

蚯蚓養外殖學

蚯蚓养殖学

曾中平 张国城 徐 芹 编著

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行
黄冈报印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 14.625 印张 2 插页 361,000 字
1982 年 12 月第 1 版 1982 年 12 月第 1 次印刷
印数: 1—5,800

统一书号: 16106·369 定价: 1.90 元

序

凡是学过一点动物学的人，都知道环节动物门寡毛纲动物在无脊椎动物的系统演化中和教学中，占有重要的地位，在农业生产中也有不可估量的作用。近一、二十年来，世界各国的动物学家相继研究利用蚯蚓来处理废物，培养蚯蚓作为动物的饲料甚至人类的食品，蚯蚓与人们生活的关系越来越密切了。

目前国内关心这类动物的人日益增多，我们经常收到各地来信询问或索取有关蚯蚓的资料。但是，陈义教授的专著《中国的蚯蚓》已绝版多年，其它国内有关单位印发的资料和国外的参考书，也不是广大读者容易得到的。所以，当我们看到曾中平、张国城、徐芹编著的《蚯蚓养殖学》一稿时，觉得它的出版会有助于满足读者这方面的迫切需要。

这本书的内容比较丰富，对蚯蚓的形态、生理、生态、生活史、分类、养殖方法和利用诸方面均有详尽的记述，汇总了当前国内、外主要的科研成果，使人读后对蚯蚓有一个较为全面系统的了解。当然也应该注意到，由于蚯蚓的科研(除分类研究外)和养殖利用在我国尚处于初步阶段，有些资料和方法还有待于进一步验证和充实。编写这方面的书，对作者来说，也是一个新的尝试，所以书的内容或编排格式难免有不够妥当之处。这些有待于专家和读者加以指正，以期进一步完善。我们希望并相信，读者将会从本书中得到一些有用的知识；本书将在普及蚯蚓的科研成果，促进这一领域的科研和生产的开展，起到应有的作用。

宋大祥 陈德牛

一九八一年八月于中国科学院动物研究所

目 录

绪 论	1
第一章 蚯蚓的利用与控制	6
第一节 蚯蚓的利用	6
(一) 在形成土壤和考古上的贡献	6
(二) 在改良土壤、促进农作物增产上的作用	9
(三) 物质循环中的分解者	23
(四) 环境保护的新途径	30
(五) 新的动物蛋白饲料	37
(六) 医药上的妙用	52
(七) 人类的食物	56
(八) 其它方面的应用	60
第二节 蚯蚓的有害作用及其控制	65
(一) 取食、掘穴造成的危害	65
(二) 作为寄生虫的中间宿主造成的危害	65
第二章 蚯蚓的形态与生理	75
第一节 蚯蚓的外部形态	75
(一) 体型	75
(二) 体色	76
(三) 体节	78
(四) 刚毛器官	80
(五) 环带	85
(六) 体表开孔	88

第二节 蚯蚓的内部构造与生理机能	90
(一) 体壁与真体腔	90
(二) 消化系统	95
(三) 循环系统	105
(四) 呼吸	110
(五) 排泄系统	118
(六) 神经系统	130
(七) 生殖系统	140
第三章 蚯蚓的生活史	148
第一节 有性生殖	148
(一) 胚前发育	148
(二) 胚胎发育	169
(三) 胚后发育	177
第二节 无性生殖与再生	186
(一) 无性生殖	186
(二) 再生	188
第三节 世代交替与寿命	193
(一) 世代交替	193
(二) 寿命	194
第四章 蚯蚓的分类与地理分布	196
第一节 蚯蚓的分类	196
(一) 原始寡毛总目 Archiologochaeta	196
(二) 真寡毛总目 Euologochaeta	198
第二节 常用蚯蚓	245
(一) 颤蚓科 Tubificidae	245
(二) 链胃蚓科 Moniligastridae	247
(三) 巨蚓科 Megascolidae	250
(四) 正蚓科 Lumbricidae	256

第三节 蚯蚓的地理分布	270
(一) 新北界	271
(二) 古北界	275
(三) 东洋界	280
(四) 旧热带界	284
(五) 新热带界	286
(六) 澳洲界	286
第五章 蚯蚓的生态	289
第一节 温度与湿度	289
(一) 温度	289
(二) 湿度	303
第二节 光照和通气	308
(一) 光照	308
(二) 通气	311
第三节 酸碱度、盐度及其它化学制剂	312
(一) 酸碱度	312
(二) 盐度	315
(三) 其它化学制剂	320
第四节 土壤	326
第五节 天敌与疾病	330
(一) 天敌	330
(二) 种间竞争	332
(三) 疾病	332
第六节 季节性综合影响	333
(一) 蚯蚓活动的季节性变化	333
(二) 季节变化对蚯蚓新陈代谢的影响	335
(三) 蚓茧生产的季节性变化	335
(四) 种群密度的季节性变化	337

第六章 蚯蚓的养殖技术	339
第一节 蚯蚓种类的选择及养殖密度	339
(一) 蚓种的选择	339
(二) 养殖密度	340
(三) 养殖密度与管理的关系	341
第二节 蚯蚓的饲料	343
(一) 饲料的种类	344
(二) 饲料的多种功能	346
(三) 饲料的调制与鉴定	346
(四) 饲料的营养	353
(五) 饲料的碳氮比	354
(六) 饲料的配比	356
(七) 饲料酸碱度的调节	358
(八) 饲料的投喂法	362
第三节 蚯蚓的养殖方法	364
(一) 盆养法	365
(二) 箱筐养殖法	366
(三) 池养法	369
(四) 土沟养殖法	370
(五) 肥堆养殖法	371
(六) 园林、大田养殖法	371
(七) 垃圾消纳场养殖法	375
(八) 地面温室循环养殖法	376
(九) 半地下温室养殖法	377
(十) 通气加温加湿养殖法	379
(十一) 棚养法	379
(十二) 露天养殖法	384
(十三) 水栖蚯蚓养殖法	385

(十四) 养殖蚯蚓的工具	393
第四节 蚯蚓产品采收及处理	395
(一) 产品采收	395
(二) 产品处理	401

附 录

斯蒂芬森(Stephenson, 1930)分类体系表	403
分类索引	408
英汉一般名词索引	424
一般名词检字表	444
主要参考文献	454
后 记	459

绪 论

蚯蚓是属于环节动物门寡毛纲(Oligochaeta)的一类低等动物,在地球上何时出现,尚无人确切考察,最近在美国亚利桑那大峡谷中,发现了五亿五千万年前的蚯蚓化石,可见它是一种古老生物。

这类动物,其种类多达三千种以上。依据它们所栖息的生活环境,又可分为陆生蚯蚓(Terrestrial earthworm)和水栖蚯蚓(Aquatic earthworm)两大类。一般所讲的蚯蚓,主要指的是陆生蚯蚓。

蚯蚓与人类的关系很密切,很早以前,我国人民就认识并开始利用和养殖。

在汉语中,“蚯蚓”一词表示一伸一缩的意思。我国记载蚯蚓的最早著作是大约三千多年前的《诗经》。后来,约在二千二、三百年前,我国古籍《小戴礼记》月令篇中记述:“孟夏之月蚯蚓出,仲冬之月蚯蚓结”。唐代东方虬所作《蚯蚓赋》中说:“雨欲垂而乃见,暑既至而先鸣,乍逶迤而蟠曲,或宛转而蛇行。内乏筋骨,外无手足,任性而上,击物便曲。”可见当时人们对蚯蚓的形态、生活习性便有了一定的研究,已把蚯蚓当作观察物候的对象。此外,在以后的《本草纲目》、《草木经》、《本草纲目拾遗》等著作中都有所记述。

我国近代有不少科学家对蚯蚓进行研究,并作出了有益的贡献。尤其是南京大学陈义教授,他从1929年起,对我国蚯蚓的分类、地理分布等方面做了大量的工作,并于1956年出版了《中国

蚯蚓》、1959年出版了《中国动物图谱——环节动物》两书。

蚯蚓也是古代外国人早已熟悉的动物，仅从一些国家“蚯蚓”词源上就可以看出。蚯蚓的拉丁语为 *Lumbricus*，据说是出自古希腊的一个形象的比喻，即“大地的肠子”；英语为 *Earthworm*，指生活在土中的蠕虫；俄语 *Дождевой червь* 和德语 *Regenwurm*，意即“雨虫”；朝鲜语为 *자갈*，表示在地上爬的东西；日语为 *ミミズ*，指看不见眼睛的动物，或根据日语 *ミミズ* 的谐音“みみず”，即“水、水……”，意指渴求水的动物。

传说古代埃及的法阿拉国王把蚯蚓当作使国家富裕之神的使者加以保护。据文献记载，埃及女皇（公元前69~30年间）把蚯蚓当作使土壤肥沃和对人体美容有特殊药效的秘宝，命令在尼罗河谷大量繁殖，促进了农业生产的发展。据说，居住于尼罗河两岸的阿拉伯人都很健壮，是因为他们食用的农作物是种在有蚓粪的肥沃土壤上的缘故。

到了十七、八世纪，蚯蚓的形态、解剖与分类的研究工作，都取得了很大的成绩。十九世纪，有关蚯蚓生态的研究有了长足的进步，最突出的是著名生物学家达尔文（C. R. Darwin）的工作。他积四十年对蚯蚓野外观察和室内饲养实验的经验，在总结前人工作成果的基础上，于1881年10月，当他72岁时，发表了最后一本著作《蚯蚓的习性和它对形成植物壤土的作用》。这是继他创立生物进化论之后又一个独创性的发现，在世界范围内引起了广泛的重视。

从十九世纪末期到本世纪六十年代，世界各国不少学者在蚯蚓生物学方面做了大量的工作。据《蚯蚓生物学》（*Biology of Earthworms*）一书记载，如果以二十年为一个时期，在1870~1889年间计发表论文6篇，1890~1909年间12篇，1910~1929年间68篇，1930~1949年间106篇，1950~1969年间361篇。

进入二十世纪七十年代以后，由于科学技术的飞速发展，加

上农业生产及环境保护方面的需要，世界许多国家对蚯蚓的研究异乎寻常地重视起来了。日本、澳大利亚、加拿大、苏联、菲律宾、印度、缅甸、新加坡及我国的台湾省，都对蚯蚓的利用和养殖的研究做了很多工作。尤其是美国，人工养殖蚯蚓已有五、六十年的历史，目前有 9 万个蚯蚓饲养场，成千上万个家庭利用蚯蚓改良土壤、分解废弃物。例如，美国加利福尼亚有一个公司养殖 5 亿条蚯蚓，一天可处理 200 吨有机废料，消除环境污染，化废为肥。

日本兵库县蚯蚓养殖场养殖 10 亿条蚯蚓，每年可处理食品厂、纤维加工厂 6 万吨污泥；1975 年增设 1300 平方米蚯蚓繁殖基地，放养蚯蚓 40 万条，1976 年增至 3500 万条。目前，日本的蚯蚓养殖场达 200 余家，即使这样，日本造纸工业公司每年还需向美国订购 125 吨蚯蚓，用来处理造纸废渣，当年收回投资成本。日本冈县 1977 年成立了蚯蚓繁殖事业协同组合，1978 年建成 1.65 万平方米的养殖场，每月可处理有机废料 3000 吨；全国还计划增设 7 个蚯蚓养殖场，生产蚯蚓并加工成饲料添加剂，以满足人工养殖畜、禽、鱼的需要。

1975 年，美国语言中诞生了一个新词“Vermicultuer”，它是由两个拉丁文单词复合而成的，一个是“Vermes”，指蚯蚓等蠕虫，一个是“Culture”，养殖的意思。复合词“Vermicultuer”即为蚯蚓养殖。从某种意义上来说，它标志着一项新兴的生产企业的崛起。目前，蚯蚓在世界贸易中，每年成交额数字相当可观，并且逐年有所增加。

近两三年来，我国大力开展了蚯蚓的人工养殖，天津、上海、江苏、北京、浙江、广东、四川、河北、山东、吉林、广西、安徽、福建、江西、山西、湖南、湖北等 28 个省市都开展了试验工作，人工养殖蚯蚓已初具规模，并取得了可喜的成绩。尤其是我国南方，雨量充沛，气候温和，蚯蚓资源极为丰富，为蚯蚓资源

的开发和利用提供了有利条件。

蚯蚓养殖业的兴起，促进了蚯蚓科研工作的新发展。1978年，我国成立了蚯蚓养殖利用科研协作组，并制定了今后科研协作计划，拟从以下几方面进行试验研究。

1. 蚯蚓生物学基础理论研究

- (1) 蚯蚓的分类及品种鉴定
- (2) 蚯蚓的生殖生理研究
- (3) 蚯蚓的生长发育规律的研究
- (4) 蚯蚓的良种选育和杂交育种的研究
- (5) 蚯蚓的生态研究

2. 蚯蚓养殖技术的研究

- (1) 养殖蚯蚓的设备与机械的研究
- (2) 蚯蚓的饲料及喂养方法的研究
- (3) 蚯蚓各发育阶段的饲育和管理技术的研究
- (4) 蚯蚓繁殖技术研究
- (5) 蚯蚓成体、蚓粪、蚓茧及幼体分离技术的研究
- (6) 饲养蚯蚓的技术经济指标

3. 蚯蚓利用的研究

- (1) 蚯蚓有效成分的分析
- (2) 猪、鸡、鸭、兔、鱼、貂的饲养效果研究
- (3) 其它方面应用的研究
- (4) 蚯蚓病原体对饲喂对象的危害及防治技术的研究

为了适应蚯蚓养殖与研究的需要，本书主要章节介绍了国内外有关蚯蚓的利用与控制、形态与生理、生活史、分类、生态与养殖技术。

在第一部分中，除概述了蚯蚓广泛的利用价值外，还谈及了目前利用中存在的问题及其控制方法；在第二部分中，着重介绍了消化系统、呼吸系统、排泄与生殖系统、神经系统等的构造与

生理。然后，简要介绍了陆生蚯蚓与水栖蚯蚓的分类。最后在叙述生态等知识的基础上，根据我国、日本、美国等国家的养殖经验，概述了蚯蚓的养殖技术。

当然，象其它任何生产及其研究工作一样，蚯蚓养殖业在其发展进程中也不可避免地要遇到一些困难，出现一些问题。克服这些困难，随时解决出现的新问题，乃是从事蚯蚓养殖、利用及其研究者的光荣任务。我们相信，在党的领导下，在科学技术领域中春花烂漫的形势下，蚯蚓的利用和养殖事业将会按其本身的实际作用，得到恰如其分的发展，也会得到符合科学的评价。

第一章 蚯蚓的利用与控制

第一节 蚯蚓的利用

(一) 在形成土壤和考古上的贡献

蚯蚓的个体，一般来说并不大，它的活动也不引人注目。可是，它却是自然界的大力士，亿万年来一直默默无闻地参与了土壤的形成及掩埋古物的巨大工作，为人类立下了丰功伟绩。

关于蚯蚓在这方面的历史功勋，首先是达尔文发现和系统论述的。早在1837年11月1日，达尔文就在伦敦地质学会上宣读了《关于壤土的形成》的论文，其中谈到英国几个牧场地面上所散布的一层煤渣、屑片等废物，经过二至三年后，由于废物底下的细土陆续被蚯蚓以排粪的方式搬运到地面上来，逐渐把废物层掩盖起来，结果废物都沉陷到草与土底若干厘米的深处。

根据这些事实，达尔文断言：地球上的植物壤土，都曾经通过蚯蚓的肠管好多次，并且将来还要通过好多次。所以，他认为使用“动物壤土”这个名词，比通常惯用的“植物壤土”那个名词更为恰当。

达尔文在以后的几十年中，又多次重复了过去的观察，并细心收集和总结，终于写出了《蚯蚓的习性和它对形成植物壤土的作用》这一名著。在这本书中，达尔文详细描述了蚯蚓的生活习性，尤其是它的掘穴性和杂食性。通过反复计算，他推论如果一亩地里有四、五千条蚯蚓的话，每年排出的蚓粪(Wormcast)可达2~3吨重，若将这些蚓粪平铺于地表，厚度约达0.3厘米。他

还以英国为例进行推算，当时英国的耕地面积为1.944亿亩左右，那么，在一个地质学上不很长的时期内，如一百万年，蚯蚓排出的蚓粪总量就达三十多万亿吨，这是何等巨大的工作量啊！

这翻上来的泥土及其中的有机物(Organic matter)，经过蚯蚓消化道时，即发生复杂的变化，变成富有钙质和腐殖质(Humus)的土壤。有这种土壤的存在，才使得植物茁壮地生长，从而使动物及人类都能更好地生存。无怪乎有人说，任何肥料都不如蚯蚓粪土肥。

由此看来，蚯蚓是地球上最有价值的动物之一：它被誉为大地的“犁耙”和“耕耘者”，大自然的“化学家”和“肥料”，植物营养的“供应者”，是恰如其分的。

达尔文还根据考察的大量事实，阐明地面上的巨石、古代城堡的遗址及遗留于地面的古物之所以会埋没于地表之下，主要是由于栖息于底下的蚯蚓活动的结果。它们不断掘穴、吞食土壤并排粪到地面，蚓粪在巨石及古物的外缘越堆越高，同时，随着蚓穴的崩塌，巨石、古物也越陷越深（沉陷速率约每三十五年下沉3.8厘米），最后完全被蚓粪掩埋到地下(图1)。

正因为有上面这一厚层壤土的覆盖，才有效地减少了岩石的分解和古物的被侵蚀，为后来的考古学家提供了大量保存较完好的古物。

基于同样道理，掉落在地面

上的植物的种子，有的可能被蚓粪掩埋，有的可能掉入或被拖入蚓穴中，有的可能被吞入蚯蚓的消化道，随后混入蚓粪中，这都为种子的保存与今后的萌发创造了有利条件，协助植物传宗接代。

蚯蚓在保存古物和形成壤土方面的历史功勋，曾受到达尔文



图1 蚯蚓掩埋巨石(自Darwin)

的赞美，他在最后一本著作的结论中作过如下的评价：“考古学者们都应感谢蚯蚓，因为它们保护并保存了每一个坠落在地面上的物体，把它埋没在它们的粪便底下，使它经久不坏。象这样，又有许多雅致而且精巧的嵌镶铺砌（作者注：指古代建筑物的地面）被保存了下来……”。“当我们眺望一片广阔而又盖有草土的原野时，我们应该记住，它的美景很多是依靠它的平坦光滑而来，而这平坦光滑主要是由于所有一切高低不齐的处所已被蚯蚓逐渐弄平了……。犁是最古而又最有价值的人类发明品之一；可是，远在人类生存以前，土地实际早已由蚯蚓依次耕耘过，并且还要象这样由蚯蚓继续耕耘着。是不是有许多别的动物，曾经在世界历史上，象这一些低等构造的动物一样，尽过这样重要的一份力量，那是大可怀疑的。”

达尔文的结论，在一百年后的今天看起来，仍令人信服。虽然有人对蚯蚓掩埋大石、古代建筑物有不同的见解，但蚯蚓在形成壤土方面的作用是举世公认的。当然，适于植物生长的壤土的形成，除蚯蚓做出了巨大贡献外，还有其它因素在起作用，例如首先要经过风化作用，它使光秃秃的大岩石变成细小的矿物质。这个过程，早在四十多亿年前，地球上还没有生物也没有任何土壤的远古时代就一直进行着。当地球上出现生命后，尤其是当几亿年前绿色植物登陆后，它们开始在潮湿的、细碎的矿物质上扎根。经过植物、微生物及各种土壤动物（除蚯蚓外，还有线虫、蚁类、马陆、昆虫幼虫、鼠类等）的综合作用，矿物质组成的风化层逐步形成了自然土壤。这种自然土壤具有一定的自然肥力，比起风化层更适合于植物的生长，这也就是达尔文所提到的“植物壤土”。

自从人类进化到从事农业生产后，自然土壤经过人类有目的地改良（如耕耘、施肥、栽培等），加上生物的影响，使它不断熟化，肥力更高，于是形成了“农业土壤”。在农业土壤中，生物影

响比在自然土壤中更大，如在一亩高度熟化的菜园黑油土中，土壤微生物 (Soil microbe) 与土壤动物 (Soil animal) 的活体总重都可达 400~500 公斤，1 克土中有几千万到几亿个。一亩地的土壤中，无脊椎动物多达 80 万到 1.3 亿个，其中蚯蚓的数量达到十几万到几十万条，其重量可达上百公斤，而且，它对土壤的影响最大。

正当陆生蚯蚓为形成土壤付出艰巨“劳动”的时候，水栖蚯蚓也早已在从事类似的工作。水栖蚯蚓是水底动物群中的重要组成部分，它们象陆生蚯蚓一样，能把底层泥土砂粒翻到表面，把水中的动植物尸体、腐殖质、泥土变为肥沃的淤泥。如生活在湖泊或水湾内的颤蚓科 Tubificidae 水栖蚯蚓，每平方米可达 12.5 公斤 (干重)，在一定的时间内能使全部水底泥土从肠道通过。颤蚓 *Tubifex* sp. 在养料很缺乏以及氧气不足的条件下也能很好地生活。海栖蚯蚓也有类似的作用。

显而易见，水底一层肥沃淤泥的形成，为水生植物、动物、微生物的生活提供了良好的条件，水栖蚯蚓本身也为鱼类等水生动物提供了优良的蛋白质饵料。

(二) 在改良土壤、促进农作物增产上的作用

达尔文最早提出了蚯蚓具有改良土壤、促进植物生长的学说，他称蚯蚓是土壤的“改良者”。一百年来，无数事实充分证明这一学说是完全正确的。

本世纪三十年代，美国有个叫奥利味 (G. S. Oliver) 的医生，利用业余时间仿照他祖父养蚯蚓。他把蚯蚓放养于花盆和耕地中去，结果他种的任何植物都生长良好，这使他感到惊异。后来，他的朋友都争着请他帮助改良田园和牧场，同样取得显著成绩。这样一来，奥利味的名声就传出去了，以致美国的百万富翁也来请他去当农业顾问。从此，他放弃行医，专心研究蚯蚓的饲养与