

 21世纪高等院校教材



**MICROBIAL
PHYSIOLOGY**

微生物生理学

王卫卫 编著

 科学出版社
www.sciencep.com



MICROBIAL PHYSIOLOGY

微生物生理学

第3版 下册



21 世纪高等院校教材

微生物生理学

王卫卫 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要从微生物生理学角度阐述微生物的生命活动规律,系统地介绍了微生物生理学的基础理论、基本知识、基本技术及应用,力求反映微生物生理学的最新发展动态及趋势。全书共8章,内容包括:微生物细胞的化学组成,微生物营养和营养物质的吸收,微生物的产能代谢,微生物合成与耗能代谢,微生物的代谢调节,微生物的次级代谢,微生物的生长、繁殖与环境,微生物的分化与发育。

本书可作为综合院校、师范院校、农林院校生物科学、生物技术、生物工程专业微生物生理学教材,也可作为食品科学与工程、微生物制药、环境工程等相关专业的本科生、研究生的教材或教学参考书;也可供上述专业的科研人员、技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微生物生理学/王卫卫编著. —北京:科学出版社,2008

. 21世纪高等院校教材

ISBN 978-7-03-022061-5

I. 微… II. 王… III. 微生物学:生理学-高等学校-教材 IV. Q935

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第120799号

责任编辑:单冉东 李晶晶 / 责任校对:陈玉凤
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年12月第一次印刷 印张:20

印数:1—3 000 字数:435 000

定价:38.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈文林〉)

前 言

微生物生理学是现代发酵工程的基础,是当前生命科学中最具活力的学科之一,无论在生命科学基础研究方面还是在生物高科技产业领域都已取得令人瞩目的成就,并取得了良好的经济效益和社会效益。微生物生理学也是各高校普遍开设的生物科学、生物技术和生物工程专业主要课程。但目前相关教材少,尚不能满足各类院校不同的教学要求,编者在十多年教学工作积累的资料和讲义的基础上,参考了大量的国内外先进教材、专著和文献,编写了此教材,力求能够较全面、系统地介绍微生物生理学的基础理论、基本知识、基本技术和应用,以及学科的最新研究成果,教材注重基础理论和基本知识的教学,通过实验验证理论,使学生不但知其然,还能知其所以然,以达到利用学科发展的历史启发和培养学生的创新精神,提高专业应用能力的教学目的。

考虑到本课程一般是在相关专业学生学完生物化学、细胞生物学、微生物学、动物生理学、植物生理学等基础课程之后开设的,因此,在注意教材系统性的同时,以培养生物科学研究人才为目标取舍教学内容,在内容上尽量避免与其他前期基础课的重复。本书主要内容包括微生物细胞的化学组成、微生物营养和营养物质的吸收,微生物的产能代谢,微生物合成与耗能代谢,微生物的代谢调节,微生物的次级代谢,微生物的生长,繁殖与环境,微生物的分化与发育,对其中涉及的有关微生物特有的代谢进行了叙述,对生物体共有的代谢一般不再介绍。

本书可作为综合院校、师范院校、农林院校生物科学、生物技术、生物工程专业微生物生理学教材,也可作为食品科学与工程、微生物制药、环境工程等相关专业的本科生、研究生的教材或教学参考书,也可供上述专业的科研人员、技术人员参考。

在本书编写过程中,编者参考了许多国内外相关教材的文献资料,引用了一些重要的结论及相关的图表,在此向各位前辈及同行致以衷心的感谢。在本书出版过程中,还得到了西北大学教务处、西北大学生命科学学院和科学出版社的大力支持。出版社的有关人员以十分认真负责的态度给予了很大的帮助并付出了辛勤的劳动,西北大学生命科学学院的硕士研究生们校核了部分书稿,在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,加之本书涉及范围较广,而且该学科发展速度快,书中难免有疏漏和不足之处,敬请读者不吝赐教,批评指正。

编 者

2008年8月

目 录

前言

绪论	1
一、什么是微生物生理学	1
二、为什么要研究微生物生理学	2
三、微生物生理学的研究热点	3
四、如何研究微生物生理学	4
五、如何学习微生物生理学	5
第一章 微生物细胞的化学组成	6
第一节 微生物细胞的元素组成	6
一、生物元素	6
二、生物元素分析	8
第二节 微生物细胞的物质组成	9
一、水分	9
二、无机盐类	11
三、有机化合物	12
第三节 细胞化学组成研究方法	30
一、生物分子的分离	30
二、亚细胞结构的分离	32
第二章 微生物营养和营养物质的吸收	34
第一节 营养物质	34
一、碳源	34
二、氮源	35
三、能源	36
四、无机盐	37
五、生长因子	37
六、水	40
七、氧	42
第二节 微生物的营养类型	43
第三节 营养物质的吸收与运输	47
一、膜结构及其对各种溶质的透性	47
二、影响物质运输的因素	49
三、小分子物质运输的方式	50
第四节 营养物质运输的调节	66
一、膜电势调节	68

二、胞内磷酸糖的调节	68
三、cAMP 环化酶与透过酶的共同调节	69
第五节 细胞的分泌作用	70
第三章 微生物的产能代谢	72
第一节 代谢概论	72
一、概念	72
二、微生物代谢的研究方法	74
第二节 异养微生物的生物氧化	81
一、发酵	81
二、呼吸作用	94
三、能量转化	100
第三节 自养微生物的能量代谢	107
一、氢细菌	108
二、硝化细菌	109
三、硫细菌	110
四、铁细菌	111
第四节 光能微生物的能量代谢	112
一、光合微生物的类群与一般特征	112
二、光合色素	114
三、光合磷酸化	116
第四章 微生物合成与耗能代谢	121
第一节 微生物合成代谢的原料	122
一、还原力	122
二、小分子前体碳架物质	124
三、能量	125
第二节 CO ₂ 的固定和二碳化合物的同化	125
一、CO ₂ 的固定	125
二、二碳化合物的同化	130
第三节 糖类的合成	131
一、单糖的合成	131
二、多糖的合成	132
三、细菌细胞壁多糖物质的合成	133
第四节 微生物的固氮作用	140
一、固氮微生物的种类	140
二、固氮的生化机制	141
三、固氮菌的抗氧机制	145
第五节 氨基酸和核苷酸的合成	147
一、氨基酸的生物合成	147

二、核苷酸的合成	147
第六节 生物合成速率及其他耗能反应	150
一、生物合成消耗能量	150
二、维持能量	154
三、消耗于溶质摄取的能量	154
四、产生热	154
五、消耗于运动的能量	155
六、生物发光	155
第五章 微生物的代谢调节	156
第一节 微生物代谢的自我调节	156
一、自我调节的表现	156
二、微生物自我调节的环节	157
第二节 酶合成调节	158
一、酶合成调节类型	158
二、酶合成的诱导和阻遏的机制	161
第三节 酶活性调节	164
一、酶的激活	165
二、酶的反馈抑制	165
三、反馈抑制的机理	167
第四节 微生物其他调节方式及代谢调节的特点	168
一、细胞膜透性的调节	168
二、能荷调节	168
三、微生物代谢调节的特点	169
第五节 代谢调节理论在工业发酵上的应用	170
一、改变微生物的遗传特性	170
二、发酵条件的控制	177
第六章 微生物的次级代谢	181
第一节 初级代谢与次级代谢	181
次级代谢的概念及类型	181
第二节 次级代谢产物的生物合成	185
一、概述	185
二、次级代谢产物合成途径	186
三、青霉素和头孢菌素的生物合成	188
四、研究抗生素合成的一般方法	190
第三节 次级代谢的特点和生理功能	191
一、次级代谢的特点	191
二、次级代谢的生理功能	196
第四节 微生物次级代谢产物的代谢调节	197
一、次级代谢产物发酵的特点	197

二、次级代谢的主要调节机制	198
第七章 微生物的生长、繁殖与环境	208
第一节 细菌个体的生长	208
一、细胞器的装配	208
二、染色体 DNA 的复制和分离	211
三、细胞生长	213
第二节 细菌群体的生长	214
一、细菌群体生长的测量方法	214
二、细菌的生长曲线	215
三、细菌在固体平板培养基上的生长规律	228
第三节 酵母菌的生长	229
一、酵母菌的繁殖方式和生活史	229
二、细胞周期	230
三、细胞周期中核的行为	232
四、出芽机制	232
五、细胞分裂和细胞寿命的关系	235
第四节 丝状真菌和放线菌的生长	235
一、丝状真菌的繁殖方式	235
二、丝状真菌生长的测量方法	239
三、丝状真菌的生长	240
四、放线菌菌丝的生长	247
第五节 病毒的装配和生长	248
一、病毒和噬菌体的装配	248
二、噬菌体的一步生长曲线	250
第六节 微生物的培养	250
一、连续培养	250
二、同步生长	256
第七节 微生物的生长与环境的关系	258
一、环境因子对生长的影响	258
二、化学药物对生长的影响	275
三、微生物对环境的反应	280
第八章 微生物的分化与发育	290
第一节 营养体阶段的形态分化	290
一、节杆菌细胞形态的变化	290
二、根瘤菌的形态分化	292
三、丝状蓝细菌的形态分化	293
四、酵母菌的二型性	295
五、毛霉属菌株中的二型性	296
第二节 孢子形成	297

一、细菌的芽孢	297
二、酵母菌子囊孢子形成	303
三、固氮菌休眠孢子	304
第三节 多细胞聚集形成的分化	306
主要参考文献	309

绪 论

在我们生存的地球上,微生物分布极为广泛,即使在一些其他生物无法生存的极端环境下,微生物也能生长繁殖。微生物之所以有如此强的生存和适应能力就是因为其生理活动、新陈代谢具有独特性。

一、什么是微生物生理学

微生物生理学就是研究微生物生理活动规律的学科,即微生物在实验室和自然条件下生理活动的特点与规律及它们为什么具有这些特点与规律,它是微生物学的分支学科之一,其基本任务是认识微生物细胞内进行的各种过程,以及这些过程与微生物生长发育以及环境之间的关系,从而有效地控制微生物的生命活动使之服务于人类的需要。

利用微生物制造食品(如酱菜、酿酒等)、改良土壤以及控制微生物的腐败与致病作用早在古代就受到人们的重视,但只是在 1840 年库津(Kützing)通过实验发现酒变质是由一种微生物引起的、1857 年巴斯德(Louis Pasteur)了解到发酵过程的本质是由生物引起的化学过程,从而认为“在化学上不同的发酵是由生理上不同的生物所引起”以后,才使微生物学的研究进入了一个新时期——微生物生理学时期。随着人们对酿酒、动植物病害、人类疾病的防治和土壤微生物活动等的研究,微生物生理学逐渐兴盛起来。巴斯德提出了防止酒变质的加热灭菌法,后来被人称为巴斯德灭菌法,使用这一方法可使新生产的葡萄酒和啤酒长期保存。随着研究的深入,巴斯德在 1861 年又发现酪酸发酵可以分为由糖变成乳酸和有乳酸变成酪酸两个过程,这两个过程都由生物完成,而且还分离到了乳酸菌;巴斯德在研究乙酸发酵与丁酸发酵时,还发现在厌氧时可以生成丁酸,从而把发酵分成有氧发酵和兼性发酵两种类型,并通过实验确定乳酸发酵、酒精发酵和丁酸发酵分别由不同生理类型的生物引起,从而将生物的形态与生理活动联系起来,推动了微生物生理学的发展。1897 年巴克纳(Eduard Buchner)在前人工作的基础上,用石英砂与硅藻土研磨酵母菌细胞,再用这种新鲜的酵母滤汁进行发酵,可以完成糖发酵到乙醇,从而认识了酵母菌酒精发酵的酶促过程,将微生物生命活动与酶化学结合起来。这样发酵过程的研究工作深入到非细胞水平,为酶学发展打下了基础。

与此同时,微生物生理活动的研究工作也在其他领域广泛进行。梅兹(Maze)等人通过实验证明污水中的氨可通过微生物作用转变成硝酸盐,这就是今天所讲的反硝化作用;随后俄国学者维诺格拉斯基(Виноградский)用硅胶平板分离到能进行自养生活的自养细菌,从而建立了微生物的自养概念;1866 年沃罗宁(Woronin)发现豆科植物根瘤中有细菌;1888 年贝哲林克(Beijerinck)从根瘤中分离出根瘤细菌;1894 年维诺格拉斯基分离出能固氮的巴氏梭菌,贝哲林克在 1901 年又分离出好氧固氮菌,从而推动了生物固氮的研究;德国的柯赫(Koch)利用固体培养基(明胶、马铃薯等)分离到许多细菌的纯培养物,并发现许多传染病都是由病原微生物引起的,他首创细菌的染色方法,他规定了鉴定病原细菌的方法和步骤,提出著名的科赫法则,从而推动了对病原微生物生理活动的研究;1905 年,哈登(Arthur Hard-

en)和奥伊勒歇尔平(Hans von Euler-Chelpim)发现磷酸盐对酒精发酵的作用;1911年,诺伊贝格(Neuburg)开始对酒精发酵作系统的研究;20世纪30年代,O. 迈尔霍夫(Otto Meyerhof)发现肌肉中氧消耗和乳酸代谢问题,O. H. 瓦尔堡(Otto Heinrich Warburg)发现了呼吸酶的本质和活动方式,H. A. 克雷布斯(Hans Adolf Krebs)等人对生物氧化机制的阐明,推动了人们对微生物代谢的研究。1931年凡尼尔(van Niel)通过对细菌光合作用机制的探讨,推动了对光合微生物生理活动与光合作用的研究;1929年英国佛莱明(Fleming)发现青霉素,随后推动了对青霉菌与青霉素临床应用的研究;1933年,克勒伊沃建立了摇床培养技术,导致现代化微生物工业深层培养的生理研究和应用。同时,同位素、电子显微镜、超速离心、微量快速生物化学分析以及生物化学突变株等技术的普遍应用,也推动了微生物生理学研究的发展。1949年,瓦克斯曼(Selman Abraham Waksman)在他多年研究土壤微生物所积累资料的基础上,发现了链霉素。此后陆续发现的新抗生素越来越多。这些抗生素除医用外,也应用于防治动植物的病害和食品保藏。加上同位素示踪原子的应用,人们利用微生物进行乙醇、丙酮、丁醇、甘油、各种有机酸、氨基酸、蛋白质、油脂、抗生素等的工业化生产。

微生物种类繁多,生理类型复杂,就营养和能量转换而论,既有像动物那样异养生活的类群,也有像植物那样进行光合作用的自养类群。另外还有利用化能的自养类群以及与其他生物具有共生或寄生关系的类群。在碳的同化方面,除一般的代谢类型外,微生物还有许多特殊的代谢途径,可以产生有机酸、溶剂、脂肪酸、维生素、多糖等对人类有用的产物,也可产生氧化烃、芳香族化合物等,从而清除污染环境的物质。另外,微生物还可产生抗生素、色素、毒素、甾体化合物等次级代谢产物。氮的利用方面,微生物有能利用有机氮化化合物的类群,也有能利用无机氮的类群。固氮菌、根瘤菌、蓝细菌和某些自养菌能够直接同化大气中的氮。微生物的能量产生方式因好氧生活、厌氧生活或兼性生活而有所不同。光合细菌可通过光磷酸化方式获得能量,好氧菌可由氧化磷酸化获得能量,厌氧菌可由底物水平的磷酸化获得能量。在这些过程中,最终电子受体不是分子氧,而是硝酸盐、硫酸盐等。这些都显示出了微生物具有生理多样性。

随着分子生物学的发展,微生物生理学的研究已经深入到细胞中的生物化学转化、能量的产生和转换;生物大分子的结构与功能;分子水平上的形态建成、分化及其行为等方面的研究。

因此,微生物生理学所涵盖的内容较为广泛,与普通生理学以及动植物生理学有很大的差异。

现代微生物生理学所取得的成就是一个多世纪以来许许多多生理学家共同努力的结果,有些人通过观察实验积累了事实材料,有些人在前人和自己工作的基础上得到了突破性的进展,这些人都为生理学的发展做出了自己的贡献。

二、为什么要研究微生物生理学

微生物在适宜的环境中通过营养物质的吸收、能量的吸收与消耗、各个生理活动的互相调节,以及完成各个生理活动,进行蛋白质、核酸与多糖等生物大分子合成,并组建成新的细胞结构、产生新的生命个体使生命活动能够维持与延续下去,研究微生物生理学可以逐步阐明生物大分子物质合成的方式、特点与规律,以及这些生物大分子如何组建成特定的细胞结构,从而逐步阐明生命起源这个基本理论问题。

微生物生活于一定的环境中,根据环境对微生物生理活动影响的特点,可将环境区分为适宜、不适宜和有害三种类型。在这三种环境的作用下,微生物分别可以通过迅速生长、生长受到抑制和导致机体分化或死亡等形式作出不同反应。研究微生物生理学可以阐明微生物生长、繁殖、形态发生、与细胞分化的特点与规律,阐明微生物在极端环境条件下生存下来的机理,从而可以有效地对微生物进行控制,同时从另一个角度阐明生命的本质。

微生物的生理活动与人类的关系极为密切,几乎涉及人们日常生活的各个领域和国民经济的许多部门。一方面,可利用微生物及其生理活动来生产各种饮料与食品或其他有用产品、改良土壤、三废处理和生物能源开发等;另一方面,许多病原微生物如结核杆菌、伤寒杆菌、白喉杆菌、葡萄球菌、痢疾杆菌等以及各种致病真菌都可以通过它们的生理活动引起人类与动植物的各种疾病和病害,不同程度的危害了人们的身心健康和破坏农业、畜牧业生产;日常生活中发生的食物腐败与物质霉变、金属腐蚀等过程无不与微生物的生理活动相联系。研究微生物生理学可以了解微生物在一定条件下发生了什么变化,为什么会发生这些变化,以及这些变化如何发生等问题,这样可以了解与掌握微生物的有益生理活动,杜绝与控制微生物的有害生理活动,使微生物能最大限度地造福于人类。

三、微生物生理学的研究热点

近年来,微生物生理学的研究扩展到了新的或过去不引人注意的微生物类群和可更新能源方面,这使人们对分解纤维素微生物和甲烷产生菌的生理进行深入的考察,并从化能自养菌的研究扩展到利用硫杆菌进行微生物浸矿。

另外微生物与其他生物之间的共生、寄生关系是人们多年来一直注意的领域,尤其是共生固氧的研究已有较大的进展。能使石油氧化、农药降解和人工合成的高分子物质分解的微生物,也越来越多地成为人们研究的对象。总之,每一新菌属和新现象的发现,都将为微生物生理学研究提供新的对象,开辟新的领域。

根据研究的侧重点与方向,目前微生物生理活动的研究可归纳为下列三个方面:

(1) 生物化学方面:由于微生物初级代谢与能量转换的过程已基本研究清楚,目前与今后的研究主要集中在初级代谢的调节、次级代谢产物合成途径与次级代谢的调节、能量转换的基础;集中研究一些特殊类型生物的生理代谢活动,这些特殊类型的微生物有纤维分解菌、共生菌、寄生菌、单细胞蛋白产生菌等,可以看出这些研究是围绕着解决粮食、能源与三废处理等三个根本问题而进行的。

(2) 生物大分子结构与功能的研究:通过研究微生物的核酸与蛋白质生物大分子的合成来阐明微生物遗传信息传递与表达的方式和规律;研究膜结构与功能,继续发现与研究新的细胞结构与功能;研究极端环境条件下微生物抗性与敏感性的机理及其调节,从分子水平上阐明生命的本质。

(3) 从分子水平上研究细胞的重建、形态发生、分化过程与趋向性等行为的特点与规律;重点是研究微生物怎样由生物大分子组建成一个完整的有生物活性的细胞结构;研究微生物形态发生与分化的分子机理;研究微生物的趋向性(趋化性、趋光性、趋磁性)与运动的本质和生命与环境之间的本质联系等。

四、如何研究微生物生理学

微生物生理学是一门实验科学,它是建立在通过观察和实验所得到的事实材料的基础之上的,观察是微生物的生命现象如实的反映、记录;实验则是指人为地控制或改变某些条件来考查微生物生命现象的变化,以探求因果关系,认识生命现象内在的活动规律。观察和实验往往是密切联系的,先观察某些现象,提出一些问题或设想;再改变条件观察现象的变化,以求发现其内在的规律。生物机体是复杂的,各种机能之间又是相互联系、相互影响的,由于生命现象的复杂性,把实验方法用于生理学比用于物理学、化学更加困难。在观察和实验中要尽量排除假象,取得可靠的事实材料;在根据这些事实材料进行推理时,要多方考虑,严谨慎重,防止得出错误结论。

微生物生理学是一门涉及微生物学、生物化学、细胞生物学、遗传学、分类学、免疫学、化学与物理学等多门学科的边缘学科。微生物生理学研究的基本方法涉及上述各学科。微生物生理学是从微生物学分支而发展的学科,微生物学的发展直接促进了微生物生理学的发展。微生物学的纯培养、消毒与灭菌、合成培养基与分类鉴定等基本技术的建立与应用,为微生物生理学的深入发展提供了可靠的基础。

微生物的生理活动要通过一定的细胞结构来完成,细胞生物学中的染色技术、显微与显微摄影技术可用来区别不同的细胞结构或不同的细胞物质组成,逐步在亚细胞的水平上阐明微生物细胞结构的特点与生理功能,还可以通过连续摄影技术将微生物的生活过程拍摄下来,有利于研究微生物的行为等。

研究物质在生物体内的代谢过程以及代谢过程的相互调节是生物化学研究的主要内容之一。微生物生理学是研究物质在微生物里的代谢过程以及微生物如何通过代谢等过程产生新的生命的特点与规律,生物化学上常用的细胞破碎技术(超声波破碎细胞、石英砂研磨破碎细胞等)、离心技术(高速离心、差速离心、蔗糖密度梯度离心等)、层析技术(纸层析、柱层析、分子量排阻层析等)、电泳技术(纸电泳、凝胶电泳等)和过滤技术(超滤、微滤、滤膜过滤等)也是用来分离细胞结构、制备与提纯细胞物质的常用方法。另外微量测量技术(如瓦勃氏技术等)也是测量微生物呼吸与某些酶(如脱羧酶等)活力的常规方法。

微生物遗传与变异的现象实际上也是微生物在特定条件下所产生的一种生理活动的表现形式。遗传学获得的各种突变体也是研究微生物生理活动的有用工具之一。

研究微生物在一定条件下的生理活动及其规律势必要进行一些基本数据的测量与分析,也必然涉及一些实验仪器的应用,这些都需要以物理学、数学的知识为基础。例如,研究微生物细胞的化学组成,营养物质的代谢,代谢产物的形成等都要用物理学、化学、免疫学等多种学科的基本理论与技术,否则研究微生物生理活动的特点与基本规律就会成为一句空话。放射性同位素技术,例如,鞭毛重建和细胞壁扩增等方式的确定都用了抗原抗体反应。免疫学研究的一些技术如气相色谱,核磁共振等技术常用来研究微生物的固氮作用;质谱分析、红外与紫外技术在代谢产物的分析鉴定上也是常用的技术。

微生物生理学的深入发展也促进了其他学科的向前发展。微生物个体微小,繁殖快,适应性强,而且大多微生物都是单细胞生物,没有复杂的器官、组织与系统,因此要研究微生物这个特定的对象,就需要极其微量的分析技术与分析方法,从而推动了物理学、化学的深入发展;微生物个体类型的多样性与复杂性,也促使生物化学与遗传学等学科的不断发

找出生物发展的基本规律。生物化学、遗传学上的许多成果也正是从研究微生物生理活动规律中得到启发而取得的。因此,微生物生理学的发展与进步,充实和丰富了其他学科的内容,赋予他们新的生命力。

五、如何学习微生物生理学

微生物生理学是一门比较复杂而又与许多学科有密切关系的学科,所以研究和学习生理学时,要有明确的学习目的,勤奋的学习态度和科学的学习方法,既要具备一些专业知识,又要贯彻几个科学的基本观点。

微生物生理学是研究生命活动规律的科学,而生命活动与形态结构是相互统一的,所以要求学生有生物化学,细胞生物学以及普通生理学的基础知识。另外微生物种类不同,其生理特点不一样,还必须具备微生物分类学知识。

根据微生物的特点,注意区分微生物与其他生物的相同点和不同之处,进一步认识微生物在生长繁殖,新陈代谢以及发育进化方面的独到之处,确定它们在生物科学中的地位与作用。

要根据本课程的特点,联系先修课程(有机化学、生物化学、微生物学等)的知识,全面了解课程的内容,以微生物营养类型、物质与能量代谢、代谢调节、生长繁殖为重点,在理解的基础上加强记忆,在记忆的过程中加深理解,要重视实验的研究方法,通过实验课程和完成练习题,培养和提高分析问题和解决问题的能力,要重视理论联系实际,在学习基本理论知识的同时,应该注意理解科学、技术与社会之间的相互关系,理解所学微生物生理学知识的社会价值,并运用所学知识去解释实际生活中一些现象,解决一些实际问题,指导生产实践,学生也要根据本课程的学习进度,结合查阅相关文献掌握微生物生理学的发展状况。

要学好微生物生理学还要贯彻三个观点:

辩证唯物主义观点:微生物的生命活动虽然复杂,但它仍是一种物质运动的形式,归纳起来,也超不出物质变化和能量变化,显然它也符合物质运动的规律,也应当用辩证唯物主义的观点去分析和认识。微生物生理过程实质是一种矛盾运动,它既要吸收、又要分泌,既有分解又有合成,所有的生理变化,都是由内因决定的,外因只是变化的条件。

进化发展的观点:生命现象是连续的,任何一种微生物,都有它的过去、现在和将来,研究一种生物的生理活动,如果不了解它的过去,就很难了解它的现在,也难于预见它的将来。

实践观点:微生物生理学是一门起源于生产实践的学科,它是通过大量的生产实践以及大量的实验而产生的,所以学习微生物生理学必须强调实验和观察。只有通过实地调查,反复实验,细心观察,才可能了解生理变化规律,得到正确的结论,再进一步设法用这个理论去指导生产实践。通过多次实践,再进一步发展理论。即从实践到理论,再从理论到实践,再应用这个规律去指导生产,为人类创造财富,达到学以致用目的。

第一章 微生物细胞的化学组成

就高等生物来说,细胞是生物形态结构和生命活动的基本单位。生物界除病毒等少数有机体不具备细胞形态外,绝大多数的生物都属细胞生物。但对微生物而言,细胞往往就是一个个体。虽然也有多细胞的微生物,但其个体结构则远比高等生物的个体简单。然而,这并不意味着两者之间毫无共同之处,恰恰相反,微生物细胞在结构上和高等生物细胞是有许多共同点的,其中,所进行的生理过程也和高等生物细胞内的生理过程大体相同。

单细胞生物如细菌的细胞是整个微生物机体一切生命活动的基地,组成细胞的每一种结构都具有一定的功能。由于微生物的体积微小,要观察及了解其内部结构有一定的困难。20世纪30年代电镜的问世,使这项研究逐渐由表及里不断深化,将电镜技术结合其他学科的新技术,如超薄切片、X射线衍射以及放射性同位素等技术,使微生物细胞结构的研究进入到亚细胞水平和分子水平。在细胞形态、细胞生理和细胞化学等方面都有很大的进展。并有可能从亚细胞水平和分子水平深入探讨生命现象及其本质。可以认为,离开对微生物细胞的化学组成和结构的研究,要阐明物种的生长繁殖、遗传以及生命活动等的基本原理将是不可能的。

第一节 微生物细胞的元素组成

一、生物元素

组成细胞的化学元素,称为生物元素(bioelement)。微生物细胞的化学元素组成与高等生物相同,包括C、H、O、N和各种矿质元素。在自然界常见的90多种化学元素中,只有约20种元素参与生命活动,其中包括C、H、O、N、P、S、Na、K、Mg、Mn、Ca、Cl、Fe、Zn、Cu、Co、Ni、Mo、Se和Wo。前6种元素组成细胞的有机化合物和水;中间6种,或以离子游离于细胞质中或与有机酸化合成为易被解离的盐类;其余的生物元素则分别组成各种酶的辅基,它们在细胞中的含量甚微,通常称为微量元素。

微生物细胞主要组成元素为C、H、O、N,占细胞干重的90%~97%,其余3%~10%为矿质元素,微生物细胞中主要元素含量见表1-1。表1-2显示*E. coli*细胞内各种元素的含量。在主要组成元素中,C、H元素含量比较稳定,约分别占细胞干物质重量的50%及7%。氮含量变化较大,单细胞微生物的含氮量高于丝状真菌,C/N小于丝状真菌。在矿质元素中磷含量最高,约占灰分元素的50%,其次为钾,约占灰分总量的20%,其余元素含量较少。表1-3是几种微生物中无机元素的含量。

表 1-1 微生物细胞中主要元素含量 (占干重,单位:%)

元素	细菌	酵母菌	霉菌
C	50.4	49.8	47.9
H	6.7	6.7	6.7
O	30.5	31.1	40.2
N	12.3	12.4	5.2
C:N	(4~5):1	(4~5):1	(9~10):1

表 1-2 *E. coli* 细胞内各种元素的含量

元素	占干重的百分比/%
C	50
O	20
N	14
H	8
P	3
S	1
K	1
Na	1
Ca	0.5
Mg	0.5
Fe	0.5
所有其他元素	约 0.3

表 1-3 几种微生物中无机元素的含量 (占灰分,单位:%)

微生物	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	SO ₂	SiO ₂	FeO
大肠杆菌	33.99	12.95	2.61	5.92	13.77			3.35
乙酸细菌	47.75	+	+	0.8	10.07	+	0.6	+
圆褐固氮菌	4.93	2.41						
酵母菌	51.09	38.66	1.82	4.6	1.69	0.57	1.6	0.66
曲霉	48.55	28.16	11.21	3.88	1.59	0.11	—	1.65

注:+:微量;-:不含有;空白项:未测定。

微生物细胞的生物元素组成随微生物种类、培养条件和生长阶段不同而有明显差异。在特殊生态环境中生活的一些微生物,常在细胞内富集某些特殊元素。如海洋微生物含有较多钠元素,某些硫化细菌能在细胞内积累硫元素,某些鞘细菌在鞘中沉积铁和锰的氧化物,硅藻在外壳中积累硅和钙等元素。

生物元素主要是来自有机物和无机物,少数的元素还可以来自气体。但是就具体的微生物来说,微生物不同,对这些生物元素的需要量各不相同。例如,在一般的真菌培养基里,氮素所占的比例比细菌培养基中氮素所占的比例要低些;由于镁是叶绿素或细菌叶绿素分子的组成元素之一,因此光合微生物生长所需要的镁则比非光合微生物生长所需要的量要多一些;铁是细胞色素、过氧化物酶、过氧化氢酶的组成元素之一,因此,好氧微生物生长所