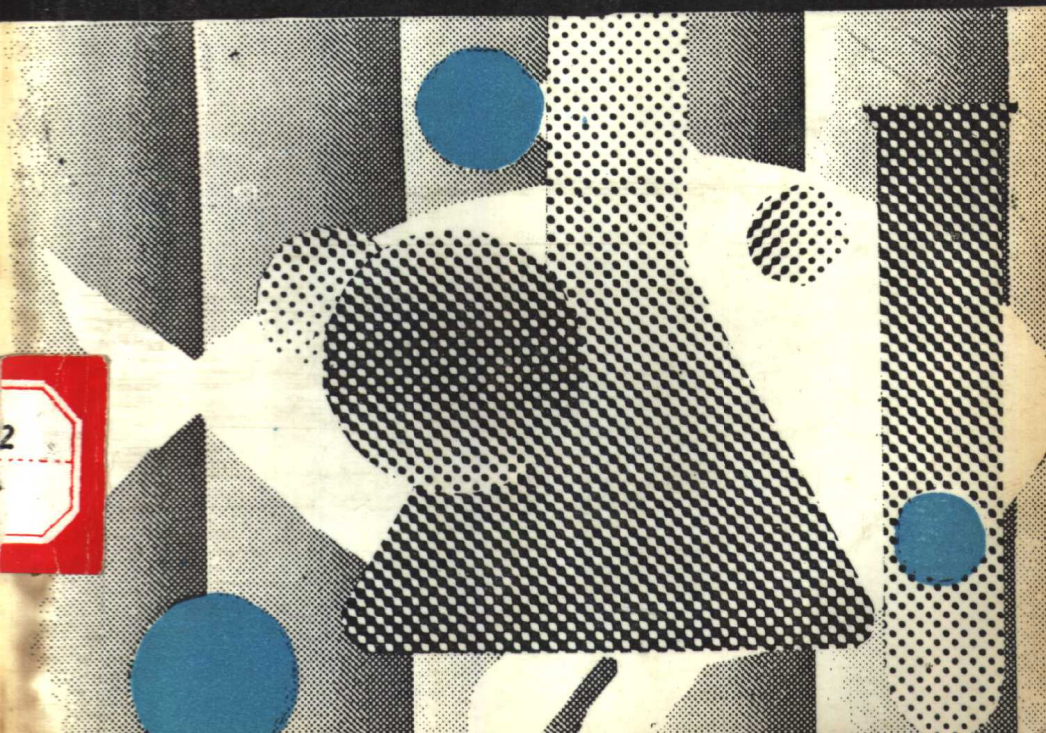


淡水养殖专业教学丛书

淡水养殖水化学

黄发源 主编

高等教育出版社



淡水养殖专业教学丛书

淡水养殖水化学

黄发源 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 简 介

本书是由高等教育出版社组织编写的农村职业技术学校淡水养殖专业教学丛书之一。全书共分8章，内容有：养殖水体、水化学分析基础知识、水分析的常用仪器、溶解性气体、pH值和主要离子、营养元素和有机物、有毒物质和水化学实验。

水化学分析是淡水养殖的基础。本书在内容上，密切联系淡水养殖实际，注重基础知识的介绍和基本技能的培养，具有一定的实用价值。

本书可作为农村职业技术学校淡水养殖专业的教学用书及其它专业的选修教材，也可作为具有初中文化程度的农村青年及淡水养殖专业户的参考用书。

淡水养殖专业教学丛书

淡水养殖水化学

黄发源 主编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

北京地质印刷厂印装

开本 787×1092 1/32 印张 6.375 字数 140 000

1992年5月第1版 1992年5月第1次印刷

印数 0 001—6 140

ISBN 7-04-003723-8/S·40

定价 2.85 元

前 言

水体是水生经济动植物的生活环境，尤其是鱼类更离不开水。自然界各种不同的水体，含有种类和数量各不相同的化学成分，即使在同一水体中，不同的水层和不同的时间，化学成分亦不尽相同。而水体化学成分的质与量的变化，必然会导致水生生物群落的改变，影响经济动植物、尤其是鱼的产量，因而要搞好水产养殖生产，就必须了解养殖水体的化学组成和水质动态变化的规律。这种专门研究水体化学成分随时、空变化规律的学科称为水化学。而在水产养殖专业具体应用的是淡水养殖水化学，它是一门极为重要的专业基础课，它与淡水养殖关系极为密切。

首先，在选择养殖水体场所时，就要对周围水源进行一系列的化学分析，依据分析资料来决定所选地点是否合适。在苗种放养前，要对池水进行检验，根据检验结果，判断水中营养成分的多少，从而进一步确定放养鱼的品种与数量。

其次，在生产过程中，如能经常地测定鱼池中溶解气体状况，特别是溶解氧气的数量，那末，我们就可以掌握鱼类呼吸的恶化时间以及池水水质变坏的原因，从而可以有的放矢地采取有效措施，以防止事故的发生和减少不必要的经济损失。例如，在养鱼时应用自动化新技术，当水体开始缺氧时，自动化仪表立即发出信号带动增氧设备增氧。

第三，在开展鱼类资源调查和区域规划时，水化学调查是一个重要的组成部分，要了解水域的本底值，当采取大量

增养殖措施时，能提出有效的对策。

第四，在水质改良方面，水化学亦起着很大的作用。通过养殖水体水质的改良，一方面创造更适合鱼类生存的条件；另一方面创造鱼类更多的天然适口的饵料——水生生物良好的生态环境。养殖水体中水生生物的多少，完全取决于水质的好坏，主要依赖于水中营养元素的种类和数量，这就为我们提供了通过改良水质来改变浮游生物的可能性。

第五，通过水化学成分的研究，将对水质污染作出判断，寻找污染源，监测水质污染的种类和程度，从而能及时采取防治对策，否则鱼类中毒而死亡将是不可避免的。目前因水体受到污染而引起鱼类中毒，使之不能食用或导致产品产量大幅度下降的事例，国内外是屡见不鲜的。

总之，学习与掌握淡水养殖水化学是每一个淡水养殖工作者必需的任务之一。

《淡水养殖水化学》共有8章，计划用70学时完成。教学中，讲授和实验各占一半，有些实验各地可根据本地条件和需要因地制宜地选择实施。

本书由黄发源主编；由黄发源、俞晓美、朱耘、吴圣杰、陶淑宜及陈家长等编写；由杨海娇审阅。对书中的疏漏与不足之处，恳请读者批评指正。

编者

1991年8月

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 第一章 养殖水体 | 1 |
| 第一节 养殖水体的特点 | 1 |
| 第二节 影响水体特点的因素 | 3 |
| 第三节 养殖水体的物理性质 | 5 |
| 第二章 水化学分析基础知识 | 11 |
| 第一节 水样的采集 | 11 |
| 第二节 溶液的配制 | 12 |
| 第三节 容量分析和比色分析 | 21 |
| 第四节 分析结果的计算 | 28 |
| 第三章 水分析的常用仪器 | 33 |
| 第一节 玻璃器皿 | 33 |
| 第二节 天平 | 44 |
| 第三节 酸度计 | 52 |
| 第四节 光电比色计和分光光度计 | 56 |
| 第四章 溶解性气体 | 64 |
| 第一节 概述 | 64 |
| 第二节 溶解氧 | 66 |
| 第三节 游离二氧化碳 | 73 |
| 第四节 硫化氢 | 76 |
| 第五节 甲烷和氮气 | 78 |
| 第五章 pH值和主要离子 | 81 |
| 第一节 pH值 | 81 |
| 第二节 天然水中的主要离子 | 84 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第六章 营养元素和有机物 | 94 |
| 第一节 概述 | 94 |
| 第二节 氮 | 96 |
| 第三节 磷 | 101 |
| 第四节 硅 | 107 |
| 第五节 有机物 | 108 |
| 第七章 有毒物质 | 116 |
| 第一节 有毒物质的来源 | 116 |
| 第二节 有毒物质对养殖生物的危害 | 118 |
| 第三节 有毒物质的防治 | 126 |
| 第八章 水化学分析实验 | 129 |
| 实验一 化学分析基本操作 | 129 |
| 实验二 天平的使用 | 133 |
| 实验三 水体物理性质的测定 | 135 |
| 实验四 pH值的测定 | 138 |
| 实验五 溶解氧的测定(碘量法) | 142 |
| 实验六 氯化物的测定(铬酸钾指示剂容量法) | 146 |
| 实验七 硫化物和硫化氢的测定 | 148 |
| 实验八 有机物耗氧量的测定 | 151 |
| 实验九 氨氮的测定 | 155 |
| 实验十 亚硝酸盐氮的测定 | 157 |
| 实验十一 硝酸盐氮的测定 | 160 |
| 实验十二 总硬度的测定 | 164 |
| 实验十三 钙、镁的测定 | 167 |
| 实验十四 磷酸盐的测定 | 169 |
| 实验十五 二氧化硅的测定 | 170 |
| 实验十六 水中余氯和漂白粉中有效氯的测定 | 172 |
| 实验十七 铁的测定 | 178 |
| 实验十八 水体初级生产力的测定 | 179 |

| | |
|-----------------------|-----|
| 附表 | 183 |
| 附表 1 生活饮用水水质标准 | 185 |
| 附表 2 地面水中有害物质的最高容许浓度 | 186 |
| 附表 3 渔业水域水质标准 | 187 |
| 附表 4 水化学分析所需的仪器、药品和用具 | 189 |
| 附表 5 主要试剂分子量 | 192 |

第一章 养殖水体

第一节 养殖水体的特点

水体也称水域。水产养殖上的水体泛指地球表面低洼地带的集水区。集水区包括江河、湖沼、塘堰、水库、溪流、水渠等等。

水体是水生生物的生存条件。水是一切生物不可缺少的物质，一切生物体内的含水量都占体重的一半左右。以下着重介绍作为淡水生物栖息环境——水体的主要特点。

水的比热容很大，每一克水升高或降低1摄氏度，需吸收或放出4.18焦耳热量。空气的比热容约为1焦耳/克·度，铁为0.46焦耳/克·度。同时由于水的导热率低，热量的吸收和释放过程都很缓慢，因此，水温不会像气温那样容易剧烈变化。

与空气相比，水的密度要比空气大得多。因此，许多小生物在水中保持悬浮状态，形成水中一个特殊的生态类群——浮游生物，这同水的浮力也是分不开的。水的密度在4℃时为最大，0℃结冰时密度减小，而体积增大，所以冰总是浮于水面上的。底层不易冰冻，这为水生生物的越冬创造了良好的条件。

自然水体的水常处于流动状态。垂直和水平的流动可使气体和营养盐类等向水体深层传播，并能使其均匀分布，同时又可把代谢废物消散。水的流动可将动植物的孢子、幼体等加以传播，这对生物的繁殖和分布有利，水的流动对水生

动物的呼吸和获得食物也有利。

水的溶解能力很强，因此水是良好的溶剂。在天然水体中所溶解的各种各样无机和有机物质，对于水生生物的生长发育具有极为重要的意义。

水中溶解的物质归纳起来，可分为：溶解气体、主要离子、生物营养元素、微量元素和有机物等五类。水体显示了复杂的组成和多变的特点，主要表现在以下几个方面。

一、水中溶存物质，种类繁多，数量悬殊

人们已知水中存有 107 种元素，在天然水中能析出的有 80 多种。数量较多的如内陆咸水湖中的氯，浓度高达 10—20 克/升；数量较少的如钊，浓度还不到 10^{-17} 克/升。

淡水养殖水化学的分析，一般都在 ppm 级（百万分之一），即用毫克/升表示；也有 ppb 级（十亿分之一）的，即用微克/升表示。

二、水中溶存物质的存在形式多种多样

水中溶存物质的存在形式有单个离子（如 Na^+ ），无机离子对（如 $\text{M}_2-\text{OOCR}^{\text{①}}$ ）、无机络合物、金属高分子有机物（如腐殖酸）、高分散度的胶体和沉淀的有机碎屑等等。

水中溶存物质不仅存在形式多种多样，而且个体大小相差悬殊。小的仅有几埃（1 埃 = 10^{-8} 厘米），以真溶液形式存在；大的在数百微米以上，构成多相分散体系。

三、水中溶存物质都处在不断运动变化中

水中溶存物质的一些变化可使水中某些物质的实际数量或浓度增大，这称为“增补作用”；相反，有些变化则使水中某些物质实际数量或浓度减小，这称为“消耗作用”。当增

① M. 表示金属离子，R 表示烷基。

补作用和消耗作用速率相等时，即达到动态平衡。

淡水养殖水体的动态平衡，较之天然水体变化更为剧烈。为了了解养殖水体化学成分的动态及其对水生动植物的影响，人们对淡水养殖水体通常做以下19个项目分析，当然也可以因地制宜选择分析几个项目。例如：

1. 主要离子： Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 等。

2. 溶解气体：溶解 O_2 、游离 CO_2 。

3. 有机物和营养元素：有机物耗氧量（即COD）、五日生化需氧量（即 BOD_5 ）、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、磷酸盐、硅酸盐、总铁等。

4. pH值。

有时还要开展有毒物质的分析、例如砷、汞、氰化物、酚、铬、有机磷农药、有机氯农药等。

养殖水体除了具有上述对水生生物的生活有利的一些特点外，还有与陆地相比往往显示较差和不利的一面，如水环境的氧气、光照条件、波浪和洪水的冲击等因素。

第二节 影响水体特点的因素

一、天然水体中溶存物质的来源

天然水体中复杂的化学成分来自多方面：

1. 由大气降水而来。水蒸气在高空凝集及其在下落过程中，溶存了大气中的气体和杂质。这些杂质有风吹带来的海水盐分与陆地上的尘土，或闪电时空气中氧和氮化合而生成的氧化氮，或火山爆发喷射出来的大量二氧化硫和其它溶解性盐类。甚至还有工矿企业生产中排放出来的废气沉降物。

2. 由土壤、岩石中溶淋而来。水与土壤接触时，水渗透过土壤，将土壤中的可溶物溶淋出来，使水体中离子含量增大，溶解性气体改变。一般是使水中二氧化碳量增加，氧气量减少，有机物含量增加。当水渗入沼泽时，水中就会增加大量的有机物质及少量的离子。渗过盐碱土时，这就能使水中增加大量的钠、镁离子。

土壤覆盖下的岩石，对水体的化学成分的形成亦起着重要的作用。它一方面使水获得大量离子，另一方面也是补充土壤盐类的重要来源。

3. 由水与土壤、岩石的交换作用而来。土壤、岩石中有一些离子，虽然不溶于水，但可以同水中的离子产生交换作用，使水中所含离子的成分发生变化。

4. 由水中动植物的残骸而来。在细菌的作用下，水中动植物的残骸产生氧化分解或合成作用，从而生成可以溶于水的有机物质或者无机盐类。

综上所述，水中溶存物质变化的主要原因是水与土壤、岩石的接触。但是在养殖水体内部，存在着的各种物理、化学及生物作用，也会影响水体中溶存物质的变化。

二、影响水体变化的因素

1. 水溶液内的化学反应。常见的有氧化还原、水解、中和反应等。

2. 新相的生成或消失。例如沉淀的生成与溶解，气体的逸散与溶解等。

3. 各类水生生物新陈代谢过程中的生化反应，尤其是光合作用和呼吸作用。

4. 水的运动和停滞。

所有这些作用都不是孤立的，而是互相联系、互相影响

又互相制约的。这些作用还会受到光照、温度、降水、蒸发、风力、人为活动、水文条件等的影响。

作为养殖工作者应掌握不同的变化规律，以便在养殖生产过程中，使养殖水体水质符合“肥”、“活”、“爽”的要求。

第三节 养殖水体的物理性质

在养殖水体的物理特性中除了比热、密度外，与养殖生物关系最密切的是温度，其次是透明度和水体的流动。

一、温度

在水生生物的生活条件中，温度是一个极重要的因素。水生生物的生长、发育、繁殖、分布和数量变动等都直接或间接地受到温度的影响。水温条件的变化往往也影响到水体的其它理化性状。

热量的来源主要是太阳的辐射。对于水体来说，水温是随着气温的变化而变化的。因此，水温也明显地表现出季节性与昼夜差异。在静止的水中，增温只限于水体的表层。由于水的比热大，导热性能差，热量传播到深层要靠水的上下对流和混合，因此深层水温变化不如陆地气温变化剧烈。较小的池塘或浅水湖泊，若受到寒冷气流袭击或日光连续照射，水温的变化就较显著。

就一天内的平均温度而言，水温要高于气温。白天平均水温一般低于平均气温，而晚上则高于平均气温。从昼夜变化来看，一般是下午2—3时水温最高（比气温、地温最高温度的出现要晚一些），早晨日出前水温最低。

水温的年变化幅度也较气温小。最高温、最低温月份较气温最高、最低月份要晚一些，一般来说，1月份最低，7、

8月份最高。对于面积较小的池塘，其水温和当地气温往往相差不大。

由于进入水体的基本热源是太阳光能，而水的透热性能较差，因此，水体上下水层热能的传播主要靠风力混合和水的对流。白天，当太阳热能到达水面，使上层水温升高时，热能向下传导就非常慢，且愈向下传热愈小，即水温逐渐向下递减。在夏秋高温时节，上下水层水温的垂直差异更为明显，一般可达2—3℃或更高。当然这种情况不会持续很久，夜间由于水体的对流和风力的作用，便可使上下层水温逐渐趋于一致。

鱼类都是变温性生物，其体温随水温的变化而变化，因而水温直接影响鱼类体内的代谢强度，从而影响鱼类的摄食和生长。各种鱼类都有其适宜的水温范围。一般在适温范围内，随着水温升高，鱼类的代谢强度便相应增加，摄食量也增加，生长速度加快。我国的主要养殖鱼类（青、草、鲢、鳙、鲤鱼等）生长的适温范围在20—32℃，15—20℃尚适宜，15℃以下则食欲下降，生长缓慢。

水温影响鱼类的性腺发育并决定产卵的开始时间。例如，我国南部地区由于全年水温比较高，四大家鱼的性腺发育也较快，其性成熟年龄一般较北方早1—3年。成熟亲鱼产卵开始的时期主要取决于水温高低，虽然南北地区亲鱼产卵开始时间前后相差悬殊，但要求的水温相差不大，青、草、鲢、鳙鱼一般都在18℃时开始产卵。

水温会影响水中溶解性气体的溶解度，从而间接对鱼类产生影响。例如，溶氧量随水温升高而减少，水温的上升又使鱼类代谢增强，呼吸加快，耗氧量增高，加上水中其它耗氧因子作用的加强，这便更容易出现水中缺氧现象。这种现

象在夏秋高温季节特别明显。

因为水温直接影响水中细菌和所有水生生物的代谢强度，所以水温对于水中物质循环的强度有重要影响。在适宜温度范围内，细菌和其它水生生物生长繁殖迅速，同时细菌分解有机物质的速度也很快，因而能向浮游植物提供更多的无机营养物质，其结果是使养殖水体各种天然饵料生物得以加速繁殖，水体的物质循环强度随之提高。

目前的生产技术水平还不可能对一般养殖水体的水温完全进行人工控制，但是采取相应措施进行部分调节和控制是可能的。比如在风力较大的地区种植防风林；在有条件的地方引用温泉或工厂排出的温水作为水源等等。

二、透明度

光是水生生物生长的重要环境因素之一，光是水生植物进行光合作用的能量来源，它对于生物的体色、行为和分布等起着重要的作用。

透明度表示光透入水中的程度。光射至水面时，只有一部分光进入水中。射入水中的光，其强度随着水的深度而逐渐减弱。这是因为光在水体中被水分子及水中的溶解物质与悬浮物质（包括浮游生物）吸收和散射。因此，水中的光照条件远比陆地差。

水中的光照强度主要取决于水中溶解物质和悬浮物质的数量与种类，透明度小的水体，稍深处是无光的，因此植物无法生存和生长，这是影响植物向深水层发展的主要原因。

将黑白相间间隔的圆盘（直径 24 厘米左右）浸入水中，当圆盘在水中消失时的深度（即肉眼看不见圆盘时的深度）叫透明度。它的数值不是光线射入水中的绝对深度，但它是水体光照强度的一种标志，因为此测定方法简便，所以广为

应用。在科学研究上，也可选用水下照度计测定水的照度，从而反映水体的透明度。

影响水体透明度的因素有浮游生物、底泥、天气和风等因素。夏季由于水体内浮游生物大量繁殖，而使其透明度降低；当天气转凉，浮游生物大部分死亡沉底，因而水体透明度升高。水底淤泥也会影响透明度的高低。淤泥较多的水体容易使水混浊，透明度降低；底质淤泥较硬或者存有较多贝壳，则水质清，透明度较高。气象因素也会影响水体的透明度。天气正常时，在水体底部淤泥不多的情况下，透明度高高低主要取决于水中浮游生物数量的多少。因此，水体透明度的高低大致可以反映水中浮游生物的丰歉和水体的肥瘦情况。一般肥水的养殖水体，其透明度范围在20—40厘米之间，此时水中浮游生物生物量丰富，有利于鲢、鳙等滤食性鱼类生长。透明度小于20厘米或者大于40厘米，则表示水体过肥或者过于清瘦，前者往往是蓝藻类过多，后者则是浮游生物量过少，这些对于养殖鲢、鳙等滤食性鱼类不利。

水生植物的光合作用可以产生氧气，这对于补充水中氧气是十分重要的。养殖水体中鱼类浮头现象，是水中缺氧的一种表现。养殖水体氧气不足的原因，除水中有机物质耗氧过多和水温较高以外，常与光合作用未能正常进行有一定的关系。如果水中缺氧尚不十分严重，日出后，光合作用得以正常进行，浮头现象就可以消失。

各种浮游植物对光照强弱要求不一。通常蓝藻、绿藻较喜欢强光，硅藻、金藻则喜弱光。因此，它们在养殖水体内有不明显的种间分布差异。

在养殖水体中，大群的浮游动物随着光照的变化出现昼夜垂直移动现象。灯光捕鱼的方法就是根据某些鱼类趋光运

动的特征，采用光诱的一种捕捞方式。

三、养殖水体水的运动

即使再平静的水体也有运动现象。水体水的运动有波浪、混合、流动等形式。大水面（例湖泊、水库）比池塘水的运动要剧烈。造成水运动的原因是风力和水的密度差，水的注入和流出也可以引起水的运动。池塘水运动微弱，主要是因为池塘面积小，风力的作用面也相对较小。有遮蔽的小池塘，水的运动更为微弱。

养殖水体水的流动虽然微弱，但对于促进水中氧的溶解和传递，改善水质状况却有重要的作用。风力能使水形成波浪，风速越大，受风距离越长，则波浪的波长、波高也越大。波浪能加速空气中氧气溶入水中，特别是面积较大的水体，风力引起的波浪较大，增加水中的溶氧也较多。风力不仅可以向水中增氧，而且还可以引起水的混合作用，使上下水层混合，将上层较高溶氧的水传到下层，这可以改善养殖水体溶氧分布不均匀的情况。

因为水的密度差而产生水的对流是水运动的一种重要形式。白天水体上层水接触太阳热能，水温升高，由于水的透热性能和传热性小，下层水升温慢，因此上层水温较下层水温高，密度较下层低。在这种情况下，水层间不会发生对流。尤其在夏秋高温季节，水的热阻力很大，因而风力混合上下水层的作用大大降低，造成白天上下水层密度差十分明显。但是到了夜间，气温下降速度较快，当气温低于水体表层水温时，表层水温随之下降，密度变大，表层水即开始下沉，此时下层水温较高，密度较小的水也开始上浮，产生上下水层水的对流。对流的范围逐渐向下伸展，打破了原来水层密度分布的稳定状态，在表层水温继续下降的情况下，最