



© 陈克龙 刁治民 / 编著

草地土壤微生物学

GRASSLAND SOIL MICROBIOLOGY



经济科学出版社
Economic Science Press



© 陈克龙 刁治民 / 编著

草地土壤微生物学

GRASSLAND SOIL MICROBIOLOGY



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

草地土壤微生物学 / 陈克龙, 刁治民编著. —北京:
经济科学出版社, 2016. 5

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6806 - 8

I. ①草… II. ①陈… ②刁… III. ①草地 - 土壤
微生物学 IV. ①S154. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 073655 号

责任编辑: 刘 瑾

责任校对: 靳玉环

版式设计: 齐 杰

责任印制: 邱 天

草地土壤微生物学

陈克龙 刁治民 编著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京万友印刷有限公司印装

787 × 1092 16 开 45.5 印张 1100000 字

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 6806 - 8 定价: 110.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 侵权必究 举报电话: 010 - 88191586)

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

草地土壤微生物学

编著人员：陈克龙 刁治民 陈祈磊 王文颖
李园媛 吴成永 周富强 高晓杰

前言

土壤微生物指土壤中形体微小、结构简单的生物，包括原核微生物（细菌、蓝细菌、放线菌）、真核生物〔真菌、藻类（蓝藻除外）〕、地衣和原生动物等，其种类和数量随成土环境及其土层深度的不同而变化。数量庞大、种类繁多的土壤微生物是丰富的生物资源库，也是土壤中最活跃的部分，全部参与土壤中生物化学反应，在土壤物质转换、能量流动及生物地化循环中起重要作用。大部分土壤微生物对作物生长发育是有益的，它们对土壤的形成发育、物质循环和肥力演变等均有重大影响，当然也有那么些不被人喜欢的致病微生物。正是有了土壤微生物的默默耕耘，大地才会有春华秋实的生生不息。

土壤是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。在全世界范围内，土壤退化仍在加剧，土壤污染也日益严峻，严重威胁到农业生产、人类健康和全球生态安全。我国土壤资源极其匮乏，遏止土壤退化，提高土壤质量是保障我国粮食安全与生态安全的百年大计。土壤微生物生物量是土壤最活跃的成分，与土壤资源可持续利用密切关联。土壤微生物是维持土壤质量的重要组成部分，能敏感地反映土壤质量的变化，是土壤质量评价的一个重要生物学指标。与森林和农田生态系统相比，中国草地生态系统土壤微生物的研究起步较晚，研究范围较狭窄，深度较浅，且至今尚未见专著出版。为此，我们特编写《草地土壤微生物学》，以推动草地土壤微生物的研究。

在 20 世纪内，全球气温已经上升了 0.6°C ，并预计到 21 世纪末仍将上升 $1.4^{\circ}\text{C} \sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 。全球气候变暖对生态系统的潜在影响，生态系统对气温上升的反馈已成为国际生态学界的研究热点，而且所研究的系统也已经从过去简化的模拟系统到复杂的真实生态系统。但是，现有对真实生态系统的研究大部分集中在地上植物群落和土壤气体交换等领域，对在土壤有机碳分解和保护中起决定作用的土壤微生物研究较少。为此，在美国大平原地区进行人工提高气温（上升 1.8°C ），来研究土壤微生物对气温上升的反应。结果表明，增温对土壤微生物的总生物量没有显著效应，但可以提高土壤微生物的 C:N 比。另外，磷脂脂肪酸分析发现，气温上升显著降低土壤微生物量中的细菌比重，

提高真菌的份额，从而显著提高了群落中真菌与细菌的比值。而且，通过对土壤微生物底物利用方式和磷脂脂肪酸特征的主成分分析，发现增温导致了土壤微生物群落结构的转变。可见，气温上升可能是通过提高土壤微生物中真菌的优势，而导致群落结构的变化，该变化将可以提高微生物对土壤有机碳的利用效率，并利于土壤有机碳的保护。

土壤中的微生物在植物生长过程中起着十分重要的作用，可以说植物的生长与健康需要微生物为其共生伙伴。其作用主要表现在：合成草地土壤腐殖质，增加土壤有机物质，促进营养物质转化，改善土壤物理结构，促进自然界的物质循环具有重要作用等。目前，分子生物学技术的发展为土壤微生物研究带来了前所未有的机遇，应紧紧围绕土壤微生物多样性、土壤生物过程、生态系统服务功能三者之间的联系，着重开展以下四个方面研究：草地土壤微生物多样性研究指标和方法体系的建立；牧业生产活动如何影响草地土壤微生物多样性？牧业生产活动如何影响土壤生物过程和生态系统服务功能？土壤微生物多样性如何影响草地生态系统功能稳定性？

本书编写过程中参阅和引用了有关土壤微生物学方面的资料，在此对这些资料的作者表示衷心的感谢。同时，也感谢（**青海师范大学、成都大学、青海天湖高原蕈菌研究所、青藏高原食用菌省级工程实验室、青藏高原食用菌培育加工国家地方联合工程实验室（青海）、青海省高寒湿地省级重点实验室等**）对本书的一些个人研究成果的完成给予的关心和资助。

由于受知识水平所限，疏漏和不当之处，敬请读者给予批评指正。

编著者

2016年4月17日

目 录

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 土壤微生物与人类的关系	5
1.3 土壤微生物研究新技术	12
1.4 土壤微生物发展简史	19
参考文献	55
第2章 土壤细菌	63
2.1 概述	63
2.2 土壤细菌研究基本方法	64
2.3 土壤中细菌数量的测定	101
2.4 土壤中微生物生理类群	103
2.5 黏细菌	184
2.6 土壤蓝细菌	190
2.7 青藏高原草地土壤细菌研究动态	199
2.8 草地甲烷细菌	206
2.9 植物(牧草)内生细菌	221
参考文献	222
第3章 土壤放线菌	228
3.1 土壤放线菌研究的基本方法	228
3.2 土壤放线菌资源	243
3.3 三江源高寒湿地生态系统放线菌资源	255
3.4 西藏土壤放线菌	259
3.5 放线菌在植物生防中的研究	260
参考文献	266
第4章 土壤真菌	268
4.1 土壤真菌研究进展	268

4.2	土壤真菌基本特点	278
4.3	土壤真菌群落生态特征与养分转化	288
4.4	土壤真菌资源	295
	参考文献	315
第5章	高寒草地大型真菌	316
5.1	大型真菌的生物学特性和主要分类依据	316
5.2	野外识别大型真菌的方法	320
5.3	大型真菌标本的采集、制作和保存	326
5.4	草地常见大型真菌	329
5.5	草地蘑菇圈	394
	参考文献	395
第6章	土壤藻类	398
6.1	概述	398
6.2	沙漠藻类与生物土壤结皮	419
6.3	藻类培养方法	446
6.4	土壤蓝细菌（蓝藻）的研究	453
6.5	土壤藻类在碳素生物循环中的生理生态作用	461
	参考文献	465
第7章	地衣	476
7.1	概述	476
7.2	地衣生物学特性	482
7.3	常见地衣种类	484
7.4	地衣资源保护	485
	参考文献	485
第8章	土壤原生动物	486
8.1	土壤原生动物研究意义	486
8.2	原生动物生物学特性	488
8.3	生态因子对土壤原生动物的影响	496
8.4	土壤原生动物多样性及区系地理分布	497
8.5	原生动物在土壤中的作用	499
	参考文献	506
第9章	微生物在自然界物质循环中的作用	508
9.1	微生物在碳素循环中的作用	509
9.2	微生物在氮素循环中的作用	525

9.3 微生物在磷素循环中的作用	529
9.4 微生物在硫素循环中的作用	535
9.5 微生物在其他元素循环中的作用	537
9.6 土壤微生物与植物调控生态系统养分循环	538
参考文献	544
第10章 微生物与土壤肥力	552
10.1 微生物在土壤中形成的有机物质	552
10.2 微生物生物量对土壤肥力和植物营养的作用	558
10.3 微生物与土壤团聚体形成的关系	571
10.4 土壤微生物与土壤酶活性	574
参考文献	594
第11章 土壤微生物与植物的相互关系	600
11.1 微生物与植物的互生关系	600
11.2 原核微生物和植物的共生关系	613
11.3 菌根—真菌与高等植物共生关系	620
11.4 植物内生微生物	641
11.5 叶围细菌与植物的关系	666
11.6 微生物与植物的寄生关系	667
11.7 植物根际有益微生物与植物的关系	668
参考文献	669
第12章 微生物对土壤的净化作用	674
12.1 土壤的污染和净化能力	674
12.2 微生物对农药和合成聚合物的降解	689
12.3 重金属污染土壤的微生物生态效应及其修复	703
参考文献	712

第1章 绪 论

1.1 概 述

草地是地球上最为宝贵的自然资源和陆地生态系统的重要部分，不仅承担着防风固沙、保持水土、涵养水源、调节气候、维护生物多样性等重要生态功能，而且也是重要的畜牧业生产基地，其功能的正常发挥对维持全球及区域性生态系统平衡有极其重要的作用。

1.1.1 土壤微生物学的基本概念

土壤微生物学是研究土壤中各类微生物的生命现象、相互关系，以及它们和土壤之间的相互关系的科学，是土壤学和微生物学之间的一门交叉学科。

土壤微生物学主要研究土壤中微生物的种类、数量、分布、生命活动规律及其与土壤中的物质和能量转化、土壤肥力、植物生长等的关系。土壤微生物学不仅是微生物学的分支学科，也是土壤学的一个组成部分，而且与生物化学、农业化学、植物生理学和植物病理学等学科相互渗透。它的基本任务是发展土壤肥力和增强植物营养。

1.1.2 土壤微生物学研究内容

土壤微生物学研究的主要内容有以下几个方面：

- (1) 土壤微生物的形态、分类、生理类群，以及土壤有益微生物资源的开发和利用。
- (2) 土壤因素对土壤微生物类群的分布、发育状况以及各类群之间的关系（互利促进或拮抗抑制）。
- (3) 微生物与营养物质循环的研究。

微生物对土壤中各种物质的转化，包括有机物质的分解、营养元素的转化、土壤中新的有机质的合成以及土壤理化性质的改变。（重点：微生物在碳素循环中的作用，微生物在氮素循环中的作用）。

- (4) 土壤微生物与植物营养的研究。

植物根系对微生物发育和活动的影响、微生物活动对植物营养、生长的利弊。（重点：生物固氮、菌根真菌、根际微生物生态学及应用技术）。

(5) 土壤微生物和其他生物分泌的各种外酶和这些生物死亡自溶后释放的内酶, 对土壤中各种物质转化的活性以及对土壤性质的影响。

(6) 微生物在生态环境中的作用。土壤微生物对污物、污水的净化及动态机理, 对有机农药残毒的降解以及土壤保健的作用。筛选高效降解菌, 提供应用技术。

(7) 土壤微生物在厌气性分解有机物质中产生沼气的过程。

(8) 土壤微生物多样性的研究内容与框架。

土壤微生物包括细菌、放线菌、真菌。土壤微生物多样性从研究层次上讲, 可分为遗传基因多样性(种质多样性)、物种多样性和土壤生态系统多样性三个层次。从研究内容上讲, 包括: 微生物多样性的功能与生理生态学过程研究; 土壤微生物多样性的丧失机制与恢复研究; 土壤微生物多样性的保护及其开发利用研究。

① 土壤生物多样性的功能及其生态学过程研究。

土壤生物是一类“默默的奉献者”, 它们的许多功能及其内部的生态学过程还鲜为人知, 因而尚有待深入研究, 目前, 在这方面有许多正在开展和需要开展的研究领域和课题。

A. 土壤微生物多样性对土壤肥力的形成与维持机制研究, 包括土壤微生物对土壤有机质的分解与合成、土壤微生物参与的养分循环的各种生物学过程、根际微生物的分泌作用、土壤酶的代谢、土壤良好结构的保持等。

B. 土壤微生物多样性的环境功能研究, 包括土壤微生物对污染物质的降解与净化作用、土壤微生物多样性的变化而导致温室气体释放速率的变化及对全球变化的影响机制等。

C. 土壤生物之间的相互作用机理研究。土壤微生物、土壤动物和高等植物的种内和种间存在着共生、互生、竞争、寄生和相互拮抗等极其复杂的链网作用关系, 其中某一种群的变化会导致其他种群的相应变化, 进而可导致整个土壤生物群落的改变。这些生态联系及其生态学过程的内在运行机制是十分重要的研究课题。

② 土壤微生物多样性的丧失机制与恢复研究。

由于人类长期的农业活动、工业化和城市化进程的加速, 导致大范围土壤生态系统和生境恶化与破坏, 土壤微生物多样性锐减或丧失, 因而土壤微生物多样性丧失的原因和机制是生物多样性研究的一个重要内容, 这些对微生物多样性的恢复与重建皆具有重要的理论与实际应用价值。该领域主要包括以下一些内容: 区域性气候变化对土壤微生物多样性影响; 不同土地利用方式及利用强度下(耕作制度、栽培管理等)土壤微生物多样性的变化机制; 土壤污染(包括农药、化肥、工业三废物质等)对土壤微生物多样性的影响; 自然灾害(如水灾、火灾、地震)对土壤微生物多样性的影响; 某一土壤微生物的过度利用对土壤微生物多样性影响; 土壤微生物种群的恢复与构建等, 这些内容要从人—土壤—植被—土壤生物整个生态系统层次上进行综合研究。

③ 土壤微生物多样性的保护研究。

上已述及, 土壤微生物对土壤形成、全球物质和能量转化、环境污染净化具有举足轻重的作用, 而且对地上动植物的多样性也有较大影响, 因此, 如何保护土壤微生物多样性是一个不可或缺的战略要素, 一方面要对尚未破坏的土地生境及生物多样性加以保护, 另一方面要对已退化的土地及生物多样性要进行恢复与重建。土壤微生物多样性保护一方面

要求进一步提高人们保护生态环境的意识,强化土壤微生物多样性的行政保护、法律保护和经济保护,另一方面要加强基本农田的生态建设与规划,改善现有不合理的耕作与管理制度。同时,加强对土壤稀有动物和天敌生物的保护,禁止肆意捕杀土壤资源生物。在上述过程中,生物多样性的保护技术如退化生境的恢复技术、优化施肥技术、耕作技术、病虫害综合防治技术以及土壤生物群落的构建技术等是至关重要的环节和研究课题。

土壤微生物学是微生物学的一个分支学科。它研究土壤微生物的种类、数量、分布、生命活动规律及其与土壤中的物质和能量转化、土壤肥力、植物生长等的关系。因此,它又是土壤学的一个组成部分,而且与生物化学、农业化学、植物生理学和植物病理学等学科相互渗透的一门学科。

土壤生物学是研究土壤中各类生物的生命现象、相互关系,以及它们和土壤之间的相互关系的科学,是土壤学和之间的一门交叉学科。

土壤是地球外表的疏松部分,其组成常因各种因素(自然的和人为的)的影响而变化,主要由矿物质、水、空气、有机质和生物5部分组成。一般说来,矿物质所占的体积不到土壤体积的1/2,空气和水的体积约占土壤体积的1/2,孔隙和有机质一般占3%~6%。生物所占的体积不到1%,但却是土壤的重要组成成分,是土壤肥力和作物生长必不可少的。

1.1.3 土壤微生物学研究的意义

由于土壤微生物的存在,使土壤能够成为一个活跃的生物体。土壤微生物在土壤中度过它们全部或部分生命历程,并在土壤内部各种成分中发挥着重要作用,这些作用在许多方面影响着人类社会和经济发展。微生物在土壤形成与发育,土壤既能够对肥力以及高等植物生长等方面起到重要作用,同时又以自己的生命活动产物进一步丰富土壤有机成分,与土壤中的矿物质和有机质构成特殊的无机-有机-生物复合体,对生态环境起着天然的过滤和净化作用,成为维系土壤生态系统功能稳定的主导因子。同时,地球陆地表层系统的许多重要过程都发生在土壤之中,微生物不仅是土壤中物质形成与转化的关键动力,也是联系土壤圈、大气圈、岩石圈、水圈和生物圈相互作用的纽带,对全球物质循环和能量流动起着不可替代的作用,被认为是地球元素生物地球化学循环的引擎。事实上,土壤中生活着与人类简况和经济发展相关的几乎所有微生物。但长期以来理论发展与技术手段的限制,人类对土壤微生物资源的认识、发掘、调控和应用远远落后于声明科学的其他领域。

(1) 土壤微生物作用对土壤肥力的形成与演变具有重要意义

土壤生物学性状(土壤微生物种群,群落结构及功能群,微生物量,酶活性)可以反映土壤质量,土壤肥力的演变,并可用作评价土壤健康的生物指标。土壤微生物对肥力形成与演变的作用主要表现在以下方面。①微生物是土壤形成的五大因素之一,在土壤发生与演化过程中发挥着重要作用。②微生物活动前影响土壤物理结构,是团聚体形成的重要驱动因素。土壤微生物的分泌物和分解产物,以及在分解有机质过程中合成结构复杂的产物是土壤矿物和团聚体的“黏合剂”,促进土壤团聚体的形成和物理性状的发育。③微生物是有机质转化与养分元素循环的引擎。土壤中各种来源和形态的有机质最终都必须经

过微生物的分解矿化过程才能重新进入土壤生物地球化学循环。微生物吸收和“临时”保持养分,是植物养分的“有效库”。微生物能够通过分泌有机酸和功能酶的成分直接活化固定态的磷、钾养分。解析土壤微生物参与的土壤肥力演变过程,是深刻理解微生物功能与过程的重要突破口。

(2) 土壤微生物作用对温室气体排放与控制具有重要意义

近 100 年来,全球平均气温平均增加了 0.74°C , 变幅为 $0.56 \sim 0.92^{\circ}\text{C}$, 预计 2100 年,根据温室气体的不同排放情景分析,全球平均气温还将增加 $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$ 。气候变化已经对自然生态系统和社会经济产生显著影响,并将在未来数十年乃至几个世纪继续对农业生产,海平面上升,西北冰川面积减少,春季物候期提前,并可能导致农业生产不稳定性增加,南方地区洪涝灾害加重,北方地区水资源供需矛盾加剧,森林和草原等生态系统退化,生物多样性锐减,台风和风暴频发等问题。中国人口众多,气候条件复杂,生态环境脆弱,适应气候变化将面临巨大挑战。资源供需,人类健康等产生更加深刻的影响。

国际社会已普遍接受 IPCC 第四次评估报告的结论,即有很大可能性,过去 100 年全球平均气温的增加主要是由人类排放温室气体引起的。据估计,目前 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 这三类温室气体的浓度分别比工业革命前增加 35%、148% 和 18%,是引发全球变暖的主要原因。 CH_4 和 N_2O 不仅具有增温效应,还是大气层最重要的化学活性物质,目前 N_2O 已成为破坏平流层臭氧最主要的痕迹气体。大气温室气体的动态变化与土壤生物过程紧密相关。据估计,仅湿地和水稻田产甲烷菌引起的 CH_4 ,排放约占全球总排放量的 $1/3$,而农田施肥相关过程所排放的 N_2O 约占全球总排放量的 75%。

研究温室气体在土壤和生物圈中的发生和消解机制,提高大气层温室气体的动态模拟和预测的准确性,是目前土壤学、地学和全球变化科学面临的重要挑战和前沿方向。

(3) 土壤微生物作用对污染物形态转化于控制具有重要意义

随着工业化和城镇化的快速发展,土壤污染问题日渐突出。污染物进入土壤后经历物理、化学和生物学作用,经过迁移、形态转化和分解等过程,最终影响污染物的生物效应。微生物在污染物的迁移转化过程中起着关键作用。土壤中有些微生物携带一些功能基因(如双加氧酶基因等)其表达的蛋白是降解有机污染物的关键酶。有效调控这些功能基因的表达可以答复到有机污染物的生物降解和污染土壤的生物恢复。有些微生物在长期进化过程中形成了以一些有机污染物为唯一碳源的生理代谢特点,通过降解污染物获得能量进行生长繁殖。微生物还可以通过共代谢(或共氧化)的作用降解有机污染物。微生物也可控制重金属的氧化还原及其相应的形态转化。

1.1.4 土壤微生物学主要进展

21 世纪以来,中国土壤微生物学在研究方法方面取得了跨越式发展,已经形成了土壤微生物数量、组成与功能研究的基本技术体系;在研究内容方面以前所未有的广度和深度拓展、超越了传统细菌、真菌和放线菌的表观认识,围绕土壤生态系统的关键过程,在有机质分解、土壤元素转化与土壤质量保育过程等方面系统研究了土壤微生物的群落结构及其功能,取得了显著的进展;在土壤微生物学理论方面,形成了较为完善的土壤微生物多样性、土壤微生物结构与功能等研究理念,在土壤元素生物地球化学循环的微生物驱动

机制等方面取得了重要进展。

- (1) 土壤氮素转化微生物学机制。
- (2) 土壤温室气体排放的微生物学机制。
- (3) 土壤有机质的周转与肥力演变。
- (4) 根际微生物生态及其调控原理。
- (5) 土壤矿物表面与微生物作用机理。
- (6) 土壤中污染物生物转化的微生物学机制。
- (7) 土壤微生物污染与控制机理。

1.2 土壤微生物与人类的关系

1.2.1 土壤生物的分布及相互关系

土壤中生物是杂居的,种的组成和量的多寡,要受土质、土层、食物、季节、耕作措施等因素所制约。表层土壤中有机质含量较高,空气较充足,食物较丰富,植物根系、土壤动物和微生物也就比较多,生物学活性也比较旺盛;随着土层的加深,生物种类和数量就渐次减少,这是垂直分布规律。土壤生物中绝大部分是异养的,以有机物为生,而有机物是愈近植物根部愈多,所以土壤生物也是愈近根部愈多。较大的土壤动物大多是好气性的,在通气良好、湿度较大、温度适中而近中性的肥沃土壤中数量很多、最活泼。藻类具有叶绿素,是自养的,在有机质缺乏而日光充足的地方数量较多。真菌喜酸,在森林土壤中较多;一般土壤系中性或微碱性,细菌占优势;干燥而贫瘠的土壤中则放线菌较多。土壤生物之间的相互关系,复杂而多样化,包括共生、捕食、寄生、偏害寄生、共栖和互惠共生等。合理地利用土壤生物之间的相互关系,可以很好地为农业生产服务。利用昆虫和地下小动物的病原菌,如病毒、细菌、真菌等生产微生物农药,可以防治地下害虫和田间害兽;利用能产生抗菌素的放线菌、真菌等生产农用抗菌素,能有效地防治作物的多种病害;利用硫化细菌可以氧化硫黄产生硫酸,降低土壤的pH值,以抑制放线菌,防止马铃薯的疮痂病;利用根瘤菌、真菌等生产细菌肥料可以使一些树木和豆科作物的幼苗茁壮成长,提高产量;合理地安排轮作,利用前作作物根际微生物对后作作物根际微生物的拮抗关系,可以减低或防止后作作物的病害(如中国北方有的地区种大蒜之后种白菜,白菜腐烂病就大大减少);将能分解秸秆的纤维素分解菌和固氮菌结合起来施用,前者不断为后者提供不含氮的有机物,后者能固定空气中的氮,又满足了前者的需要,这样既保证了土壤中碳素的转化,又提高了土壤的含氮量,还可以通过它们的代谢产物,促进土壤团粒结构形成,不断提高土壤肥力等。

1.2.2 土壤的肥力与土壤生物的生物学过程

肥沃土壤中,大量有机质的形成和团粒结构的形成是一个生物学过程,所有的土壤生物(动、植物和微生物)都直接或间接参与了这一过程。

土壤生物与土壤的有机质。土壤中的自养细菌与含有叶绿素的藻类和蓝藻，通过光合作用，可以把无机元素和简单化合物转化为有机质，并进一步合成为原生质。异养生物如异养细菌、真菌等都是直接或间接从自养生物取得有机物的，它们分解并吸收自养生物的原生质合成为新的有机物；而在分解过程中所排放的二氧化碳和有机或无机酸又直接作用于矿物质。土壤动物则以微生物或植物为食，死后又为微生物所分解，从而又丰富了土壤的有机质。植物根的生长能改善土壤条件，死后分解也增加了土壤的有机质。影响成土作用的因素很多，而且是相互制约的，这里列举的只是一些生物学因素。

土壤生物与土壤团粒结构的形成。土壤结构和土壤肥力是密切相关的，良好的土壤结构的形成离不开土壤生物的作用。植物根系把土体分成大量的团粒，许多土壤生物，如真菌中的腐殖霉属 (*Humicola*)、长蠕孢属 (*Helminthosporium*) 等均可合成一些有机物质或类似于土壤腐殖质的物质，把微团粒黏结起来；菌体本身的侵入，也可机械地把团粒固结起来。土壤动物如蚯蚓和某些昆虫可以通过吞食消化而把植物的残余有机物与土壤搅拌混合，搬运到土壤下层，这样就为微生物的生长提供了适宜条件，而微生物的作用又使腐殖质形成得更多，更利于土壤团粒的形成；会钻穴的动物不但能改善土壤的通气和透水状况，也便于不会打洞的动物活动，并且由于它们常把枯枝落叶搬进洞内和土壤混合，因而也有加速腐殖质的形成，改善土壤结构和提高肥力的作用。总之，土壤的性质影响着其中的生物群落的组成和活动；而生物群落的组成状况和活动又不断改变着土壤的性质。在一定的条件下，如土壤中有有机质含量在 0.1% ~ 0.2%，气温、水分适宜，又有必要的空气，土壤生物群落就可以发展扩大，活动频繁，使有机质不断分解、合成、增长，团粒结构不断形成，提高土壤肥力，并且形成良性循环。反之，如果长期施用化肥，土壤中有有机质日益减少，土壤生物群落也大大缩小，土壤团粒结构受到破坏或不再形成，就必然降低土壤的肥力并形成一种恶性循环。因此，要保持和提高土壤肥力，就必须在施用化肥的同时，也施用适量的有机肥料。使土壤中的有机质保持在 0.1% ~ 0.2%，给土壤生物的生存和发展提供有利条件。

1.2.3 土壤生物与农业生产

1.2.3.1 微生物在植物生命活动中的作用

(1) 源源不断地供给植物所需要的原料

绿色植物最大的特性就是能将自然界中的无机物转化成有机物，即通过光合作用将 CO_2 和 H_2O 合成糖类等有机物，能将无机态氮和各种的矿质元素转化成其他有机物。而这些无机物的源源不断供应就依赖微生物将大量的有机物分解成无机物和 CO_2 ，归还到土壤和大气中，以供植物用来合成有机物。据估计，地球上的 CO_2 有 90% 是靠微生物的分解作用形成的。

土壤微生物与植物的根系形成一个稳定的动态系统，在这个系统中它们之间相互作用，相互影响。植物的根系为土壤微生物提供养分，土壤微生物反过来也促进了植物根系的发育，从而促进了植物的生长。

(2) 提高土壤肥力，增加粮食产量

土壤是植物生长发育的基地，它最根本的特征是具有肥力，即具有能够提供植物生长

发育需要的水分养分和空气。因此,植物生长良好与否直接依赖于土壤肥力,而土壤肥力的发展又依赖于其中的微生物活动具体表现如下:①固氮微生物可把大气中的氮转化为氮素化合物,供植物吸收;②土壤中的各种植物残体及排泄物,通过土壤微生物的作用,分解和转化,形成腐殖质把分散的土壤颗粒黏结成稳固的团粒结构,从而改善了土壤的水、肥、气等条件,提高土壤肥力;③土壤中某些处于有机或无机状态的养分,通过土壤中多种微生物的分解,使之成为植物所利用的状态。如磷细菌能分解含磷的有机物成为植物易于吸收的磷酸盐;硅细菌能分解土壤里的硅酸盐,分离出植物可吸收的钾现在人们制成微生物肥料,施到地里,能提高土壤肥力,可增加粮食产量。

1.2.3.2 微生物在动物生命活动中的作用

(1) 提高动物摄取营养物质吸收利用率

动物区别于植物的显著特点之一,就是动物本身不能直接将环境中的无机物转化成为有机物。因此,动物只有直接或间接地摄取现成的有机物,作为自身的营养物质。而微生物能提高动物摄取营养物质的吸收利用率。例如植食性动物,它们所摄取的营养物质中含有极高的纤维素,不易被消化利用。因此人们利用细菌饲料或发酵饲料方法,其目的是利用微生物所具有的分解多糖物质的各种酶,进行直接的分解和降解有机废弃物的主要成分——纤维素、半纤维素、木质素、果胶质等。据试验分析:经培养蘑菇后的稻草、麦秆,粗蛋白含量增加2~3倍,粗脂肪提高2~5倍,而畜禽难以吸收利用的纤维素降低了20%~50%,木质素降低20%~30%。

(2) 增加了动物的生产效益

据报道:用稻草加入牛粪发酵制成蘑菇培养料,除产出大量鲜菇外,将收菇后的培养料用来喂猪,其营养价值相当于2号米糠。还有饲料中加入5%饲料酵母,对猪增重提高15%~20%,对鸡可提高产蛋率20%~30%,对奶牛每吨饲料可增产牛奶6~7吨。

土壤生物对农业生产既有有害的一面,也有有利的一面,通常情况下后者是主要的。

土壤中隐藏着各种病原菌,可以引起许多动、植物病害。引起棉花根部腐烂的是真菌,多主瘤梗孢菌(*Phymatotrichum omnivorum*)和蛇孢腔菌(*Ophiobolus graminis*),菌丝从土壤侵至根部,随后其他生物接踵而来,常常导致绝产。一些地下害虫和小动物,常常咬断植物的根,使作物严重减产。有些土壤生物和农作物竞争氮、磷、钾,或者降低作物根部氮的浓度,或把硝酸铵、硫酸铵等易被作物吸收的养料,还原成不能被植物吸收、利用,甚至有害的物质,造成不利于生长的环境条件而使农作物减产。有些土壤生物能产生磷化氢、类臭素等毒素,使作物中毒等。

土壤有机质一般都不少,但植物不能直接利用,必须通过多种生物的转化,有机质分解,产生无机态氮、磷、钾、硫等离子才能供植物吸收利用;另一方面,当土壤中无机盐类过多时,某些土壤生物又可把它们转化成有机质,暂时储存起来。此外,根瘤菌和某些蓝藻还能提高土壤中氮的含量,这不仅对豆科作物有利,还可促进后作物的生长,硫化细菌等的活动能产生各种无机酸和有机酸,可以提高土壤中不溶性盐类的溶解度,帮助作物取得可溶性养料;有的土壤生物可以产生植物生长刺激素和抗菌素,既促进了作物的生长,又提高了作物的抗病能力。

植物是土壤生物特别是土壤微生物的食物制造者,通过植物根群的分泌物,可招来大量

的微生物,且愈近根部愈多。作物不同,根群分泌物的质和量也不同,招引来的微生物的种类和数目也不一样,不同生长时期的植物,根群分泌物也有差异,其根际微生物的组成和数量也不会相同。植物还可分泌生长刺激物质和抗菌物质,直接抑制某些土壤生物的生长;也可以通过改变土壤的 pH 值改变某些无机养料的溶解度从而间接影响到土壤生物的活动。

作物、土壤和土壤生物三者之间,关系异常密切,它们互相制约、互相影响,其中一个环节发生了变化,其他环节也随之变化,但在一定条件下它们又可趋于平衡。运用土壤生物学的知识,正确地掌握三者之间的关系,合理地安排农业技术措施,就可以长期保持和提高土壤肥力,使农业不断增产。

1.2.4 土壤生物与环境保护——微生物在人类生命活动中的作用

农业上为了提高产量,施用化学农药以防治害虫、杂草、病原菌等,同时也带来了污染土壤的问题。农药用量愈来愈大,污染土壤的范围也愈来愈广,农药在环境中的动向愈来愈受到人们的注意,因为化学农药大多是没有选择性的,既可杀死有害的对象,也可消灭有益的生物,从而破坏了生态平衡。化学农药有的易于分解,在土壤中保留的时间不长;有的则难于分解,半衰期很长,残毒问题很严重。残毒留于土壤中,会危害作物、牲畜和人类,作物吸入农药后储存于体内,牲畜吃了即转移到身体各部和乳汁中,人吃了这种乳肉,就会危害健康,甚至通过生殖遗传影响到子孙后代。但一般说来,农药在土壤中迟早是要被土壤生物分解的;而农药的被分解,又受土壤类型、耕作措施、作物类型以及微生物的种类和数量所制约。熟悉土壤生物学一般规律,采取相应措施,可以加速农药的分解,有助于防止土壤污染。运用土壤生物学知识,逐步用生物防治法代替化学农药,如用苏云金杆菌防治松毛虫,用多角体病毒防治棉铃虫、菜尺蠖,用细菌肥料代替化肥等,乃是从根本上防治土壤污染的战略措施。

(1) 净化人类生存的基地

环境的好坏也就直接影响人类的生命活动。当今随着工业的迅速发展、人口高度的密集,将污水、污物注入水体,造成环境严重的污染,直接危害人类的身体健康,乃至生命。为了保护环境,除去环境中对人类有害的物质,现在采取了微生物的处理办法:即利用微生物将含碳有机污物分解成 CO_2 、 H_2S 等气体;将含氮有机污物分解成氨、硝酸、亚硝酸等;将汞、砷对人类有毒的重金属在水体中得到转化,达到污水净化目的。

(2) 提供人类生存的物质

人类要生存,必须有最起码的衣、食、住行等物质的提供。这些物质的提供离不开生物,即动植物。随着人类生活水平的不断提高,需求的物质就更加丰富。而微生物学的不断发展和研究,提供了大量而丰富的物质资源。例如,应用于酿造工业、发酵工业的酒精酵母菌、啤酒酵母菌、葡萄糖酵母菌等,生产出大批的工业酒精、葡萄酒、啤酒,既发展了工业,又丰富了人类的物质需求;应用于医药工业的多种抗菌素,生产出了各种菌苗、疫苗以及抗菌素等,丰富了治病的药品,提高了治病的效益,保障人类的身体健康;为了解决能源在农村中的不足,充分利用微生物的分解作用,利用畜禽粪便以及用过的培养饲料生产沼气,解决人类的照明、做饭和生产等方面的问题,提高了生物能的回收和利用效率。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com