

土壤动物的作用*

崔振东

(中国科学院地理研究所)

早在一百多年前,达尔文(Darwin, C. R., 1837)在《关于土壤的形成》的论文中,就阐述过蚯蚓对土壤形成的重要作用,而后,又发表了《植物土壤与蚯蚓》的专著(1881),自此土壤动物学作为新兴的研究领域引起了世界有关科学家的关注。随着生产和科学研究的不断发展,人们越来越认识到,土壤动物在人类赖以生存的土壤中,无论对土壤形成的过程,还是对物质循环和能量转换的过程,以及对一些有毒物质的生物降解作用都具有重大意义。

一九〇五年意大利昆虫学家贝莱斯(Berlese, A.)发明了第一个土壤动物采集工具,后经瑞典动物学家图格伦(Tullgren, A., 1917)的改良,被广泛应用。由于对土壤动物研究的日益深入,到目前为止,已基本清楚了栖息于土壤中的动物类群及其数量。这些动物不是单纯的栖息土壤中,为了生存必须进行种种活动,所以给土壤带来极其重要的影响。土壤中生命活动所必需的结构,维持和提高肥力等,如无土壤动物和微生物的作用,那是不可想象的。

图1为土壤动物作用的简单归纳。由此可见,土壤动物的作用可大体分为两部分,一是粉碎或分解土壤与地表凋落物层中的动植物残体,其次是由于在土壤中的摄食、运动等,起到对土壤耕耘和混合搅拌有机物质与矿物质的作用。这两种作用使土壤理化性质发生了许多变化,并对植物生长有着很大的影响,同时也关系到土壤动物与微生物类群的变化。麦克福戴恩(Macfadyen, A., 1961)认为土壤动物的作用应为机械的和化学的二类。动物的机械粉碎作用是相当重要的,肥沃土壤是大部分植物残体一度通过动物消化道的产物。至于化学方面的作

用,除动物的代谢产物被直接利用外,还具有进一步催化的能力。

地表面每年都落有以枯枝叶为主(包括落花、落果及剥离的树皮等)的大量植物残体,此外,土壤中还有许多枯根。这些植物残体还未完全枯落时,就受到某些生物的分解或粉碎。当落到地面时,受动物与微生物的共同作用,很快腐烂和分解。受微生物某种程度腐蚀的植物残体,远比那些完全没受到影响的新鲜植物残体更易被动物粉碎,相反,受到动物一定程度粉碎的植物残体,也易被微生物分解。参与植物残体粉碎过程的土壤动物种类及作用顺序、粉碎的速度等,往往根据时间、地点、气候、土壤等条件以及植物残体的形状与种类的不同而不同。例如,蚯蚓在温带地区的作用是相当重要的,而到了亚寒带针叶林,蚯蚓起主要作用的地位由蚯蚓、弹尾(跳虫)、蜚蠊等小型土壤动物所取代;在暖温带除蚯蚓外,等足类也起着很大的作用;进入热带,白蚁和蚂蚁则取代了蚯蚓。土壤环境各要素也影响着粉碎性动物的种类。特别明显的是蚯蚓与土壤pH的关系,陆生贝类与钙质含量的关系等等。据研究,由于食性规定了不同种类动物参与不同的植物残体及其部位的粉碎过程(青木淳一,1967)。动物遗体及粪便也要由土壤动物来粉碎。但大型动物(鸟兽、两栖爬行类)的尸体与粪便主要依赖所谓“尸食性动物”和“粪食性动物”等特异类群集中迅速的粉碎。土壤动物本身的尸体、脱皮、弃壳、粪便等往往为其他土壤动物利用。如蜚蠊类尸体被小杆线虫所食。此外,经常可见到姬

* 本文在业师张荣祖副研究员指导下完成。

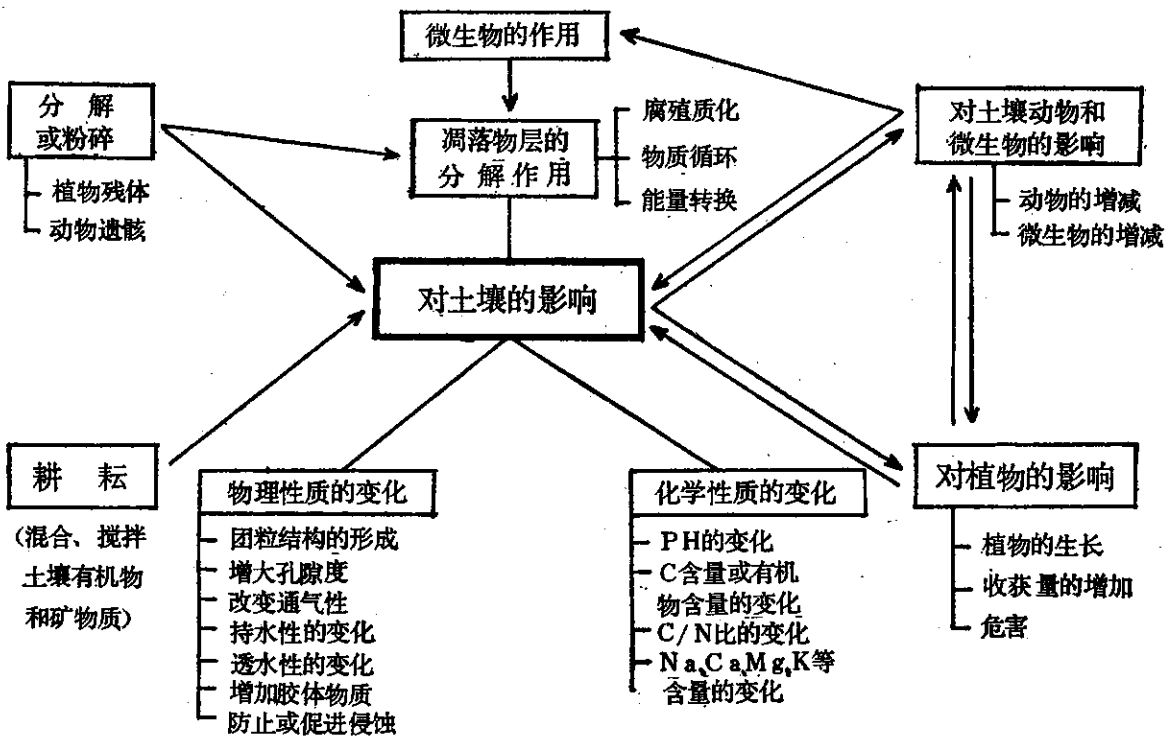


图1 土壤动物的作用及其影响

蚯蚓的消化道中充满了鼹鼠的粪便 (Hartenstein, R., 1962)。

对于地表面大型植物残体(倒木、朽木和大的枝丫等)进行分解和粉碎的主要是植食性土壤动物(甲虫类,特别是其幼虫及其他昆虫)。经常可见到新鲜倒木或朽木的树皮下面有大量的动物粪便,这证明有许多土壤动物钻入并进行了活泼的粉碎作用。据报道,橡树从枯死到完全分解的过程中,大约有15种昆虫交替参与分解或粉碎。大型植物残体首先被一些木蛀虫钻孔打洞,所以很快为雨水浸透,这样有助于菌类繁殖,进而腐朽,为朽木性甲虫的粉碎作用提供了便利(渡边,1962)。

植物凋落物是土壤(特别是森林土壤)有机质的主要来源。当其进入土壤,先由细菌与真菌作用,然后为腐食性土壤动物(姬蚯蚓、蛴螬、弹尾等)取食,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。有时蚯蚓、倍足类和昆虫幼虫把枯枝落叶粉碎,

再由小型节肢动物和线虫啮食并以酶的作用,使微生物更易于分解,经过微生物作用过的残片又成为某些微小土壤动物的食物。在显微镜下可观察到蚯蚓、姬蚯蚓、弹尾、马陆和鼹鼠等种类的消化道内含物明显是植物残体的残片,有的种类还将泥土一并吞入消化道。此外,结合类(Symphyla)、等足类、陆生贝类、蚁类和天牛科的土壤动物同样参与新鲜枯枝落叶的粉碎作用。土壤动物的耗食增大了植物残体的氧化面,为微生物分解作用创造了有利条件。土壤动物的活动及其排泄物促进了微生物的繁殖和扩散。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植质的形成,显著地影响土壤理化平衡。研究表明,一年之中,植物残体的分解量和元素淋失量是相等的。假如没有土壤动物的活动,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,并明显地受气候干湿季的影响。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

表 1 蚯蚓粪壤量的调查
(据 Evans & Guild, 1947)

调查地点		粪壤量 吨/英亩/年	报告人
英格兰	长年草地(砂质土)	16.1 7.5	Darwin (1837)
贝林切恩	欧石南草原(泥炭土)	2.1	Kollmannsperger (1934)
	采伐后的山毛榉林(泥炭土)	2.7	
	榉木林(砂质土)	2.3	
苏黎世	庭院(粘壤质土)	3.6	Stockli (1949)
	灌木牧场(砂壤质土)	31.2	
	长年牧场(粘壤质土)	12.2	
	高尔夫球场(粘壤质土)	32.4	
	混交林(粘壤质土)	3.1	
布雷斯劳	公园草地	36.5	Dreidax (1931)
	麦田(砂壤质土)	9.9	
	休耕地	3.5	
洛桑试验站	长年牧场	11.5	Evans & Guild (1945)
		11.0	
白尼罗河	山谷间	107.0	Beaque (1912)

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。

土壤动物另一重要作用是对土壤的耕耘。参与该过程的主要是挖掘性的大型土壤无脊椎动物和小型哺乳动物。

据估计,在每顷土壤内有几十万条蚯蚓,其活动深度可达 2 米以上。蚯蚓以植物残体和泥土为食,每 24 小时消耗量等于它自己的体重。其排泄物是通过消化道混合的土壤有机物和无机物,可使土壤肥沃,滋生植物,甚至可防止土

壤侵蚀。它们在土壤中钻孔,不仅可使腐殖质均匀地分布在土层中,而且还可提高土壤的通气性和吸水能力。蚯蚓不停地活动,每年搬运到地表的土壤量是惊人的(表 1),有人估计,约每 10 年可造出厚达 2.5 厘米的土壤表层。在北京草甸褐土的草地和苜蓿地中,蚯蚓每年每亩排出地面的蚓粪分别可达 0.86 吨和 1.31 吨,排在土中的不少于此数(张荣祖, 1964)。

在荒漠和半荒漠地区,蚁类的活动对土壤形成有很大的影响。它们可改变土壤的孔隙

表 2 白蚁巢中土壤重量及其来源
(据澳大利亚 4 个地方的调查, Lee & Wood, 1971)

调查地编号	白蚁种类	蚁巢中的土壤			
		全部蚁巢 (千重吨/顷)	放弃的蚁巢 (千重吨/顷)	来源 (土壤层)	铺平厚度 (毫米)
4	<i>Nasutitermes triodiae</i>	23.1	11.5	B	16
6	<i>Drepanotermes rubriceps</i>	21.0			
6	<i>Amitermes viosus</i>	10.0	19.2	A(?) + B	39
6	<i>Nasutitermes triodiae</i>	1.5			
6	<i>Tumulitermes hastilis</i>	30.0			
9	<i>Amitermes laurensis</i>	45.0	8.6	B	27
9	<i>Nasutitermes triodiae</i>	1.5			
13	<i>Nasutitermes magnus</i>	36.0		B	19

度,通气性和水热状况。白蚁将大量地下土搬出筑成塔状巢,对土壤起到翻转作用。据调查(表2),白蚁用于筑巢的土壤干重量为每公顷1.5—4.5吨,如将这些蚁巢铺平,厚度可达1.6—3.9厘米。

营洞穴生活的小型哺乳动物(食虫类和啮齿类)的挖掘活动,对土壤形成具有同样重要的影响。美国亚利桑那州圣丽塔附近的一种有袋啮齿类,通过挖掘活动每年抛到洞外的土壤可

达40,470平方米或3,639吨(假定调查地有100,000个洞)。挖掘活动所涉及的层位一般都有1—2米深,在某些地方可达6米深(旱獭洞)。在许多草原和半荒漠地区,小黄鼠的洞丘彼此相距数米地散布着,而每一洞丘直径有1—2米,高有0.2—0.8米。这些活动形成了草原和半荒漠地区植被镶嵌式分布的特点。它们的排泄物、尸体和食物碎屑弃于洞穴内,使土壤有机质量增加。

表3 土壤和蚯蚓粪塚可溶性盐分分析(%)
(据张荣祖,1964)

		CaCO ₃	全盐量	有机质	pH
二年首耨地	活动层平均值	10.27	0.1494	1.32	8.37
	蚯蚓粪塚	5.63	0.1413	2.56	8.70
	粪便中增减量	-4.64	-0.0081	+1.24	+0.33
谷子地	活动层平均值	6.61	0.1406	1.36	8.47
	蚯蚓粪塚	5.38	0.0970	1.78	8.60
	粪塚中增减量	-1.23	-0.0536	+0.42	+0.13
田间草地	活动层平均值	—	0.0889	1.85	8.35
	蚯蚓粪塚	4.02	0.1419	3.44	8.50
	粪塚中增减量	—	+0.0530	+1.59	+0.15

表4 蚯蚓粪塚及蚁巢的土壤与周围土壤机械组成的比较
(据 Madge, 1969)

	机械组成(%)				pH	
	粗砂	细砂	粉砂	粘土		
蚯蚓粪塚	14.4	42.5	26.5	16.5	7.5	
蚁巢	79.3	13.9	3.5	2.5	7.5	
周围土壤深度 (厘米)	0—5	47.9	16.6	18.5	15.5	7.4
	5—12	67.4	8.0	11.5	14.0	7.1
	12—20	70.8	6.8	11.0	13.0	6.9
	20—30	69.7	6.7	13.0	11.0	6.5
	30—40	63.0	10.7	15.0	11.0	6.4
	40—50	56.4	15.1	18.5	11.5	6.1
	50—75	42.4	24.1	23.0	11.0	5.9
	75—100	36.0	26.0	25.5	14.0	5.8

土壤动物的活动改变了土壤理化性质,对促进植物生长具有重要影响。

据张荣祖1960—1961年对北京近郊三个不同地点中蚓粪(以直隶环毛蚓为主)可溶性盐分及有机质、pH值的分析(表3),可溶性盐分与周围土壤的差异不显著,略有增加或减少,

有机质增加较明显,pH值均有增加。据玛奇(Madge, D. S., 1969)对尼日利亚草原蚯蚓粪塚及蚁巢土壤机械组成的调查比较(表4),蚯蚓粪塚土壤中粗砂比例很少,细砂、粉砂比例较大,而蚁巢的则相反,这可能与它们的生活习性不同有关。

我国山东省广饶县农业科技工作者利用人工养殖蚯蚓,改良盐渍化土壤,使土壤孔隙度显著增加,对淋盐抑盐十分有利。经测定,放蚓区0—20厘米深土壤含盐量由播种前的0.108%,至收获期降为0.062%,而对照区同期土壤含盐量则由0.108%增到0.20%。蚯蚓的活动促进了作物根系的生长,提高作物吸水吸肥能力。虽然在1980年玉米主要生育期(也是蚯蚓主要繁殖活动期)的8月份仅降雨35毫米,但放蚓区的春玉米仍增产14.63%。

参 考 文 献

[1] 达尔文 1915. 植物土壤与蚯蚓(舒贻上译),科学

- 出版社, 1—144。
- [2] 陈鹏等 1981。动物地理学, 东北师范大学, 52—62。
- [3] 张荣祖 1964。北京草甸褐土中的蚯蚓, 土壤通报, 第1期, 31—33。
- [4] ——1980。生态系统中土壤动物国外研究动态, 森林生态系统研究, (1) 257—264。
- [5] ——1981。开展土壤动物学的研究, 动物学杂志, (3), 61—64。
- [6] 青木淳一1973。土壤动物学, 东京北隆馆, 1—814。
- [7] 夏武平 1979。生态系统研究中的动物学任务, 动物学杂志, (3), 1—4。
- [8] Lee, K. E. & Wood, T. G., 1971. Physical and chemical effects on soil of some Australian termites, and their pedological significance. *Pedobiol.*, 11: 376—409.
- [9] Macfadyen, A., 1961. Metabolism of soil invertebrates in relation to soil fertility. *Ann. Appl. Biol.*, 49:219.
- [10] Madge, D. S., 1969. Litter disappearance in forest and savanna. *Pedobiol.*, 9:288—299.