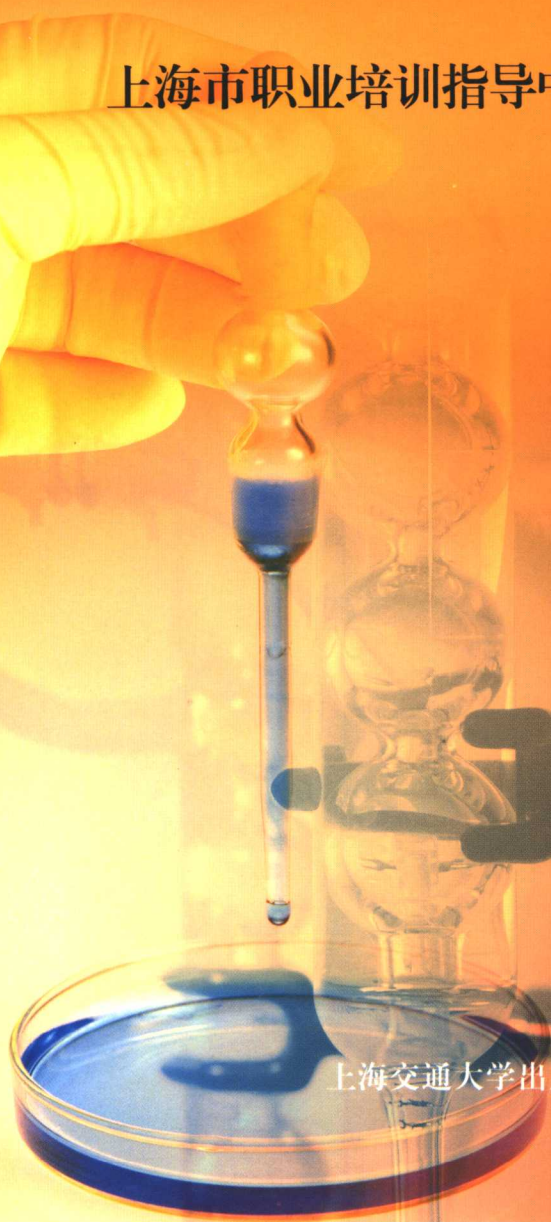




职业技术·职业资格培训教材

DNA重组操作技术

上海市职业培训指导中心组织编写



上海交通大学出版社

1+X 职业技术·职业资格培训教材

DNA 重组操作技术

张惠展 叶 江 吴海珍 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书根据上海市劳动和社会保障局 2006 年颁布的“DNA 重组操作技术”职业培训大纲编写,系“DNA 重组操作技术”职业培训的专门教材。本书涉及核酸的制备与检测、DNA 的重组与克隆、DNA 的 PCR 扩增三个组成部分,包括基本理论和实验操作技能两大层次,因此也可作为各类从事 DNA 重组操作技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

DNA 重组操作技术/张惠展、叶江、吴海珍编.
—上海:上海交通大学出版社,2006
1 + X 职业技术职业资格培训教材
ISBN 7-313-04389-9

I. D… II. ①张…②叶…③吴… III. 脱氧核糖核酸—重组—技术培训—教材 IV. Q523

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 037876 号

DNA 重组操作技术

张惠展、叶江、吴海珍 编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:11.75 字数:285 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~3050

ISBN 7-313-04389-9/Q·196 定价:22.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

职业资格证书制度的推行,对广大劳动者系统地学习相关职业的知识和技能,提高就业能力、工作能力和职业转换能力有着重要的作用和意义,也为企业合理用工以及劳动者自主择业提供了依据。

随着我国科技进步、产业结构调整以及市场经济的不断发展,特别是加入世界贸易组织以后,各种新兴职业不断涌现,传统职业的知识和技术也愈来愈多地融进当代新知识、新技术、新工艺的内容。为适应新形势的发展,优化劳动力素质,上海市劳动和社会保障局在提升职业标准、完善技能鉴定方面做了积极的探索和尝试,推出了1+X的鉴定考核细目和题库。1+X中的1代表国家职业标准和鉴定题库,X是为适应上海市经济发展的需要,对职业标准和题库进行的提升,包括增加了职业标准未覆盖的职业,也包括对传统职业的知识 and 技能要求的提高。

上海市职业标准的提升和1+X的鉴定模式,得到了国家劳动和社会保障部领导的肯定。为配合上海市开展的1+X鉴定考核与培训的需要,劳动和社会保障部教材办公室、上海市职业培训指导中心联合组织有关方面的专家、技术人员共同编写了职业技术·职业资格培训系列教材。

职业技术·职业资格培训教材严格按照1+X鉴定考核细目进行编写,教材内容充分反映了当前从事职业活动所需要的最新核心知识与技能,较好地体现了科学性、先进性与超前性。聘请编写1+X鉴定考核细目的专家,以及相关行业的专家参与教材的编审工作,保证了教材与鉴定考核细目和题库的紧密衔接。

职业技术·职业资格培训教材突出了适应职业技能培训的特色,按等级、分模块单元的编写模式,使学员通过学习与培训,不仅能够有助于通过鉴定考核,而且能够有针对性地系统学习,真正掌握本职业的实用技术与操作技能,从而实现我会做什么,而不只是我懂什么。

本教材虽结合上海市对职业标准的提升而开发,适用于上海市职业培训和职业资格鉴定考核,同时,也可为全国其他省市开展新职业、新技术职业培训和

鉴定考核提供借鉴或参考。

新教材的编写是一项探索性工作,由于时间紧迫,不足之处在所难免,欢迎各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议,以便教材修订时补充更正。

目 录

第一部分 核酸的制备与检测

第一章 微生物细胞的培养	(3)
第一节 微生物的基本定义及分类	(3)
第二节 微生物的遗传和生长特性	(9)
第三节 微生物的基本生理生化规律	(33)
第二章 细胞的结构与破碎	(38)
第一节 细胞的结构与组成	(38)
第二节 细胞的破碎原理与方法	(46)
第三章 DNA/RNA 的制备与分离纯化	(51)
第一节 DNA 和 RNA 的基本性质	(51)
第二节 DNA 和 RNA 的分离原理	(54)
第三节 DNA 和 RNA 的纯化原理	(60)
第四章 DNA/RNA 的检测	(66)
第一节 凝胶电泳分离 DNA 和 RNA 的基本原理	(66)
第二节 DNA 和 RNA 的荧光染色原理	(72)
第三节 DNA 和 RNA 的紫外吸收原理	(74)

第二部分 DNA 的重组与克隆

第五章 DNA 的酶切操作	(81)
第一节 限制性核酸内切酶的性质与功能	(81)
第二节 限制性核酸内切酶酶切反应的设计和实验	(87)
第三节 DNA 的快速沉淀	(94)
第六章 DNA 的连接操作	(96)
第一节 DNA 连接酶的性质与功能	(96)
第二节 连接反应的设计	(98)
第三节 连接反应的实验	(108)
第四节 DNA 片段的回收	(108)

第七章 重组DNA 的转化与扩增操作	(113)
第一节 微生物感受态细胞的性质与制备	(113)
第二节 重组 DNA 的转化	(117)
第三节 转化细胞的扩增	(123)
第八章 转化子的筛选与重组子的鉴定操作	(124)
第一节 转化子的筛选	(124)
第二节 重组子的鉴定	(134)

第三部分 DNA 的 PCR 扩增

第九章 DNA 的变性与复性	(153)
第一节 DNA 变性的原理及意义	(153)
第二节 DNA 复性的原理及意义	(155)
第三节 核酸分子的杂交	(156)
第十章 PCR 扩增引物的设计	(160)
第十一章 PCR 扩增反应的操作	(170)
第一节 PCR 扩增反应的基本原理	(170)
第二节 PCR 扩增反应的实施	(174)
第三节 PCR 扩增仪的工作原理与使用	(178)

第一部分

核酸的制备与检测

第一章 微生物细胞的培养

第一节 微生物的基本定义及分类

一、微生物的定义

微生物(microorganism)是广泛存在于自然界中的一群肉眼看不见、必须借助光学显微镜或电子显微镜放大数百倍、数千倍甚至数万倍才能观察到的微小生物的总称。它们具有体形微小、结构简单、繁殖迅速、代谢旺盛、种类繁多、分布广泛、容易变异及适应环境能力强等优点。

微生物种类繁多,至少有十万种以上,一般包括:病毒、类病毒、立克次氏体、细菌、酵母菌、放线菌、真菌、小型藻类和原生动物。

按其结构、化学组成及生活习性等差异可分成三大类:

1. 真核细胞型微生物

细胞核的分化程度较高,有核膜、核仁和染色体;胞质内有完整的细胞器(如内质网、核糖体及线粒体等)。其菌属于真核细胞型微生物。

2. 原核细胞型微生物

细胞核分化程度低,仅有原始核质,没有核膜与核仁;细胞器不很完善。这类微生物种类众多,有细菌、螺旋体、支原体、立克次体、衣原体和放线菌。

3. 非细胞型微生物

没有典型的细胞结构,也无产生能量的酶系统,只能在活细胞内生长繁殖。病毒属于非细胞型微生物。

微生物在自然界中的分布极为广泛,空气、土壤、江河、湖泊、海洋等都有数量不等、种类不一的微生物存在。在人类、动物和植物的体表及其与外界相通的腔道中也有多种微生物存在。

二、微生物的分类

分类是人类认识微生物,进而利用和改造微生物的一种手段,微生物工作者只有在掌握了

分类学知识的基础上,才能对纷繁的微生物类群有一清晰的轮廓,了解其亲缘关系与演化关系,为人类开发利用微生物资源提供依据。

1. 微生物的分类单元

微生物的主要分类单元,依次为界(kingdom)、门(phylum 或 division)、纲(class)、目(order)、科(family)、属(genus)、种(species),其中种是最基本的分类单位。具有完全或极多相同特点的有机体构成种;性质相似、相互有关的各种组成属;相近似的属合并为科;近似的科合并为目;近似的目归纳为纲;综合各纲成为门,由此构成一个完整的分类系统。

另外,每个分类单位都有亚级,即在两个主要分类单位之间,可添加“亚门”、“亚纲”、“亚目”、“亚科”等次要的分类单位。在种以下还可以分为亚种、变种、型、菌株等。

属是科与种之间的分类单元,通常包含具有某些共同特征和关系密切的种。Goodfellow 和 O'Donnell(1993)提出 DNA 的 G+C mol% 差异 10%~12% 及 16S rDNA 的序列同源性 95% 的种可归为同一属。

关于微生物“种”的概念,各个分类学家的看法不一,例如,伯杰氏(Bergey)给种的定义是:“凡是与典型培养菌密切相同的其他培养菌统一起来,区分成为细菌的一个种。”因此,它是以某个“标准菌株”为代表的十分类似的菌株的总体。种是以群体形式存在的。种有着不同的定义,在微生物学中较常见有生物学种(biological species, BS),进化种(evolutionary species, ES)和系统发育种(phylogenetic species, PS)等不同的物种概念。

亚种(subspecies)在种内,有些菌株如果在遗传特性上关系密切,而且在表型上存在较小的某些差异,一个种可分为两个或两个以上小的分类单位,称为亚种。它们是细菌分类中具有正式分类地位的最低等级。根据 T_m 值在 DNA 杂交中的频率分布,有些证据表明,亚种的概念在系统发育上是有效的,而且能与亚种以下的变种概念相区别。后者仅是依据所选择的“实用”属性而决定,并不被 DNA 组成所证明。

亚种以下的分类等级通常表示能用某些特殊的特征加以区别的菌株类群。例如,在细菌分类中,以生物变型(biovar)表示特殊的生化或生理特征,血清变型(serovar)表示结构的不同,致病变型(pathovar)表示某些寄主的专一致病性,噬菌变型(phagovar)表示对噬菌体的特异性反应,形态变型(morphovar)表示特殊的形态特征。

菌株或品系(strain)是微生物学中常碰到的一个名词,它主要是指同种微生物不同来源的纯培养物。从自然界分离纯化所得到的纯培养的后代,经过鉴定属于某个种,但由于来自不同的地区、土壤和其他生活环境,它们总会出现一些细微的差异。这些单个分离物的纯培养的后代称为菌株。菌株常以数目、字母、人名或地名表示。那些得到分离纯化而未经鉴定的纯培养的后代则称为分离物。

微生物学中还常常用到“群”这个词,这只是为了科研或鉴定工作方便,首先按其形态或结合少量的生理生化、生态学特征,将近似的种和介于种间的菌株归纳为若干个类群。如为了筛选抗生素工作的方便,中国科学院微生物研究所根据形态和培养特征,把放线菌中的链霉菌属归纳为 12 个类群。

2. 分类单元的命名

微生物的命名和其他生物一样,都按国际命名法命名,即采用林奈氏(Linnaeus)所创立的“双名法”。每一种微生物的学名都依属与种而命名,由两个拉丁字或希腊字或者拉丁化了的

其他文字组成。属名在前,规定用拉丁字名词表示,字首字母要大写,由微生物的构造、形状,或由著名的科学家名字而来,用以描述微生物的主要特征。种名在后,用拉丁字形容词表示,字首字母小写,为微生物的色素、形状、来源、病名或著名的科学家姓名等,用以描述微生物的次要特征。此外,由于自然界的生物种类太多了,大家都在命名,为了更明确,避免误解,故在正式的拉丁名称后面附着命名者的姓。

例如,金黄色葡萄球菌的学名为:*Staphylococcus aureus* Rosenbach 1884;属名:葡萄球菌;种名:金黄色,命名人的姓,命名年份。

又如:*Peptostreptococcus foetidus* (Veillon) Smith;属名:消化链球菌;种名:恶臭,原命名者,改名者。

恶臭消化链球菌是由 Veillon 首先发现和定名的,后 Smith 重新定为现名。由此可以看出,种名后括弧内的姓,是表示这个种首先由 Veillon 定的名,在括弧后再附加改定此菌学名人的姓。如果发表新种,则在学名之后加 nsp. (即 novo species 的缩写,意为新种)。有时只泛指某一属的微生物,而不是指定某一个具体的种,或没有种名,只有属名时,可在属名后加 sp. 或 spp. (species 的缩写,sp. 表示单数,spp. 表示复数),如 *Micrococcus* sp.,表示微球菌属的一个种,*Micrococcus* spp. 表示微球菌属的一些种。变种的学名,是在种名后加变种名称,并在变种名称之前加 var,如枯草芽孢杆菌黑色变种应写成 *Bacillus subtilis* var. *niger*。属以上的名称必须是阴性复数形容词,与 prokaryotae 相一致。

3. 细菌分类和伯杰氏手册

20 世纪 60 年代以前,国际上不少细菌分类学家都曾对细菌进行过全面的分类,提出过一些在当代有影响的细菌分类系统。但 20 世纪 70 年代以后,对细菌进行全面分类的、影响最大的是《伯杰氏手册》。该书目前已成为对细菌进行分类鉴定的主要参考书。

三、微生物的形态

微生物的个体极其微小,必须借助于光学显微镜或电子显微镜才能观察到它们。测量细菌等须用微米(μm)作单位,测量病毒等须用纳米(nm)作单位。杆形细菌的宽度只有 $0.5\sim 2\mu\text{m}$,长度也只是一至几个微米,每克细菌的个数可达 10^{10} 个。微生物本身就具有极为巨大的比表面积,如大肠杆菌(*Escherichia coli*)比表面积可达 30 万。这对于微生物与环境的物质、能量和信息的交换极为有利。

尽管微生物的形态结构十分简单,大多是单细胞或简单的多细胞构成,甚至还无细胞结构,仅有 DNA 或 RNA;形态上也仅是球状、杆状、螺旋状或分枝丝状等,细菌和古菌形态上除了那些典型形状外还有许多如方形、阿拉伯数字状、英文字母形等特殊形状。放线菌和霉菌的形态有多种多样的分枝丝状。微生物细胞的显微结构更是具有明显的多样性,如细菌经革兰氏染色后可分为革兰氏阳性细菌和阴性细菌,其原因在于细胞壁的化学组成和结构不同,古菌的细胞壁组成更是与细菌有着明显的区别,没有肽聚糖而由蛋白质等组成,真菌细胞壁结构又与古菌、细菌有很大的差异。

微生物的形态结构观察主要是通过染色,在显微镜下对其形状、大小、排列方式、细胞结构(包括细胞壁、细胞膜、细胞核、鞭毛、芽孢等)及染色特性进行观察,直观地了解细菌在形态结构上的特性,根据不同微生物在形态结构上的不同达到区别、鉴定微生物的目的(见图1-1)。

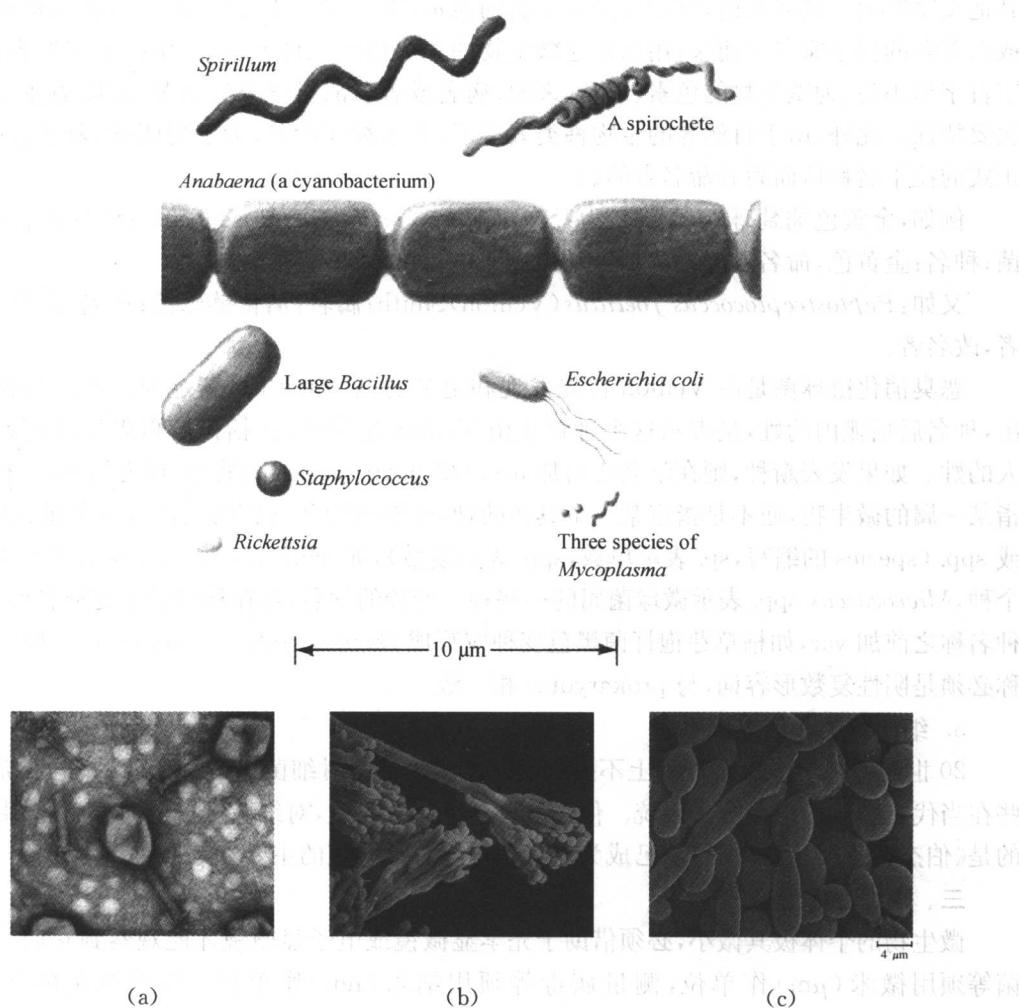


图 1-1 微生物的形态
(a) T4 噬菌体 (b) 青霉 (c) 酿酒酵母

实验一 显微镜的使用及微生物细胞形态的观察与感知



图 1-2 显微镜的放置

实验目的:了解显微镜的构造和各部分的作用,掌握显微镜的使用技术和保养措施,认识微生物的基本形态。

实验步骤:

(1) 右手握住镜臂,左手托住镜座。实验时要把显微镜放在座前桌面上稍偏左的位置,镜座应距桌沿 6~7 cm 左右,如图 1-2 所示。

(2) 安装好目镜和物镜。转动转换器,使低倍镜头正对载物台上的通光孔。先把镜头调节至距载物台 1~2 cm 左右处,然后用左眼注视目镜内,接着用手将反光镜转向光源,把虹彩光圈调至最大,使光线

通过反光镜和聚光器反射到镜筒内,这时视野内呈明亮的状态,如图1-3所示。

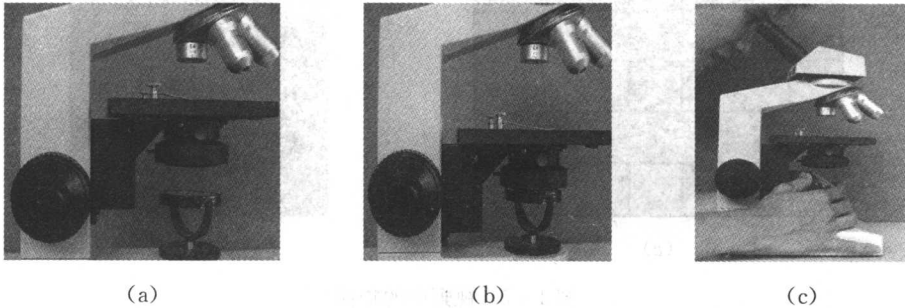


图1-3 安装目镜和物镜

(a) 物镜调至最低倍 (b) 载物台调至最高的位置 (c) 调整反光镜和光圈以获得最适合的光线

(3) 将所要观察的玻片放在载物台上,使玻片中被观察的部分位于通光孔的正中央,然后用压片夹压好载玻片,如图1-4所示。

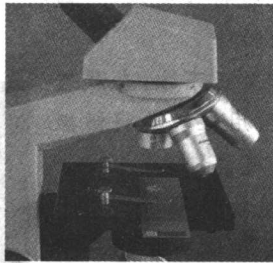


图1-4 放置玻片

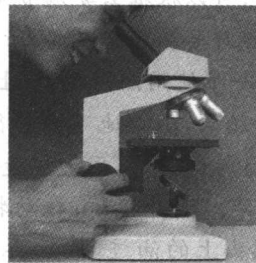


图1-5 粗略观察

(4) 先用低倍镜观察(物镜 $10\times$,目镜 $10\times$,放大倍数则为 $100\times$)。观察之前,先转动粗准焦螺旋,使镜筒下降、物镜逐渐接近切片。需要注意,不能使物镜触及玻片,以防镜头将玻片压碎。然后,左眼注视目镜内,同时右眼不要闭合(要养成睁开双眼用显微镜进行观察的习惯,以便在观察的同时能用右眼看着绘图),并转动粗准焦螺旋,使镜筒慢慢上升,不久即可看到玻片中材料的放大物像,如图1-5所示。

(5) 如果在视野内看到的物像不符合实验要求(物像偏离视野),可慢慢移动玻片,如图1-6所示。移动时应注意玻片移动的方向与视野中看到的物像移动的方向正好相反,如图1-7所示。如果物像不甚清晰,可以调节细准焦螺旋,直至物像清晰为止。

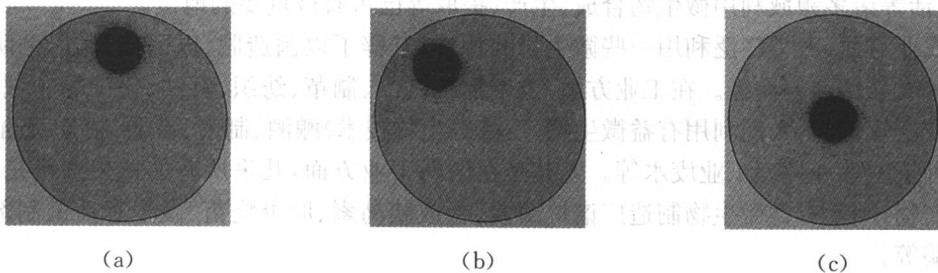


图1-6 移动玻片

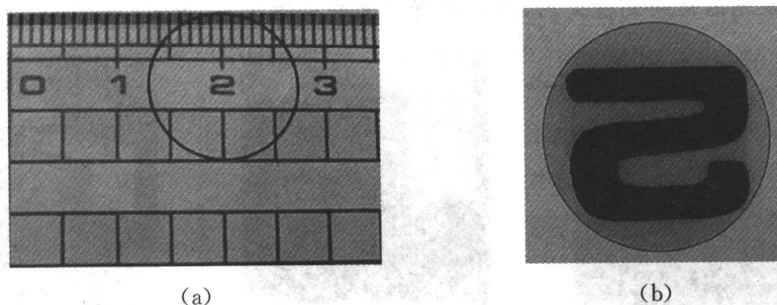


图 1-7 视野中的物像

(6) 如果进一步使用高倍物镜观察,应在转换高倍物镜之前,把物像中需要放大观察的部分移至视野中央(将低倍物镜转换成高倍物镜观察时,视野中的物像范围缩小了很多)。一般具有正常功能的显微镜,低倍物镜和高倍物镜基本齐焦,在用低倍物镜观察清晰时,换高倍物镜应可以见到物像,但物像不一定很清晰,可以转动细准焦螺旋进行调节。在转换高倍物镜并且看清物像之后,可以根据需要调节光圈或聚光器,使光线符合要求(一般将低倍物镜换成高倍物镜观察时,视野要稍变暗一些,所以需要调节光线强弱)。

(7) 如果进一步使用油镜观察,上升镜筒,将油镜转至正下方,在载玻片上加一小滴香柏油,小心地下降镜筒使镜头浸在油里,用粗螺旋将镜筒缓慢上升,寻找目标(物象),用细螺旋调节,使物象清晰,观察记录。

(8) 观察完毕。上升镜筒,转动物镜转换器,使油镜物镜偏位。用干净擦镜纸擦去镜头上的油迹,最后再用擦镜纸擦去残留在镜头上的二甲苯。然后将镜筒缓缓落下,再将光圈调至最大,并检查零件有无损伤(特别要注意检查物镜是否沾水,如沾了水要用镜头纸擦净),检查处理完毕后即可装箱,如图 1-8 所示。



图 1-8 装箱

四、微生物的功能

绝大多数微生物对人类和动、植物的生存是有益且必需的。自然界中氮、碳、硫等多种元素循环靠微生物的代谢活动来进行。例如空气中的大量氮气只有依靠微生物的作用才能被植物吸收,土壤中的微生物能将动、植物蛋白质转化为无机含氮化合物,以供植物生长的需要,而植物又为人类和动物所利用。因此,没有微生物,植物就不能新陈代谢,而人类和动物也将无法生存。

微生物与人类的生产和生活关系非常密切。人类利用微生物的历史已相当久远,在工业、农业、生活等诸多领域利用微生物合成、生产、提取等已占有极重要的地位。

在农业方面,人类广泛利用一些微生物的特性,开辟了以菌造肥、以菌催长、以菌防病、以菌治病等农业增产新途径。在工业方面,微生物在食品、制革、纺织、石油、化工等领域的应用越来越广泛。例如,人们利用有益微生物(发酵等生物技术)酿酒、制酱、冶金、制革、石油脱蜡、生产各种抗菌素和处理工业废水等。尤其是在医药工业方面,几乎所有的抗生素都是微生物的代谢产物,利用有益微生物制造广谱抗菌素、合成胰岛素、肝炎疫苗、微生态活菌制剂、维生素和辅酶等。

即使是许多寄生在人类和动物腔道中的微生物,在正常情况下也是无害的,而且有的还具有拮抗外来菌的侵袭和定居以及提供人类必需的营养物质(如多种维生素和氨基酸等)的作用。

有一小部分微生物能引起人类或动、植物的病害,这些具有致病性的微生物称为病原微生物。有些微生物在正常情况下不致病,而在特定条件下可引起疾病,称为条件性病原微生物。随着科学技术的进步,人们对环境微生物的研究和认识水平不断提高,在利用有益微生物的同时,也十分警惕致病性微生物的危害。防止致病细菌对人体的侵害是预防传染病发生和流行的关键措施之一。为此,抗菌材料和制品行业应运而生。

本节难点与要点:

- (1) 微生物特点和分类。
- (2) 用显微镜观察微生物的形态。

第二节 微生物的遗传和生长特性

一、微生物的生长

微生物生长是代谢的结果。当同化超过异化作用,细胞物质质量增加,个体重量和体积增大,就是生长。个体数量的增多称为繁殖。生长是繁殖的基础,繁殖则是生长的结果。

单细胞微生物如细菌、酵母菌的个体细胞的增大即细胞物质的增加是有限度的,细胞长大到一定程度就开始分裂繁殖,菌体数量增多。细菌旺盛生长时几十分钟就可繁殖一代。因此,它们的生长往往是通过繁殖表现出来的,本质上是以群体细胞数目增加为生长标志。丝状微生物如放线菌、霉菌的生长主要表现为菌丝的伸长和分枝,通常以菌丝的体积和重量增长(细胞物质质量的增加)来衡量生长状况。

微生物的旺盛生长,需要有合适的营养物质和外界环境条件。外界环境条件有最低、最适和最高界限之分。低于最低或高于最高值时,微生物的生长将受到抑制或致死,只有在最适条件下微生物才会快速协调地生长繁殖。

1. 纯培养的分方法

微生物的培养分离,是研究和利用微生物的第一步,是微生物工作中最重要的环节之一。最常用的分离方法有稀释法、划线法、单细胞挑取法、组织分离法及利用选择培养基分离法等(见表1-1)。

表 1-1 微生物纯培养分离方法的比较

方 法	应 用 范 围
液体稀释法	适用与培养细胞较大的微生物
固体稀释平皿法	既可定义,又可定量,用途广泛
平皿划线分离和涂布分离法	方法简便,多用于分离细菌
组织分离法	高等真菌及植物病原菌
单细胞挑取法	局限于高等专业化的科学研究
利用选择培养基法	适用于分离某些生理类型较特殊的微生物

2. 微生物生长的测定方法

微生物特别是单细胞微生物,体积很小,个体生长很难测定,而且也没有什么实际应用价值。因此,测定它们的生长不是依据个体的大小,而是测定群体的增加量,即群体的生长。微生物生长量的测定方法很多,可以根据菌体细胞数量、菌体体积或重量作直接测定,也可用某种细胞物质的含量或某个代谢活性的强度作间接测定(见表 1-2)。

表 1-2 细菌生长测定法

方 法		应 用
直 接 法	涂片染色法	可同时计数不同类型的微生物数量
	血球计数板法	常用于牛奶、土壤中的细菌计数
	比浊法	可用于不同类型微生物的计数微生物学分析,肉汤培养物或水悬浮液中的细菌数估计
	平皿菌落计数法	食品、水、土壤、医学、卫生以及培养物中的细菌计数
间 接 法	液体稀释法	因某种原因而不能用琼脂平皿活菌计数时被采用,如牛奶等
	薄膜过滤计数法	适用于量大而且含菌数很低的材料,如空气、水等
测定细胞物质质量	定氮法	主要用于代谢研究,适于细胞浓度高的样品
	DNA 法	同上
	测定细胞干重法	用于调查研究,适用于细胞浓度高的材料
	生理指标测定法	微生物学分析研究

从表 1-2 中可以看出,每种方法都各有优点和局限性。只有在考虑了这些因素与需要着手解决的问题之间的关系以后,才能对具体的方法进行选择。正如前面说过的,平皿菌落计数法是微生物学中应用最多的常规方法,掌握这一方法的原理和实际操作很有必要。此法在理论上能反映活菌数。另外,当用两种不同的方法测量细菌的生长量时,其结果不一致是完全可能的。

测定微生物的生长量,在理论和实践上都十分重要。当我们要对细菌在不同培养基中或不同条件下的生长情况进行评价或解释时,就必须用数量来表示它的生长。例如,可以通过细菌生长的快慢来判断某一条件是否适合。生长快的细胞,最终的总收获量可能没有另一些条件下的收获量大。在另一些条件下,生长速率虽然较低,但它却可在一段时间内不断增加。因此,只有具备了有关生长的定量知识,才能在实际应用中作出正确的选择,以利于科研和生产活动的进一步开展。

3. 细菌的群体生长——生长曲线

对微生物群体生长的研究表明,微生物的群体生长规律因其种类不同而异,单细胞微生物与多细胞微生物的群体生长表现出不同的生长动力学特性。但就单细胞微生物而言,在特定的环境中,不同种的微生物表现出趋势相近的生长动力学规律。

如将少量细菌纯培养物接种入新鲜的液体培养基,在适宜的条件下培养,定期取样测定单位体积培养基中的菌体(细胞)数,可发现开始时群体生长缓慢,后逐渐加快,进入一个生长速率相对稳定的高速生长阶段,随着培养时间的延长,生长达到一定阶段后,生长速率又表现为逐渐降低的趋势,随后出现一个细胞数目相对稳定的阶段,最后转入细胞衰老死亡期。如用坐