

●本书受云南大学学术著作教材出版基金资助

污染环境微生物学

WU RAN HUAN JING WEI SHENG WU XUE

张 灼 编著

云南大学出版社

责任编辑 王登全

封面设计 陈燕维

污染环境微生物学

张 灼 编著

云南大学出版社出版发行 (云南大学校内)
云南大学出版社印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.25 字数 195 千
1997年1月第1版 1997年1月第1次印刷
印数 0001—1000

ISBN 7-81025-748-x/Q · 13

定价: 15.00 元

目 录

第一章 引起环境污染的有害微生物	(1)
第一节 原核微生物	(1)
一、革兰氏阴性肠道细菌	(1)
二、病原性球菌	(2)
三、革兰氏阳性杆菌	(4)
四、立克次氏体	(5)
五、衣原体	(6)
六、致病性螺旋体	(6)
第二节 病 毒	(8)
一、肠道病毒群	(8)
二、肝炎病毒	(9)
三、狂犬病毒	(9)
四、粘病毒	(10)
第三节 真 菌	(11)
一、临床真菌的类群及危害	(11)
二、真菌毒素	(13)
三、云南省贮藏粮油真菌生态研究	(24)
第二章 有害微生物污染环境及评价	(36)
第一节 微生物引起水污染及检验	(36)
一、微生物引起水污染的原因	(36)
二、生活用水的卫生标准	(37)
三、粪便污染指标菌的选定	(39)
第二节 微生物引起土壤的污染及评价	(40)

一、微生物污染土壤	(40)
二、土壤污染的监测及评价	(41)
三、土壤污染的防治	(42)
第三节 微生物引起空气的污染及评价	(43)
一、微生物引起空气污染的原因	(43)
二、微生物污染空气的测定	(43)
三、空气污染的评价标准	(45)
第四节 微生物引起食品的污染及检验	(45)
一、微生物污染食品的途径	(45)
二、微生物污染食品的危害	(46)
三、食品卫生细菌学检验	(47)
第三章 污染环境的有害物质与微生物	(49)
第一节 无机污染物与微生物转化	(49)
一、汞的污染与微生物转化	(49)
二、砷的污染与微生物转化	(52)
三、铅的污染及危害	(53)
四、镉的污染及危害	(54)
五、铬的污染及危害	(55)
六、硫的污染与微生物转化	(55)
第二节 有机污染物与微生物降解	(58)
一、有机污染物生物降解的意义	(58)
二、一般有机物的生物降解	(59)
三、碳氢化合物的生物降解	(60)
四、氰(腈)的生物降解	(63)
五、合成洗涤剂生物降解	(65)
六、农药的生物降解	(74)
第三节 污染物降解菌与生物技术	(77)
一、应用选择培养方法分离降解菌	(77)

二、应用诱导培养方法筛选降解菌	(79)
三、应用遗传育种方法培育降解菌	(80)
四、应用生物工程技术创建降解菌	(81)
第四章 污染水体与微生物	(97)
第一节 正常水体与微生物	(97)
一、正常水体的组成	(97)
二、正常水体的理化指标	(98)
三、正常水体的微生物群落	(103)
第二节 水体富营养化与微生物	(105)
一、水体的富营养化	(105)
二、富营养化水体的微生物	(106)
三、富营养化水体物质降解的研究	(108)
第三节 水的自净与微生物	(119)
一、水体自净的特点	(119)
二、水体自净的价值	(120)
第四节 水质评价与微生物	(121)
一、环境质量评价的意义和种类	(121)
二、水质污染的评价方法	(122)
第五章 生物法治理污水	(130)
第一节 生物法治理污水的概况	(130)
一、生物法治理污水的现状 & 发展	(130)
二、生物法治理污水的原理	(132)
第二节 生物法治理污水的类型	(134)
一、活性污泥法	(134)
二、生物膜法	(153)
三、厌氧生物处理	(161)
第六章 实验技术	(170)
实验一、细菌总数测定	(170)

实验二、大肠菌群数的测定	(172)
实验三、食品肠道致病菌的检验	(177)
实验四、食品葡萄球菌与链球菌的检验	(183)
实验五、食品厌氧芽孢杆菌的检验	(187)
实验六、食品腊状芽孢杆菌检验	(191)
实验七、水污染的生物群落监测	(193)
实验八、污水叶绿素 a 的测定方法	(195)
实验九、活性污泥脱氢酶活性测定	(197)
实验十、水中溶解氧 (DO) 的测定	(199)
实验十一、生化需氧量 (BOD) 的测定	(201)
实验十二、污泥核糖核酸含量测定	(204)
附录 实验用各种培养基的配制	(207)
一、牛肉膏蛋白胨培养基	(207)
二、蛋白胨水培养基	(207)
三、肉浸液肉汤	(207)
四、牛心 (或牛肉) 消化汤	(208)
五、豆粉琼脂	(209)
六、血液琼脂	(209)
七、葡萄糖血琼脂平板	(209)
八、乳糖蛋白胨培养液	(210)
九、三倍浓缩乳糖蛋白胨培养液	(210)
十、伊红美兰培养基 (E. M. B 培养基)	(210)
十一、亚硒酸盐增菌液 (S. F. 增菌液)	(211)
十二、痢疾杆菌增菌培养液	(211)
十三、四硫磺酸盐增菌液 (T. T 增菌液)	(212)
十四、革兰氏阴性杆菌增菌液 (G—N 增菌液)	(213)
十五、沙门氏、志贺氏菌属琼脂 (S. S 琼脂)	(213)
十六、亚硫酸铋琼脂 (B. S 琼脂)	(214)

十七、麦康凯氏琼脂平板 (Mac 平板)	(215)
十八、肠道细菌双支糖鉴别管 (双管糖) 第一管.....	(215)
十九、肠道细菌双支糖鉴别管 (双管糖) 第二管.....	(216)
二十、亚碲酸钾甘氨酸琼脂 (T.G. 琼脂)	(217)
二十一、却浦曼 (Chapman) 氏培养基.....	(218)
二十二、匹克增菌液.....	(218)
二十三、庖肉培养基.....	(218)
二十四、凝固血培养基.....	(219)
二十五、10%卵黄琼脂.....	(219)

第一章 引起环境污染的有害微生物

引起环境污染的有害微生物包括：原核生物、真核生物、非细胞型的致病或非致病微生物。

第一节 原核微生物

一、革蓝氏阴性肠道细菌

肠道细菌包括多种革蓝氏阴性无芽孢杆菌，存在于人和动物肠道中。有些菌构成部分肠道正常菌群，有些菌是人类致病菌。污染环境的菌类主要有：

(一) 大肠杆菌类 (*Coliform bacteria*)

存在于人和动物肠道及自然界中。大多能发酵乳糖，包括大肠杆菌、副大肠杆菌、产气杆菌与克雷白氏菌属。在肠道中它们一般不引起疾病，在维持机体正常功能与营养方面有一定的作用。但这些菌一旦进入其他器官，如泌尿系统、胆道、肺部、腹腔或脑膜中能引起炎症。大肠杆菌进入血液，引起败血症。因此称条件致病菌中有些类群能产生肠毒素引起腹泻，特别是在儿童及旅游者常见。

(二) 沙门氏菌属 (*Salmonella*)

已发现两百余种，能使人类、动物或家禽致病。病原菌经污染食品进入人体。引起三种主要疾病，但常见的是混合型。

1. 肠热型。病菌随食物到达小肠，进入肠道淋巴组织，进入血液到达许多器官，使肠壁淋巴组织增生及坏死、肝内局部性坏

死，引起肝炎、胆囊炎等。

2. 败血症。肠道无病变，病菌在体内广泛播散，引起局部化脓、脑膜炎、骨髓炎、肺炎、心内膜炎等。

3. 胃肠炎（常称食物中毒）。由于食入大量病菌，肠粘膜受剧烈刺激，引起胃肠炎症。病菌不侵入血液，不播散到其他器官。

（三）志贺氏菌属（*Shigellae*）

志贺氏菌感染只限于胃肠道，极少侵入血液，病菌侵害粘膜上皮细胞，在肠壁发生脓肿、粘膜坏死、溃疡、出血。后期形成疤痕组织。该菌能产生内毒素、外毒素，引起显著神经毒性及肠毒性临床症状，腹痛、痉挛、腹泻及发热，便稀含粘液及血。

（四）变形杆菌属（*Proteus*）

存在于肠道、水、土壤及污物上。莫根氏变形杆菌引起儿童夏季腹泻，侵入其他腔道时引起泌尿道感染，或随静脉输液引起菌血症和局部病变。奇异变形杆菌引起食物中毒。

（五）假单胞菌属（*Pseudomonas*）

此类菌广泛存在于土壤、水、污物及空气中。绿脓杆菌少数存在于正常肠道菌群中。参与混合感染时才有病原性，常引起创口感染，并带有绿色脓汁。也可随腰椎穿刺进入，引起脑膜炎；随输尿管、医疗器械或冲洗进入，引起尿道感染；随污染人工呼吸器进入，导致坏死性肺炎。

（六）弧菌属（*Vibrios*）

霍乱弧菌经食物进入体内，只局限在肠道内，释放毒素，导致腹泻、脱水、酸中毒、休克及死亡。副霍乱菌随污染的海产品食入后，引起急性食物中毒，伴有严重腹泻。

二、病原性球菌

（一）葡萄球菌（*Staphylococcus*）

革兰氏阳性球菌，是人体皮肤、呼吸道和胃肠道的正常菌群，

也经常存在于空气和周围的环境中。葡萄球菌产生肠毒素，污染食品后引起食物中毒，特点恶心、呕吐、腹泻，无发热。另外，葡萄球菌还可引起皮肤及皮下组织化脓性感染。如皮肤脓疮、毛囊炎或脓肿。菌体侵入血液系统，引起心内膜炎、败血症等。

(二) 链球菌 (*Streptococcus*)

革兰氏阳性球菌，呈链状排列，广泛分布于自然界中，一般在水、乳、尘埃、人及动物粪便，以及健康人的鼻与口腔中、咽喉部，皆可检出。有的为人体正常菌，有的引起人类的重要疾病。

1. 丹毒——致病性链球菌侵入皮肤，大片红肿，迅速扩大为丹毒。

2. 链球菌性咽喉炎——急性鼻咽炎、扁桃体炎，由于红斑毒素出现猩红热皮疹。

3. 传染性心内膜炎——在菌血症过程中，致病菌急性、恶急性引起心内膜炎，有较高的死亡率。典型症状是发热、贫血、体衰、心脏杂音，形成血栓、脾肿大和严重的肾损伤。

(三) 奈瑟氏菌属 (*Neisseria*)

革兰氏阴性球菌，常呈双球排列。其中有一些是人的呼吸道正常菌，存在于细胞外。另一些对人有致病力，寄居于细胞内，如脑膜炎球菌，淋球菌。

1. 脑膜炎球菌 (*N. meningitidis*)

人是脑膜炎球菌的唯一自然宿主，由鼻咽侵入，引起暂时带菌状态，或从鼻咽部进入血液，引起菌血症和高热，有剧烈头痛、呕吐、颈强直、昏迷，并伴有出血性皮疹，亦可发生爆发性败血症。可爆发大流行，在非流行期间，5—30%正常人鼻咽腔内有脑膜炎球菌。在流行期间带菌率可达70—80%。

2. 淋球菌 (*N. gonorrhoeae*)

淋球菌能侵袭生殖、尿道粘膜和眼部结膜，引起急性化脓，并能侵入组织转为慢性炎症和纤维化。男性引起尿道炎，前列腺炎

和附睾炎；女性感染可从尿道，阴道扩散至子宫、输卵管，引起盆腔炎，产生不育症。淋球菌性菌血症能导致皮肤损伤，如出血性丘疹和脓疱、关节炎、腱鞘炎等。胎儿在娩出时，如产道中受感染会导致眼结膜炎，严重者致失明。

三、革兰氏阳性杆菌

包括一大群有芽孢或无芽孢，好氧或厌氧革兰氏阳性病原细菌。

(一) 芽孢杆菌属 (*Bacillus*)

1. 炭疽杆菌 (*B. anthracis*)

此菌为好氧芽孢杆菌，炭疽主要是羊、牛、马所患的疾病，引起这类畜群成批迅速死亡。患病的肉制品、皮革、毛制品都带有大量的病菌芽孢，通过空气或接触传染。对人也有致病性，菌体可经过皮肤粘膜、消化道、呼吸道等途径侵入人体，临床上常见者有下述三型：①皮肤炭疽——屠宰员、毛皮及皮革工人最常见。初始局部形成小疔，不久疔中央有脓液，呈黑色坏死，周围绕以红色水肿样晕，并伴有高热等全身症状，若不处理，会导致败血症，五、六日后死亡。②肺炭疽——吸入炭疽杆菌引起肺炎性病变。③肠炭疽——摄食病畜肉所致，大便带血，伴有全身中毒症状，不多见。是卫检、商检的主要检验对象。

2. 蜡状芽孢杆菌 (*B. cereus*)

此菌分布广，存在于土壤、空气、酱菜制品中，是导致食物中毒的主要有害菌。

(二) 梭菌属 (*Clostridium*)

厌氧性革兰氏阳性菌，产芽孢，芽孢通常大于菌体宽度，自然生存于土壤以及人和畜的肠道中。重要污染菌如肉毒杆菌 (*C. botulinum*)。

肉毒杆菌是导致食物中毒症病原菌类，此菌产生外毒素，毒

力很强，用 1mg 结晶毒可杀死小白鼠 2000 万只。此菌分布很广，常存于土壤及植物界中，污染常见于腌肉、熏肉、罐头等食品，受污食品细菌大量繁殖，产生毒素。食后 18—96 小时出现症状。该菌外毒素为神经毒素，中毒症状为视力失调、瞳孔放大、吞咽困难、进行性延髓麻痹，最后死于呼吸肌麻痹和心脏搏动停止。该菌是肉制品的主要检验菌。

（三）分枝杆菌属 (*Mycobacteria*)

是一类细长的杆菌，因为在繁殖时有分枝生长的趋势而得名，因具有抗酸的特性，又称抗酸菌类。污染环境的主要是结核分枝杆菌，通过空气、接触传染，多见的病是肺结核，其他器官如骨、关节、肠、淋巴腺及肾脏等也可被感染。病变部位有特殊的炎症反应。细菌虽被细胞吞噬，但因多不被消化，最后导致细胞破坏及组织坏死，形成干酪样物质。如果机体情况好，病变就经钙化而愈合；机体情况差，病变很快从淋巴或血液系统传播，蔓延扩散，发生全身性粟粘性结核。据调查，大城市二十九岁以上成人 70—100% 都有过感染。

四、立克次氏体 (*Rickettsia*)

是介于细菌与病毒之间，在许多方面又类似于细菌，专性活细胞内寄生的原核微生物类群。除 Q 热立克次氏体外，立克次氏体借节肢动物传播，并引起人类感染，以发热和皮疹为特征。短杆状或球状， 600×300 纳米，用姬姆萨氏染色后，菌体呈兰色，位于宿主细胞浆中近核处，引起的病有下列几种：

流行性斑疹伤寒。虫虱传播，遍及全世界。临床症状发热、头痛、衰竭、皮疹、肝、脾肿大，死亡率 6—30%。

地方性斑疹伤寒。由鼠传播，遍及全世界，特别是鼠多的地方，由鼠蚤传播给人。临床症状比流行斑疹伤寒为轻，表现为头痛及斑状皮疹。云南省流行病防治研究所报道，80 年代经调查证

明，大理、保山、德宏、思茅、西双版纳有地方型斑疹伤寒发生，并推断，北纬 26 度以南为本病流行区。

丛林斑疹伤寒（恙虫热）。是由恙螨（恙虫）传播，恙虫的宿主为田鼠及野生啮齿类动物。本病最初在日本发现，后我国广州、桂林、台湾都有报道，也称东方立克次氏体。特别流行于缅甸、印度、锡兰等地。81 年，在云南省恙虫热流行区西盟、勐海、勐腊、景洪、潞西五个县，采血 644 份，检出阳性血清 249 份，占 38.6%。其中西盟查血清 98 份，阳性为 72 份，占 72.4%。在阳性血清者中，农民占 80%，城镇居民占 20%。

五、衣原体 (*Chlamydia*)

介于立克次氏体与病毒之间，能通过过滤器，专性活细胞寄生的原核微生物类群，具有与立克次氏体类似的染色特征。

鹦鹉热（鸟疫）由鹦鹉热衣原体引起。供人欣赏的各种家禽，如鹦鹉、鸽子、小鸡、鸭、鹅、火鸡、鹌鹑、海燕等皆可传播。病原体通过呼吸道进入人体，潜伏期 10 天，有不适、发热、食欲不振、咽痛、畏光、严重头痛等症状，病人血中出现病原体，死亡率达 20%。加强海港检疫，市场管理，在饲料中加四环素，可控制传染。

沙眼衣原体。沙眼为一种慢性结膜角膜炎，从急性炎病开始，形成疤痕至导致失明。感染初期流泪，有脓性分泌物，结膜充血，最后出现结膜疤痕，眼睑畸形（内翻）、倒睫、视力减退、数年失明。沙眼衣原体除引起沙眼外，还能引起非淋球性尿道炎、宫颈炎等。

六、致病性螺旋体 (*Spirochaeta*)

是介于细菌与原生动物之间的单细胞原核生物，在自然界分布广泛，因菌形为各式各样的螺旋形而得名。

包括两个科，大螺旋体科和密螺旋体科。大螺旋体科在自然界自由生活，一般不致病。密螺旋体科对人有致病性，一般分为三属：

1. 密螺旋体属 (*Treponema*)

菌体细长，呈细螺旋形，螺旋体规则，以横分裂方式繁殖，能引起梅毒。螺旋体在侵入部位局部繁殖，有些扩散到淋巴，然后侵入血液，一般通过性接触感染。初期病变为丘疹，破溃形成溃疡，严重的引起梅毒性脑膜炎、肝炎、肾炎，后期出现肉芽肿病变（梅毒病）。先天性梅毒，是由带梅毒的孕妇通过胎盘传给胎儿。

2. 疏螺旋体属 (*Borrelia*)

是一种不规则弯曲的螺旋体，通过蜱、壁虱、虱感染，潜伏期3—10天，发冷高热，血内出现螺旋体，3—5天后退热，4—10天第二次出现高热，反复出现3—10次，死亡率30%。

3. 钩端螺旋体属 (*Leptospira*)

螺旋体细而紧密，其中一端弯曲呈钩状，在含血琼脂上能生长。鼠类、啮齿动物、牛、猪、节肢动物带菌，经尿和粪便排出，由污染水及其它物体传播，钩端螺旋体在水中能存活10周。人体感染是通过吃了受污染的水和食物，或病原体通过粘膜和皮肤破损处侵入，先出现于血液中，后定居于肝、肾引起出血或坏死，侵入中枢系统，导致无菌性脑膜炎。临床症状各地有所不同，肝炎型尤为常见，常伴有血清肌酸磷酸激酶升高，不同于病毒性肝炎。

云南是我国发现钩端螺旋体血清型最多的省之一，至今已报道了13个血清群，49个血清型，仅勐连县就有12个血清群，14个血清型。

第二节 病毒 (Virus)

病毒是一类体积最小，能通过细菌过滤器，只含一种核酸，专

性寄生于活细胞的非细胞型微生物。据估计，人类的传染病 80% 由病毒引起。如流行性感冒、肝炎、脊髓灰质炎等都是人类常见病，多发病。而且缺乏有效的防治药物。

一、肠道病毒群 (Polioviruses)

肠道病毒存在于许多动物体中，包括人、牛、猪和小鼠，为人类消化道暂时寄居者。

1. 脊髓灰质炎病毒

脊髓灰质炎为一种急性传染性疾病，严重者侵害中枢神经系统，使脊髓运动神经受损，导致松驰性麻痹。

病毒污染食品经口侵入后，先在咽部或小肠中进行增殖，发病前后大量存在于粪便中，经污水传播，形成暴发性流行病。

该病毒在水中存活时间长，在低温和污染严重的水体中存活最久，发病率在我国占 10%。脊髓灰质炎病毒有三型：

A、顿挫型脊髓灰质炎。最为常见，病轻者，发热、不适、嗜睡、头痛、恶心、呕吐、便秘，只有分离出病毒或测出机体效价增高时才能诊断。

B、非麻痹型脊髓灰质炎。除上述病症外，出现颈背部强直与疼痛，恢复迅速、完全。

C、麻痹型脊髓灰质炎。运动神经元受损而引起的松驰性麻痹、运动失调。此病多发生于儿童，目前用口服三价疫苗进行人工自动免疫，取得了很好的效果。

2. 柯萨基病毒 (Coxsackieviruses)

柯萨基病毒是肠道病毒群的一个大亚群，能引起人类多种疾病，主要引起脑膜炎、心肌炎、糖尿病等病，分为两群。

A 群：疱疹性咽喉炎，发热、咽痛、呕吐、腹痛、扁桃体或舌上出现散发性水泡。

B 群：是人类病毒性心脏病最常见病原体。

二、肝炎病毒

病毒性肝炎为全身性病，主要是肝受损害。儿童与成人的急性病毒性肝炎大多是由以下病原体引起的。

1. 甲型肝炎病毒 (HAV)

引起甲型病毒性肝炎，又称传染性肝炎或短潜伏期肝炎，病毒颗粒存在于人肝细胞浆内，为无胞膜的 20 面体。对不良环境抵抗力大，难以杀死，传染期带菌者的排泄物危害最大。主要由带病毒的污水经食物传播。发病突然，经常发热，厌食、呕吐、出现黄疸或无。并发症不常见，不转为慢性。HBsAg (乙肝表面抗原) 阴性，转氨酶 ALT 持续 1—3 周，骤升 500—1000 之间，免疫球蛋白升高 (IgM)。多数为甲型肝炎，各地常有大流行。

2. 乙型肝炎病毒 (HBV)

乙型肝炎病毒引起乙型病毒性肝炎，又称血清型肝炎或长潜伏期肝炎。传染途径为注射人血清、血浆、血制品，消毒不彻底的注射器针头，理发剃刀、拔牙、纹身等，或慢性健康带 HBsAg 的服务人员、亲人接触传染，带 HBsAg 的吸血蚊、臭虫也能传播。HBsAg 阳性，ALT 持续时间 35—200 天，不骤升，免疫球蛋白 IgM 轻度升高，多为乙型肝炎，5—10% 转为慢性，导致肝硬化。临床症状与甲型基本相同，近年发现丙、丁、戊型，其中丙、丁型是血液传播，戊型是食物传播。五个型在云南都有发生。

三、狂犬病毒

狂犬病毒，是中枢神经系统的一种急性感染病毒，患者几乎都死亡。狂犬病毒有广泛的宿主范围，如狐狸、狼、熊、犬、猫、家兔、松鼠、大白鼠、小白鼠和蝙蝠。通常由患狂犬病的动物借咬伤而传染于人。

人类潜伏期 2—3 周，前期症状疲倦、胃口不佳、头痛、恶心、

呕吐、咽痛发热。发病期出现神经过敏与恐怖感、流泪、瞳孔放大、唾液汗液分泌物增多，咽肌痉挛，吞咽引起痛性痉挛，患者怕饮水，称恐水病。后期痉挛性发作，直致死亡。当前宠物盛行，防疫部门应加强宠物市场的管理与检疫。

四、粘病毒

1. 正粘病毒属，有流感病毒，该病毒对粘液有亲和力而得名，该病毒因 RNP（核糖蛋白）抗原不同可分为甲、乙、丙三型，型间无交叉反应。

病毒经空气、飞沫进入呼吸道，发病前，病毒存在于鼻咽部，病毒的神经氨酸酶降低了呼吸道粘液层的粘度，使细胞表面受体暴露，促进含病毒的液体散布至下呼吸道。

临床症状有寒战、不适、发热、肌痛、虚弱以及呼吸道症状。流感常引起多种并发症，多数死于肺炎。

流感流行是波浪式的，高峰在冬季，开始为少数几个分散的病例，若环境卫生条件差，会大范围爆发。1957—1958 年，流感大流行时患者约 8000 万人，美国估计，患者因肺炎而死亡者较平时流行多 6 万人，老年组发病率最低，死亡率最高。1957 年春，流感从中国大陆传至香港，三个月内遍及世界各地，云南秋季也大流行，云大停课数月。

2. 副粘病毒属，主要是腮腺炎病毒和麻疹病毒，其危害最大。

第三节 真菌 (Fungi)

真菌类是真核生物，主要介绍临床真菌及造成环境污染非致病性真菌。