

中国跳虫染色体和雄性减数分裂的首次观察

卫青¹, 熊燕², 栾云霞¹, 杨毅明¹, 谢荣栋¹, 尹文英^{1,*}

(1. 中国科学院上海生命科学研究院植物生理生态研究所, 上海 200032; 2. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200026)

摘要: 利用整体压片法, 对分别隶属于球角蛭科和长角蛭科的两种跳虫似微小球角蛭 (*Hypogastrura adexilis* (Stach, 1964)) 和曲毛裸长蛭 (*Sinella curviseta* Brook 1889) 的染色体进行了首次观察。发现似微小球角蛭单倍染色体数目 $n=7$, 雄性有 13 条染色体, 雌性有 14 条, 为 XO 型性别决定; 曲毛裸长蛭 $n=6$, 雄性 $2n=11$, 雌性 $2n=12$, 同样为 XO 型性别决定。还记述了雄性似微小球角蛭的减数分裂过程: 在分裂前期, 同源染色体进行配对; 部分同源染色体发生交叉, 部分仅末端相连; 早后期 I, 当常染色体向两极移动时, 性染色体仍滞后于赤道板中央。

关键词: 跳虫; 染色体; 减数分裂**中图分类号:** Q969.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853(2005)01-0096-05First Note on Chromosomes and Male Meiosis
Division of Collembola in ChinaWEI Qing¹, XIONG Yan², LUAN Yun-xia¹, YANG Yi-ming¹,
XIE Rong-dong¹, YIN Wen-ying^{1,*}

(1. Institute of Plant Physiology and Ecology, Shanghai Institutes for Biological Sciences, the Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200032, China; 2. School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200026, China)

Abstract: Chromosomes of two Collembola species, *Hypogastrura adexilis* (Stach, 1964) (Hypogastruridae) and *Sinella curviseta* Brook 1889 (Entomobryidae), were investigated for the first time by squashing whole mount. The results indicated; in *H. adexilis*, haploid chromosome number was $n=7$, and $2n=13$ in male and $2n=14$ in female, so sex chromosome system should be XO; in *S. curviseta*, $n=6$, $2n=11$ in male and $2n=12$ in female, also XO sex determination. The male meiosis of *H. adexilis* was observed: at prophase I, homologous chromosomes pairing occurred, and chiasma presented in some bivalents; in the others, homologue were just end-to-end associations; at early anaphase I, sex chromosome typically was left behind when autosome half bivalents moved to the poles, and it moved to one of the poles in late telophase I.

Key words: Collembola; Chromosome; Meiosis

跳虫, 是弹尾纲 (目) 的通称, 是一种个体较小的低等六足动物, 体长大多为 1~3 mm。迄今, 全世界已报道了 6 000 余种, 我国已记录了约 250 种。作为土壤动物中的优势种群之一, 跳虫世界范围内广泛分布, 具有丰富的多样性, 一直是生态学和土壤动物学的一种主要研究对象; 然而它们的细胞学却一直没有得到深入的研究。

虽然早在 1898 年就有跳虫染色体的研究记载 (Claypole, 1898), 但一百多年来, 由于材料本身的特性, 其进展甚是缓慢。1956 年之前, 全世界仅有 3 种跳虫的染色体研究报道 (Núñez, 1962); 目前为止, 也只有不足 2% 的已知种类有染色体数目记录 (Fratello & Sabatini, 1979; Hemmer, 1990); 而且这些研究大都限于单倍或双倍染色体

收稿日期: 2004-09-16; 接受日期: 2004-10-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30130040, 30370169)

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: wyyin@sibs.ac.cn, Tel: 021-54924182, Fax: 021-54924180

数目的统计记录上, 较深入的研究也只有疣蚧多线染色体种间变化及其与地理分布的关系等 (Cassagnau, 1974; Dallai, 1979; Deharveng, 1982; Deharveng & Lee, 1984; Fanciulli et al, 1991); 对于其减数分裂过程, 尚未见详细的描述。迄今, 国内尚无有关弹尾类染色体的研究报道。

通常, 弹尾纲 (目) 分为两个亚目: 节腹亚目 (Arthropleona) 和愈腹亚目 (Symphypleona); 而节腹亚目又包括原蚧总科 (Poduromorpha) 和长角蚧总科 (Entomobryomorpha)。本文记述了节腹亚目 2 总科中 2 个种类染色体的初步观察结果, 有幸观察到其中似微小球角蚧的雄性减数分裂过程, 为跳虫染色体减数分裂研究积累了新鲜资料。

1 材料和方法

1.1 材料

似微小球角蚧 (*Hypogastrura adexilis*) 和曲毛裸长蚧 (*Sinella curviseta*) 分别采集于上海植物园和钟贾山, 之后于实验室内饲养。

1.2 方法

选取中等大小 (长度 1 ~ 1.5 mm) 的活成虫, 蒸馏水清洗干净。磷酸缓冲液 [0.1 mol/L phosphate buffer (PB), pH 7.2] 中刺穿身体, 随后置于 0.075 mol/L KCl 溶液中 10 min; 然后在固定液 (甲醇:冰醋酸 = 3:1) 中固定 3 min。于 45% 的乙酸中去除外层几丁质, 吸掉多余的乙酸, 加一滴改良的苯酚品红染色液, 染色 10 ~ 15 min。染色好的组织经压片、封片即可于显微镜下观察, 数码相机拍

照。

2 结果

2.1 似微小球角蚧 (*Hypogastrura adexilis*)

似微小球角蚧的单倍染色体数目 $n = 7$, 雄性 $2n = 13$ (图 1A), 雌性 $2n = 14$ (图 1B), 为 XO 型性别决定。在 14 条染色体中, 有一对明显较其他染色体长; 有四对是端部着丝粒, 其余为中部或亚中部着丝粒。

减数第一次分裂的前期, 细线期和终变期较容易看到。在终变期 (图 2A—B), 由于染色体配对, 可看到 7 条染色体 (6A-A + X); 这 7 个共价体中, 两对较小的同源染色体对形成的共价体发生中部交叉, 其他共价体为端部交叉或仅仅是末端相连; 最长的一对常染色体, 总是末端相连。中期 I (图 2C), 染色体继续高度浓缩, 有的异固缩成球状。早后期 I (图 2D) 当同源染色体分别移向两极时, 性染色体仍滞后于赤道板中央, 最终移向其中一极 (图 2E)。第一次减数分裂完成后, 快速进行第二次分裂, 中期 II (图 2F), 染色体在赤道板上紧密地排成一排, 随后进入后期 II。

2.2 曲毛裸长蚧 (*Sinella curviseta*)

曲毛裸长蚧的单倍染色体数目 $n = 6$, 雄性 $2n = 11$ (图 3A), 雌性 $2n = 12$ (图 3B), 也是 XO 型性别决定。一般情况下, 雌性减数分裂终变期 (图 3C), 同源染色体间均有交叉, 可见 6 个共价体; 偶尔, 也可见有一对染色体触离配对 (图 3D)。值得注意的是, 在有的雄性细胞中, 观察到 12 条染

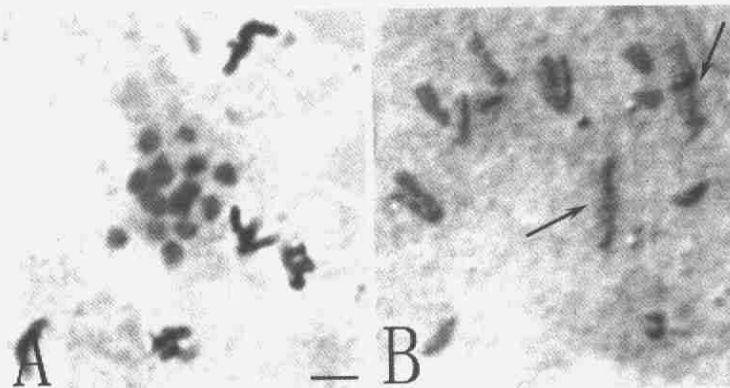


图 1 似微小球角蚧的染色体

Fig. 1 Chromosomes of *Hypogastrura adexilis*

标尺 (Scale bar) = 5 μm 。

A. 雄性有丝分裂中期, $2n = 13$ 。B. 雌性有丝分裂中期, $2n = 14$; 一对染色体 (箭头) 明显较长。

A. Male mitotic metaphase, $2n = 13$. B. Female mitotic metaphase, $2n = 14$; one pair chromosomes (arrows) are apparently larger.

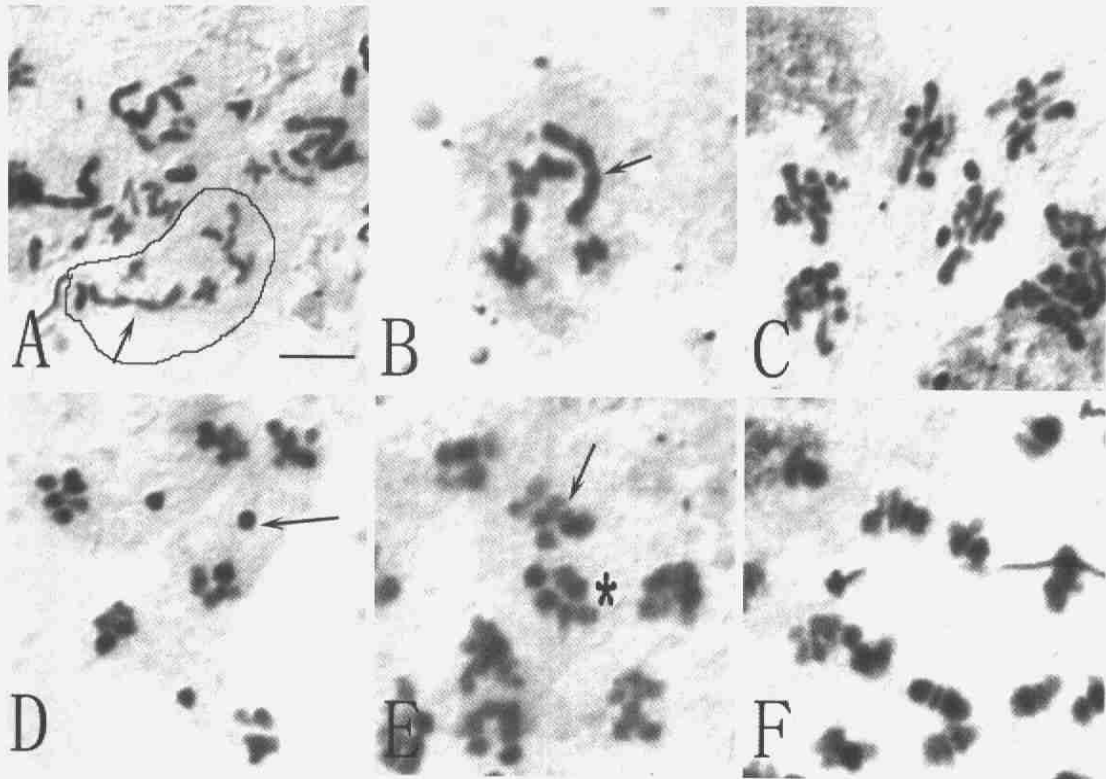


图2 雄性似微小球角蜱的减数分裂过程

Fig.2 Male meiotic division of *Hypogastrura adexilis*

标尺 (Scale bar) = 5 μm 。

A—B. 终变期, 一般情况下有两个较小的共价体呈中部交叉; 最长的一对染色体 (箭头) 具有明显的主缢痕, 它们仅通过末端相连。C. 中期 I。D. 早后期 I, 当常染色体移向两极时, 性染色体 (箭头) 仍位于赤道板中央。E. 末期 I, 7 条染色体的子细胞 (箭头); 6 条染色体的子细胞 (星号)。F. 中期 II。

A - B. Diakinesis, generally, two smaller bivalents have a medial chiasma; the largest one (arrow) with primary constriction in each homologous chromosome is just end-to-end association. C. Metaphase I. D. Early anaphase I, sex chromosome left behind when autosomes moved to the poles. E. Telophase I, daughter cell with 7 chromosomes (arrow); daughter cell with 6 chromosomes (asterisk). F. Metaphase II.

染色体 (图 3E)。

3 讨论

前人对跳虫染色体的研究大都限于染色体数目的记录, 已有的资料表明: 跳虫单倍染色体数目比较少, 同一科内的所有种类其染色体数目几乎都相同; 在节腹亚目中, 通常只有两种基本单倍染色体数目, 如原蜱总科为 $n=7$; 而长角蜱总科中除等节蜱科为 $n=7$ 外, 其余各科均为 $n=6$ 。本文述及的似微小球角蜱属于原蜱总科球角蜱科, 而曲毛裸长蜱则隶属于长角蜱总科长角蜱科。这两种跳虫采自中国, 其单倍染色体数目与国外学者的观察结果相符, 球角蜱科 $n=7$, 长角蜱科 $n=6$, 均为 XO 型性别决定; 再次说明了跳虫染色体数目科内基本恒定。

关于跳虫的减数分裂, 一直以来少有描述。

Dallai et al (1999, 2000, 2001) 在最近对愈腹亚目中几个种类 (*Dicyrtomina ornata*, *Ptenothrix italica*, *Sminthurus viridis*, *Allacma fusca*, *Bourletiella arvalis*) 特殊性别决定的研究中, 简单描述了它们的减数分裂过程; 在这一类群的雄性中, 染色体在分裂前期不进行配对, 没有发生交叉, 这与似微小球角蜱的情况有所不同。另外, Cassagnau (1971) 在对 *Bilobella grassei* (Neanuridae) 生物学特性的研究中, 曾描述过这种跳虫的第一次减数分裂过程; 其分裂前期, 染色体发生配对; 早后期, 性染色体 (XY) 提前移向两极。

将上述作者的工作与我们的观察结果进行比较, 可以看出, 跳虫不同类群的减数分裂行为, 在染色体配对、交叉、性染色体在后期的移动等方面, 出现了不同的结果。这可能与似微小球角蜱、*Bilobella grassei* 和愈腹亚目中的种类分别具有不同

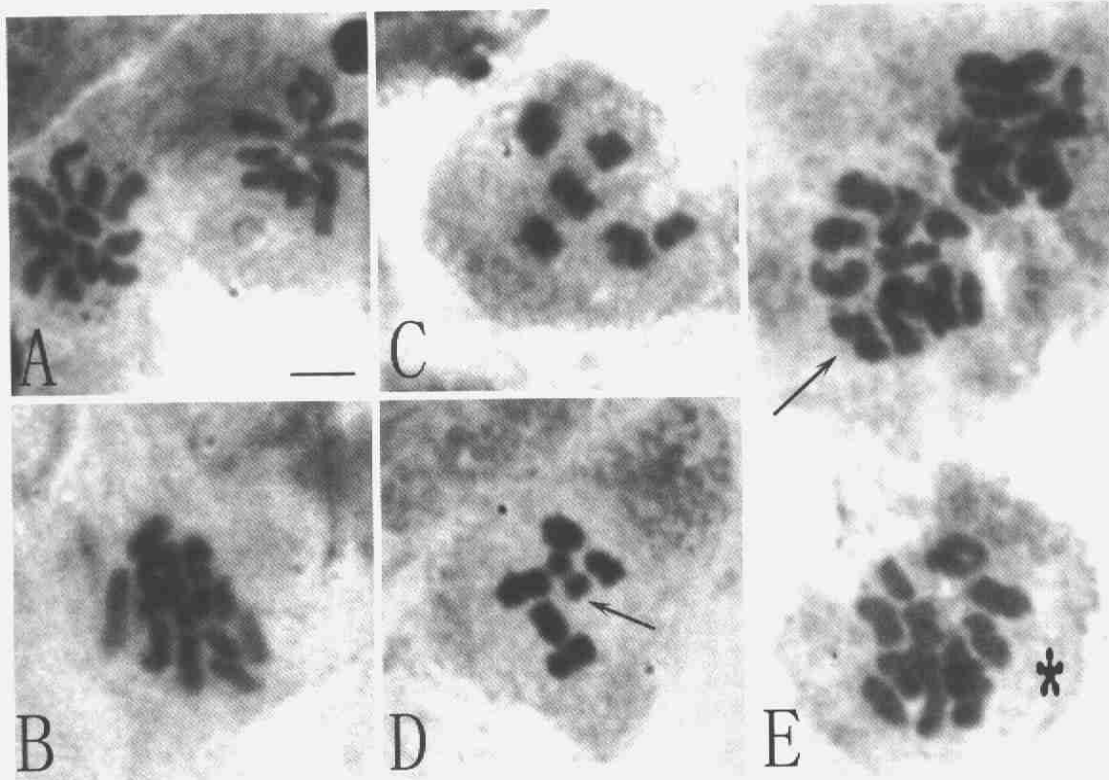


图 3 曲毛裸长蚧的染色体

Fig.3 Chromosomes of *Sinella curviseta*

标尺 (Scale bar) = 5 μm 。

A. 雄性有丝分裂中期, $2n=11$ 。B. 雌性有丝分裂中期, $2n=12$ 。C-D. 雌性减数分裂终变期, 有 6 个共价体, 偶尔也可见有一对染色体分离 (箭头)。E. 一般情况下, 雄性细胞有 11 条染色体 (星号); 少数细胞具有 12 条染色体 (箭头)。

B. Male mitotic metaphase, $2n=11$. B. Female mitotic metaphase, $2n=12$. C-D. Diakinesis in female, six bivalents were visible, occasionally, one pair chromosomes (arrow) separate. E. Generally, in male, $2n=11$ (asterisk); few cell have 12 chromosomes (arrow).

的性别决定机制 (XO、XY、 X_1X_2O) 有关; 不同的性别决定机制, 具有不同的减数分裂行为, 因此, 从进化的角度研究跳虫的减数分裂系统和性别决定也将有助于了解弹尾纲 (目) 各类群之间的系统关系。

由于跳虫终生蜕皮不止, 并且对其减数分裂发生的时间和生理、环境等条件尚不清楚, 这就加大了实验观察的难度。我们在 2003 年 11 月—2004 年 3 月对似微小球角蚧染色体的连续观察过程中, 仅观察到 3 次雄性减数分裂, 而且其几乎是以同步的方式在同一种群内快速 (约 2 d 内) 完成; 跳虫减数分裂所具有的这种快速同步且发生频率较低的特点或许正是其少有描述的重要原因之一。

在曲毛裸长蚧中, 我们观察到存在具 12 条染色体的非整倍体细胞, 类似的异常现象在跳虫中曾

有记录。Núñez (1962) 在对长角蚧 (*Entomobrya pseudodecora*) 染色体的研究中指出: 一般情况下, 雄性有 11 条染色体; 但也观察到具有 12 条或 14 条染色体的精细胞。在跳虫中, 异常的染色体行为似乎并不少见, 除了非整倍体现象外, 超数染色体和多倍体等现象均有报道 (Núñez, 1962; Hemmer, 1990)。

从以上研究结果可见, 在跳虫染色体的研究中仍有许多问题有待阐明, 所以尚有许多工作需要进一步努力去完成。

致谢: 真诚感谢山西大学生命科学与技术学院马恩波教授提供技术指导和帮助, 感谢意大利 Siena 大学 Romano DALLAI 教授馈赠部分文献。

参考文献:

- Cassagnau P. 1971. Biologie de *Bilobella grassei* (Denis) dans la région toulousaine (Collembole Neanuridae) [J]. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **107**: 279 - 294.
- Cassagnau P. 1974. Les chromosomes polytènes de *Neanura monticola* Cassagnau (Collembola): I. Polymorphisme écologique du chromosome X [J]. *Chromosoma*, **46**: 343 - 363.
- Claypole AM. 1898. The embryology and zoogenesis of *Anurida maritima* (Guér.) [J]. *J. Morph.*, **14**: 219 - 300.
- Dallai R. 1979. Polytene chromosomes of some *Bilobella aurantiaca* (Collembola) Italian populations [J]. *Boll. Zool.*, **46**: 231 - 249.
- Dallai R, Fanciulli PP, Frati F. 1999. Chromosome elimination and sex determination in springtails (Insecta, Collembola) [J]. *J. Exp. Zool.*, **285**: 215 - 225.
- Dallai R, Fanciulli PP, Frati F. 2000. Aberrant spermatogenesis and the peculiar mechanism of sex determination in Symphypleona Collembola (Insecta) [J]. *J. Hered.*, **91**: 351 - 358.
- Dallai R, Fanciulli PP, Carapelli A, Frati F. 2001. Aberrant spermatogenesis and sex determination in Bourletiellidae (Hexapoda, Collembola), and their evolutionary significance [J]. *Zoomorphology*, **120**: 237 - 245.
- Deharveng L. 1982. Polymorphism of polytene chromosomes in *Bilobella aurantiaca* (Insecta: Collembola): Study of a population from Sierra de Gredos (central Spain) [J]. *Chromosoma*, **85**: 201 - 214.
- Deharveng L, Lee B-H. 1984. Polytene chromosomal variability of *Bilobella aurantiaca* (Collembola) from Sainte Baume population (France) [J]. *Caryologia*, **37**: 51 - 67.
- Fanciulli PP, Frati F, Dallai R. 1991. The polytene chromosomes of *Canslianura malatestai* (Insecta, Collembola) [J]. *Caryologia*, **44**: 11 - 20.
- Fratello B, Sabatini MA. 1979. Karyotypes and habitat interrelations among soil Arthropoda: Collembola and Protura [J]. *Boll. Zool.*, **46**: 251 - 259.
- Hemmer W. 1990. Karyotype differentiation and chromosomal variability in springtails (Collembola, Insecta) [J]. *Biol. Fert. Soils*, **9**: 119 - 125.
- Núñez O. 1962. Cytology of Collembola [J]. *Nature*, **194**: 946 - 947.