

预防医学大专函授系列教材

卫生微生物学

来则民 主编

天津医学院
中国预防医学科学院

审定



中国科学技术出版社

预防医学大专函授系列教材

卫生微生物学

来则民 主编

天津医学院
中国预防医学科学院 审定

中国科学技术出版社

编写说明

随着预防医学的迅速发展,卫生微生物学已成为微生物学的一个独立的分支,它是卫生专业必不可少的一门基础课程。它和环境卫生学、食品卫生学以及流行病学有着非常密切的关系,为这些课程提供必要的基础知识和检测手段。这门课程对从事卫生、防疫、卫生检验以及预防保健人员的日常工作都具有重要的指导作用。

本书是为预防医学专业证书函授教育而编写的一本教材。编写过程中力求做到精简扼要、阐述清楚、便于自学,并注意到反映新近的研究进展。

本课程的学习宜安排在医学微生物学课程之后,有关微生物的基本知识一般不再赘述,以免重复。

教材共分十二章,主要内容包括水中的细菌、病毒;食品中的细菌(含细菌食物中毒)、真菌(含真菌毒素中毒)、病毒;空气、土壤、医药品、化妆品的微生物以及医院内感染等。由于本书是一本函授教材,故未列入实习内容。有关实验方法准备通过声像教学或面授示教来解决。

由于我们水平有限,单独开设卫生微生物学这门课程的时间不长,经验不足,缺点错误在所难免,望有关专家及同道批评指正。

本书由孟昭赫、任中原、陈思临审阅。

预防医学大专函授系列教材

卫生微生物学

来则民 主编

天津医学院 审定
中国预防医学科学院

责任编辑 邓俊峰 杨莲芬

封面设计 范惠民

*

中国科学技术出版社出版(北京海淀区魏公村白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京星城印刷厂 印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 8.125 字数: 200千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数: 1—4000册 定价: 2.00元

ISBN 7-5046-0145-4/R·37

序 言

建国40年来,由于贯彻预防为主方针,我国卫生事业有了很大的发展,全国已形成一支相当规模的卫生防疫保健队伍,卫生防疫工作取得了巨大成就。但是,目前卫生防疫队伍仍然存在数量不足、素质不高、专业技术人员结构比例不合理等状况,还有相当一部分卫生防疫人员没有受过系统的专业教育和职业培训,技术水平急待培养和提高,以适应四化建设的需要。为此,受卫生部卫生防疫司的委托,由天津医学院和中国预防医学科学院联合举办预防医学专业证书函授教育,为全国卫生、防疫、保健人员提供继续教育的机会,通过系统的有计划的专业知识教育,达到上岗任职所要求的大专层次的专业水平和工作能力。

本系列教材共计有十六分册,包括专业基础课和专业课两部分,含有基础医学、临床医学和预防医学有关的专业内容。其中专业基础课有医学生物学、医学微生物学、生物化学、卫生统计学、卫生微生物学、卫生化学、卫生毒理学和流行病学总论;专业课有劳动卫生与职业病学、环境卫生学、营养与食品卫生学、传染病学、寄生虫学、社会医学、卫生检验和防疫检验等。

遵照卫生部《关于高等医药院校教材编审原则和注意事项》的要求精神和有关规定,这套系列教材在编写过程中注意贯彻党和国家的各项有关政策和指导思想,根据我国国情,结合实际,努力做到专业教材具有科学性、系统性、逻辑性和先进性的要求,重点阐述本学科的基础理论、基本知识和基本技能。并考虑到函授教学的特点,在语言文字上力求深入浅出,通俗易懂,重点突出,条理清晰,适合自学形式。本书不仅是预防医学专业证书函授教材,也可作为医疗卫生系统从事卫生、防疫、检验、预防保健在职人员进行职业培训、自学习提高的教材或参考书。

天津医学院卫生系和各有关专业以及中国预防医学科学院所属的流行病学微生物学研究所、病毒学研究所、寄生虫病研究所、劳动卫生与职业病学研究所、环境卫生与卫生工程研究所、营养与食品卫生研究所、食品卫生监督检验所、环境卫生监测所的有关专家、教授参加了这套教材的编审工作,经过多次研究,反复审评修改,保证了教材质量。我们谨向一切组织、支持本教材编写出版工作的领导,向所有参加本教材的编辑、校对人员致以深切谢意。

由于编写这类教材我们还是首次,难免存在缺点和不足,敬希使用本教材的教师、同学和读者们提出宝贵意见,以期再版时修改提高。

中国预防医学科学院 院长 陈春明

天津医学院 副院长 王正伦

目 录

第一章 绪论1	第三节 物理、化学和生物因素对病毒持续存在的影响18
一、卫生微生物学的定义.....1	一、物理因素18
二、卫生微生物学的发展简史.....1	二、化学因素19
三、卫生微生物学的任务.....2	三、生物因素19
四、卫生微生物学与其他学科的关系.....2	第四节 水中病毒的监测20
五、卫生微生物学的发展近况.....2	一、水中病毒监测的目的20
第二章 水中的细菌4	二、水中病毒监测的方法20
第一节 水中的细菌及其生态4	第五节 水中病毒的消除21
一、淡水中的细菌.....4	一、自来水21
二、海水中的细菌.....6	二、污水22
三、地表水污染的细菌学.....7	三、污泥22
第二节 水中的致病菌7	第六节 水中病毒的卫生标准23
一、致病菌在水中的存活.....8	第四章 食品微生物学概论24
二、水中常见致病菌.....8	第五章 食品中的细菌28
第三节 生活饮用水的细菌指标10	第一节 食品中常见的细菌28
一、粪便污染指示菌的条件10	一、假单胞菌属28
二、大肠菌群及粪大肠菌群10	二、芽胞杆菌属28
三、粪链球菌 (fecal streptococci)11	三、梭状芽胞杆菌属 (简称梭菌属).....28
四、产气荚膜梭菌11	四、肠杆菌科各菌属.....28
五、大肠菌群与其他水中致病菌的关系.....11	五、醋酸杆菌属29
六、区分人与动物粪便污染的指示菌12	六、产碱杆菌属29
七、粪便污染指示菌的定量12	七、黄杆菌属30
八、细菌总数12	八、乳酸杆菌属30
第四节 细菌在污水处理中的作用13	九、微球菌属30
一、需氧处理原理13	十、葡萄球菌30
二、需氧处理中的生化过程13	十一、链球菌30
三、厌氧处理原理14	第二节 引起食物中毒的常见细菌31
第三章 水中的病毒15	一、细菌性食物中毒的一般特征31
第一节 水中病毒的种类15	二、引起食物中毒的常见细菌31
第二节 水中病毒的来源和传播方式16	第三节 细菌性食物中毒的微生物学检测39
一、通过饮水传播17	第六章 食品中的真菌42
二、通过污染水产品造成传播17	第一节 食品中常见的酵母菌42
三、通过游泳池水传播17	一、酵母属42
四、通过污水灌溉造成传播17	二、毕赤酵母属42

三、假丝酵母属	43
四、红酵母属	43
五、球拟酵母属	43
第二节 食品中常见的霉菌	43
一、毛霉属	43
二、根霉属	44
三、曲霉属	44
四、青霉属	45
五、木霉属	46
六、枝孢霉属	46
七、镰刀菌属	46
八、单端孢霉属	47
九、葡萄状穗霉属	47
第三节 产毒真菌与真菌毒素	47
一、主要的产毒真菌	48
二、主要的真菌毒素及其分类	48
三、致癌性真菌毒素	49
四、真菌产毒的条件	50
第四节 真菌毒素中毒症	51
一、真菌毒素中毒症的一般特征	51
二、常见的真菌毒素中毒症	51
第七章 食品中的病毒	58
一、各类食品中的病毒	58
二、食品中病毒的检测	63
三、食品中病毒的预防和消除	63
第八章 各种食品中的微生物	65
第一节 乳类食品中的微生物	
一、乳类食品中的致病微生物	65
二、乳类腐败类型及其有关微生物	65
三、温度对乳类腐败的影响	66
四、乳粉及炼乳中的微生物	67
五、乳制品中可利用的微生物	67
六、乳类微生物污染的防制	68
第二节 肉类中的微生物	68
一、肉类中微生物的来源	68
二、肉类腐败变质的类型及有关微生物	68
第三节 禽蛋中的微生物	69
一、禽蛋的受染途径	69
二、禽蛋的腐败变质及其有关微生物	69
第四节 食品卫生微生物学检验	70
一、检样的采取和处理	70
二、食品被细菌污染的指标	72

三、食品中细菌指标的卫生标准	73
第九章 空气中的微生物	74
第一节 空气中微生物的来源与分布	74
一、室外空气 (大气)	74
二、室内空气	76
第二节 微生物在空气中的传播方式	77
一、尘埃	77
二、飞沫	77
三、飞沫核	77
第三节 微生物气溶胶	78
一、气溶胶 (Aerosol) 的概念	78
二、微生物气溶胶的感染性	78
三、气溶胶中微生物的存活特点	78
四、微生物气溶胶在医学上的应用	79
第四节 空气的净化与消毒	79
一、综合性措施	79
二、物理方法	80
三、化学方法	80
第五节 空气中微生物的检测	81
一、空气被污染的细菌学指标	81
二、空气的细菌学检查法	81
第十章 土壤中的微生物	84
第一节 土壤中微生物的种类和分布	84
一、土壤中微生物的种类	84
二、土壤中微生物的分布	87
第二节 微生物对土壤的作用	89
一、氮化物的转化——氮循环	89
二、碳化物的转化——碳循环	91
三、硫化物的转化——硫循环	91
第三节 土壤中的病原微生物	92
第四节 土壤中微生物间的相互关系	93
一、寄生关系	93
二、共生关系	94
三、互生关系	94
四、拮抗作用	94
第五节 土壤的卫生微生物学检测	95
一、主要检查项目	95

二、土壤的收集与检测	96	一、外源性感染 (又称交叉感染)	112
第十一章 医药品、化妆品的微生物		二、内源性感染	113
污染	99	第二节 医院内感染涉及的因素	114
第一节 医药品的微生物污染	99	一、宿主防御功能减退	114
一、医药品引起感染的实例	99	二、医源性因素	114
二、各种医药品的微生物污染	100	三、环境及病原因素	115
第二节 化妆品的微生物污染	103	四、预防和治疗措施	115
第三节 医药品、化妆品的微生物		第三节 医院内感染的病原	115
评定标准	104	一、细菌	115
一、医药品、化妆品中污染的细菌数和		二、病毒	116
特定菌	104	三、真菌	116
二、医药品、化妆品微生物学的评定		四、寄生虫	116
标准	105	第四节 医院内常见的感染	117
第四节 医药品、化妆品污染的		一、尿路感染	117
来源及其预防	105	二、呼吸道感染	117
一、原料的污染	106	三、消化道感染	117
二、制造过程中的污染	106	四、烧伤及手术感染	118
三、药剂使用时的污染	107	五、败血症	119
第五节 医药品、化妆品的微生物		六、新生儿脑膜炎	119
学检查	107	七、新生儿衣原体感染	120
一、医药品、化妆品的无菌检查	108	八、病毒性肝炎	120
二、医药品、化妆品的微生物检查	109	九、艾滋病	121
第十二章 医院内感染	112	第五节 医院内感染的控制及	
第一节 医院内感染的概念	112	预防	121

第一章 绪 论

一、卫生微生物学的定义

卫生微生物学是研究外界环境中微生物的特性及其与各种环境因素的关系和这些微生物对人类健康的影响以及消除其危害的对策的一门学科。它是微生物学的一个重要分支，是随着预防医学的发展而派生出来的一门学科。

二、卫生微生物学的发展简史

在上古时代，我们的祖先虽然还没有见过微生物，但已经开始利用微生物制作食品。例如，公元前2000多年的舜禹时代就已有仪狄作酒的记载；北魏（386~534）贾思勰《齐民要术》一书中详细记载了制醋的方法；我国民间很早就掌握了通过发酵豆类来制酱的方法。长期以来广泛采用盐腌、糖渍、烟熏、风干等方法来保存食物，实际上这些方法都是防止食物因微生物污染而腐烂变质的好方法。

卫生微生物学的真正萌芽，几乎和微生物的发现是同时的。1676年荷兰人吕文虎克（Antony Van Leeuwenhoek, 1632~1723）用自磨镜片创制的显微镜观察了井水和桶底积水中各种大小的微生物，并作了正确的描述。这是最早的水的微生物研究。19世纪法国科学家巴斯德（Louis Pasteur 1822~1895）通过科学实践证明有机物质的发酵与腐败均由不同的微生物引起。酒变质是由于污染的杂菌生长繁殖的结果。他还发现空气中存在着微生物，可使暴露于空气中的肉汤混浊。他用肉汤装在“S”形瓶中进行严格的科学试验，证明只要消毒严密，根绝外界微生物的污染，不论肉汤还是麦酒都不会自然发生微生物造成的变质。这些研究不仅促进了酿酒工业的发展，而且推动了对微生物的研究。使人们认识到不同的微生物除了形态各异之外，在生理特性上也有所不同，进一步肯定了微生物在自然界起着重要的作用。巴斯德所创用的加热消毒法（巴氏消毒法）至今仍广泛应用于牛奶等食品的加工业。随后李斯特（Joseph Lister, 1827~1912）研究认为开放性伤口的感染是由空气中的微生物引起的，并创用了石炭酸喷洒手术室和煮沸手术用具以防止手术后的继发感染。

俄国科学家维诺格拉斯基（Sergei N Winogradsky 1856~1953）发现了细菌的自养生活方式，并确定了细菌在引起土壤中的含氮、含硫化合物转化中的作用。荷兰人拜叶林克（Martinus W. Beijerinck 1851~1931）发现了根瘤菌的共生固氮作用，从豆科植物根瘤中分离出根瘤菌的纯培养，用这种菌接种豆科植物可形成根瘤。他们是土壤微生物学的奠基人。

丹麦学者汉森（Emil Chrisfian Hansen, 1842~1909）开展了用于制醋的酵母菌和细菌纯培养的研究，开创了研究工业发酵的道路。随后一些学者先后制成了用于生产干酪和奶油的纯培养“曲引”。

虽然卫生微生物学在早期是和微生物学同步发展起来的，但是在很长一段时间内，人们只集中注意于疾病病原学的研究，卫生微生物学的发展相对缓慢。随着医学科学的发展，人们逐渐认识到孤立地研究机体内微生物，而不顾人的生存环境中的微生物的研究，难以解决

疾病的预防问题。因而比较重视了环境因素对健康的影响及其防制措施的研究。近年来,卫生微生物学才得到了全面、迅速的发展。过去医学院校的卫生专业有关这方面的知识分散在环境卫生学、食品卫生学以及流行病学等课程中讲授,近几年才单独开设卫生微生物学这门课程。

三、卫生微生物学的任务

(一) 研究微生物的生态学

生态学是生物学的一个分支,它研究生物或生物群与它们的环境之间的关系。微生物的生态学主要研究对象是微生物,但也不排除与之有关的别的生物,它是总的生态系统的一个组成部分。研究微生物生态学是卫生微生物学的主要任务之一。其具体内容包括:微生物的分布、种类、生存力、变异;各种环境因素(物理、化学、生物因素)的影响等。

(二) 研究各种环境中微生物的检测方法

在实际工作中,有时只需要定性的检测方法。例如,从环境中检出某些致病微生物或其产物。但是,在大多数情况下,为了反映各种环境中微生物污染的程度,观察其在不同条件下的消长规律,需要定量的检测方法。例如,水和食品中细菌总数和大肠菌群数的测定。

(三) 研究环境中微生物污染对人类健康的影响及在疾病流行中所起的作用。

(四) 研究消除或减少各种环境中微生物污染以及保护人类健康的对策和措施。

四、卫生微生物学与其他学科的关系

(一) 与医学微生物学的关系

卫生微生物学与医学微生物学有密切的联系而又有区别。医学微生物学主要研究病原微生物的生物性状、传染致病的机理、诊断技术和特异性防治措施等。它所涉及的主要是致病微生物与机体的关系。而卫生微生物学是预防医学的基础学科,主要研究微生物(包括致病的和非致病的)与环境之间的相互作用,着眼于环境中微生物对群体的影响。

(二) 与环境卫生学、食品卫生学、流行病学的关系

卫生微生物学作为预防医学的一门基础学科,与该领域的环境卫生学、食品卫生学以及流行病学关系最为密切。它着重解决这些学科的微生物学问题,为这些学科提供必要的基础知识和检测手段。

(三) 与其他基础学科的关系

研究卫生微生物学需要具有生物学、遗传学、免疫学、生物化学等基础学科广泛的知识,特别是需要运用分子生物学、放射免疫、酶免疫等近代科学技术,才能更好地揭示微生物与环境之间关系的奥秘,把卫生微生物学提高到新的水平。

五、卫生微生物学的发展近况

近年来,卫生微生物学已形成了一个比较完整的体系,其中包括水、食品、空气、土壤、医药品、化妆品的微生物,以及医院内感染等。

最近对水中病毒、食品中的真菌和真菌毒素等方面的研究取得了较大的进展。随着医药工业的发展和人民生活水平的提高,医药品、化妆品的微生物也逐渐受到人们的重视。医院是人类的一个特殊的环境,医院内感染已成为一个重要的卫生问题。医院内感染的一些微生物学问题(如耐药菌株问题)也取得了很大进展。但是,我国卫生微生物学的发展与世界先

进国家相比，还有相当大的差距，在某些方面还存在一些空白。我们必须更多地培养人才，加强研究，促进本学科的发展，才能更好地保障人民健康，促进国民经济的发展。

(来则民)

思 考 题

1. 什么是卫生微生物学？与医学微生物学有何区别？
2. 卫生微生物学在预防医学中起什么作用？
3. 卫生微生物学的任务是什么？

第二章 水中的细菌

水是人类生存的重要环境因素之一，历史上我们民族的文化发源地便与黄河有关，足以说明它在生活与生产中的重要意义。从生物学及医学角度看，水不仅是维持生命活动所必需的物质，也是导致或传播某些疾病的媒介。因此生活或生产用水的质量便具有很大的卫生学或流行病学意义。本章将对与人类健康有关的水的细菌学问题进行讨论。

第一节 水中的细菌及其生态

自然条件下几乎各种水体均有微生物生存，包括原生动物、藻类、真菌、细菌和病毒，但其数量及种类因生态环境不同则有很大差异。水中微生物的来源基本上可分为自然存在的微生物群落和由外部带入的，如降雨及地表水的流入，人或其他动、植物所污染。后者常是水中所含致病菌的一个来源。

一、淡水中的细菌

按水体存在的位置，分为地表水，例如江河、湖泊以及池塘、水库、小溪等（浅井水也归此类）及存在于地层中的地下水，地下水经地层裂隙而涌出地表时即为泉水。

1. 自然水体中细菌的生态特点 一个水体常可将其划分为四个区带，即沿岸附近的沿岸区带和远离岸边的开放水面，其上层为表层区带，其下较深的水层称深层区带，底部为水底区带。水中微生物群落在上述各区带均有不同，其影响因素主要有氧气的获得，日光，营养物质以及水温等。从总的生态关系讲日光与氧是很重要的因素，日光给光合细菌及藻类以能量进行光合作用，所合成的有机物，是水中的原始产物，它供给其他细菌及原生动物促其生长，进而支持其他水中生物。这类细菌主要存在于表层区带。此处氧气供应也充足，水中被消耗的氧，自空气中通过扩散而补充。水的波动及流动有助于氧的补充。在表层还常见有异养的假单胞菌，噬纤维菌（cytophaga）及生丝微菌（hyphomicrobium）。深层区带中氧的浓度低，日光透过较少，只有波长短的光线因折射率大方可进入，所以是紫色或绿色硫细菌生长之处，在此亦有较多的异养菌。底层区带则有厌氧菌存在，与致病有关的梭菌包括肉毒梭菌在此亦有存在。水底的污泥常有腐蛋味，是脱硫弧菌以硫的氧化物为电子受体进行无氧呼吸生成 H_2S 所致。在此区带产甲烷细菌将有机分解产物（通常也是由细菌产生）进一步还原成甲烷，即沼气。

地表水中的细菌除上述自然生态所决定外，来自外界污染又是一个重要因素，这主要影响沿岸区带或有人类及动物活动的表层。假如这种污染不是持续的，水体环境又不适于其存活，则这种变化是暂时的，通过自净而恢复常态。如果是持续污染则将带来新的问题。

2. 水中理化及生物因素对细菌的影响

（1）温度 广义而言在相当大的温度范围内均可能有细菌存活。如嗜冷菌可在 $-10^{\circ}C$ 环境中生长，已知耐高温的是海水中的细菌可在 $75^{\circ}C$ 生存。但任何细菌亦均有其适应范围。对于水中通常的异养菌，一般在气温高的季节易繁殖，数量大，而冬季则相对降低（图2-1）。

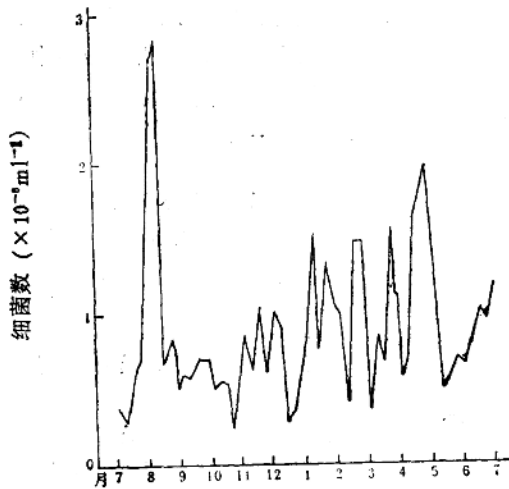


图2-1 各月份水中异养菌数量的变化

但水温低有利于细菌的存活, 所以从卫生学讲, 冬季水中存活的细菌对人群健康的潜在危害性不能忽视。有报告提出在河水中痢疾杆菌由 $33 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 随温度下降生存日数增加, 在 25°C 时可生存 $49 \sim 52$ 天, 沙门氏菌亦有相同情况, 惟生存日数因血清型不同而异。

在研究河水中细菌总数时发现一年四季水温变化对水中异养菌群有选择作用。用 35°C 及 10°C 培养对比, 夏季及冬季水样在两种温度下所得计数相反。夏季代表水样在 10°C 时

菌数之少可忽略不计, 而冬季代表水样在此温度生长者占 18% , 这说明水温对水中细菌群落的构成是有影响的。

(2) 氢离子浓度 大多数细菌生长的 pH 范围, 均可适应于自然水体环境, 淡水 pH 为 $6.5 \sim 8.5$, 海水为 $7.5 \sim 8.5$, 稍偏碱, 这也可能是弧菌在海水中易存活的原因。

(3) 化学物质 水中的化学物质如有机物可成为异养菌的营养来源, 无机物中的氨、硝酸盐、磷酸盐可直接被利用, 硫酸盐、碳酸盐可作为无机化能营养菌的无氧呼吸电子受体等。

由于化学污染常带来许多新问题, 例如水中含 $100\mu\text{g/ml}$ 的阴离子表面活性剂对异养菌, 粪便污染指示菌, 致病菌及病毒未见有影响。在鱼塘中杀草剂 2,4-D 含量达 500mg/L 时, 因它对单细胞藻类有毒性反而刺激了异养菌的生长。汞、铜等金属离子对细菌有杀菌作用, 但某些假单胞菌因带有抗性质粒, 不仅有抗性还能浓集这类金属被用于废水处理。因此对这类问题要作具体分析方可用于实践。

(4) 营养物质 水中细菌数量常与营养物质水平有关。对异养菌而言, 在生活污水及可供生物利用的有机废水中细菌数量大, 同理江河入海口的菌数也大于其他海岸线。在水中, 特别是营养贫乏时, 细菌倾向于附着于颗粒上, 被附着的颗粒有时即为代谢底物。据研究发现葡萄糖主要在游离状态下被摄取, 而氨基酸的摄取多与粘附有关。此点有助于理解混浊的水中细菌数量常大于清水。已证明主要生存在水中的细菌如柄杆菌属可具有“附肢”以牢固粘附于物体表面。

(5) 生物学关系 就整体而言, 水中全部生物均可视为一大生物体系, 光合细菌及藻类能利用日光为能源合成自身的有机物, 作为食物链的开始依次向更高级生物提供食物。在微生物中细菌与单细胞藻类, 由于对日光和氧的需要及营养方式不同, 在浅层常是藻类数量大而细菌量少, 但在较深处因藻类不能进行光合作用, 死亡后又提供了有机物则细菌数又增高。此外, 当水体无机营养丰富时, 藻类大量繁殖, 亦使细菌数下降, 当过量的营养除去后, 方便生态系统平衡 (见图2-2)。

生物间的共栖亦为某些细菌的生存提供条件, 对军团菌的研究发现, 一种蓝细菌所产生

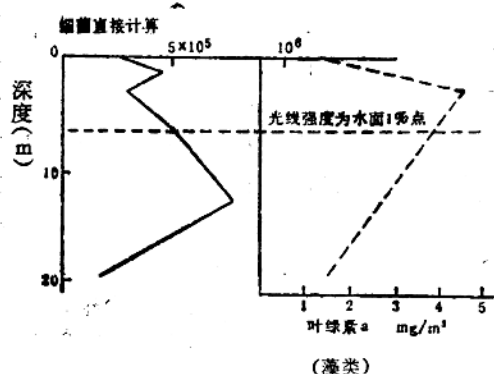


图2-2 某湖水不同深度中细菌与藻类数量及光线关系

的糖类有助于它的粘附。实验证明霍乱弧菌有粘着于几丁质的特性，这可能并非没有生态学意义。贝类的鳃或肠道通过呼吸或进食有浓集细菌（如副溶血弧菌）和作为宿主的作用，原生动物可将细菌作为食物而吞噬。鱼类生活在污水中或饲料有污染时，也可检出致病菌。但多

为暂时携带。沙门氏菌在龟或水禽中被检出的报告较为常见，被认为是污染源。

据部分材料所列与水有关动物所检出的致病菌如表2-1。

表2-1 自与水有关的各类动物检出的致病菌

动物种类或名称	检出细菌
海 鸥	沙门氏菌27个血清型， 海鸥弯曲菌
鱼	沙门氏菌12个血清型， 亚利桑那菌 嗜水气单胞菌 鳃弧菌 类志贺邻单胞菌
龟	沙门氏菌
蛙	沙门氏菌 嗜水气单胞菌

二、海水中的细菌

海水中的细菌与卫生有关的主要是沿海的细菌。海水中自然存在的细菌有假单胞菌属，弧菌属，螺菌属，无色杆菌属和黄杆菌属等，其中仅极少数种有致病性。近海水中另一部分细菌来自沿岸污水或河流入海所携带的。在含有生活污水和营养丰富的区域内，主要有大肠菌类，粪链球菌和芽胞杆菌，变形杆菌，梭菌等。海水中细菌分布是不均匀的，细菌数常与深度成反比，在5~50米深度数量较多，其下的深水含菌量则明显减少。在深海的特殊环境中则存在有特殊的细菌，如耐压、耐盐菌等。

在海水中，特别是与河水交界处，在霍乱流行地区曾检出霍乱弧菌 E1 Tor 生物型，但除少数学者外，均不认为海水是霍乱弧菌的自然生存场所。副溶血弧菌生长的盐适宜浓度与海水一致（此点与霍乱弧菌不同，副溶血弧菌为10~15mM，霍乱弧菌为160~170mM），一般4~10月在海水中可查到，冬季则在水下沉积物中或鱼贝中检出，认为该菌可自然存在于海水中。在近海地区的海泥中调查产肉毒素梭菌分布的一项报告表明，我国沿海海泥中该菌的检出率为4.3%，除B型外A和F型均有存在，其中A、E、F三型主要存在于北纬30°以北，与我国肉毒中毒主要发病地区亦在西北及东北地区一致。海水分枝杆菌是鱼结核致病菌，亦可造成人的皮肤感染。

Borrego报告粪便中细菌在海水中的灭活速度各有不同，以沙门氏菌及志贺氏菌为最快，其90%的死亡时间为 $T_{90}(\text{分})=3.12$ ，粪便链球菌 $T_{90}(\text{分})=9.93$ ，大肠菌群 $T_{90}(\text{分})=11.93$ ，大肠菌噬菌体为最长 $T_{90}(\text{分})=13.70$ ，因此以噬菌体为污染指标应引起注意，但尚需进一步研究。（注： T_{90} 为在一定条件下，某种细菌达到90%死亡所需的时间，通常称为D值即活菌数降低一个数量级的时间）。

三、地表水污染的细菌学

1. 水体污染后的细菌动态变化 当河水在某一点受到污水的污染, 如果此污染是持续而稳定的, 则从该处开始细菌数突然上升, 顺流而下随污染物的降解, 细菌数亦开始下降直至恢复污染前的水平, 这段距离可以是几公里至几十公里。但这个过程不是一个简单的稀释。由图2-3可见其中各种微生物数量均有规律性变化, 由于污染使有机物大增, 异养菌大量繁殖, 有机物经细菌分解又供给藻类生长, 最终各种微生物又重新达到生态平衡。在此过程中消耗大量氧使水中含氧量下降, 然后随生态恢复含氧量亦升高到正常水平, 有机物则被降解为无机物。因此它是由微生物, 特别是异养菌发挥了重要作用的一个生物净化过程。与此类似如在一个封闭的水体, 受一次性污染时则上述距离坐标, 变换为时间坐标, 即随时间推移而净化。

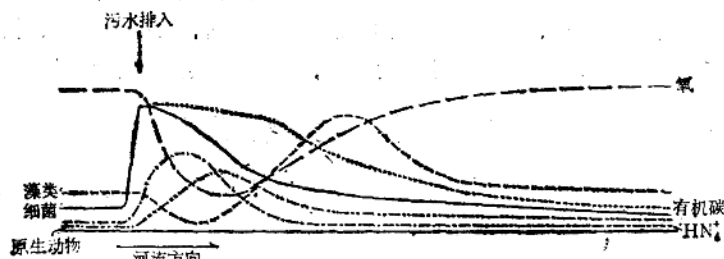


图2-3 污水排入后, 河流各区段的微生物群落变化和有机物的降解

如上所述, 在自然因素作用下, 受污染的水体逐渐净化而复原的过程称水体自净。如污染严重自净过程需要大量的氧而自然补充不足时, 需氧菌不能进行氧化分解则水质腐化。又如污水中含有对细菌生物活性有毒性的物质时, 亦会影响自净。故允许排入水体的污染物的量不能超过自净能力, 以保护人类生态环境。

2. 不同河段的微生物学特点 河水中的细菌数在河流各段因受污染机会不同其数量亦异。在清洁的上游水中细菌(大肠埃希氏菌)数量很少, 中游河段随污染增多菌数亦增高, 此段的另一特点是丝状菌(有菌丝的真菌, 如白地霉, 青霉菌, 黑色曲霉)的数量亦高, 但在严重污浊的下游, 丝状菌有减少的倾向。铃木氏提出下列公式以评价河水的污浊类型。可供参考。

$$\text{微生物比} = \frac{\text{丝状菌数 (n/L)}}{\text{细菌数 (n/ml)}}$$

清水型为10~500, 中腐水型为1~10, 强腐水型为0.9以下。

3. 井水 井是人工开掘用以取得地面以下水的一种设施。在水文学上地面以下的水有两个部分, 即上层土壤中的悬浮水和地层中的饱和水(地下水)。土壤中水的来源包括地表水体及降水, 因此地表水的污染以及土壤的污染均可影响其中的细菌状况, 若井水取自此处便有污染的危险。虽然土壤有一定的过滤能力, 但需要一个相当的厚度。研究表明污水灌溉的地方透过1.3米的土层可检出粪便指示菌, 肠道病毒和噬菌体, 在60米处仍有查出指示菌的报告, 充分说明井位距污染源的距离要足够远和取得地下水的重要性。地下水虽受地面污染的机会较少, 但亦应注意地层中裂隙的连通而带来的污染。

第二节 水中的致病菌

水是疾病传播媒介之一。水中致病菌的来源主要是人或动物排出的致病菌如伤寒沙门氏菌、志贺氏痢疾杆菌、钩端螺旋体等, 亦有水中自然存在的细菌如副溶血弧菌、嗜肺军团菌等。它们传播的疾病以肠道传染病为主, 但亦涉及通过破伤皮肤或粘膜而感染的疾病如结膜

炎, 皮肤分枝杆菌病, 以至呼吸道传染病。

一、致病菌在水中的存活

细菌在水中的存活能力因其自身的生物学特性如对营养的要求、温度与pH的适应以及微生物的拮抗能力而定。通常是温度高死亡快; pH7.0左右存活长; 清洁的水〔生化需氧量(BOD)值低〕较污水生存久。将宋内氏痢疾杆菌($5 \times 10^4/\text{ml}$)接种于清洁河水中发现, 在20°C及30°C条件下7天死亡, 而在2°C条件下几乎没有死亡; 同时接种于污水河水中(BOD 67ppm)者20°C条件下2天即死亡, 比清洁河水短5天。致病性大肠埃希氏菌(EPEC)在井水中($10^5/\text{ml}$), 20°C时其存活时间明显受pH影响, 如pH5.8时为24~48小时, pH8.6时为9~12小时, 而pH7.0时可存活12天。伤寒沙门氏菌亦有类似结果。嗜肺军团菌被认为是自然存在于水中的机会性致病菌, 从水中分离的报告屡见不鲜, 早期实验室资料表明它在4°C蒸馏水中可存活69~139天, 自来水中可存活一年, 显然与其是水中细菌的特性有关。

二、水中常见致病菌

1. 产毒大肠埃希氏菌(ETEC) 人、猪、牛等为储存宿主, 通过粪便排出污染水体。生物学性状与非致病的大肠埃希氏菌相同, 但常与某些血清型相关如O6, O78, O159等。肠毒素有二种即耐热肠毒素(ST)与不耐热肠毒素(LT), 两者的分子结构及作用机理均不同, 但均引起腹泻, LT与霍乱肠毒素极相似, 有的资料指出热带地区旅游者腹泻70%的病因为ETEC。

2. 志贺氏菌属 人是唯一的自然宿主, 通过粪便污染水体, 生物学特点是发酵葡萄糖不产气, 无鞭毛, 不同于其它肠杆菌科成员。该属全部的种及血清型均致病。侵袭力是致病的首要因素。外毒素与内毒素均参与致病作用, 侵袭部位为大肠, 引起痢疾除少数报告外不发生菌血症。加拿大一村庄因水道污染发生痢疾流行, 220名患者中有59.5%检出宋内氏痢疾杆菌同一菌种。1985年美国某夏令营使用未处理的地下水, 因污染有宋内氏痢疾杆菌, 查出患者27名。

3. 沙门氏菌属、伤寒及副伤寒甲、乙沙门氏菌 人是储存宿主。副伤寒沙门氏菌偶见于动物。其他沙门氏菌血清型以多种动物为宿主。寄生于宿主肠道, 由粪便污染水源。除伤寒、副伤寒沙门氏菌是伤寒病原外, 在人主要引起胃肠炎。伤寒沙门氏菌侵袭力强, 引起菌血症, 其它菌型感染限于肠道。多数经水传播的伤寒流行与供水管道和污水管道交联或地面水对管道的渗透、井水的污染和消毒不当有关。我国某市因用污水灌溉而污染蔬菜(萝卜)引起伤寒流行, 发病率达98/万。1985年美国因维修水道时上下水道交叉污染, 发生一次伤寒流行, 有60人发病。

据一项在医院污水中加入鼠伤寒沙门氏菌(1000个菌/毫升)的试验表明, 在30°C条件下, 可存活279天。1965年美国加州发生一次水传鼠伤寒沙门氏菌引起的伤寒暴发, 波及18000人。其它血清型经水传播的潜在危害不能排除。

4. 霍乱弧菌 自然宿主为人, 在小肠中繁殖, 通过粪便污染水源。本菌对pH要求偏高, 可耐受pH9.0的条件。肠毒素是引起症状的主要决定性因素, 毒素作用于肠上皮细胞内使cAMP持续生成, 导致肠上皮细胞 Na^+ 吸收障碍, Cl^- , K^+ 及水大量向细胞外逸出, 患者发生严重腹泻, 水与电解质失去平衡。霍乱弧菌在水中曾多次分离到, 并有些研究证明可在河、海水交界的水中或盐碱地的水中以至寒冷季节在水底污泥中存活, 但多数学者未能确认

在外环境有储存宿主。1892年汉堡发生流行时已证实本菌可经水传播。当时在汉堡与其市郊易北河下游的Altona均自易北河取水,但Altona使用高效的砂滤使水质净化。在汉堡市发生18 000病例情况下Altona仅有516例。在非流行地区如美国及西欧,散发病例多与生吃受污染的海产品有关。

5. 副溶血弧菌 被认为是海水中的细菌,存在于近海水下沉积物及鱼、贝类体内。春夏季节大量繁殖,污染海产品引起胃肠炎。本菌最适的NaCl浓度为3.5%,在无盐豚水中不生长,故有嗜盐性。在固体培养基上有侧生鞭毛,37°C下生长良好,利用无盐豚水及精氨酸双水解酶阴性区别于其它弧菌。致病株在含有7% NaCl及甘露醇的兔血琼脂上溶血,称神奈川现象阳性。产生肠毒素引起腹泻。最近发现神奈川现象阴性株也有致病性。

在我国淡水及淡水鱼中也检出了此菌。

6. 空肠弯曲菌 是一属革兰氏阴性、微需氧、形态弯曲、营养要求高、氧化酶阳性的细菌。存在于牛等家畜的肠道,在鸟类亦有检出。自然水体中亦常有分离。引起人肠道感染的主要有空肠弯曲菌,近年在有的国家已是重要水传疾病的病原菌,例如美国1985年水传细菌性疾病,半数为空肠弯曲菌引起。此菌能在42°C生长以区别于属内其它种。4°C下可在地面水中生存。已证明产生肠毒素,作用机理与霍乱肠毒素相类似,细胞毒素对许多哺乳动物细胞有毒性,侵袭可达肠壁以下。

英国某学校在学生及职工中发生弯曲菌胃肠炎,调查表明学校自备自来水的水箱位在屋顶,且是开放的,从其中检出了空肠弯曲菌,疑为鸟类或蝙蝠粪便污染。美国Bennington镇因供水未经过滤,一次发生3 000例腹泻,并有头疼等典型弯曲菌肠炎症状。Pearson(1977)曾自海水中分离到6株空肠弯曲菌。

7. 小肠结肠炎耶氏菌 为革兰氏阴性卵圆形杆菌,在22°C条件下培养有鞭毛,37°C时无鞭毛长出,30~37°C均可生长,但在低温下如-5°C~5°C条件下亦可缓慢繁殖。以家畜(猪)及野生动物为其宿主。通过粪便污染水体。该菌在春夏季于水中存活时间短,而秋冬季长,这可能与它可以在低温繁殖有关,常引起人类感染的有O3及O9血清型。小肠结肠炎耶氏菌能侵袭HeLa细胞,产生耐热性肠毒素,可能是产生痢疾症状及腹泻的因素。本菌引起的肠炎主要见于7岁以下儿童。1982年美国华盛顿州有87人因食用豆腐发生肠炎,经细菌学证实为耶氏菌感染,在浸泡豆腐的水中亦检出了该菌,所用的水为未经处理的泉水。

8. 土拉氏菌 为革兰氏阴性短小杆菌,高度多形态,培养基中需添加胱氨酸。储存宿主为野生动物,尤其是家兔和野兔、海狸、麝鼠等,由排泄物污染水源。在人群(莫斯科,1959)中曾有因水传播流行的报告。

9. 嗜肺军团菌 为革兰氏阴性杆菌,人工培养可出现长达100μm的菌体,培养基成分复杂,铁,胱氨酸是必要成分,pH严格限定在6.9±0.5。目前认为是水中自然存在的一种细菌,尚未发现有自然宿主。河水、湖水,空调冷却水均有检出。人通过呼吸道感染,是一种机会性致病菌,引起军团菌病,在人群中亦可发生流感样的庞蒂亚克热。水中细菌由水滴形成的气溶胶被吸入而造成感染。美国某医院(1982)由院内自来水形成的气雾发生5例病人。英国一家医院因热水管道内(45°C)有军团菌生存,使医院内感染军团菌病例数高于其它条件相近的医院。法国报告(1985)某医院由饮用水传播发生了医院内感染。

10. 假单胞菌 本菌属成员甚多,是需氧革兰氏阴性杆菌,存在于海水、淡水及污水中。在美国曾因用再生水(recreational water)作旋涡浴(whirlpool)水疗或游泳池水,导致了假单胞菌皮炎或毛囊炎的暴发。

11. 分枝杆菌 除人-牛-非洲分枝杆菌、麻风分枝杆菌以外的分枝杆菌属成员，曾被称为非典型抗酸杆菌，这些细菌存在于土壤和水中。有的学者认为无论机会性致病的或不致病分枝杆菌，虽然在大多数的自然水体，以及管道水中均有存在，但很可能并不是真正的水生细菌，而是正常生活于泥土及腐植物中的细菌。常见于自来水中的有勘萨斯分枝杆菌及龟分枝杆菌，但其自然来源及如何进入管道尚不清楚，勘萨斯等水中分枝杆菌可通过吸入来自喷头含有该菌的气溶胶而造成感染。

海水分枝杆菌可存在于游泳池或水生动植物的饲养槽中，通过破伤皮肤而感染。海水分枝杆菌、机会分枝杆菌、龟分枝杆菌等，早已从鱼、龟等水生动物中分离出来，可能是污染的来源。

结核分枝杆菌在结核病院污水中曾分离到，与受其污染的河水接触的儿童有发生感染的报告。

12. 出血性黄疸型钩端螺旋体 是一类纤细、缠绕致密呈螺旋状、两端或一端弯曲成钩状、靠轴丝运动、可人工培养的革兰氏阴性菌。对人有致病性。贮存宿主为家畜如牛、羊、猪、犬及多种野生动物，特别是啮齿类。通过带菌动物的尿污染土壤及水源，人接触污染的水通过皮肤或粘膜进入体内造成感染。由于宿主随尿排菌造成环境污染，在大雨或洪水时将地面污染物带入水中而引起的报告亦不少见。本菌可在中性或弱碱性水及污水中存活，在灭菌自来水中可存活4周。内蒙地区冬季自冰下水中曾分离出波摩那钩端螺旋体。

第三节 生活饮用水的细菌指标

水可携带、传播多种病原微生物，但实践证明在多数情况下，很难从水中分离到病原菌。虽然在一些调查研究中也曾在水中检出了某些致病菌，但在经常性的水质监测中很难像做研究工作那样，对各种致病菌逐一检测。对于水中细菌卫生学所关注的主要是来自人或动物随粪便排出体外的肠道致病菌。因此以一种能代表粪便污染的细菌作为有肠道致病菌危险的指示菌是合乎逻辑的，在方法上也是可行的。

一、粪便污染指示菌的条件

理想的指示菌应具有以下条件：

1. 在污染的水中有致病菌存在时，指示菌亦应存在。
2. 不存在于未污染水中。
3. 指示菌在数量上应大于致病菌数量。
4. 指示菌的密度应与污染程度有一定的相关。
5. 在水中生存寿命要比致病菌长，并对消毒剂有相同的抵抗力。
6. 作为微生物学标准，应适用于各种水源。
7. 指示菌的特性应是稳定的，在水中不能繁殖。
8. 检测方法简单、能定量、准确性高、需时短。

二、大肠菌群及粪大肠菌群

大肠菌群及粪大肠菌群作为粪便污染指标，是世界各国通用的指示菌。部分国家，除以上两项外，尚有加用粪链球菌和产气荚膜梭菌作为粪便污染的指示菌。