



黑龙江省 弹尾虫分类 与生态多样性研究

孙 元◇著



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

Q969.14
2013/

黑龙江省 弹尾虫分类 与生态多样性研究

孙 元◇著



图书在版编目(CIP)数据

黑龙江省弹尾虫分类与生态多样性研究 / 孙元著

— 哈尔滨 : 黑龙江大学出版社, 2012.9

ISBN 978 - 7 - 81129 - 494 - 1

I. ①黑… II. ①孙… III. ①弹尾目 - 研究 - 黑龙江省 IV. ①Q969.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 101583 号

黑龙江省弹尾虫分类与生态多样性研究

HEILONGJIANG SHENG TANWEICHONG FENLEI YU SHENGTAI DUOYANGXING YANJIU

孙 元 著

责任编辑 张永生 于 丹

出版发行 黑龙江大学出版社

地 址 哈尔滨市南岗区学府路 74 号

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

开 本 880 × 1230 1/32

印 张 9.5

字 数 210 千

版 次 2012 年 9 月第 1 版

印 次 2012 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 81129 - 494 - 1

定 价 25.00 元

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

前 言

弹尾虫 (Collembola), 俗称跳虫 (springtail), 简称蛩, 是世界上种类最丰富的动物类群之一。该类群作为中小型土壤动物的代表, 与线虫、螨类共称为土壤动物三大类群。弹尾虫在土壤中具有特殊的地位和功能, 可作为土壤质量评估的特征指标, 在各类生态系统中起着重要的作用。它们与其他土壤动物一同对土壤物质循环、理化性质、能流、降解化肥与农药、生物群落的维护等发挥重要作用。对弹尾虫进行多样性研究, 为其生物学、生态学作用的进一步研究, 土壤污染监测和生物防治提供了重要的科学依据。

近年来, 弹尾虫的研究多集中在不同生态系统中的多样性、生理学、与环境因子关系、与其他生物作用机制及对全球气候变化响应等方面。弹尾虫通常随着生境不同而呈现出明显的地区性差异。特别是在受人类影响较大(如重金属污染、火烧、农药施用等)的地区, 弹尾虫在垂直分布、季节变化等方面呈现出敏感性, 因此可作为良好的环境指示生物。

本书选择黑龙江省弹尾虫进行分类与生态多样性研究。笔者分别选取城市生态类型、森林生态类型、农田生态类型的代表地区采集弹尾虫样本。其中, 城市生态类型设在黑龙江大学校

本部、东北林业大学城市林业示范基地、黑龙江省森林植物园,森林生态类型设在东北林业大学老山试验林场,农田生态类型设在黑龙江大学呼兰校区。笔者于2008年3月至2009年7月分别在上述地点采集样本,经过Tullgren漏斗法分离,共收集标本3 112个。分析结果表明,标本共隶属于8个科19个属。

在所研究的弹尾虫样品中,优势科为疣蚱科、球角蚱科和棘蚱科,常见科为等节蚱科、长角蚱科、拟亚蚱科和鳞蚱科,稀有科为圆蚱科;优势属为疣蚱属、玻蚱属、棘蚱属和球角蚱属,常见属为长蚱属、德蚱属、符蚱属、鳞蚱属和副蚱属,稀有属10个,分别是鳞长蚱属、裸长蚱属、裔符蚱属、类符蚱属、叶蚱属、等节蚱属、小等蚱属、原蚱属、土蚱属和小圆蚱属。3种生态类型的组成要素、内部结构及其环境特征存在很多差异,因此,弹尾虫数量特征和类群特征各不相同:在城市生态类型中,球角蚱、疣蚱、棘蚱为优势类群;农田生态类型中,棘蚱占绝对优势;森林生态类型中,各类群都比较丰富,而长角蚱为稀有类群。弹尾虫在不同生态类型中的特征与在土壤中的作用的研究取得了阶段性结果,但不同生态类型中其种群动态与环境因素(如温度、湿度、土壤含水量、pH值、有机质含量等)变化间的关系及其作为环境指示生物方面还需深入的调查和试验分析。

本书是笔者博士后期间工作的总结,得到黑龙江省博士后科研启动基金资助(编号LBH-Q10017)。在本书写作过程中,中国科学院动物研究所梁爱萍研究员和黄复生研究员对笔者给予了无私的支持与帮助,东北师范大学殷秀琴教授、哈尔滨师范大学张雪萍教授、南京大学陈建秀教授、吉林大学吴东辉教授对笔者的科研工作给予了悉心的指导,美国K. A. Christiansen先

生、俄罗斯 M. Potapov 先生、西班牙 R. Jordana 先生、韩国李炳勋先生和朴京华女士等国外专家为笔者提供了文献资料和标本信息。在此,一并向他们表示感谢。

本书为弹尾虫分类及生态学研究领域专著,可供高等农林院校教师、研究生及相关科研人员参考。由于笔者水平有限,书中难免存在一些缺点和不足,敬请读者批评指正。

孙 元

2012 年 2 月

目 录

1	弹尾虫概述	1
1.1	外部形态特征	2
1.2	地理分布	15
1.3	生物学与生态学特性	16
1.4	分类系统与系统发育	18
1.5	研究意义	32
1.6	国内外研究进展	48
1.7	研究热点	52
2	研究材料与方法	88
2.1	标本来源	88
2.2	样点信息	88
2.3	研究方法	94
3	黑龙江省弹尾虫分类研究	100
3.1	长角蛸科 Entomobryidae Schäffer, 1896	100
3.2	球角蛸科 Hypogastruridae Börner, 1906	104
3.3	等节蛸科 Isotomidae Schäffer, 1896	106
3.4	疣蛸科 Neanuridae Börner, 1901	114
3.5	棘蛸科 Onychiuridae Lubbock, 1867	119

3.6	拟亚蛭科 Pseudachorutidae Börner, 1906	122
3.7	圆蛭科 Sminthuridae Lubbock, 1862	123
3.8	鳞蛭科 Tomoceridae Schäffer, 1896	125
4	黑龙江省弹尾虫生态多样性研究	159
4.1	城市生态类型	159
4.2	农田生态类型	162
4.3	森林生态类型	163
4.4	不同生态类型中弹尾虫多度变化	164
	参考文献	168
	附录	192
	附录1 中国弹尾虫种类名录及分布	192
	附录2 世界弹尾虫种类名录(部分)	225

1 弹尾虫概述

弹尾虫(Collembola),俗称跳虫、烟灰虫、土跳蚤,简称蛻,是世界上种类最丰富的类群之一,体形微小,颜色各异。弹尾虫是节肢动物门(Arthropoda)中的一个古老类群,化石最早形成于距今4亿年前的泥盆纪。^[1]目前,世界上已知种类达8 000种,我国记录种类约为320种。^[2]它们是土壤中的优势物种之一,与线虫、螨类共称为土壤动物三大类群。弹尾虫在土壤动物中具有特殊地位,可作为土壤质量评估的指标特征,在各类生态系统中起着重要的作用。^[3]

弹尾虫是一类中小型土壤动物,广泛分布于各类土壤和落叶层中。体形小,身体呈长形或圆球形,分为头、胸、腹3个部分。体色多样,有白色、黄色、黑色、绿色等多种颜色,或具金属光泽。身体常被毛或鳞片。

该类群的分类和鉴定多依赖于其外部形态特征。该类群最特殊之处在于腹部的非生殖型附肢,即腹管(ventral tube)、握弹器(tenaculum)和弹器(furca)。这个类群的学名Collembola源于两个词:colle(黏)和embolon(管)这是由于弹尾虫腹部第Ⅰ节的腹管可起黏着作用。

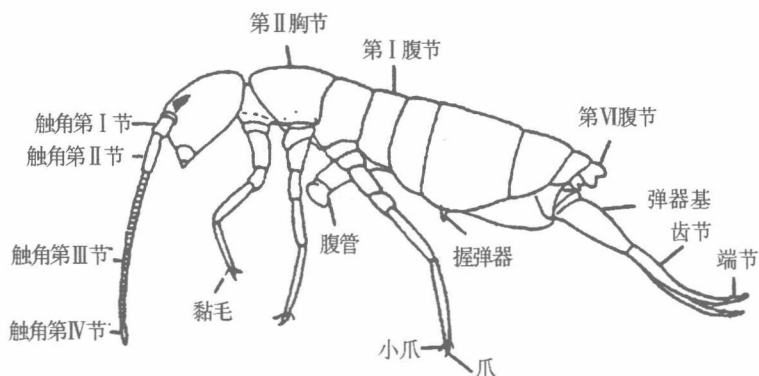


图 1-1 弹尾虫整体图(仿 Hopkin, 1997)

1.1 外部形态特征

从外形来看,弹尾虫与昆虫既有共同点又有不同点(表 1-1),其分类地位一直是学者们争论的焦点。

相同点:1. 具有明显的头部和 1 对分节的触角;2. 胸部分 3 节,每节都有 1 对步足;3. 腹部分节,不具步足。

不同点:1. 弹尾虫具有特殊的非生殖型附肢,即腹管、握弹器和弹器;2. 弹尾虫腹部由 6 节组成,而真正的昆虫具 6 节以上的腹节(至少在胚胎期)。

该类群最特殊之处在于其腹部第Ⅲ节与第Ⅳ(V)节上各有一个特殊构造:第Ⅲ节上有一个端部分叉、外缘具齿的握弹器,第Ⅳ节或第Ⅴ节上有一节基部合并、端部分叉的弹器。两者构成弹尾虫弹跳的基本条件。跳跃时,由于肌肉的伸张,弹器猛向下后方弹击物面,使身体跃入空中、向前跳跃,故其得名为弹

尾虫。除了腹管、握弹器和弹器这 3 种特化的附肢外,弹尾虫的足也很特殊,胫节和跗节常愈合成胫跗节。^[4]

表 1-1 弹尾虫与其他相似类群的特征对比

类群	与弹尾虫的区别特征
蜚蠊类	无触角,常有 4 对足(1 龄幼虫有 3 对足),无腹管
原尾类	无触角,无眼,腹部分 12 节
小型蜘蛛	4 对足,身体横向宽大
跳蚤	原生无翅(从来不具有飞翔的能力)

1.1.1 头部

不同种类弹尾虫的表皮,有的光滑,有的粗糙(带有颗粒或突起)。在某些种类中,表皮颗粒和突起的大小和分布具有分类学价值,可被用作鉴别不同种类的特征,比如棘蚱的假眼是具有薄壁的圆形或卵圆形的结构(图 1-2)。头下口式或前口式。复眼退化,每侧最多由 8 个圆形小眼组成眼区(图 1-3)。口器为咀嚼式,陷入头部,上颚和下颚包在头壳内(图 1-4)。触角通常有 4 节,少数有 5 节或 6 节,每节上均有肌肉组织。有的种类(如鳞蚱)的触角第Ⅲ、Ⅳ节分亚节。有的种类(如等节蚱的某些种类)的触角有特殊的感觉器。触角很长的种类触角末端部分经常缺失,再生则可能产生异常分节。有的弹尾虫(大多数原蚱、等节蚱、拟鳞蚱和鳞蚱的幼虫)在触角基部和眼区之间有一种感觉器,称为角后器。

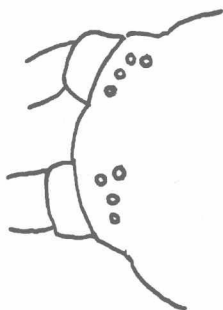


图 1-2 假眼示意图



图 1-3 眼区示意图



图 1-4 口器示意图(仿 Hopkin, 1997)

1.1.2 胸部

弹尾虫胸部通常分为3节,每节上各具1对足,原生无翅。愈腹形弹尾虫的体节边界很难确定,胸腹部常愈合。

弹尾虫胸部分布刚毛(图1-5)。

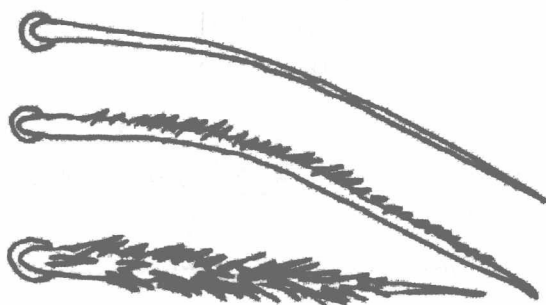


图1-5 胸部刚毛类型

1.1.3 足

足从基部到末端依次为基节、转节、股节、胫节和跗节。胫节和跗节常愈合成胫跗节,上有1个小的跗端节,末端具1个爪或1个爪和1个小爪。在很多类群的转节和胫节上生有可作为分类特征的刚毛排列式和变形刚毛。足末端背面最长的刚毛称为黏毛(tenent hair),形状为尖状、钝状或一端粗大。



图1-6 足

1.1.4 腹部

腹部分6节,每节长度可能相近,如等节蚱。长角蚱的第Ⅳ腹节比其他体节长很多。愈腹形弹尾虫的胸腹部愈合成球形。生殖孔在第Ⅴ腹节,雌性的生殖孔形状是一条横的裂缝,雄性的生殖孔形状是一个长在乳突上的纵裂缝。肛门开口于第Ⅵ腹节的末端或腹面,呈散射分支状。第Ⅰ、Ⅲ、Ⅳ(Ⅴ)腹节上各具非生殖型附肢。某些种类(球角蚱等)腹部末端生有刺状刚毛——肛针,可见图1-7。鳞蚱属(*Tomocerus*)通常在齿节部位具有特殊的齿节刺,可见图1-8。



图1-7 肛针

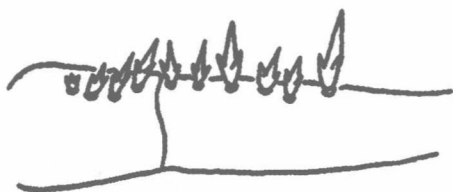


图1-8 齿节刺

些种类(球角蚱等)腹部末端生有刺状刚毛——肛针,可见图1-7。鳞蚱属(*Tomocerus*)通常在齿节部位具有特殊的齿节刺,可见图1-8。

1.1.4.1 腹管

腹管是第Ⅰ腹节腹面中央的一个圆筒形或圆锥形突起,末端有1对可外翻的囊(图1-9)。腹管基部的刚毛数量和排列可作为分类特征(如球角蚱属)。腹管的功能主要是分泌、保持水分平衡和起黏着作用。



图1-9 腹管

1.1.4.2 握弹器

握弹器是位于第Ⅲ腹节腹面的一个很小的构造。基部生有1根或多根刚毛,端部分叉,外侧具1排齿,可见图1-10。在一些科的种类鉴定中,握弹器上的刚毛是特征之一。



图1-10 握弹器

1.1.4.3 弹器

弹器是第Ⅳ(V)腹节腹面的一个基部合并、端部分叉的附肢,可见图1-11。弹器包括1个弹器基(manubrium)和2个齿节(dentes)。齿节末端是端节(mucro)。弹器基、齿节和端节的相对长度,齿节和端节的结构及其刚毛的分布都是弹尾虫分类特征。



图1-11 弹器

通常,弹器被固定在握弹器上。弹尾虫的跳跃依赖其特有的“弹器-握弹器”结构与身体之间的相对位置变化来完成^[5],可见图1-12。

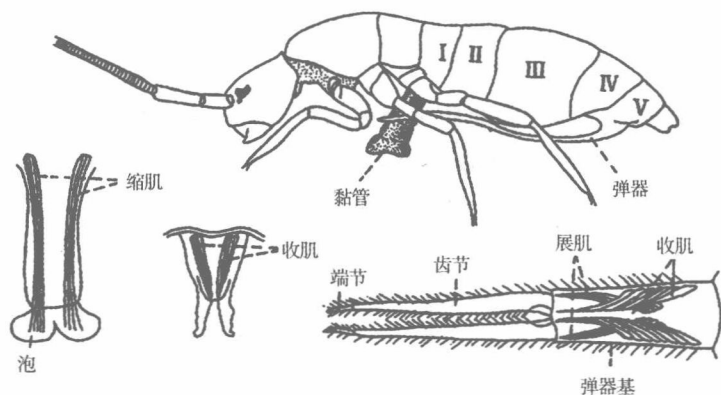


图 1-12 弹跳机理(仿 Hopkin, 1997)

1.1.5 弹尾虫基本类型

1.1.5.1 原蛭形

身体呈长形,弹器退化,触角短粗,长度与头接近,各体节无大差异,体毛简单。(图 1-13A)

1.1.5.2 长角蛭形

身体呈长形,弹器发达,触角长,有的末端分亚节,身体密被毛或鳞片,体毛具多种类型。(图 1-13B)

1.1.5.3 愈腹形

胸部与腹部愈合成球形。(图 1-13C)

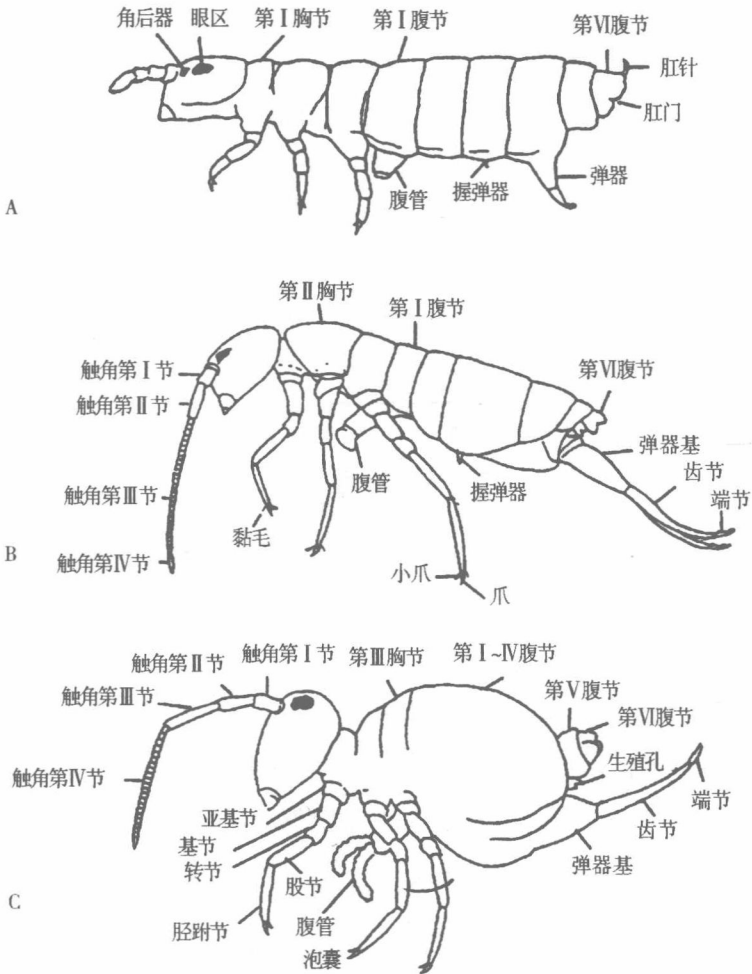


图 1-13 弹尾虫的基本类型(仿 Hopkin, 1997)

A. 原蛭形; B. 长角蛭形; C. 愈腹形