

土壤生物多样性的研究内容及持续利用展望*

章家恩

(华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

摘要 土壤生物多样性是一个被忽视的研究领域,在该领域急需开展如下研究(1)土壤生物多样性本底调查研究(2)土壤生物多样性的功能与生理生态学过程研究(3)土壤生物多样性的丧失机制与恢复研究(4)土壤生物多样性的保护及其开发利用研究。同时,要适度地持续开发利用土壤资源生物(包括食用与药用土壤生物、天敌生物、根际微生物、微生物肥料及环境净化与指示生物),这些领域都具有广阔的应用前景。

关键词 土壤生物多样性,保护,持续利用,资源生物

The scope and content of study on soil biodiversity and its sustainable exploitation/ZHANG Jia-En

Abstract Soil biodiversity is an ignored study field, a lot of researches should be conducted urgently, which include (1) field investigation of soil biodiversity (the types, composition, distribution and data base of soil organisms); (2) study on functions and physio-ecological processes; (3) the loss mechanism and restoration of soil biodiversity; (4) study on the conservation and exploitation of soil biodiversity. Moreover, promising for it is utilization sustainable of the resource of living organisms in soils including edible animals, natural enemy organisms, rhizosphere microbes, biofertilizers and indicator organisms for environment pollution.

Key words soil biodiversity, conservation, sustainable exploitation, resource organisms

Author's address Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642

土壤中生活着丰富的生物类群,是一个重要的地下生物宝库。土壤生物在自然生态系统中扮演着消费者和分解者的角色,对全球物质循环和能量流动起着不可替代的作用。土壤生物在土壤形成、发育、土壤结构和肥力保持以及高等植物生长方面也起着重要的作用。同时,土壤微生物对环境起着天然的“过滤”和“净化”作用。然而,由于人类活动的强烈干扰,生境的不断丧失,土壤生物多样性已日趋减少,土壤生物的减少又加剧着土地的退化。由于土壤生物与地上动植物息息相关,只有将对二者的保护结合起来,才能实现完整的全球意义上的生物多样性保护。

1 土壤生物多样性的国内外研究概况

生物多样性及其保护已成为国内外关注和研究的热点问题之一。近年来,生物多样性的研究通常多集中在陆地和地上动植物方面,土壤生物多样性则是一个被忽视的领域。土壤生物多样性研究是当今国内外生物多样性研究的一个薄弱环节。1991年由国际生物科学联合会(IUBS)、环境问题科学委员会(SCOPE)及联合国教科文组织(UNESCO)共同发起了国际生物多样性合作研究计划“DIVERSITAS”,1995年推出了该计划的下一步方案(The Next Phase),在该方案中,才把土壤和沉积物的生物多样性作为一个重要的研究领域^[1]。1993年在美国密执安大学召开了题为“土壤生物多样性的意义与调节”的国际学术研讨会,主要涉及

以下三个方面的内容 (1)生物多样性与生态系统过程 (2)微生物种群动态 (3)土壤动物关系。从研究数量和水平来看,有关土壤微生物多样性的研究较多,研究水平相对较高;在土壤动物的研究方面,大多集中在单一动物类群的研究上;目前土壤生物多样性研究多停留在定性描述或半定量的水平上,而缺乏定量的和机理性的研究。在土壤生物多样性与环境相互作用方面,多集中在污染物质(如重金属、农药等)对土壤生物的影响上,有关土壤生物多样性与地上植物间的相互作用关系、土壤生物多样性的丧失机制,以及土壤生物多样性与土地恢复及管理方面则较少研究和报道。同时,目前对地球上土壤生物资源尚缺乏系统的基础调查资料,缺乏不同利用方式下不同土壤的生物区系组成、种类、数量、分布等基础性研究工作,这是当前土壤生物多样性研究急需解决的问题。

在我国,1987年由中国科学院上海昆虫研究所组织国内有关单位和专家,开展了中国亚热带森林土壤动物区系的调查,经过多年的研究取得了一些初步的结果^[2]。中国科学院等有关单位对我国主要土类的微生物数量及组成进行了初步研究。然而,我国土壤生物研究多集中在对土壤的某一类生物物种(如蚯蚓或某一类微生物)的研究上,而且大多将土壤微生物和土壤动物割裂和孤立开来,而较少地从生物多样性的角度对土壤生态系统的生物进行综合研究,对土壤生物之间及其与环境之间的相互作用关系以及生态学过程的研究甚少,对土壤生物多样性的丧失机制及其恢复的研究和报道更是凤毛麟角。鉴此,笔者等人曾多次撰文呼吁大力加强和开展土壤生物多样性研究。

2 土壤生物多样性的研究内容与框架

土壤生物由土壤微生物、土壤动物和土壤低等植物三大部分组成。土壤微生物包括细菌(germ)、放线菌(actinomyces)、真菌(fungus)。土壤动物可概分为原生动物门(Protozoa)、扁形动物门(Platyhelminthes)、线形动物门(Nemathelminthes)、软体动物门(Mollusca)、缓步动物门(Tardigroda)、环节动物门(Annelida)、节肢动物门(Arthropoda)和脊椎动物门(Vertebreta)几大类群^[3]。土壤低等植物主要包括藻类(alga)、地衣(lichen)和苔藓(moss)几大类。广义的土壤生物还可包括土壤中的一些活性有机体,包括植物根系、块茎、种子、卵、蛹及越冬动物^[4](图1)。

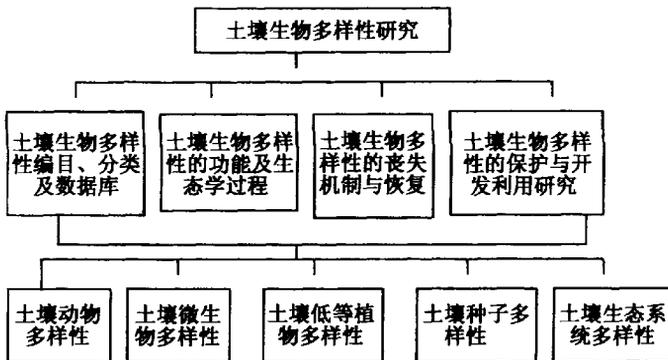


图 1 土壤生物类群

Fig. 1 Classification of soil organisms

土壤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(1)土壤生物多样性本底调查研究;(2)生物多样性的功能与生理生态学过程研究(3)土壤生物多样性的丧失机制与恢复研究;(4)土壤生物多样性的保护及其开发利用研究。

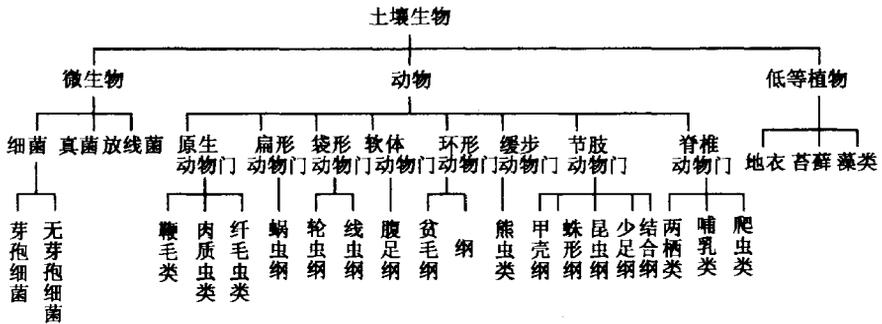


图2 土壤生物多样性的研究内容与框架

Fig. 2 The content and scope of studies on soil biodiversity

2.1 土壤生物多样性的本底调查研究

土壤生物多样性的本底调查是一项十分基础的研究工作,它主要包括土壤生物编目、分类及数据库的建立等内容,其中土壤微生物、土壤动物、土壤低等植物的区系组成、类型、结构、优势种群及土壤种子库组成等是土壤生物多样性本底调查的重要项目。目前,国内外对全球不同土壤及其利用方式下土壤生物的种类、数量及其分布缺乏系统研究和基础数据,虽然有不少学者对全球土壤生物的种类及数目进行了初步估计,但差异较大,尚无定论,而且多属面上估算,缺乏点上的细致调查工作。因此,加强摸清土壤生物“家底”的工作是十分必要和急迫的任务,这将为土壤生物多样性的深入研究提供极其重要的基础信息,同时可为土壤生物多样性的保护提供重要依据。

2.2 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(1)土壤生物多样性对土壤肥力的形成与维持机制研究,包括土壤生物对土壤有机质的分解与合成、土壤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(2)土壤生物多样性的环境功能研究,包括土壤生物对污染物质的降解与净化作用、土壤生物多样性的变化而导致温室气体释放速率的变异及对全球变化的影响机制等;(3)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它种群的相应变化,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。

2.3 土壤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劣化与破坏,土壤生物多样性锐减或丧失,因而土壤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)对土壤生物多样性的影响;自然灾害(如水灾、火灾、地震)对土壤生物多样性的影响;某一土壤生物的过度利用对土壤生物多样性影响;土壤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。

2.4 土壤生物多样性的保护研究

上已述及,土壤生物对土壤形成、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,如何保护土壤生物多样性是一个不可缺少的战略要素,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。土壤生物多样性保护一方面要求进一步提高人们的生态环境意识,强化土壤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。同时,加强对土壤珍稀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。

3 土壤资源生物的持续利用展望

土壤中生活着丰富的生物类群,它们对土壤的形成、发育及自然生态系统的演化起着不可缺少的作用。而且,大多数土壤生物又是一种宝贵的资源,因此在保护土壤生物多样性的同时,加强对土壤生物的合理地持续利用与适度开发是十分必要的。一方面,对一些资源生物(包括食用与药用土壤生物、天敌生物、根际微生物、环境指示生物等)加以保护,并可进行生产开发,充分利用其经济与生态价值。另一方面,对一些有害的地下生物害虫和细菌病毒可根据土壤生物的颞抗关系运用生物防治等措施进行有效控制。

3.1 食用与药用土壤生物的开发利用

土壤中许多生物具有食用与药用价值,其中泥鳅、鳝鱼及一些菌类等早已作为美膳进入了人类的食谱,蜈蚣、蚂蚁等早已作为药用与滋补物品为人类所利用。随着人类生活水平的提高,人们对这些食用与药用生物的需求将日益增加。因此,加强对该类生物的研究、培育与养殖以及规模生产将具有较为广阔的应用前景。然而,目前人类对大多数土壤生物的功效尚未完全搞清,因此,加强对土壤生物的生活习性、生理特点及生态分布的研究,必将有助于扩大人类对土壤生物利用范围,充分发挥该类资源生物的潜在价值。

3.2 土壤天敌生物的利用

土壤地下害虫是农业生产的重要威胁因素。地下害虫种类众多,而且时空变异较大,分布广,取食时间长,隐蔽性强。在我国从五十年代到八十年代,地下害虫曾多次暴发成灾^[5]。目前对一些地下害虫多采用化学防治、农业防治等措施,其中农药、杀虫剂是主要手段。农药和杀虫剂的大量使用不仅会造成严重的环境污染,而且可同时杀死害虫和有益生物。另外,杀虫剂的长期使用,可使某些地下害虫产生新的抗性而再度暴发。因此,可以根据土壤生物之间的相生相克关系来对地下害虫的进行有效控制。例如,我们可以引用与开发某一类害虫的天敌资源,使其定居、建群,扩大其自然控制范围,促使在一定区域内形成天敌种群优势,达到控制害虫的相对生态平衡状态。又如,我们可以利用昆虫病原生物调节昆虫种群密度成为可能,即人为地在土壤昆虫之间引入昆虫致病病原,在合适的条件下引起某种疾病流行,抑制或降低某些有害生物数量,以达到控制害虫的目的。

3.3 根际微生物的利用

根际环境以及根-土-微生物的相互作用关系自本世纪 70 年代已受到国际学术界的重视。80 年代已发展成为土壤学的研究热点问题之一。根际是土壤微生物的特殊生境。根际微生物的生长密度远高于根际外,细菌可达 10^9 个/g 土。一般来说,根际微生物的适度生长可加快根际土壤有效养分的转化与储存,刺激植物根系对养分的吸收。而且,植物的许多土传

病害、根际的酸度和氧化还原状况,以及根际分泌物的类型,都可通过改变根际微生物种群及数量来达到控制并防治的目的。近些年来,我国在根际微生物的区系组成、根际效应、根际微生物与氮素转化、根际酶活性、土传植物病原菌等方面进行的大量研究,对菌根菌的资源调查、分类、生理、生化以及分子遗传学的研究,都取得了初步进展,外生菌根纯培基本得到解决^[6]。

3.4 微生物肥料的开发利用

所谓微生物肥料,是指以微生物生命活动使农作物得到特定的肥料效应的制品。微生物肥料除了为作物提供营养元素外,其中的微生物在生命活动中的代谢产物对于刺激和调控作物生长、改变作物营养,提高作物品质等方面都有十分良好的作用。有的微生物还能分泌抗生素、杀虫素,因此,其制剂有降低或防止某些病(虫)害的作用,加上微生物肥料生产成本低、耗能小、不污染环境等优点,愈来愈受到重视。目前,国际上一些发达国家如美国、英国、日本、法国、加拿大、德国等,发展中国家如印度、泰国、菲律宾、布隆迪等至少有70多个国家在研究、生产和应用微生物肥料,许多国家形成了微生物肥料产业。联合国粮农组织(FAO)近几年已在14个国家推广微生物肥料的生产应用^[7]。

我国微生物肥料从50年代逐步开始,几起几落,近10年来,又重新得到重视。据不完全统计,目前约有100多个企业,年产量为 $10 \times 10^4 \sim 40 \times 10^4 \text{ t}$ ^[7]。主要种类包括固氮菌肥、根瘤菌肥、磷细菌肥、钾细菌肥、复合微生物肥料等。与化肥、有机肥相比,微生物肥料在许多不可比拟的优点,微生物的使用对土壤肥力的维持、环境保护与土壤生态系统平衡等具有十分重要的作用,并有益于人类的生存与健康。

3.5 土壤生物在环境保护中的利用

生物在自然界化学物质的降解过程中起着极其重要的作用。生物特别是微生物可通过自身的各种代谢活动,发生氧化还原、脱羧基、加水分解、脱水、酶化等种种反应来分解各种有机物,即所谓的生物降解(biodegradation)。土壤微生物已广泛应用于废水、城市垃圾、工业废弃物、污泥等污染物的控制、处理与净化。在污水处理过程中,微生物作为活性污泥和生物膜的主要成分而起着重要的作用。

土壤生物的环境监测作用就是利用土壤生物对环境污染所发生的各种信息,作为判断指示环境污染状况的一种手段。长期生活在土壤中各种生物,不仅可反映多种因子污染的综合效应,而且能反映环境污染的历史状况。同时,生物监测可以弥补物理、化学分析测试的不足,对于了解污染的性质、分析污染的程度、影响和发展趋势,以及对于环境质量的评价和防治对策的制定等方面都具有十分重要的意义。

参 考 文 献

- 1 赵士洞,郝占庆.从“DIVERSITAS计划新方案”看生物多样性研究的发展趋势.生物多样性,1996,4(3):125~129
- 2 尹文英等著.中国热带亚热带土壤动物.北京:科学出版社,1992
- 3 忻介六编著.土壤动物知识.北京:科学出版社,1986
- 4 章家恩,徐琪.论土壤生物多样性的保护.土壤,1995,27(4):169~172
- 5 魏鸿钧,张治良,王荫长编著.中国地下害虫.上海:上海科学技术出版社,1989
- 6 国家自然科学基金委员会.土壤学.北京:科学出版社,1994
- 7 中国科学技术协会学会部编.中国2000年发展问题探讨.北京:中国农业科技出版社,1996,751~763