



21世纪农业部高职高专规划教材

水 化学

水产养殖 环境保护专业用

陈祖洪 主编

中国农业出版社

封面设计：梓 怡

水产养殖类专业 教材

- | | |
|--------------|-----|
| ◆ 鱼类学教程 | 李承林 |
| ◆ 水生生物学 | 孙成渤 |
| ◆ 水化学 | 陈祖洪 |
| ◆ 池塘养鱼 | 赵子明 |
| ◆ 水产动物疾病学 | 李登来 |
| ◆ 水生动物营养与饲料学 | 魏清和 |
| ◆ 渔业经济与管理学 | 潘迎宪 |

ISBN 7-109-09020-5



9 787109 090200 >

定价：19.80 元

21SHIJINONGYEBUGAOGZHI GAOZHIGUANGUOHUAIJIAOCAI

21

世纪农业部高职高专规划教材

水 化 学

陈祖洪 主编

水产养殖 环境保护专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水化学/陈祖洪主编. —北京: 中国农业出版社,
2004.5

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 7-109-09020-5

I. 水... II. 陈... III. 水化学-高等学校: 技术
学校-教材 IV. P342

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 044571 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 曾丹霞

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.25

字数: 339 千字

定价: 19.80 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本教材共分为两大部分,较全面系统地论述了天然水的化学成分及其动态规律,各主要水化因子的测定原理和方法及它们与水产养殖的关系。

全书包括天然水的基础知识、主要离子、溶解氧、二氧化碳系统、有机物、植物营养元素、合理施肥与绿色生产、海水、水污染及水资源保护等知识及以上知识相关的水化因子的测定等。

本教材除作为全国农业高职、高专院校的水产养殖专业教材外,还可作为水产中专、职业高中学生及从事水产工作的技术人员的参考书。

编者名单

主 编 陈祖洪(湖北生物科技职业学院)

副主编 田建平(四川农业大学水产学院)

参 编 徐春霞(河北农业大学水产学院)

蔡相国(临沂师范学院)

黄啟亮(宜昌职业技术学院)

陈昌明(四川农业大学水产学院)

代红卫(湖北生物科技职业学院)

审 稿 沈建中(华中农业大学水产学院)



出版说明

CHUBANSHUOMING

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分，近年来高职高专教育有很大的发展，为社会主义现代化建设事业培养了大批急需的各类专门人才。当前，高职高专教育成为社会关注的热点，面临大好的发展机遇。同时，经济、科技和社会发展也对高职高专人才培养提出了许多新的、更高的要求。但是，通过对部分高等农业职业技术学院、中等农业学校高职班教学和教材使用等情况的了解，目前农业高职高专教育的部分教材定位不准确，不能体现职业特色，已不同程度地影响了当前教学的开展和教育改革工作。针对上述情况，并根据《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的精神，中国农业出版社受农业部委托，在广泛调查研究的基础上，组织有关专家制定了 21 世纪农业部高职高专规划教材编写出版规划。根据各校有关专业的设置，按专业陆续分批出版。

教材的编写是按照教育部高职高专教材建设要求，紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才，即培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的，德、智、体、美全面发展的高等技术应用性专门人才。教材定位是：基础课程体现以应用为目的，以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点；专业课加强针对性和实用性。相信这些教材



的出版将对培养高等技术应用性专门人才,提高劳动者素质,对建设社会主义精神文明,促进社会进步和经济发展起到重要的作用。

21世纪农业部高职高专规划教材突出基础理论知识的应用和实践能力的培养,具有针对性和实用性。适用于全国相关专业的高等职业技术学院、成教学院、高等专科学校、中专和技术学校的高职班师生和相关层次的培训及自学。

在规划教材出版之际,对参与教材策划、主编、参编及审定工作的专家、老师以及支持教材编写的各高等职业技术学院一并表示感谢!

中国农业出版社

2004年5月

编写说明

BIANXIESHUYONG

水

化学是水产养殖专业学生学习的一门专业基础课。本教材在系统地介绍天然水的理化性质、基本特征、生物效应、环境污染及水质管理等知识的基础上,较系统地讨论了对养殖生产起重要作用的一些水化因子测定的一般方法。教材内容尽可能和养殖生产需要相结合,为学生学习后继课程及从事专业实践打下必要基础。

本教材是以本专业教学计划、本课程教学大纲、国家现行规范及标准为依据,根据 2002 年 12 月全国农业高职高专规划教材河南新乡编写会议所拟定的编写大纲编写,并经 2003 年 9 月的云南昆明统稿会上讨论、修改、定稿而成。它适用于农业高职、高专院校养殖专业学生使用,也可供农业水产中专、职业高中或相关、相近专业选用。本教材一般需要 80 学时,其中实验学时数 35~40。各校可根据实际情况灵活选用。

本教材由陈祖洪老师任主编,分工编写:编写说明、绪言、第 1 章、第 11 章、实验十六、实验十九及全书的统稿;田建平老师任副主编,分工编写:第 7 章、第 8 章;徐春霞老师编写:第 9 章、第 10 章、实验十三、实验十七、实验二十;蔡相国老师编写:第 3 章、第 4 章、实验一、实验二、实验三、实验四、实验五、实验六;



黄啟亮老师编写：第5章、第6章、实验七、实验八、实验九、实验十、实验十一、实验十二、实验十四；陈昌明老师编写：实验十五、实验十八；代红卫老师编写：第2章。

本教材承华中农业大学水产学院沈建中博士审阅和指导，华中农业大学水产学院王明学教授提出宝贵意见，特此致谢！

本教材在编写过程中得到各校领导和老师的大力支持，在此表示衷心感谢！

由于编写时间仓促以及限于编者水平，错误不妥之处在所难免，敬希师生不吝指正。

编 者

2004年1月

出版说明
编写说明

绪 言	1
-----------	---

第一篇 水化学

第1章 天然水体	7
----------------	---

第一节 概述	7
第二节 各类天然水体概况	10
第三节 水化学与水生生物的关系	16
▶复习思考题	17

第2章 天然水的主要理化性质	19
----------------------	----

第一节 水的特性	19
第二节 天然水的主要理化性质	21
▶复习思考题	27

第3章 天然水体中的主要离子	29
----------------------	----

第一节 天然水体中的主要阳离子	30
-----------------------	----



第二节	天然水体中的主要阴离子	34
▶复习思考题		41
第4章	水体二氧化碳平衡系统及 pH	42
第一节	天然水体中的二氧化碳平衡系统	42
第二节	天然水体的 pH	44
▶复习思考题		51
第5章	溶解氧	52
第一节	溶解氧的含量及其影响因素	52
第二节	溶解氧的分布变化规律	56
第三节	溶解氧与水产养殖的关系	60
第四节	溶解氧的管理	62
▶复习思考题		63
第6章	植物营养元素	65
第一节	概述	65
第二节	氮	67
第三节	磷	71
第四节	其他营养元素	75
▶复习思考题		78
第7章	有机物质	79
第一节	概述	80
第二节	天然水体内有机物的变化和意义	83
第三节	有机物对水体生产的影响	89
▶复习思考题		91
第8章	合理施肥与绿色生产	92
第一节	施用无机肥的讨论	92
第二节	施用有机肥的讨论	98
第三节	大水面的富营养化问题	100
第四节	水产品的无公害养殖	103
▶复习思考题		107

第9章 海水 108

第一节 概述	108
第二节 海水的化学组成	113
第三节 中国海区的主要水化学特性	117
第四节 海洋污染概述	121
▶复习思考题	125

第10章 水污染及水资源保护 126

第一节 概述	126
第二节 水体污染物及其危害	129
第三节 有毒物质及毒性	133
第四节 水资源保护	140
▶复习思考题	148

第二篇 水质分析

第11章 水化学调查基本知识 151

第一节 水化学调查项目、测点、测次的确定	151
第二节 水样采集与保存	154
第三节 分析结果的整理、检查	158
▶复习思考题	159

第12章 水化因子的测定 160

实验一 水体各种物理性质的测定	160
实验二 氯度的测定	164
实验三 碱度的测定	168
实验四 硬度的测定	171
实验五 盐度的测定	174
实验六 pH 的测定	182
实验七 溶解氧的测定	189
实验八 铵盐的测定	191
实验九 亚硝酸盐的测定	193



实验十 硝酸盐的测定	195
实验十一 磷酸盐的测定	198
实验十二 硅酸盐的测定	200
实验十三 总铁的测定	201
实验十四 有机物耗氧量的测定	203
实验十五 硫酸盐的测定	207
实验十六 汞的测定	210
实验十七 铅的测定	213
实验十八 锌的测定	215
实验十九 砷的测定	216
实验二十 铜的测定	218

附 录 221

附录 1 常用元素国际原子质量表	221
附录 2 一些化合物的摩尔质量	221
附录 3 常用缓冲溶液的 pH 范围	223
附录 4 渔业水质标准 (GB 11607—89) (mg/L)	224
附录 5 地表水环境质量标准 (GB 3838—2002) 的标准限值	225
附录 6 江河湖泊水库水化学成分	227
主要参考文献	229

结 言

水是生物生存的 necessary 物质条件，没有水就没有生命；水是人类环境的要素，也是最宝贵的自然资源。

水分布很广，地球表面 70% 以上为水所覆盖。水的总量约为 $1.4 \times 10^{18} \text{m}^3$ ，其中目前还未直接利用的海洋水为 97.3%，淡水只占 2.7%。在淡水中，冰川又占淡水总量的 75%，而与人类生活、生产关系最密切的河流量只有 $1.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，仅占淡水量的 0.03%，约占全球水量的 0.000 1%。

我国水资源的总量，初步估算约为 $2.7 \times 10^{12} \text{m}^3$ ，居世界第五位，而人均占有量却只有世界人均占有量的 1/4 左右，并不丰富。尤为突出的是水资源在时空分布上极不平衡。例如，长江流域和长江以南径流量占全国 82%，而耕地面积只占全国的 38%；黄河、淮河、海河三大流域径流量只占全国 6.6%，而耕地面积却占全国的 38%，再加上水资源时程变化大，年内年际分配不均匀，这些特点给水带来许多特殊问题，水资源已成为我国许多地区经济发展的重要制约因素。

人类利用水资源是多方面的，发展渔业是其中之一。淡水鱼类养殖是淡水渔业的一个重要组成部分。它的总任务是通过经营管理使各种内陆水体能够生产更多、更好的鱼产品。从国内一些资料来看，目前养殖单产很不平衡，大面积山塘、水库、湖泊，每年每平方千米低的不过若干千克；池塘精养一般每平方千米也只有几百千克，高的也只有 1 000kg，个别的达 2 000kg。为什么总产会相差如此悬殊呢？主要与“种”、“饵”、“水”等因素有关。有了优良品种，在其他条件相同时，可以获得更高产量；有了数量足够、质量合格的饵料，高产才有物质基础和能量基础。所以，“种”和“饵”是非常重要的。至于水的问题，除了死鱼时，人们会想到水质问题外，平时就考虑得少而且又不深入。然而，许多迹象表明，单产越



高,水的问题就越尖锐突出,越有可能变为提高单产的关键因素。养的鱼种,吃的饵料一般养鱼场并无两样,而产量却相差悬殊,体现了水成为主要矛盾或矛盾的主要方面。当然,任何高产措施都不是单一的而是综合的,除了种、饵、水问题外,养殖技术、鱼病防治都是不可少的。这里所强调的是,越是高产,水的问题就会变得越突出,可能成为限制提高单产的一个主要矛盾,应该重视这一点,并进一步去研究它,解决它。然而,正如P.亨德莱等在《生物学与人类未来》中指出,长期以来“环境生理学是所有渔业研究领域中最被忽视的”。若不改变这种情况,即使“渔业生产是能够被大大增加的,若没有更多的生态知识和更为有效的管理办法也是无法保持高产的”。

实际上,水的问题对养鱼单产有重要影响,“鱼水之情”、“鱼水关系”,包含有深刻的科学内容。水是鱼类及其他养殖生物的生存介质,为这些生物提供了一个立体生活空间,鱼类及其他养殖生物,从繁殖、成长到收获、死亡,整个一生都是在水中度过。一切有益、有害的影响,都必须经由水,改变水质,才能作用于这些生物。具体说来则有:

(1) 水要供给氧气,保证养殖生物的呼吸需要。

(2) 水要供给养分,增殖天然饵料,满足养殖生物发育成长时的物质需要与能量需要。

(3) 水要容纳水中生物的代谢废物及尸骸,促使它们分解转化,防止它们积累为害。

(4) 水既会传播病害毒物,造成疾病死亡,又能溶解分散药物,达到防病治病、恢复健康的目的。

(5) 水中还有一些所谓“化学通讯物质”,可用来传递信息,指挥行动,对于鱼类索饵、繁殖、区别同伴、发现危险、逃避毒物等行为都有重要影响。

总之,养殖生物生命的各个阶段、生活的各个方面,无一不和水质有关。在品种、饵料充足时,水质若能满足需要,养殖生物就能顺利发育成长,得到好的收成;相反,若水质不能满足这些需要,甚至超出它们的适应乃至忍耐范围,即使有好的品种、饵料,养殖生物仍然不能正常生长,不仅无法保证高产,还可能招致养殖生物大批死亡,渔场荒废,甚至积累毒物,危害人体健康。

显然,养殖用水要满足养殖生物多方面的不同需要,除了要有足够的水量之外,更要具备相应的水质条件,其中最重要的是,含适量的溶解盐类;溶氧量几乎达到饱和;含适量植物营养物质及有机物质;不含毒物;pH在7附近,呈中性或弱碱性。

有些国家还进一步规定了有关项目的具体数字,作为“渔业水质标准”。以法令形式颁布执行。值得指出的是,各国渔业水质标准,主要是根据环境保护、水产资源保护的需要的制定的,而不是按照提高单产的需要制定的,因而,所列项目、所定指标,不尽适合。世界上的事物是复杂的,是不断运动变化的,养殖用水的实际水质情况也是多种多样的,并不是说能满足上述标准,就符合高产要求,标准更不是一成不变的。需要与可能脱节,要求与实际不符合的情况经常出现。

面对上述情况,我们应该特别注意研究水体内的“水化成分与生产效果”这对矛盾运动的客观规律,以便扶持有利因素,避免有害条件,做好水质管理,促使矛盾转化,化害为利,夺取高产。要能真正做到这点,就必须研究解决以下四方面的问题。

(1) 要研究了解水化成分与水生生物的相互关系,进而研究养殖生产对各水化因子的

具体要求。

(2) 要研究了解水体内各水化因子的动态规律。例如，它们的来源、存在形式、迁移转化途径及效率、时空分布等。

(3) 在上两项研究的基础上，进一步对养殖生产中的水环境进行质量评价，拟定水环境管理对策及有关措施。

(4) 要研究各水化因子的检测方法或系统，以便监测有关水化因子的实际动态，为水环境管理提供依据。

这些问题，过去是由生态学、地球化学、分析化学等不同学科分别研究的。现在，则成为环境科学这门带边缘学科性的综合性自然科学的研究对象。

水化学作为环境科学的一个组成部分，它的研究对象是天然水体和被污染水体。主要内容包括：水体的化学成分、成因及变化规律；测定这些成分含量的基本原理和方法；评价水体水质的方法等。

水化学是一门实践性很强的课程，在讲授理论的同时，有比较重要的实验课。要求学生通过实验加深有关理论的理解，并且还必须熟练掌握各种基本操作。在实验过程中必须具有严肃认真、实事求是的科学态度，绝不能粗心大意，草率马虎；同时还要认真观察，深入思考，培养分析问题、解决问题的能力。

水化学是环境科学的一个分支，涉及广泛的化学问题，需要较多的化学基础理论知识。水化学还与水文学、自然地理学、电子学等有着密切的关系。水化学为水资源的开发、利用、保护、防止污染提供必要的可靠的资料，对我国社会主义建设事业有重要的作用。近年来，水化学研究的内容和方法在不断地扩大完善。可以预料，随着环境科学的发展，水化学亦将迅速地发展。