

水生生物学研究法

〔苏联〕B. И. 柴金著 李志誠 朱学宝 倪 勇等译

上海科学技术出版社

水生生物学研究法

〔苏联〕B. И. 柴 金 著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

水生生物学是一門比較新的学科。本书对水生生物学的定义和任务,各种水生生物的調查和研究方法,以及在水域和實驗室中应用的实验方法,其中包括放射性同位素的应用,有較全面而系統的介紹。可供水生生物学、海洋学和湖沼学研究者以及水产工作者参考,也可作水产院校的教材。

参加本书翻譯工作的除李志誠等同志外,尚有熊国强、陈亚盟、蔣定和、錢世勤、李世政等同志。

МЕТОДЫ ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

[苏联] В. И. Жадин

Гос. Изд. "Высшая школа" 1960

水生生物学研究法

李志誠 朱学宝 倪 勇 等譯

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印张 6 14/32 排版字数 170,000

1963 年 12 月第 1 版 1963 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1,300

統一书号 13119·548 定价(十二) 0.92 元

前 言

編写这本教材的目的是为了帮助大学生物系和生物土壤系的学生以及新参加工作的科学工作者——水生生物学、海洋学和湖沼学研究者——进行有关海洋及淡水水生生物学調查方面的独立工作。

本书以国立 A. A. 日丹諾夫列宁格勒大学的讲课教材为基础，并根据著者在水生生物学方面多年来所取得的工作經驗和参考了有关文献編写而成。

本书按照下列計劃編写。在緒論中敘述了水生生物学的定义，水生生物学研究在整个国民經济中的任务，并指出解决各种水生生物学問題的途径。第二和第三章介紹了水底生物(底栖生物)的調查和研究方法。第四和第五章介紹了水层中的生物(浮游生物)的調查和研究方法。第六章闡述了用生物学分析各种水生生物类群(魚类除外)的生活史的方法。关于魚类的研究另有大量的专著介紹，本书不再論述。第七章在一定程度上，总结了在漁业經济和漁场生产任务方面运用水生生物学研究的成果。第八章介紹了在水域中工作时应用的实验方法。第九章敘述了在实验室条件下工作时的实验方法。在这些章节里对放射性同位素的应用相当重視，为在水生生物学研究中使用新技术开辟了新的途径。

每章后面附有文献目录。这些文献目录虽然不够完备，但对讀者进行独立的研究工作可能有所帮助。在正文中沒有注明文献来源。

在本书編写过程中，列宁格勒大学副教授 З. И. 柯比亚科娃曾給著者提供了有关海洋浮游生物和底栖生物材料的采集和处理方法的資料；Г. Г. 文貝尔格，К. А. 波罗斯基，Л. А. 津凱維奇，А. Е. 克里斯，В. С. 庫津，А. С. 特罗申，П. И. 烏薩契夫等同事，

对本书提出了不少宝贵的建议,并赠与有关图片等,著者表示衷心的感谢。

目 录

前 言

第一章 緒 論	1
水生生物学的任务	1
水生生物学研究的内容	15
参考文献	24
第二章 底栖生物的采集方法	28
定性采集工具	28
定量采集工具	33
研究底栖生物时同时进行的水文学观测	46
不同水域的工作特点	48
参考文献	51
第三章 底栖生物的处理方法	55
材料的洗滌、選擇和固定	55
材料的整理、計数、称重、測定和資料的記錄	58
資料的整理和研究結果的图示	62
参考文献	70
第四章 浮游生物的采集方法	73
定性采集工具	73
定量采集工具及其采集方法	77
研究浮游生物时同时进行的水文学观测	92
不同水域的工作特点	94
参考文献	98
第五章 浮游生物的处理方法	99
浮游生物标本的保存和标签的貼制	99

标本的定性处理和鉴定	101
标本的定量处理——計数、体积測定、称重和叶綠素分析法	102
資料的整理和研究結果的图示	111
参考文献	115
第 六 章 群体的生物学分析方法	118
細菌和藻类的繁殖速度	118
藻类发育的季节循环	120
高等水生植物的物候学观察	123
海水和淡水无脊椎动物的生物学周期	125
参考文献	137
第 七 章 魚类餌料組成的研究	139
材料的采集	139
材料的处理	141
資料的整理和研究結果的图示	144
魚类餌料昼夜数量的測定	149
参考文献	153
第 八 章 野外試驗	155
光合作用强度的研究方法	155
水生生物生产力試驗法	164
水域施肥問題的研究	167
魚类吞食浮游生物和底栖生物的观察	170
参考文献	171
第 九 章 室內試驗	173
示踪原子法	173
水生无脊椎动物营养的研究	179
活餌料的培养	184
研究水生动物气体代謝的最簡便方法	186
研究魚类和无脊椎动物渗透压的最簡便方法	190
参考文献	194
俄汉人名对照表	197

第一章 緒 論

水生生物学的任务

水生生物学是一门研究水生生物——細菌、水生植物、无脊椎动物和脊椎动物——与生存条件相統一的綜合性生物科学。水生生物学研究的对象不仅是水生生物的单独的个体和个别的种类，而且也研究水生生物类群、生物群落和栖息在水域中的所有生物——低等水生生物。水生生物学在研究水生生物生产力的基础上研究水域的生物生产力，并制定积极控制水域生物生产过程的方法。

作为一门理論性的科学，水生生物学研究水生生物及其类群在一定的水域条件下，当盐度、温度、水色透明度发生或大或小的变动时，以及在某种底质上当环境因子发生季节性或长期性的变化时，对生活的适应性問題，在理論上解决有关水域生物生产力問題，以及水生生物积累各种罕见的、分散的和污化水域的物质等方面的某些問題。

同时，水生生物学也有着巨大的实践意义。在进行漁业开发和利用海洋或大陆水域等各种工作中，水生生物学的研究是不可缺少的組成部分。在关于利用水域供水的问题，在檢驗水质、拟定保护水质免受污染，以及淨化污水和飲水的方法等方面，水生生物学也有积极的作用。水生生物学的很大一部分是研究保护水利建筑物免受水生生物的危害，防止船只底部附着水生生物，預防金属和混凝土建筑物受到腐蝕等。水生生物学的研究对解决一系列医学和兽医学問題具有重要意义。因为这些問題同通过水和水中生物传染各种疾病是相联系的。最近在农业灌溉上水生生物学的作用也日益显著。

现在比較詳細地談談水生生物学的实际应用部分，以及解决各种理論和实际問題的水生生物学研究方法。

这里應該指出：虽然我們认为栖息在水中的一切脊椎动物也是水生生物学的研究对象，但本书因限于篇幅，对魚类和水生哺乳动物的特殊研究任务和研究方法未加闡述。显然，这与这些水生生物类群的巨大实际意义是不相适应的，同时也沒有反映出有关这方面的大量文献，特别是关于魚类方面的。但是我們在第七至第九章中敘述了研究魚类食餌、魚类吞食浮游生物和底栖生物的方法，同时也介紹了研究气体代謝和魚类渗透压調节的最簡單方法。

水域內魚类資源和非魚类資源的开发問題

(漁业水生生物学)

目前，苏联許多科学研究机关几乎在世界各个地区（从南极到北极——在太平洋、大西洋和印度洋）进行大面积的海洋学和湖沼学的研究，并对水生生物資源——魚类、哺乳类、經濟无脊椎动物、高等水生植物、藻类和有經濟价值的水底沉积物的調查研究特別重視。

海洋水生生物学研究是同其他的海洋学工作，以及水文物理和水文化学观测一起进行的。如果是在船上或小艇上以考察方式进行研究，那末工作計劃內必須包括研究水层中光合作用問題；利用定性和定量方法采集浮游动植物；利用拖网、采捕器和采泥器采集底栖动植物。考察队应研究浮游生物在一昼夜內白天和晚上的洄游情况，魚类的索餌洄游，并采集有关魚餌的材料。

将水生生物学研究的材料与漁业偵察資料及水生生物学工作成果相比較后，便能判明魚类和其他經濟生物分布的規律性。所有这些材料是編写漁捞海图和其他經濟文献的依据。

如果在我們进行研究的海上建有生物学工作站，那末水生生物学研究规划就可大大地扩充和深入。生物学工作站对考察研究的每一个問題可以作全年的考虑，并且有可能在自然界中或者实

驗室內進行實驗。

在生物學工作站上可以研究水生植物和無脊椎動物的生活史，魚類和其他脊椎動物的餌料的季節變化，浮游和底栖生物優勢種的生物學問題。這裡還可以進行生理學的研究，並廣泛地運用放射性同位素。根據生態-生理學原理所進行的物候學觀測是站在水生生物學工作最有成效的形式。在使用這種研究方式時，必須觀察浮游生物和底栖生物組成的變化，同時定期分析群體的年齡組成，有機體的生理狀態，並注意魚類腸胃中是否有被研究的無脊椎動物以及它們的數量多少。

研究魚類、經濟無脊椎動物和植物時，不應該停留在对被研究海區內某種資源的檢定階段上。如果漁業所利用的種類在數量上開始顯著地下降時，必須擬定擴大和增殖的方法（人工養殖或從其他海區移殖該種新的能大量繁殖的個體；馴化新的漁撈對象和它們的餌料生物；限制捕撈該經濟種類，等等）。

在大陸水域——湖泊、河流和水庫進行漁業開發時，大致也根據同樣的方案組織水生生物學的研究。這裡同樣要研究光合作用，浮游動植物、水生植物、水生動物區系、餌料、魚類的分布與洄游；同樣進行物候學觀察，動植物的生態-生理學研究。考察研究同固定的觀測相結合。採取各種措施，如改良水域土壤，保護水域免受污染，移殖魚類和餌料生物，制訂和執行捕撈規則，使水域中的經濟資源保持於高水平。

如果在海水和淡水中，水生生物學研究的對象是經濟無脊椎動物或植物（海水中：各種甲殼動物、軟體動物、棘皮動物、藻類；淡水中：河蝦、瓣鰓綱、蘆葦、香蒲和絲藻類），則應根據它們的棲息條件及捕撈特點重點調查其資源、生物學和增殖速度。

在解決維護洄游性和半洄游性魚類的資源問題時，特別是在河流上有水利建築物的條件下，水生生物學面臨著特殊而重大的任務。

大家知道，那些在不同鹽度條件下（在海洋和淡水中）繁殖和生長的魚類稱為洄游性魚類，它們從出生的地方經過數千公里的

洄游到索餌和肥育的地方,然后又从肥育的地方回到繁殖的地方。

极大多数洄游性鱼类(鱈科、鲑科、七鳃鳗、鲱科和鲤科)都是在河流里或部分地在湖泊里繁殖,而在海洋里肥育。只有一种洄游性鱼——鳊鱼——有着反常的现象:它是在海水里繁殖,而在淡水(主要是湖泊)中肥育。

河流上建筑拦河坝,在大多数情况下会使洄游性鱼类失去天然产卵场。为了在某种程度上减少拦河坝对洄游性鱼类的不良影响,必须建筑鱼梯(在产卵场位于拦河坝上游的那些河流上),或者建立鱼种繁殖场和人工产卵场(在那些被水库的水淹没的天然产卵地区)。

在洄游性鱼类栖息的所有区域内——无论是在海洋里或是在淡水里,都应进行水生生物学的研究:研究鱼类的营养和渗透压调节作用,引起鱼类洄游的外界条件和生理因素,自然和人工产卵场的物理、化学、生物学条件。

在建立鱼种场和鱼类养殖场时,水生生物学家担负的重要工作是:组织活饵料的培养,拟定养殖洄游性鱼类稚鱼的池塘施肥原则,研究在水池和池塘蓄养条件下仔鱼和稚鱼的新陈代谢,等等。

与洄游性鱼类资源的人工增殖有关的水生生物学研究的最后部分是研究洄游性鱼类的幼鱼降河入海的问题,并且采用各种标志放流的方法,包括放射性同位素在内。

同样生活在不同盐度条件下,但是以比较短的距离从位于河口附近海区淡水部分的索餌和肥育场洄游到产卵场的那些鱼类,称为半洄游性鱼类。半洄游性鱼类通常在河流的三角洲的洼荡处繁殖。在没有调节系统的河流上,这种洄游通常不会遇到什么障碍。只有在春汛低水位的年份里,鱼类进入洼荡水域常会发生困难。在被一个或许多拦河坝隔断的河流里,半洄游性鱼类(在苏联欧洲部分属于此类的有栖息在河流下游的梭鱼、野鲤、鳊鱼、拟鲤和赫氏斜齿鳊)的生活条件完全改变了。由于淡水的数量不断减少,海水咸淡水区域及其中的饵料条件恶化了,春汛给三角洲

带来的水量既少,而春汛本身来临的期間又比較迟,因此,或則鱼类进入洼蕩的通道完全被隔斷,或則当春汛来临时,鱼类已經失去繁殖的刺激因素。

为了緩和水文状况改变后的不良影响,必須采取各种漁业上的措施:捕撈半洄游性鱼类的亲鱼,再把它們放回到洼蕩里去,組織人工产卵-孵化场。

無論在海洋或是在河流的三角洲上,都要进行半洄游性鱼类的水生生物学研究;研究鱼类、浮游生物、水生动植物的生态学,鱼类在不同发育阶段和底层无脊椎动物的渗透压調节,寻找具有自动調节渗透压特性而能够在海和三角洲的变化条件下生存的动物,組織广泛的河流生物学和生物径流的研究(即研究河流一年內所流过的浮游細菌、浮游动植物、底栖生物、漂腐生物和生活性物质的数量)。

在产卵-孵化场的池塘里,研究作为半洄游性鱼类及其后代餌料基础的浮游生物和底栖生物,拟定預防池塘水生-沼澤植物滋长的方法,用无机肥料和植物性肥料进行池塘施肥的試驗,以及进行瘡蚊的防治。运用放射性同位素磷和鈣来研究半洄游性鱼类的幼鱼降河入海問題。

虽然广泛地采取了各种漁业措施,但洄游性和半洄游性鱼类的数量年复一年地减少,因此必須尽可能更好地組織水庫漁业工作。許多水庫建成后,就运入大量的亲鱼(野鯉、鰱鱼、梭鱸)。必須采取措施以加强和改善水庫中的餌料基地——把成千上万的新糠虾属和其他的甲壳动物从河流的三角洲和河灣移入水庫里,建議把軟體动物和蠕虫的幼体也移植到水庫里去。

在設計水利工程建筑的时候,就应该开始水生生物学的研究工作。考察河流及其河滩地区的水域,在各种性质的河滩水域內,研究具有不同流速的各区域的浮游生物及底栖生物;統計不同季节和全年內的生物量和生物径流,搜集有关鱼类繁殖和餌料的資料。

用类推(与其他水庫类比)的方法,預測水庫內、河流上出現的

水生生物学情况。在设计利用水库渔业的措施时,同样要用到这种预测预报。

在拦河坝建成以后,应立即继续进行水生生物学研究工作。研究新水域的形成过程:淹没后的土壤成为水库的底质,河流及河滩地水域的动植物区系的命运,浮游生物和底栖生物的生长发育,鱼类区系的形成,在新的环境条件下鱼类的营养和繁殖情况。应特别注意水库中的干涸地带,搜集喜湿植物和水生植物的品种,这些植物既有利于鱼类的繁殖,在某种程度上又能补偿作为畜牧业饲料基地的草原总面积的减少。

对池塘养鱼业的正常工作和精确规划来说,经常性的水生生物学调查和管理也是必要的。无论在新建的池塘里或是采取施肥和其他强化措施进行开发的整个时期内,水生生物学工作都是必不可少的。在考虑池塘应否停止利用和歇夏的问题时,水生生物学家的意见也是有决定性作用的。

通常在池塘内进行水生生物学调查时,必须测定其中的光合作用强度(用氧和同位素方法),研究浮游动植物和底栖生物种类组成和数量变动,测定昆虫(特别是摇蚊)从池塘内飞出的日期和数量,以及对鱼类有害的并与鱼类相竞争的无脊椎动物和脊椎动物的发育情况,研究鱼类的营养。

必须进行微生物学的研究,即研究浮游细菌的动态,测定水和底质中各种生物学类群的细菌(硝化细菌、反硝化细菌、固氮细菌)的含量。

如果在池塘里进行人工施肥(无机、有机或综合性的肥料),则水生生物学应从水生生物生产力研究开始,根据这种研究工作可以确定水中藻类某种营养物质的不足。

施肥后,最初每天(以后隔得久些)观察水生生物对所施肥料的消耗,有机肥料的分解,浮游生物和底栖生物的发育,鱼类的饵料情况等。尤其要注意水和池塘土壤之间的相互作用,即研究土壤对某一部分肥料的吸附作用,以及肥料由土壤归还到水中(肥料的后效)。此项工作用放射性同位素磷、钙的方法进行,效果很好。

用于漁业和作为食品及工业原料的原球藻（主要是各种小球藻）的培养問題，是最近在水生生物学研究領域內新产生的部門。目前，在苏联、美国、日本、以色列等各个国家都建有大规模的生产原球藻的设备。利用这些设备，一昼夜內每平方米可以培养10克（干重）以上的藻类，即每公頃达100公斤以上。其中的研究工作是：探索适于繁殖和培育出在化学及維生素組成方面最有价值的藻类新型品种；研究最适合于藻类生长发育的化学、光与温度条件，試驗用二氧化碳供应藻类培养物的最好方法。

研究各种培养物之間——藻类的各別种之間，藻类和无脊椎动物，藻类、細菌和病毒之間生物群落关系的作用，应该认为是研究工作的一个重点。

水生生物学研究在这方面的技术工作，主要是探索藻类的采收方法，以及利用下水道中的污水作为藻类的培养液。

有关供水、防止水域污染、淨化污水和飲水問題

（卫生水生生物学）

在有关供应居民、工业和农业等用水的整个国民經济最重要的工作中，水生生物学研究占有显著的地位。在解决目前大家所注意的国际性問題——防止水域污染和拟定淨化工业与城市污水的方法时，水生生物学研究更具有重大的意义。

地面水（河流、湖泊和水庫）在很大程度上是供水的来源，水生生物学家应把自己的注意力集中在研究这些地面水上。对每一条河流、每一个湖泊和水庫的調查研究都有它自己的特点，而这些特点在調查計劃中必須加以考虑。总的原則：进行定期的水生生物学观测，浮游生物每十天左右調查一次，底栖动植物每月調查一至两次。所有这些工作必須全年进行。設立定期观测站的数目取决于水域的特点。

在河流上，水生生物学观测大部分是在一个或数个固定的基准点上进行（同时也进行水文学工作），并且还要考虑到入海支流

方面可能产生的影响和由于污水进入河流而形成水流的非均匀性。

除基准点上的工作外,一年内进行一二次的河流考察研究,查明污染河流的水源,并繪出拟用的和正在用作供水的地区。

在湖上应特别注意浮游生物的垂直分布情况,由风力引起的湖底淤泥的移动,各种藻类所形成的水花现象,以及高等水生植物的发育与衰亡。

在水庫内进行卫生生物学調查时,水花問題是一个重要的課題,而水生生物学工作在于研究浮游性藻类大量繁殖的周期性及其在水层中分布的深度,拟定防止水花的方法,加强水庫的淨化效果,以及改善短期預測水花的方法。

在調查供水水源时,水生生物学研究必須同微生物学、水文、化学工作紧密結合,根据所有調查材料的綜合,并考虑当地的卫生情况,决定該水源是否适作飲水和工业用水,并确定蓄水池的地点。

严重污染的水任何人一望而知,可是污染不甚严重的水,虽然会影响或已經影响到水的质量和水生生物的生理,却不易受人注意。在这种情况下,水生生物学能提供极精細的方法,以揭露任何程度的污染,即使水中只有极零星的污染,也能查得出来。在污染有机物质(造紙和纖維工业的废物)的影响下,水域中形成了一幅生物学图象,根据污染程度,可以分为:实际淨水带或寡污带,中度污染带(中污带)和强烈污染带(极污带)。

上述每一个地带都有一定的污染指标——大量的各別污水生物种类,或者具有数量指标特征的污水生物类群(生物群落)。

在河流中对污染进行水生生物学研究时,特別要注意那些营附着性生活和活动性較小的生物类群,即周丛生物(附着在水下物体上的生物)和底栖生物。在被污染的湖泊与水庫中,或在大面积污染的河流内,浮游生物也可以作为污染指标。借助水生生物学的調查,还可以确定所謂水域次生污染的发源地,即水域中某些区域和地带虽然沒有直接受到污水的影响,但是在河流上游污染影

响下发育起来而后又被水流带到下游的有机体(真菌、細菌群体和某些藻类)在这些水域地带不断地积聚起来,并且腐烂。

至于水域被无机物质污染的问题,到现在为止,还没有建立起一个完整的水生生物的自净作用的体系。这方面水对污染物质来说是稀释者和扩散者,而水生生物则是积累者。后者在清除水域被无机物质污染的过程中,起了决定性的作用,并使无机污染物质最后变成水底沉积物。

目前,在无机物质的污染作用方面,只能提出一个水域自净工作的大概情景。在水生生物体内积聚污染物质不多的情况下(其原因在于大量集中的污秽对水生动植物区系的大多数种类有毒性作用),在水域内被污染的地方,就形成了污染物质大量积聚的地带。随着污秽的稀释而形成中污带和寡污带,在这些地带大部分的污染物质积聚在水生生物体内或水域底部。有机体-污染物质积累者(浮游生物和底栖生物也属之)从中污带和寡污带移向未被污染的地区,它们不断地自然死亡,于是这里就形成了次生污染的泉源。鱼类能积极地散布积累在自己体内的污染物质,因而它们也起着类似的作用。只有使无机污染物质沉入底部,或掺入稳定的底部沉积物中,水域才能彻底洁净。

在水域被无机物质污染时,研究工作一方面是进行水的化学分析——测定离子状态、胶体状态和悬浮状态污染物质的含量,另一方面也要研究水生生物,并对底部沉积物进行化学的和生物学的分析。

在人工净化污水时,也利用自然因素,其中包括水生生物。现在生物学的净化方法不仅适用于有机物的污染,而且也适用于特别危险的有毒的污染。

对净化建筑物的水生生物学研究,在于研究个别种和个别生物类群(細菌、藻类、动物),即研究它们在积累某些物质和使有机化合物无机化方面的活动性。在污水净化的不同阶段,研究各种生物类群的生理学,可为确定净化建筑物工作效率的生理学指标提供丰富的材料(例如在生物过滤器上发现 *bedjiatoa* 硫細菌,

表明淨化过程沒有完成)。

在淨化自来水管道的建筑物——沉淀池、过滤器以及接触氧化器时,也进行类似的水生生物学研究。

在檢驗水的洁淨程度时(水样取自水塔或自来水龙头),水生生物学分析有时是很必要的。

預防水利建筑、船只、碼頭、木料的、金属的和混凝土建筑物免受水生生物的損坏、附着及腐蝕

(技术水生生物学)

水下的或受水流冲刷的任何建筑物,航行在海洋、河流、湖泊和水庫上的各种船只,各种类型的碼頭及港口建筑物上,都附着細菌和水生动植物。任何一种水下的金属或鋼筋混凝土建筑物,如果不加以应有的保护,都会受到腐蝕,而生物附着常常是这种腐蝕的开始阶段。有破坏作用的蛀木生物,往往栖息在海上的每一艘木船或是木制建筑物内部。無論在海水或淡水的条件下,特别是在局部污染的地方,自来水管和冷凝管上有时会长滿細菌、藻类和固着动物。

船只底部附着生物会引起航速的减慢,燃料的浪費,并需要定期进塢清洗船底。而长期停泊在港口的軍艦和貨輪遭到附着生物的危险性特別大;航行在热带和亚热带的船只,底部附着生物的繁殖特別厉害。

能附着的水生生物达 2000 种之多,其中細菌有 40 种,真菌 15 种,藻类 560 种以上,原生动物达 100 种,海綿动物 30 种以上,腔肠动物 280 种以上,环节动物达 150 种,苔蘚动物 140 种,甲壳动物 280 种以上,軟體动物 200 种以上,棘皮动物 20 种,脊索动物 120 种以上。在这些細菌、藻类和动物中,不是所有的种类都能直接固着于船底,但是其中有許多种类能在其他固着生物中間找到适宜的生存条件。当然,在不同研究者所記載的动植物中,只有少数数量很大,足以形成附着生物区系。例如藻类中的石蓴、石珊瑚