1, 2
芦 苇 荡	Reed marshes	潘店芦苇荡		3—8
坑 塘	Puddle	曹 岗 村		9
洼 地	Depression	国道 106 旁		11
渠 道	Canal	申庄排, 天然八支		10, 12
苇 田	Paddy field	加 堤 村		13
地 下 水	Ground water	封丘试验站内		14

此外, 还选择了坑塘一处(曹岗村西, 面积为 $6.67 \times 10^4 \text{m}^2$, 水深约 1.5m, 优势植物为莲, 样点 9), 洼地一处(鹿合村北、国道 106 旁, 面积约 $2 \times 10^4 \text{m}^2$, 水深 1.3m, 浮游植物占优势, 样点 11), 苇田一处(加堤村北, 面积 $6.7 \times 10^4 \text{m}^2$, 水深 1.8m, 优势植物为芦苇, 样点 13), 渠道两条: 申庄排(国道 106 旁、水深约 0.5m, 优势植物为芦苇, 样点 10)和天然八支(老庄树东, 水深约 1.8m, 优势植物为芦苇和马来眼子菜, 样点 12), 地下水一处(封丘试验站内, 样点 14)。

各样点均按水化学常规方法采集并测定了 7 种主要营养物(硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮、总氮、磷酸盐、总磷和硅酸盐)浓度(单位均为 mg/L), 并以其为指标进行评价和分析, 其中比色仪器用国产 721 和 751 分光光度计, 相似系数按归一化后的夹角余弦公式计算^[4,5], 数据处理用自编及通用统计软件在 IBM-PC/XT 微型计算机上进行。

二、结果与讨论

(一) 评价标准与权重分配

关于划分水体营养类型的标准, 不同作者虽有不同, 但总的趋势还是比较一致的。本工作综合国内外提出的若干标准^[2,6,9,10,13,14], 为避免各单项指标对水体营养状态划分的多一对应, 严格定义了各单项指标与营养类型相对应的区间范围, 提出适于评价我国水体营养类型的标准(表 2)。

① 倪乐意等, 封丘试区水生大型植物区系及优势种(芦苇)现存量与生产力研究, 1990。

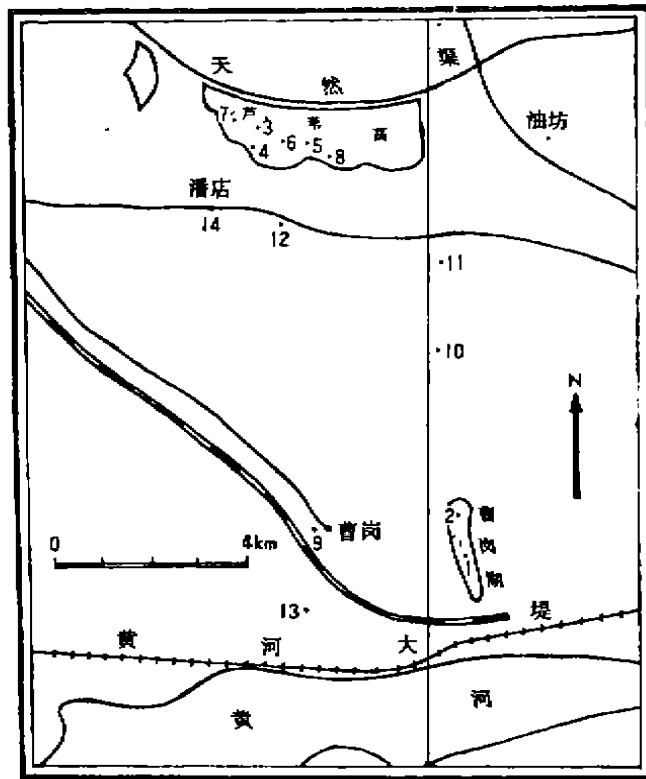


图 1 样点分布示意图

Fig. 1 Distribution of sampling points

表 2 水体营养类型的划分标准

Tab. 2 Trophic classification of water bodies

营养类型 Type	级贫营养 U-O	贫营养 O	贫-中营养 O-M	中营养 M	中-富营养 M-E	富营养 E	级富营养 H
NO ₃ -N	<0.05	<0.1	<0.2	<0.4	<0.5	≤0.8	>0.8
NO ₂ -N	≤0.001	≤0.003	≤0.1	<0.03	<0.05	≤0.2	>0.2
NH ₄ -N	<0.05	<0.1	<0.3	<0.5	<0.7	≤1.0	>1.0
TN	<0.1	<0.25	<0.5	<0.6	<1.0	≤1.5	>1.5
PO ₄ -P	<0.001	<0.005	<0.01	<0.03	<0.05	≤0.1	>0.1
TP	<0.001	<0.005	<0.01	<0.03	<0.05	≤0.1	>0.1
SiO ₂	<1	<5	<10	<25	<40	≤50	>50
得分 Score	10	20	30	40	50	60	70

U, ultra, O, oligotrophic, M, mesotrophic, E, eutrophic, H, hypereutrophic

采用 1—9 及其倒数的标度方法^[3,12](表 3), 两两判别上述 7 个指标的相对重要性, 构造出层次分析的判断矩阵:

1	7	3	1/4	1/3	1/5	2
1/7	1	1/5	1/8	1/7	1/9	1/4
1/3	5	1	1/6	1/5	1/7	2
4	8	6	1	2	1/2	8
3	7	5	1/2	1	1/5	5
5	9	7	2	5	1	9
1/2	4	1/2	1/8	1/5	1/9	1

相应的权重分配为(8.6%,2.0%,5.1%,24.9%,15.9%,39.7%,3.9%),其中最大特征值 $\lambda_{max}=7.527$, $CR=0.072 < 0.1$, 具有满意的一致性,说明该权重可用于评价水体营养状态。

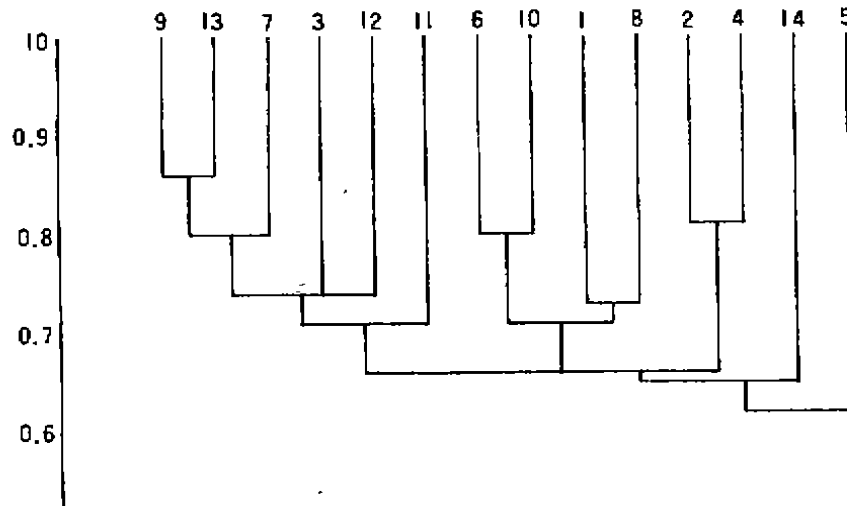


图 2 封丘试验区不同类型水体营养状态的动态 Fuzzy 聚类图

Fig. 2 Dynamic Fuzzy cluster of trophic states of the water bodies in Fengqiu Area

表 3 判断矩阵标度及其含义

Tab. 3 Scoring and meaning of judgement matrix

标 度 Score	含 义 Mean
1	两个因素相比,具有同样重要性
3	两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻评判的中值
倒 数	因素 i 与 j 比较得判断 b_{ij} , 则 j 与 i 比较得 $b_{ji}=1/b_{ij}$

(二)评价结果

根据各样点 7 项指标的测定值,按表 2 的标准可以得出各指标的单因子得分,与上述权重分配结合起来,即可得各样点 7 项指标的加权得分(表 4),该值即为各样点营养状态的综合评价结果(即营养指数)。总的看来,封丘试区各类水体的营养指数都很高,与武汉东湖相似(1981—1985 年东湖中心站平均营养指数为 58.78^①),均属富营养-重富营养型水体,从环保角度虽有待改善,但从发展渔业上说则条件较好。若将村旁边众多荒废的坑塘、洼地充分利用起来,渔业生产潜力相信是很大的。值得注意的是,地下水的各种营养物含量都很丰富,看来,如何合理地开发利用丰富的地下水资源,应是今后黄淮海平原开发中的一个重要课题。

表 4 各样点单因子得分及加权平均值

Tab. 4 Scoring for parameters and weighted means of each sample

因子 PM	权重(%) Weight	样点 Samples													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
NO ₃ -N	8.6	20	30	30	30	20	30	30	10	20	30	20	20	20	20
NO ₂ -N	2.0	40	40	40	40	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40
NH ₄ -N	5.1	30	30	30	30	20	20	40	20	40	30	30	40	30	30
T-N	24.9	60	70	70	70	70	60	70	60	60	60	70	70	70	60
PO ₄ -P	15.9	60	70	70	60	60	60	70	60	70	60	60	70	70	60
T-P	39.7	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	60	70	70
SiO ₂	3.9	20	20	40	40	40	40	40	40	40	30	30	40	40	40
加权 WM	100.0	57	62	63	61	60	58	63	56	60	58	60	62	62	58

PM: parameter, WM, weighted mean

(三)聚类分析

综合评价,实际上是通过某种映射,将上述七个指标所组成的 7 维营养空间的点投影到 1 维空间,从而得到人们易于比较其大小的纯量。但在投影过程中,或多或少会有信息损失。而聚类分析则是直接研究 7 维空间中点与点之间的相似关系,它避免了投影过程中信息损失的问题,但无法定量地比较类与类间的大小。因此,工作中应将此二种方法结合起来使用,才能得出更为客观准确的结果。

图 2 是各样点营养状态相似程度的动态聚类图。在 0.71 的截集水平上,可分为 5 种主要类型:A 类{3,7,9,12,13}为挺水植物型,B 类{6,10}为河道草型,C 类{1,8}为浮游植物型,D 类{2,4}为沉水植物型,E 类{14}为地下水型。宏观地看,A—D 类为地表水型,而 E 类是地下水型。不难看出,聚类分析的结果与上述综合评价的结果是一致的,即营养指数最大的几个样点(>62,样点 9 除外)归为 A 类,次大的样点(61 左右)归为 D 类,营养指数较小的样点(58 左右)归为 B 类,最小的(<58)归为 C 类,等等。结合前述各样点的营养指数,可划分 A、D 类为重富营养型,B、C、E 为富营养型。值得注意的是,草型(挺水、沉水或河道型)水体的营养指数均大于藻型水体,看来大型植物因多年消长形成大量沉积物,在降解过程中其营养盐对水体有显著的回归。

① 袁庆华等,武汉东湖富营养化程度的综合评价。海洋与湖沼(待发表),1990。

参 考 文 献

- [1] 刘建康(主编). 东湖生态学研究. 北京, 科学出版社, 1990.
- [2] 何志辉. 中国湖泊和水库的营养分类. 大连水产学报, 1987, (1), 1-10.
- [3] 赵焕臣等. 层次分析法. 北京, 科学出版社, 1986.
- [4] 蔡庆华. 东湖生态系统污染状况的 Fuzzy 聚类分析. 水生生物学报, 1988, 12(3): 193-198.
- [5] 蔡庆华. 武汉东湖浮游植物水华的多元分析. 水生生物学报, 1990, 14(1): 22-31.
- [6] Jorgensen, S. E. , Lake management. Pergamon Press, Oxford, 1980.
- [7] Legendre, L. & Legendre, P. , Numerical ecology. Elsevier Sci. Publishing Co. Amsterdam, 1983.
- [8] Liang, Y. L. et al. Primary production and fish yield in Chinese ponds and lakes. *Trans. Amer. Fish. Soc.* , 110: P346-350, 1981.
- [9] Liang, Y. L. et al. , Hydrobiology of a flooding ecosystem, Lake Chenhu in Hanyang, Hubei, with preliminary estimation of its potential fishery production capacity. *Chin. J. Oceanol. Limnol.* , 1988, 6(1): 1-14.
- [10] Likens, G. E. , Primary productivity of inland aquatic ecosystem. In *Primary productivity of the biosphere* (H. Lieth & R. H. Whittaker eds.), 1975, 185-202.
- [11] Miura, T. & Cai, Q. , Annual and seasonal occurrences of the zooplankton observed in the north basin of Lake Biwa from 1965 to 1979. *Lake Biwa Study Monographs.* , 1990, (5): 1-35.
- [12] Saaty, T. L. , The analytic hierarchy process. McGraw Hill Inc. , 1980.
- [13] Stuessy, T. F. , Plant taxonomy, the systematic evaluation of comparative data. Columbia Univ. Press, N. Y. , 1990.
- [14] Wetzel, R. G. , Limnology, 2nd ed. Saunders College Publishing Company. Philadelphia, 1983.

COMPREHENSIVE EVALUATION OF TROPHIC STATES OF WATER SYSTEMS IN FENGQIU EXPERIMENTAL AREA OF HUANG-HUAI-HAI PLAIN

Cai Qinghua Liu Ruiqiu Li Daofeng
Ni Leyi Wu Zhaotian Liang Yanliang
(*Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan 430072*)

Abstract

Comprehensive evaluation and cluster analysis of trophic state were made on seven representative aquatic systems in the Fengqiu Experimental area. Based on the vegetation, the aquatic systems can be divided into emergent-macrophyte type, submerged-macrophyte type and phytoplankton type. The trophic indices of the macrophyte-type waters were higher than those of the phytoplankton type waters. In general, the trophic states of various aquatic systems were rather similar to each other with high indices. Thus, the waters are eutrophic or even hypereutrophic, possessing great potential for fishery development. A brief account on the standards and methods for the evaluation of trophic state of water bodies is given.

Key words trophic classification, comprehensive evaluation, cluster analysis, Huang-Huai-Hai Plain