

微生物生态与应用基础

赵光材 编著

西南林学院

内 容 简 介

微生物是地球环境中分解转化并固定有机物的主要类群。在社会经济的持续发展中，广泛涉及了农、林、牧、渔、医、化工等各个领域的控制与利用，促进了环境保护和资源开发。本书引用了国内外尤其是英、美、加、日等国的研究成果、应用方法和例子，简明地把微生物在不同条件下的生活和与其它生物之间的生态特征、作用条件、作用原理作上阐述；书中插图近二十幅，附有应用检索和英、拉、汉名称检索。可作农林院校本科生教材，专科和中专可删减使用，研究生作参考教材；可供从事农、林、牧生产与研究的专业技术人员阅读，也可环境保护、农副产品加工、医药保健生产的技术人员参考。

目 录

前 言	1
第一章 微生物及其作用	2
一、微生物的概念	2
二、微生物的作用	2
三、微生物的生活类型	5
第二章 地上部份的微生物	7
一、环境与微生物的生存特征	7
二、生态应用	9
三、注意事项	11
第三章 腐生菌分解有机物的群落生态特征	12
一、分解有机物的菌类演替	12
真菌在死亡材料上的演替	12
基质营养的多样性决定的演替	12
真菌在粪肥上的演替	14
由环境因素决定的演替	15
二、真菌在死地被物上的演替	17
地被物组成及层次	17
微生物生态群落的演替	18
三、分解速率的影响因子	20
通气的效果：草料生产	21
氮素的效果	22
农业环境碳氮比 (C : N) 含意	23
原来群集菌的影响	24
化学物持续的影响	25
四、垃圾处理的现状与方法	28
第四章 微生物的生物环境	30
一、抗生素产生的对抗竞争	30
二、菌丝接触干扰	32
三、挥发性抗生物质的作用	33
四、菌寄生	34
五、真菌病毒	39
六、结 论	40

第五章 寄生植物微生物的寄生条件及特征	41
一、菌类寄生生活及现象认识	41
寄生与腐生的差异	41
导致侵染成功的生理现象	41
二、兼性寄生菌对寄主的侵染	42
兼性寄生菌是寄主植物上潜在的先驱习居菌	42
引起侵染和发病的条件	43
寄生类型	44
三、绝对活物寄生菌与植物病害	47
第六章 植物的共生菌	50
一、菌类与植物的共生之一——根瘤	50
豆科植物的根瘤菌	50
非豆科植物的根瘤	52
二、菌类与植物共生之二——菌根	55
菌根及其生活特征	55
菌根的分类与形态	55
菌根植物与菌根真菌的分布	57
菌根的作用	59
三、菌类之间的共生	62
第七章 寄生动物的真菌	63
一、菌类与脊椎动物的生态特征	65
皮癣菌	65
内部的或者是“深根”的真菌病	68
二、菌类与昆虫的生态特征	72
对昆虫影响不大的菌寄生	72
引起昆虫病害的真菌及其寄生	73
昆虫真菌病原的生物学特性与应用	78
与昆虫共生的菌类	94
三、动物消化道内的微生物	95
四、寄生在土壤小动物上的真菌	95
第八章 土壤微生物的生态作用	98
一、土壤环境对微生物的影响	98
二、微生物类群	98
三、根围环境与微生物	100
四、寄生菌的生活方式及菌类间关系	101

五、应用例举	102
第九章 粘菌及其生态	105
一、生态环境	105
二、生态关系	106
三、寄生性粘菌的寄生特征	106
参考文献	108
应用索引	109
拉、英、汉名称检索	113

前 言

组成生态系的环境微生物，在不同的环境条件下，它们的个体和种群群落，在生物圈的各个生态系统中，与环境相互作用，协同演化。其结果，为人类的生存环境与资源、能源再生利用保持协调，形成良性循环，又为保护和发展提供了理论依据，也是经济持续发展必须提供的条件之一。另一方面，微生物的生态作用，与国民生产的许多方面都直接或间接地发生着关系，发挥着不同的作用。因此，了解发挥作用的原理与原因，构成了微生物生态的主要内容。

地球上广泛分布着的微生物，无论它们的多样性如何复杂，无论生态环境如何变化，如何特殊，它们始终是生物能量转化的主要支持者，在转化中加速了物质循环，优化了生态环境。随着经济发展和人口增加，人类对生存必须的物质质量相应增加，生存环境也在不断发生着变化，为了适应这种发展和变化的需要，并保持持续稳定的发展，需要充分利用微生物的生态作用。为此，认识和研究它们的生态结构和生态效率成了十分重要的一个领域。

各种微生物在不同的生态环境中有不同的生态类群及其生态作用，因此，它的原理已广泛涉及到农林病虫害的发生与防治，抗菌素和真菌毒素生产、有机肥制作、草料生产与保存、饲料加工、木材防腐、食用和药用菌生产、城市垃圾及下水道污物的处理、鱼病及由某些微生物引起的人、畜、禽等动物病害等范畴的微生物生态问题。

在林业生产上，从森林生态这个角度出发，无论是森林生态、树木生理，还是森林土壤、森林资源及其利用，森林保护等各个领域，都直接或间接地与森林微生物发生关系，尤其在森林病虫害的研究中，一方面，病害现象是森林生态系中物质循环的现象，森林微生物活动的结果，是在森林生态系中发生和发展的，另一方面，这种现象将造成林木损伤，降低其经济价值。为保护林木不受损失，在研究和认识森林病害，研究及防治乃至对虫害的防治中，判定防治的综合措施等方面都必须以森林微生物生态原理为基础。

微生物生态的研究对象，是在于揭示微生物与环境、与其它生物群体在生态方面的关系与现象。因此，它首先研究各种环境条件下微生物的作用，再研究产生这些作用的微生物营养类群与其它菌类群体的营养条件和环境因素的关系。结合这些现象与作用原理的讨论，在所涉及例子中，了解一些在资源开发应用上成功方面和限制利用方面的知识。

微生物的来源，大多与森林直接有关。我国幅员辽阔，森林资源丰富，较宽的纬度范围，加上复杂的地形地貌，形成了丰富多彩的森林小环境，这种森林环境伴随产生的是千姿百态环境微生物生态类型及其丰富的微生物资源，这都有待于我们有效的进行在我国条件下的研究、认识、开发或利用，充分发挥它们的生态效益，为人民健康、为经济发展服务。

目前，我国在这方面的研究成果并不多，国外资料来源有限，本书在森林微生物方面的内容主要参考了邵力平教授编译的《森林微生物生态学浅说》和英国 J·F·Wilkinson 主编的基础微生物学第七卷“现代真菌导论”中有关环境微生物和森林微生物方面的论著及一些著名真菌学者、植物病理学者在这些部分有关的研究成果及论著。在编译过程中，第四章中使用的译文部分承蒙任伟教授校改，翻译中又得到一些同行的协助，谨表致谢！

由于急于投用教学，编者水平有限，错误或不当之处难免，敬请指正。

编 者

一九九五年九月

第一章 微生物及其作用

一、微生物的概念

长期以来,对于微生物这个词的概念和含意的理解各有不同;习惯上,把它理解成微小的生物,或者说在显微镜下才能看得到的微小生物;也有人认为是个体结构简单的生物,但无论哪种理解,都不能自圆其说。比如,担子菌子实体的个体有的就很大,直径可达80cm以上,还有很多微生物的个体结构都很复杂。在近代的微生物领域中,它们的分类已涉及到菌类、原生动物、藻类、兰藻类、细菌类等等。

由于微生物与人类以及大自然中的所有生物都发生着巨大的关系,古今中外,它曾经给人类造成过严重的灾难,也给人类带来很多好处。因此,从微生物与生物界,特别是与人类的经济生活关系极其密切的方面出发,形成了生物病原微生物、工业发酵微生物,医药微生物、农业微生物、土壤微生物、水系污染微生物、海洋微生物、水环境微生物、森林微生物、草原微生物、食品微生物等许多范畴;而森林微生物在分类学和生态系上的理解,指的是细菌,粘菌和真菌;从植物病理学的观念出发,以真菌的研究与认识为主要内容。

森林是以树木为主体的高低级动植物和微生物的复合体,它的生长发育和消亡更替以及它对自然环境所发生的一切影响,都有微生物的参加。从森林生态系的生物因素来看,大体上包括生产者,消费者和分解者,分别相当于植物、动物和微生物,微生物在分解中的作用及与其各因子的关系,自然就成了森林微生物生态学的主要内容。

二、微生物的作用

(一) 作为分解者的作用

植物合成的有机物,是多种生物所依赖的不可少的营养来源。其中,微生物利用一部分,被微生物利用的部分,最终将有机物转化为无机物,然而,在被动物利用的物质中,从数量上看,它只能利用少部分,从最终结果上看,它不能转化为无机物,但是,通过动物吸收利用之后的残留物,可以显著地促进微生物的分解,加速无机化过程;由于微生物是多种多样的,它们所产生的酶也是复杂的,这使得它们可将一切有机物分解、转化。但是,它的分解速度赶不上植物合成的速度。因而,在森林生态系中,只有依靠动物和微生物的协力作用,以使植物有机物的合成量和动物、微生物的分解并向无机化还原的量之间,大体上可得到均衡。

在森林中,有机体的存在形式极其复杂,无论是活体还是死体,都以极难分解的高分子组成的木素和纤维素为主要材料,但是在一定的条件下,真菌首先按一定的顺序将它们进行分解,最后,由细菌一类来完成向无机物的还原过程。

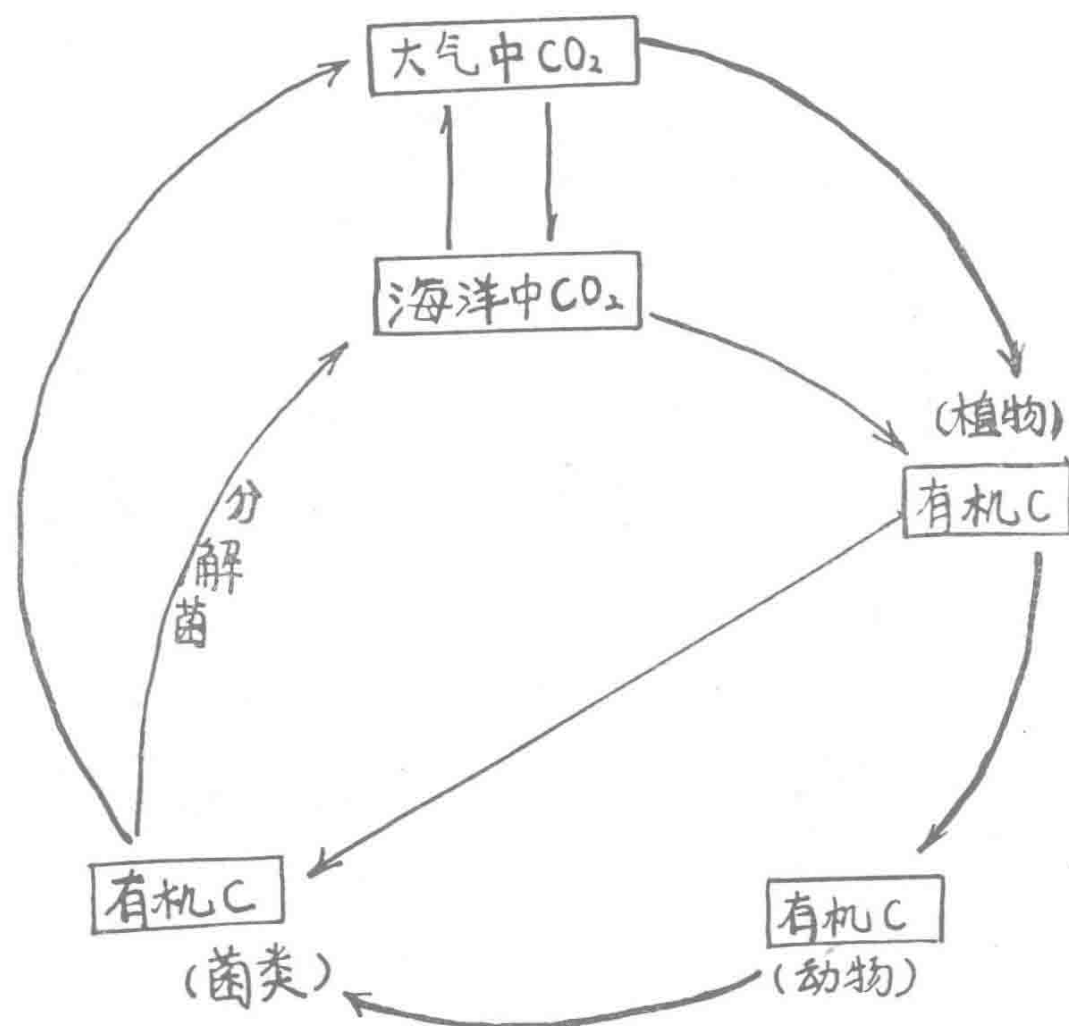
(二) 在生物化学循环中的作用

从地球生态系的角度来看,由于如上所述的微生物作用,使它在地球生化物质循环中,无论是对有机界还是无机界都发生着巨大的影响,因此,在保护地球生态系中,微生物的作用是不能低估的。

地球上的生物,无论是自养的还是异养的,不但它们的形态和结构千差万别,就是它们彼此之间及它们与无机界之间的关系,也是极端复杂的。人们对于这种复杂的关系,常从利害观点出发给予保持和限制的措施,结果,使本来就很复杂的关系更加复杂了,它又是很简单的,也就是说,在地球生态系中,物质的循环都是一些元素的有机化和无机化的过程,无论是地壳中的还是在空中的元素,直接或间接地被生物吸收,再经过分解、释放,最终再归还给地壳和空中,在这个过程中,微生物是必不可少的。

在生物的生活过程中,与之关系极其密切的元素中的一部分是碳(C)、氮(N)、磷(P)、硫(S)、氧(O)。在物质循环中除P以外,C、N、S、O的循环,因受氧化作用的干扰,变化较多,在菌类参与的这个循环过程中,与P相比,就复杂得多,它们的循环过程如下图所示:

1. P: 如上所述, P 的循环比较简单;



图一、C 的循环与微生物的关系

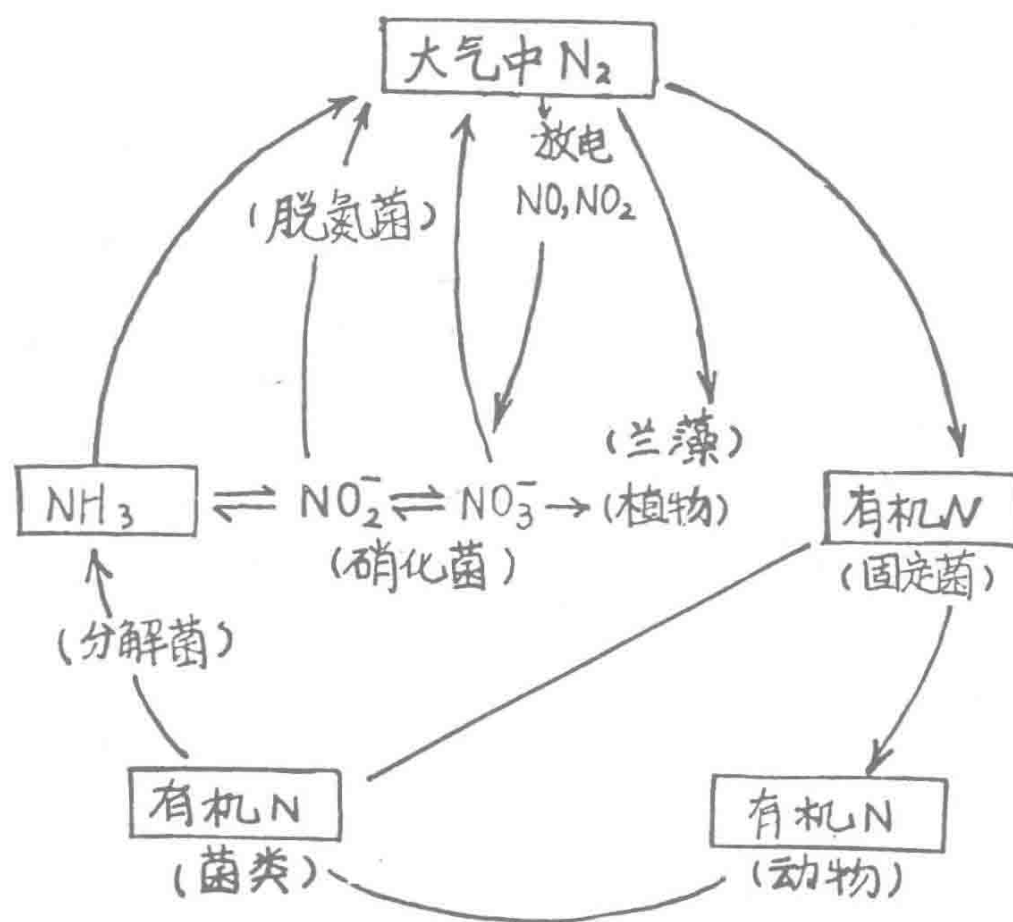
磷酸盐类 (无机) $\xrightarrow{\text{植物吸收}}$ 细胞 $\xrightarrow{\text{脂化}}$ 有机体中 (有机)

植物体死亡 (有机) $\xrightarrow{\text{水解}}$ 磷酸盐 (无机) $\xrightarrow{\quad}$ 地壳 (无机)

2. C: C 是组成生物体的不可少的大量元素。在菌类的生长繁殖过程中, 由于代谢速度快, 数量大, 原生质的量大, 所以对有机 C 的还原能力也大 (图一), 据估计光和作用所需 CO_2 的 90~95 是菌类活动过程中提供的, 而动物呼吸, 植物燃烧, 火山喷发所提供的 CO_2 量与菌类活动提供的相比, 是很少的。

大气中, C 的容积为 0.03%, 总重量为 6×10^{11} 吨(T), 海洋中碳酸盐中含 C 的重量为 $5 - 6 \times 10^{11}$ T, 每年植物转换为有机 C 所需无机碳为 2×10^{11} T。光和作用每年放出的 O_2 重为 12×10^{11} T。

3. N_2 : N 是绿色植物吸收无机 N 再合成有机 N 以蛋白质的形式存在, 是动物摄取有机 N 的主要来源。当蛋白质分解时, N 以无机的氨态 N (NH) 释放到大气中 (图二)。

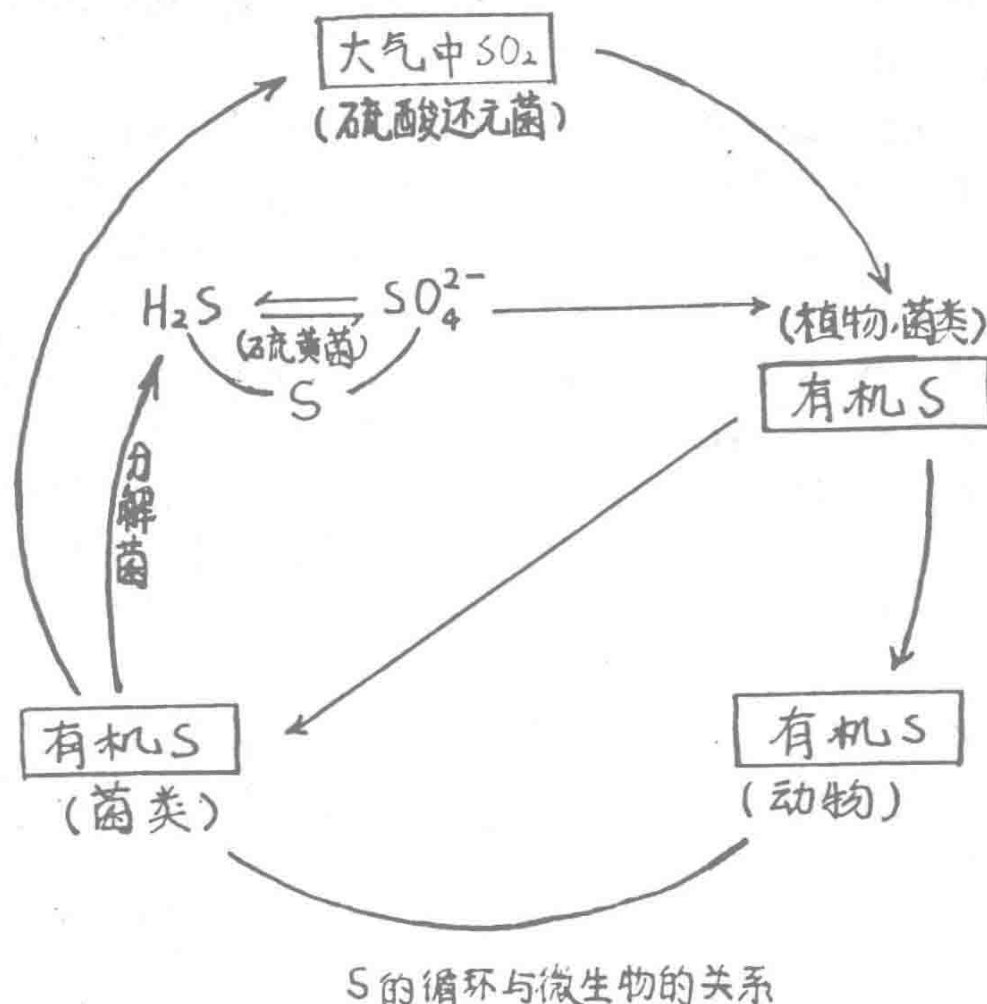


图二、N 的循环与微生物的关系

某些固定 N 的菌类和兰藻类就能利用这些游离的无机 N 合成有机 N。硝化菌类可以使

亚硝酸变为硝酸再进一步合成为硝酸盐类被菌类利用，也是自养植物的重要 N 源。在有机 N 向无机 N 的还源过程中，菌类也起着重要作用。

4. S 的循环：硫是有机体中形成氨基酸和辅酶的元素，植物和许多菌类都能利用硫酸、亚硫酸中的硫离子参与生理活动，形成各种有机硫化合物。当有机质被菌类分解后，以 H_2S 和 SO_2 的形式放回大气中（图三），硫酸还原菌能将硫酸还原为 H_2S ，供植物和菌类利用， H_2S 又可被硫磺菌和红色细菌在呼吸中氧化，也可通过物理的光学氧化形成硫磺或硫酸归入地壳中。



三、微生物的生活类型

所有的微生物，它们对有机质的分解，无论哪种生活类型，都是在生态系中通过物质代谢而使物质转换循环。它们的生活类型，可大体概括为以下几种：

(一) 腐生

以分解生物的尸体，排泄物之类的东西作为生活方式的微生物称为腐生微生物，这种生活方式称为腐生生活，又叫死物寄生，这种分解菌就叫腐生菌。这是微生物基本生活方式的类群。

(二) 寄 生

微生物在长期腐生生活过程中，由于相互之间竞争的结果，逐渐出现了获得分解活体生物能力的微生物，这类微生物从人类经济利益出发，把它们因分解活体而引起病害现象的生活方式称为寄生生活，这类菌称为寄生菌。寄生菌又叫做病原菌，被寄生的现象称为病害现象。这种病害现象，给被分解的生物造成过早损伤或解体，甚至死亡。从而影响人类的经济目的。所以，在农、林学及医学上，都是作为应用生物学的问题来看待。然而，尽管病害现象对感病生物是一种有一定意义的自然现象，但在森林生态系中，主林木的病害现象自不必说，就连下木下草的病害以及栖息在森林中的动物和昆虫等的病害也必须从生物学上对它们给予考虑研究。

在寄生菌中，又分为兼性寄生菌和绝对活物寄生菌两类。这是在寄生菌之间，或者是获得寄生性的菌类之间的竞争结果，就表现出强力的寄生性来。这种寄生性，不是伤害健康寄主生物而获得的，而是寄主因某种原因而陷于衰弱或有某种缺陷的生活作寄主才获得的，这种寄生菌叫兼性寄生菌 (facultative parasite)，它们摄取营养的方式是在活寄主的死组织或死细胞上进行的，但摄取营养的死细胞是该菌积极杀死的，于是就出现了叶斑、叶枯、枝枯、干枯等异常变化。菌就成了病原菌。这样的病原菌又叫杀生菌 (Perthophyte)。其中，按它们对寄主的选择和寄生特点，又分为非专化寄生物和专性死体营养寄生物两类。

菌类的寄生生活，如进一步侵入健全的寄主体，就出现从寄主活体生物活细胞中摄取营养的个体，完全失去了腐生性，它只能生活在活细胞中摄取营养，就成为绝对活物寄生菌 (obligate Parasite)。

兼性寄生菌和绝对活物寄生菌引起的病害之间的极大差异，在于绝对活物寄生菌侵入寄主后，寄主细胞具有抵抗力而不致丧失生命力，如果寄主细胞被侵染后就死亡，无腐生寄生能力的寄生菌也就不能生活了，这就意味着寄主的抗病力增强了。而兼性寄生菌则由于它们具有一定的腐生能力，受侵染的细胞死亡后病菌仍然可以在这种死细胞上存在，不能免除病原的存在。

(三) 共 生

(根瘤与菌根)，由于菌的寄生力增强，其结果一方面绝对寄生菌要引起病害，另一方面，寄主体要收容侵入的菌类，于是就出现了植物与微生物之间的共生现象。绿色植物与菌类共生的代表是地衣类的生活，森林植物共生菌的最好例子是根瘤与菌根。它们在共同生活中，协力关系的强弱及在互惠互利的比例上，是各种各样的。但总的来说，就把它们作为营养共生生活的生物看待。

第二章 地上部份的微生物

一、环境与微生物的生态特征

地上部分的生物环境，由于直接受到气候条件的影响，如温度、湿度、日光及紫外线辐射的变幅较大、较快，雨水的冲淋作用较强，加上植物或菌类载体材料的渗透能力，表面张力、以及吸水现象差异也比较大，这些因子都直接地影响着微生物的活动，使它们在种群结构上、生存方式上都发生着不同的变化。

无论条件如何变化，地上部分的微生物如果存在植物表面上，都是靠植物表面分泌得到营养的。据 Emmett 和 Parbery 1974 年的研究，叶表生长的微生物它们的营养来源，可从以下几种方式得到：

1. 别的植物产生的、释放于大气中的、落在接触面上的气溶胶；
2. 其它叶围微生物代谢的副产品；
3. 寄主植物角质层和表皮层的化学成分；
4. 叶肉细胞渗出叶面的代谢产物。

这些物质对微生物区系的影响很大，加上大气中化学污染物的影响，使它们的生存与分布都变得复杂化。同时，也都容易受到分解酶、抗菌素和重寄生生物的影响。

以植物的地上部分而言，通常细菌、酵母、及类似酵母的有机体的数量比丝孢菌类多。

细菌是格兰氏染色阴性的类型，不产生孢子，并能形成粘液的杆菌和球菌，便于粘附在植物表面。酵母菌是较普遍的，在松树针叶上及果实上占优势，相当于潮湿地区杂草叶上湿重的 1%。常见的真菌种是出芽短梗孢 (*Aureobasidium pullulans*)、郑孢酵母属 (*Sporobolomyces*)，拟腥黑粉菌属 (*Tilletiopsis* spp.) 和锁霉属 (*Itersonilia* spp.) 以及枝孢属 (*Cladosporium* spp.) 的一些种。放线菌在叶上和茎上很少见到。

这些微生物可以普遍地存在于植物的任何表面上，有的还存在于植物表面的腊质层或角质层下，唯有被包藏于顶端的分生组织叶原基，由于被严密包住，没有哪种微生物能进入，这被认为是有进化上的生存价值，同时，也为分离研究顶端分生组织的培养提供了有利条件。

这些普遍繁殖于植物表面的微生物，一般不明显地影响植物生长发育，大多数是非专性微生物，专化性强的是少数，无论是南北半球，其分布都很广，尤其是真菌就更为相似，因此，又把这些微生物称为习居物。它们在叶表面，能刺激植物抗毒素的形成，阻碍寄生菌的活动，也能产生生长素，如赤霉素，影响植物的生长，成熟的植物组织表面，受其它病虫害危害的表面，受机械损伤的叶上，数量和群体更多。

据 Ruinen 1961—1963 年的研究，叶上微生物的群体密度很高，在热带植物表面上的厚度可达 22 μ m，估计在每克组织中有数百万个细胞。热带雨林中的叶子，起初为固氮菌定植，其后是真菌，藻类，酵母菌及苔藓等，不仅在叶面上而且树皮上也生长。在具有高等附生植

物的树上，每种附生植物都有它们各自的微植物区系；在温带、由于气候较干燥，植物的生长受季节影响而落叶，叶的微植物区系不显著，附生微生物的种类和数量少于热带，而且是连续发生。藻类只出现在树皮上，很少在叶上发现。

另外，在地面上暂存的，从空气中降落到叶或树皮表面的偶现微生物，在一般情况下它不繁殖，这种植物区系的组成，可能随时间和地点的不同而变化很大。

地上部分微生物的演替，Shigo (1973) 观察的结果是：最初寄生的有机体，往往决定着菌类演替的模式……在自然界纯培养的情况是罕见的。在一般情况下，一些腐生菌能够占据健康叶子的气孔下室，在叶落后很快就处于优势地位。此后，最早定殖的是腐生菌，如毛霉目 (*Mucorales*)，这些真菌以糖、戊聚糖及尽可能地靠纤维素而生活。以后，分解纤维素的子囊菌和半知菌处于统治地位，最后是分解木质的层菌类 (*Hymenomycetes*) 和腹菌类 (*Gasteromycetes*)。在树木残枝上及机械损伤后出现的演替顺序，首先是细菌先侵入，使木质变色，继之而来的是不能分解木质的真菌，最后是分解木质的担子菌。担子菌的出现，是生态演替的最后阶段。在受火烧或昆虫侵袭而致死的树木上，首先受到青斑真菌和边材腐烂真菌的侵入，在木质部内进行激烈的竞争，最后以木腐菌占优势导致木质腐朽，使演替的级次降低是显著的特征。

不同的树种，不同的条件，不同的起点，演替的顺序和速度不同，例如在杨树上，最初侵入死枝的是细菌，以后出现亮囊孢属 (*Cytospora* spp.) 的一些种，之后出现的是金黄亮囊孢 (*Cytospora chrysosperma*) 和茎点属 (*Phoma* spp.) 盘针孢属 (*Libertella* spp.) 的一些种，再被软体伏革菌 (*Corticium polynium*)、烟色多孔菌 (*Polyporus abustus*) 代替，最后是心腐层孔菌杨树变种 (*Fomes igniarius* var. *populinus*)；在松柏科植物的叶上，例如在胶枞 (胶冷杉) (*Abies balsamea*) 针叶上，首先侵入的是小皮下盘菌 (*Hypodermella mirabilis*) 和福里双纺锤菌 (*Bifusella faullii*)，随后相继侵入的是胶枞盾盘菌 (*Stegopezella balsamea*) 秋生散斑壳 (*Lophodermium autumnale*) 和福里小球腔菌 (*Leptosphaeria faullii*) 阻止了最先侵入的小皮下盘菌和福里双纺锤菌子囊的形成。如果受 *Retinocylus abietes* 和 *Kirschsteinella thujina* 感染的死亡树枝，可阻止血痕韧革菌 (*Stereum sanguinolentum*) 的定殖。

没有竞争能力的一些木腐菌，如韧革菌属 (*Stereum* spp.) 的一些种和多年层孔菌 (*Heterobasidium annosum*) 必须是最早的入侵者。韧革菌属的一些种，它们可以和炭团菌属 (*Hypoxyton* spp.) 的一些种共同生活在活树上，但又不能跟在其它微生物之后或共生在一起，随其它菌类入侵，它们就衰败下去。由此，提供了一个很有开发价值的研究前景，即在木材防腐上，利用不使木质腐朽的菌类优先定殖在木材上，阻止木腐菌定殖，以免导致木质腐朽。在国外，发现了 *Scytalidium* sp.，不使木质腐朽而能优先侵入木质部，在木质部内产生一种耐高温的抗菌素 Scytalidin 对卧孔菌属 (*Poria*) 及其它真菌有强烈的抑制作用。这种颞颥体已在美国的俄勒冈和瑞典进行研究，据 Hulne 和 Shields 1972 年报导，已有六种颞颥体真菌被发现出来，用以抑制以后进入木材上的五种不同的木腐菌。还有利用绿色木霉等颞颥菌的孢子悬浮液浸湿修剪工具，在对林木进行修剪时有效地阻止了由伤口入侵的病原侵染。

二、生态应用

生长中的植物的叶及茎干表面，能通过气孔、皮孔、排水孔和伤口向外渗出无机和有机物及各种微量元素，这些渗出物可被风吹掉落或从叶子上摇落，蒸发或当湿度下降时收回。如果是蒸发，可能使毒盐累积而杀死细胞，为包括病原微生物在内的微生物分解利用，在特定条件下，导致植物受病原侵染。在一般情况下，腐生菌起着清道夫的作用，减少落在植株上的病原菌可利用的养份，减少病原菌的接种潜能，减少病害的发生。如果是病原的颉颃微生物，可在有利于病原侵染的条件下使植物感病很轻或不使感病植物或植物产品致病。当细胞中渗出的糖浓缩液流到叶面时，煤污菌和细菌在上面生长，影响植物生长发育。养份的渗出量据 Last Deighton 1965) 研究，养份缺乏的植株比合理施肥的植株多，受机械损伤或受冻害的叶子比正常的多，在暗处的叶子比在有光条件下多，老叶比新叶多。健壮植株的渗出液养料供应有限，而供应的养份又可能因侵析而失去，微生物为争得这一微少的能源而竞争，有利于植物抗病性提高。另一方面，植物生活过程中，一直有真菌定殖，据 Hudsor 的研究，全旺期是专化寄生菌，衰老期是兼性和弱寄生菌，当新梢和叶子死去脱落之前，又有腐生菌定殖。寄主地上部分渗出的养份对决定那里病原菌的侵染与否有重要意义。

由于病原菌往往是植物表面微生物区系的组成部分之一，对于通过完整的植物表面或天然孔口或伤口侵入的病原菌易受习居附生菌的颉颃作用，孢子萌芽中局部或全部所依靠的营养物质，利用生态学的条件，使它缺乏继续生长所需的营养物质，使它不萌芽或萌芽后难于与附生菌竞争，可以利用病原的颉颃菌或改变环境条件使微生物样本增加，通过养份竞争以增强对病原的抑制而达到有效地防治。例如大豆叶斑病假单孢菌 (*Pseudomonas glycinea*) 引起的大豆细菌病害，利用细菌的寄生物蛭弧菌病毒 (*Bdellovibrio bacteriovorus* 以1:9 (病原为1) 的比例通过伤口在大豆叶上接种后，能有效地抑制坏死斑的发展和由 *P. glycinea* 引起的周身毒血症。(因为它们都能通过伤口向大豆周身扩散)。

另一个例子是引起果树严重感病的火疫病菌，在病痕中常有与苹果火疫病菌 *Erwinia amylovora* 在一起的无毒菌种 *E. herbicola*，可抑制活体内病害的发展和体外病菌的生长。据认为 *E. herbicola* 能产生一种 β ——糖甙酶，把寄主的果甙分解为氢醌(对苯二酚)和 D——葡萄糖，氢醌抑制病原菌对 D——葡萄糖的氧化代谢，从而减少病原菌的生长。亚瘤

白松疱锈病是一些松上的致命病害，锈生座孢菌 (*Tuberculina maxima*) 的分生孢子能侵染松疱锈病原菌 (*Cronartium ribicola*) 正在形成的性孢子器或锈孢子器，并可以在其中形成孢子。*Tuberculina* 只侵染锈菌菌丝体穿入的组织，一旦杀死锈菌，它就死亡。果胶发生在松树健康组织内，不发生在感染锈病或愈合组织中，感病或愈合组织上锈生瘤座孢的侵染，并在其中以菌丝体和分生孢子的形式越冬，在破裂或感染的溃疡上能随时产生孢子。在美国加利福尼亚的松林中，由哈克被包锈 *Peridermium herknesii* 引起的锈病瘤还可以被拟墨藻从赤壳 (*Nectria fuckelliana*)、松色二孢 (*Diplodia pinea*) 和拉费里赤霉菌 (*Gibberella eaferitium*) 杀死。

由梅库里黑星菌 (*Venturia maecialis*) 引起的疮痂病，在落叶前给苹果喷5%的尿素，到12月，叶上的细菌比未喷尿素的增加170倍，到一月增加48倍，引起了叶子的迅速分解。

喷施后细菌区系由占优势的革兰氏阳性产色素的叶附生菌转变为革兰氏阴性不产生色素的土壤习居菌。叶分解加快,氮含量增加,尿素的毒力,细菌的变化型和数量及蠕虫取食增多,这几项结合起来,使叶上疮痂的子囊和子囊孢子大量减少。在叶子的分解中,假单胞杆菌(*Pseudomonas* sp.)是重要的,而黄色革兰氏阴性周毛杆菌抑制子囊孢子的释放,可起到有效的防治效果。

受伤植物的寄主细胞,外渗物质比正常植物未伤表皮上的更广泛。对于从伤口侵入的寄生菌与附生菌的营养竞争,寄生菌是不成大问题的,因此,有效的防治是利用可在伤口上定植的病原菌孢子悬浮液喷洒的方法。或采用病原的多种菌株优先接种的方法。

对于象多年生层孔菌(*Heterobasidion annosum*)这种只能与少数菌如根状柱盘孢(*Cylindrocarpon radicola*)和一些黄斑菌占据的根上生长,它在基质上只有优先占据。据此,对这种菌的防治,经 Rishbeth 1950—1963年的研究,并获得了成功的防治。其方法是,树砍倒后,树桩断面用大隔孢伏革菌(*Peniophora gigantea*)的粉孢子接种,占据断面,使多年生层孔菌不能在断面上定殖。这种接种体是利用麦芽糖琼脂培养基产生,产孢后用蔗糖溶液冲洗,悬浮液中加入滑石粉和纤维素 B600,再将这种混合物注入模型之中,晒干形成小块。使用时,每个小块在/100ml 水中散开,从而产生每 ml 至少含有 1×10^8 有生活力的粉孢子悬浮液,可给100个左右的树桩接种。大隔孢伏革菌通过树桩扩散至树的侧根,阻止多年生层孔菌在原来侵入的根中扩展。菌体(大隔孢伏革菌)的子实体在一年内产生,树桩迅速腐烂。1972年,Artman 把粉孢子加到锯链的润滑油里,减少了给新伐树桩接种的其它程序。在挪威,使用此法对云杉接种无效,但那里对多年生层孔菌有效的是白色木霉(*Trichoderma polysporum*)=(*T. album*)和肉质紫胶盘菌(*Ascoxoryne* (*Coryne*) *sarcoides*)。

在衰老的植株上,弱寄生菌的数量增加,成为习居中营养竞争的成员之一。然而,它们要建立寄生关系,形成对寄主植物的侵染还需要具体的其它特定条件。不同的病原菌,需要不同的条件,在一般情况下,大多发生在环境条件不利寄主生长、有利病原增殖的条件下,因此,防治的基本点是改善环境条件,使环境朝着有利寄主生长、不利病原侵染的方向发展。另一方面,在植株表面也存在着其它种类的微生物,这些微生物群体越大,对养分竞争越强,越不利于病原菌定值和生长,如果含有病原菌的菌体,其菌体往往存在于立地条件下的土壤中,目前在这方面的研究结果表明,在无病害发生的地方采取土样制成土壤悬浮液或被病菌潜育的植株部分冲洗的冲洗物中都混合有病原菌体,利用这些液体喷于寄主表面,往往能收到良好的防治效果。

另外还有一类能直接导致经济损失的病原菌,它们由于受到其它微生物的抑制,或者由于寄主抗体的阻止,常在寄主表皮下或气孔下不能发展而休眠似地潜伏下来,逃过激烈的竞争,抗体下降或因其它条件改变得有利于它发展时,它迅速发展。在候熟期,贮存期的果实迅速腐烂,造成损失,在很多情况下是这种生存方式下的病原造成的,热带水果上表现更突出,香蕉长盘孢 *Gloeosporium musarum* 感染青的香蕉果,休眠可达五个月之久。当果实成熟后,才引起腐烂。果腐刺盘孢(*Colletotrichum phomoides*) 在蕃茄果实上,柑桔球座菌(*Guignardia citricarpa*) 在柑桔果实上,小丛壳菌(*Glomerella* sp.) (炭疽菌有性世代) 在芒果上,围小丛壳菌(*G. cingulata*) 在番木瓜上都出现类似的感染,有的还能侵染到种子,如早金莲疣霉孢(*Heterosporium* (*Acroconidiella*) *tropaeoli*) 侵染早金莲(*Tropae-*

olum majus) 的青果实, 在果变衰转黄之前, 病痕不发展, 变衰转黄后, 侵入直到种子上。Simmonds (1963) 还发现了在香蕉青果实中含有对香蕉长盘孢有毒的物质, 在果实成熟前该菌不能产生果胶酶, 不能恢复生长, 果实开始成熟后, 才开始恢复生长, 形成侵染, 对番木瓜果实采用溴甲烷熏蒸来消灭果蝇, 可破坏围小从壳菌的潜伏而使病痕数量增多。

三、注意事项

在对病原的颞颥体进行研究和应用中, 由于微生物群落和环境的复杂性, 导致了生态作用的多样性, 为此, 需要注意

1. 病原菌颞颥体的种类及作用条年与方式, 尤其是病原的生物学特性与颞颥生物的生物学特性吻合或设法吻合, 方能有效。
2. 颞颥体的应用应在病原入侵之前最为有效; 颞颥体的来源在不感病区域内寻找, 成功率最高。
3. 在辅以化学防治过程中, 所使用的农药必须选择挥发性强的, 不使用广普杀菌剂, 以不伤害颞颥体微生物为首要条件, 否则难于控制病害再发生时的病情。

第三章 腐生菌分解有机物的群落生态特征

各种有机物，都是复杂的化合物，在它们的完全分解过程中，由多种微生物自然组成接力赛的成员，在一定的条件下按顺序跑完自己的路程，将复杂的物质分解为简单物质。由于微生物对环境的变化起到微妙的反应，若要在数量上掌握某一环境范围（比如森林中）内的微生物相是困难的，但我们可以了解在某一条件下微生物种群的组成及其更替顺序的规律。

一、分解有机物的菌类演替

（一）真菌在死亡材料上的演替

在物质分解期的全过程中，无论是一片树叶、一颗粪粒、一根人发或一片海藻叶，都可以看到真菌的演替特征。真菌的种，在每个不同的分解例子中不同，但在通常的情况下，它们的顺序出现在下列各亚门的目中：卵菌纲 *Oomycetes* 和接合菌亚门 *zygomycotina*，子囊菌亚门 *Ascomycotina* 和半知菌亚门 *Deuteromycotina*，担子菌亚门 *Basidiomycotina*。其中，基质在化学条件上的总的数量是趋于一致的，根据其复杂性，一种成份在另一种成份之后被利用。首先是糖、氨基酸和有机酸被消耗，这些成份是随着纤维素、淀粉、半纤维素、蛋白质和脂类的分解而消耗的，（尽管这样的排列顺序是不必要的），最后，仅留下象木质素或角蛋白这样最复杂的或是最难于分解的材料。

这个描述似乎有点太单纯，不管怎样，许多问题将存在于一般的看法之中。首先，小动物沉降在它的表面，摄食部份材料，然后，表面的粒子进一步由微生物聚集，于是，我们在原来演变中发现了第二次演替，第二，各个真菌把基质用于它和它的种群，然后衰弱，它们的一些细胞死亡，维持二次演替，同时，这些真菌又可以合成非常耐久的聚合体，在原来的基质耗尽之后长期存留。土壤胡敏酸部份被认为是主要的微生物机体，这种“半留存”状态物在百年之内都可被测出。第三，原来的基质不完全是按顺序消耗的，一些简单的分子在早期分解中对微生物是不可利用的，也许因为这些分子的化学复杂性使它们具有更多的难于分解利用的化合物，或是因为物理的性质或是微生物排斥其它微生物对这些基质的接近，所有这些推理要解释真菌的演替是非常困难的，在存在的基质性质有发展变化的时候或是环境条件有发展变化的时候，微生物的演替常常发生，至少在一般情况下是能这样发生的。现在将这两种情况作更详细的研究。

（二）基质营养的多样性决定的演替

一项有价值的和接近统一的真菌演替是由加利特 Garrett 所做的，他研究了解了许多真菌的“基质群”，以下是据加利特的意见并用图解说明的基础很大的真菌演替类型，可以在植物的叶、茎分解上观察到。