

开展土壤动物学的研究

张 荣 祖

(中国科学院地理研究所所长白山森林生态系统工作站)

一、

土壤中动物的种类和数量都是惊人的,从原生动动物到脊椎动物除典型的海洋动物,大多数的门纲,在土壤中均有其代表。有一些类群,种的分化极为丰富,如蜚蠊和线虫。昆虫的种超过百万,与土壤接触的种类占 95—98% (Buckle 1923)。全部多足纲和陆生寡毛类都生活于土壤。所有陆地生态系统(森林、草原、荒漠、农地)中的无脊椎动物大多数生活在土壤里或生命发育周期中的某些时期要在土壤中渡过 (Ghilarov 1976)。用简单改良的“Tullgren 干漏斗”采集,在一平方米土壤内采到的小型节肢动物,少则几千,多则以万计。用简单的“Baermann 湿漏斗”可以在一平方米中发现上百万条土壤线虫。根据欧洲和美国 60 年代资料估算,土壤动物的生物量大约是全球 30 亿人类的 20 倍。换言之,在陆地生态系统中按生物量来说,占首位的不是系统发育最高的脊椎动物,也不是征服了地球的人类,而是生活在土壤中的动物 (Balogh 1970)。

早在一百多年前自达尔文对蚯蚓研究以来,土壤动物对土壤的作用(保证土壤生命活动所必需的结构,维持和提高肥力等)早为大家所公认。近二十多年来的工作,进一步证明,土壤动物与微生物的相互配合对植物凋落物的分解有十分重要的作用。如植食性土壤动物(许多昆虫幼虫等)耗食植物残体;腐食性土壤动物(蚯蚓、蜚蠊、弹尾等)取食由细菌与真菌作用过的植物残体,它们均以消化酶和肠道寄生微生物的作用将植物残体中的结构多糖、纤维素等转换成盐类和易被植物吸收同化的矿物质,排

出体外。土壤动物的耗食还增大植物残体的氧化面,为微生物分解活动创造了条件。它们的排泄物促进了微生物和繁殖。土壤动物的活动还有利于微生物的扩散。在此相互作用的过程中,植物残体分解物的碳、氮比逐渐有利于复杂腐殖质的形成,显著地影响土壤理化平衡。同时假如单由大量繁殖的微生物进行分解作用,土壤中矿物养分的淋失过程进行得很快。而土壤动物参与分解活动后则可使矿物养分的淋失在整个植物生长季内缓和地释放,有利于植物对矿物养分的吸收。这种生物调节过程在生态系统中具有功能性的作用 (Reichel 1976)。

土壤动物在生态系统物质与能量中转换的作用,近二十年来愈来愈为土壤学、动物学和生态学家所重视,土壤动物学有了很大的发展。

二、

土壤动物学研究,包括以下几个主要方面:

(一) 土壤动物分类学研究 对土壤动物分类的研究已有上百年的历史。但至今仍没有完整的研究成果,尚无专门为土壤动物而编制的分类鉴定工具书。虽然多次呼吁,在土壤动物专著中,只有能查到纲、目或亚目的检索表。土壤动物学家在分类学方面的知识不足。编制详细的检索表需要以分类学家为主。在欧洲由于动物分类学的基础厚,土壤动物学工作者遇到的困难比较容易解决。但对原生动物、线虫和蜚蠊等类群仍有许多困难。土壤线虫种类是惊人的,而从事分类工作的人很少,过去工作主要在农业方面。在欧洲、北美,弹尾目可鉴定到种,蜚蠊目有些只能鉴定到科、属,其他门类参

差不一。在热带,往往只鉴定到纲、目(分类水平相当于林耐以后的欧洲鸟类分类学)。还有一个突出的问题,土壤动物研究中常遇到幼体,它们在数量上和生态上的重要性,往往超过成体,而幼虫的鉴定困难更大。与土壤动物关系非常密切的某些土壤微生物,由于不形成孢芽无法鉴定,只标以数学。虽然土壤生物学工作不能等待分类学的研究,但分类问题迫切需要解决。所以,争取更多的分类学家参加土壤动物的研究,是土壤动物学进展中的一个趋势。

(二) 种类分布、数量统计的研究 属于动物区系地理学范畴。大量的工作是对各种土壤植被类型中土壤动物进行对比研究,目的(除作为基础学科研究和累积基本资料)在了解优势种类。因为土壤动物学家人数极少,而需要解决的问题是大量的,并且十分紧迫。因而要将力量集中于研究主要的对象。通过种类分布和数量统计的调查,可编制出最迫切研究对象的名单,包括农业指示种,安排优先课题。这类工作在土壤动物学中占很大的比重,特别在基础薄弱的地区,即使在有基础的地区由于环境因素的改变,影响种类和数量的变动仍有需要。目前关于分布,数量与环境关系的研究仍停留于区系——种群描述分析的水平上,主要的障碍是土壤动物分布的不均匀性(或称异质分布)及季节性波动,需要大量重复取样。同时,分布与数量现象的深入揭发则有待于个体生态学的研究。

(三) 个体生态学研究 目前有许多土壤动物甚至优势种类的个体生态学的基础知识仍不足,没有这方面的研究对于它们在土壤生态系统中的作用便无法正确了解。这方面的工作主要是在实验室或半自然状况下培养土壤动物对其食性、食量、呼吸、同化、分解、适应能力、生活史、种群变动以及行为学等进行研究。需要利用或创造适合于不同对象的各种观察、度量、分析(食性、食量、体重、呼吸及有关物质的化学元素等)的方法与仪器。培养动物进行实验不可能排除微生物,故此工作往往与下一工作相结合。

(四) 土壤动物与土壤微生物相互关系的

研究 在自然条件下两者之间存在的各种关系和种群演替十分复杂。两者的联合作用完全不可能分开。目前只对少数种的食物关系有比较确切的了解,要编制一个简单的食物链都十分困难。研究只能限于最优势的种。主要是在实验室培养研究对象或在野外布置实验环境与室内分析相结合。研究得最多的是蚯蚓、线虫、弹尾、蝉蟊等与土壤微生物的关系。工作十分细致,甚至包括肠寄生细菌的分离,以了解其对有机物分解的作用等。

(五) 土壤动物在生态系统物质与能流中作用的研究 这方面的研究过去比较零碎,大多以单种或某些类群为对象,在室内或野外布置实验,如应用尼龙网袋隔离或其他方法包括示踪原子测定,并结合土壤呼吸测定、分解物化学分析等,了解他们对凋落物分解的作用。野外布置的实验往往难以确定种间的复杂关系。室内研究的结果,应用到野外进行估算时,因为对动物在自然界的习性知识仍很有限,存在不少问题。关于营养水平,代谢强度和矿化效能间关系的研究,也存在不少方法与理论上的问题,最多只能得到近似值。但这方面的研究已揭发了许多很有用的知识。因为涉及的方面很多,近年来土壤动物学积极参加综合性的研究,与气候、土壤、化学、物理、植物、动物、微生物等学科共同在同一地点开展工作。土壤动物种类高度分化但食性惊人相似,是一个长期来令人迷惑的矛盾现象,对营养关系的研究带来困难。这一问题的解决涉及消化酶作用的差别与食性进一步的细分;复杂的三态多相土壤环境条件的细分;种间产卵地的竞争;掠食者对减轻种间竞争的作用等等。这类研究对了解土壤动物在群落分解和矿化过程中的作用是非常重要的前提。

(六) 根圈土壤动物研究 植物根的重要性质众所周知。进入土壤的有机物质,有 $1/2$ — $2/3$ 来自死根。根圈系统物质与能量的转换是强烈的。它所产生的作用称为根圈效应(rhizosphere-effect),影响土壤的性能、土壤微生物和土壤动物的繁殖和植物的生长。研究根圈效应,

三、

涉及根(及根茎)、根食者、根寄生者、根圈腐食者的相互关系;根细胞脱落和根分泌物对土壤微生物和土壤动物的影响;根圈生物群落动态及能量代谢等方面。土壤动物是其中重要的环节之一。植物地下部分的研究一向存在方法上困难。对根圈土壤动物的研究目前主要利用已有的方法,定期取样进行室内分析,亦有模拟根圈小环境进行研究。这是土壤生态学和土壤动物学中一个刚开拓的领域,努力方向是应用新技术不同程度地直接对根圈环境进行观察。

(七) 土壤动物对土壤形成的研究 着重研究土壤动物活动及其产物(包括洞道、排泄物等)对土壤结构、化学组成和腐殖质团聚体形成的作用,常应用土壤薄片,电镜和电子探针等手段。

(八) 生态系统模拟模式研究 建立单种或某一类群的生态系统模式要求对研究对象,与其相联系的各种关系及可能的变化均有明确的概念和完整的数据。目前能达到这一要求的种类极少(如蚯蚓)。对模式的建立,动物学工作者缺乏数学的训练,是一个障碍,故多与数学工作者合作。

(九) 应用研究 现代化农业过程的迅速发展及集约农业引起土壤生物环境的剧烈改变,如杀虫剂的应用不分青红皂白地毒杀所有的土壤动物,破坏原来有利的平衡。土壤结构的破坏可能使寄生真菌相趋趋势发展,导致灾害。如何利用耕作措施控制有害种类利用或引进有益种类维持土壤生态系统中的有利平衡是土壤动物应用研究的重要内容。在集约农业中得以生存的种,其生态价高,生物量大,对环境变化反应灵敏,是生物学指示种,而且对物质与能的转换能力强,应作为研究的重点。此外工业污染对土壤动物影响,以及污染指示动物等问题也是重要的课题。Butcher 等(1970)对弹尾目的 *Folsomia canida* 能分解 DDT,形成代谢产物 DDE、DDD,随后即可很快消失的研究成果,引起重视,认为打开了一个诱人的新领域——土壤无脊椎对杀虫剂生物降解作用 (biodegradation)。

土壤动物工作在我国几乎是空白,要求既从基础性研究做起而又要尽快地参与在现代农业现代化进程中进一步提高土壤肥力和森林草场自然生产力等重要的实践和理论问题的研究。在最近期间可逐步地开展以下几方面的工作。

(一) 基础性工作 土壤动物区系——地理资料的积累,将是一个长期性的工作,应充分与动物分类学工作者合作,在此基础上确定各土类中的优势种、指示种,应特别注意人为活动对土壤动物区系组成的影响。

(二) 森林、草场、农地生态系统优势种个体生态学研究 在区系——地理调查的基础上。从蚯蚓、原生动物、弹尾、蝉蟊、线虫、姬蚯蚓中选择优势种、指示种进行研究。蚯蚓分类学基础较好,原生动物多广布性特点,可较多地借助国外分类学基础,而且都是重要类群可以优先进行研究。指示种研究可较快地为生态系统在人为影响下变迁的性质提出依据,实践意义较大。

(三) 根圈土壤动物研究 争取与有关方面(土壤、土壤微生物与根系研究合作,开展作物和营造树种根圈效应的研究。首先,可着重根圈土壤动物与其他生物与非生物(包括杀虫剂及肥料)要素间关系的研究。在技术和基础性工作不足时可先进行基础性及个体生态学研究。应在生态系统定位站开展根圈生态系统研究,了解自然生产力,为改善营造林及作物根圈效应提供依据。

(四) 积极在定位站建立实验室和野外实验场,系统累积标本和资料,开展国际交流,交换标本。

参 考 文 献

- [1] Balogh, J. 1970. Biogeographical aspects of soil ecology. *Methods of study in soil ecology* (Editor J. Phillipson) 33—38.
- [2] Buckle, P. 1923. On the ecology of soil insects on agricultural land. *J. Ecol.* 11: 93—103.
- [3] Bugres, A. & F. Raw (Editors) 1976, *Soil Biology*. 1—532.

- [4] Butcher, J. W. & R. M. Snider, J. L. Aucamp 1970. Investigations on biology of selected microarthropods and their role in DDT degradation. *Organismes du sol et production primaire*. 207—218.
- [5] Doeksen, J. & J. V. D. Drift (Editors) 1963. *Soil organisms*. 1—453.
- [6] Ghilarov, M. S. 1977. Why so many species and so many individuals can coexist in the soil. *Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull.* 25:593—597.
- [7] Graff, O. & J. E. Satchell 1967. (Editors) *Progress in soil*. 1—656.
- [8] Keven, D. K. McE (Editor) 1955. *Soil Zoology* 1—512.
- [9] Keven, D. K. McE 1962. *Soil animal*. 1—244.
- [10] Kühnelt, W. 1976. *Soil Biology* 1—483.
- [11] Lohm, U & T. Persson (Editors) 1977. *Soil organisms as components of Ecosystems. Ecol. Bull.* 25:1—614.
- [12] Muller, G., 1965. *Bodenbiologie*. 1—889.
- [13] Murphy, P. W. (Editor) 1962. *Progress in soil zoology*. 1—398.
- [14] *Organismes du sol et production primaire (1970)* 1—590.
- [15] *Pedobiologia (国际性土壤生物学杂志) 1960—1979.*
- [16] Phillipson, J. (Editor) 1970. *Methods of study in soil ecology*. 1—303.
- [17] Vanek, J. (Editor) 1975. *Progress in soil zoology*. 1—630.
- [18] 达尔文 1915。植物土壤与蚯蚓(舒贻上译) 1—144。
- [19] 青木淳一 1973。土壤动物学, 1—814。