

DOI: 10.3724/SP.J.1005.2012.01628

蝗虫精母细胞减数分裂各时期的识别

刘梦豪, 赵凯强, 王雅栋, 杨梦平, 赵宁宁, 杨大祥

中国农业大学生物学院, 北京 100193

摘要: 蝗虫具有材料易得、染色体大、染色体数相对较少等优点, 被普遍用于观察精子发生中减数分裂各个过程。蝗虫精巢制片简单、快速, 但初学者普遍感到辨别分裂相较为困难。鉴于此, 文章以东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis* (Meyen))精母细胞的减数分裂过程为例, 介绍如何根据染色体的数目及染色体构象, 识别减数分裂各个时期。此外, 文章也简要描述了东亚飞蝗精母细胞的有丝分裂及精子形成过程, 供初学者参考。

关键词: 东亚飞蝗; 减数分裂; 分裂相辨别

Identification of the meiotic events in grasshopper spermatogenesis

LIU Meng-Hao, ZHAO Kai-Qiang, WANG Ya-Dong, YANG Meng-Ping, ZHAO Ning-Ning, YANG Da-Xiang

College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract: The grasshoppers are ideal materials to study various meiotic stages of spermatogenesis due to their easy availability, fairly large chromosomes, and fewer numbers of chromosomes. It is easy to make temporary squash preparation of grasshopper testes; however, it is usually difficult for the beginners to differentiate between stages of meiosis. In view of this, we demonstrated the method of identification of meiotic stages by chromosome number and chromosome conformation, taking spermatogonial meiosis of *Locusta migratoria manilensis* as an example. We described briefly the mitosis of spermatogonia and the spermatogenesis of this species as well.

Keywords: *Locusta migratoria manilensis*; meiotic stages; identification

蝗虫具有材料易得, 染色体大、数目少, 双线期和终变期交叉十分明显(用植物材料则不易看到这个结构), 可以用于分析染色体交叉的结构、分布和频率等优势^[1], 被广泛用于减数分裂过程的观察。但对初学者来说, 制片容易, 准确分辨减数分裂各时

期却很困难。造成这个困难的原因, 除了初学者经验不足、教材说明不充分之外, 还有如下几个原因: (1)曲细精管中同时存在精原细胞有丝分裂, 初/次级精母细胞减数分裂及精子形成(Spermiogenesis)3个过程^[2-4], 容易混淆; (2)植物小孢子母细胞分裂后

收稿日期: 2012-05-25; 修回日期: 2012-07-17

基金项目: 国家基础科学人才基金培养项目(编号: J1103520)资助

作者简介: 刘梦豪, 本科生。Tel: 15501017501; E-mail: menghao921201@163.com

通讯作者: 杨大祥, 副教授, 研究方向: 普通遗传学教学与研究。E-mail: dxyoung@cau.edu.cn

致谢: 张龙教授提供了本实验用的蝗虫, 并在本文写作中提供了非常有益的指导。张美佳教授及刘佳利、陈文峰副教授在本文写作中, 提供了有益的建议, 特此致谢!

2 个或 4 个子细胞由胼胝体包被在一起, 初学者多少可以借助子细胞数及子细胞中染色体的特征判断一个时期属于减数分裂 I 还是减数分裂 II; 而动物精母细胞通过缢缩方式完成一次分裂后两个子细胞往往“各奔东西”, 多数情况下无法借助相邻子细胞的特征来判断分裂时期; (3) 减数分裂是一个连续的动态过程, 分裂相之间逐步过渡, 相邻的时期(如晚双线期与早终变期)之间并没有严格界限; (4) 教学实验中常用一种染料(如醋酸洋红或醋酸地衣红, 石炭酸品红)染色后压片观察, 这种方法仅能提供染色体的形态与数目两个特征, 并不能区分同源染色体或姊妹染色体, 连着丝点这样有助于识别染色体个体性的结构都无法看清。这些因素都决定了识别减数分裂各时期不像区分果蝇的红白眼色那样直观。

国内也有不少实验教材介绍了该实验的操作方法并描述了蝗虫减数分裂的特征, 但多数教材存在两方面的问题: 一是分裂过程的照片不完整, 二是相应的描述太简单, 对初学者帮助不大, 部分教材甚至存在错误。Dyer^[4]、John^[5]、龚玉新等^[6]、王佑举等^[7]描述了不同种的蝗虫减数分裂过程, 尤其是 John 对草地雏蝗(*Chorthippus parallelus*)减数分裂部分过程的描述可谓详尽, 堪称经典。但上述文献描述的减数分裂过程均不完整。姚世鸿^[8]、陈宝瑄^[9]提供了相对完整的精母细胞减数分裂过程图谱, 但对各个时期(尤其是减数分裂 II 各期)识别要点的描述过于简单, 对初学者帮助不大。蝗虫曲细精管中同时存在精子发生(Spermatogenesis)的 3 个过程, 通过观察, 学生不仅可以了解减数分裂过程, 也可以了解减数分裂的上下游过程, 从而对减数分裂在精子发生过程中的位置有清楚的认识。但上述文献对精母细胞的有丝分裂及精子形成过程缺乏详尽的介绍。鉴于此, 本文提供了东亚飞蝗精母细胞减数分裂过程的较为完整的图谱, 在此基础上介绍如何利用不同时期染色体的特征性构象及数目, 分辨不同的分裂相, 并简要地描述精原细胞的有丝分裂及精子形成过程, 以期对初学者提供一些帮助。

1 制片方法

曲细精管不同区域同时进行着 3 个过程。经一些染料(如改良的石炭酸品红)染色后可很清楚地看到一条曲细精管中, 转化区占了近一半(图 1), 转化

区中大量成熟精子与精细胞“稀释”了精母细胞, 在制片时最好将这部分切除。

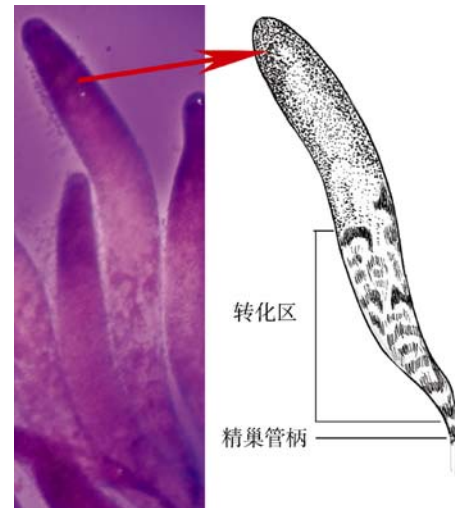


图 1 经改良的石炭酸品红染色后的曲细精管(左)及其结构示意图(右)(显示转化区的位置)

改良的石炭酸品红是非常好的细胞核染色剂^[10], 可使染色体着色深, 显示清晰, 但细胞质几乎不着色, 同时细胞易分散, 便于压片。国内许多教材推荐使用这种染料。但细胞质不着色不利于一些分裂相的认识(在本文精子形成过程图中即可清楚地看到这点)。因此, 如果实验课中用改良的石炭酸品红染色, 最好再用一种既能使染色体清晰着色又能显示细胞质的染料制片, 供学生观察比较。我们尝试了多种染色方法, 认为醋酸地衣红(按醋酸洋红^[10]的配法配制即可, 只是以地衣红代替洋红)效果最好, 其次是乳酸-丙酸-地衣红(配法: 取等份的乳酸与丙酸配制 2%(w/v)的地衣红染液。临用前用蒸馏水将此母液稀释成 45%的工作液)。改良的石炭酸品红染色 5~10 min 即可, 而醋酸地衣红染色时间为 15 min 左右。

完整的制片操作如下: 用钟表镊指钳夹取 3~5 个曲细精管, 在滤纸上吸去曲线精管上的液体后后置载玻片上, 用刀片切去转化区并弃去, 将其他部分投入装有 6~8 μL 染料的 200 μL PCR 管中, 盖盖, 染色。6~8 μL 的染料即能将细胞铺展开, 又不至于使细胞溢出盖玻片(20 mm \times 20 mm)外, 而在 PCR 管中染色可有效防止染料挥发。染毕, 将曲细精管吸到载玻片上, 压片, 用铅笔头或火柴棍等将组织敲散, 最后用指甲油封紧盖玻片的四周(这样可将临时制

片保持几天), 镜检。

对初学者来说, 做这个实验最好以小组(4~5 个学生)为单位, 尽量将各种“疑似”分裂相拍摄下来, 如所用显微镜没有摄影装置, 可用一台普通数码相机(镜头直径不要超过目镜的直径), 通过目镜取像拍摄^[10]。课后集中小组结果在电脑上分析, “拼出”一个完整的减数分裂过程。有些分裂相出现的机率小, 几个学生共享结果增加了观察到这些分裂相的机会; 而一些分裂相“长相”相似, 将这些分裂相放在一起比较才能更好地看出区别; 在“拼图”过程中, 更可能看到同一时期的不同过渡期, 更好地了解这一时期的动态变化。最终挑出的、用于撰写报告的典型的分裂相照片, 可用ACDsee V12这样的软件调节白平衡及曝光, 使色彩更为准确; 用Adobe photoshop之类的图像处理软件进行裁剪、去污等的处理, 使结果更加美观。

2 东亚飞蝗的核型与 C-带带型

蝗虫的性别决定为 XO 型, 也就是对雄蝗虫而言, 有若干对常染色体和一条 X 染色体。不同类型的常染色体, 在同一个分裂时期中构象不同。例如, 中部或近中部着丝粒染色体, 在后期 I 至中期 II 均呈双“V”或双“J”叠加形结构, 而在后期 II 则呈现“V”或“J”形; 端着丝粒则在后期 I 至中期 II 均呈现很粗的棒状、元宝形、V 形或哑铃形, 在后期 II 中呈现棒状或点状(图 2); X 染色体通常是端着丝粒染色体, 在进行减数分裂的精母细胞中, 它的着色通常比常染色体深, 易于识别。常染色体的特征性构象与 X 染色体是我们识别不同分裂时期的主要手段。因此, 弄清一种蝗虫的核型对辨识分裂相是非

常有帮助的。东亚飞蝗雄虫 $2n=23, XO♂$, 也就是 11 对常染色体, 一条 X 染色体。这 23 条染色体中, 8 对常染色体与 X 染色体属于大型或中型染色体, 呈棒状; 3 对常染色体属于小型染色体, 呈点状。这 23 条染色体都是端着丝粒染色体^[11]。为便于初学者理解, 图 3 引用了与东亚飞蝗核型相似的沙漠蝗 (*Schistocerca galle*) 的 C-带结果^[12]供参考。蝗虫的 C-带主要显示为着丝粒带及端带^[13]。



图 3 沙漠蝗的 C-带(引自文献^[6])

图中黑色部分显示端着丝粒带。

3 精原细胞的有丝分裂

精原细胞的有丝分裂见图 4(本文中实验结果照片, 除说明外, 均由改良的石炭酸品红染色)。分裂过程不再赘述, 这里主要介绍它与减数分裂的区别: (1)X 染色体或染色质在有丝分裂中均未表现出较常染色体深的颜色, 通常无法识别; (2)减数分裂中期 I 与 II 与有丝分裂中期的极面观, 虽然染色体均在赤道面上形成一个圆圈, 但有丝分裂的染色体数是 23 条, 而减数分裂则最多能数出 12 条, 两者在数量上有显著的区别; 在形态上, 有丝分裂的中期染色体较减数分裂的中期染色体长, 与减数分裂中期 I 与 II 的染色体区别较大, 与下文中的图做一对照即知。减数分裂与有丝分裂后期的染色体的数目与形态的区别亦复如此。这样就能将减数分裂与有丝分裂的细胞区分开来。

4 减数分裂分裂相的辨识

图 5 与图 6 分别显示东亚飞蝗精母细胞减数分裂 I 与 II 的分裂相。图中显示不少过渡时期以便读者了解染色体的动态变化, 同时也展示了一些时期

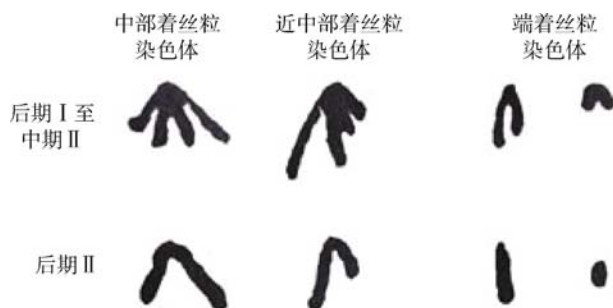


图 2 着丝点位置不同的染色体在减数分裂不同时期的构象(图中染色体引自文献^[4])

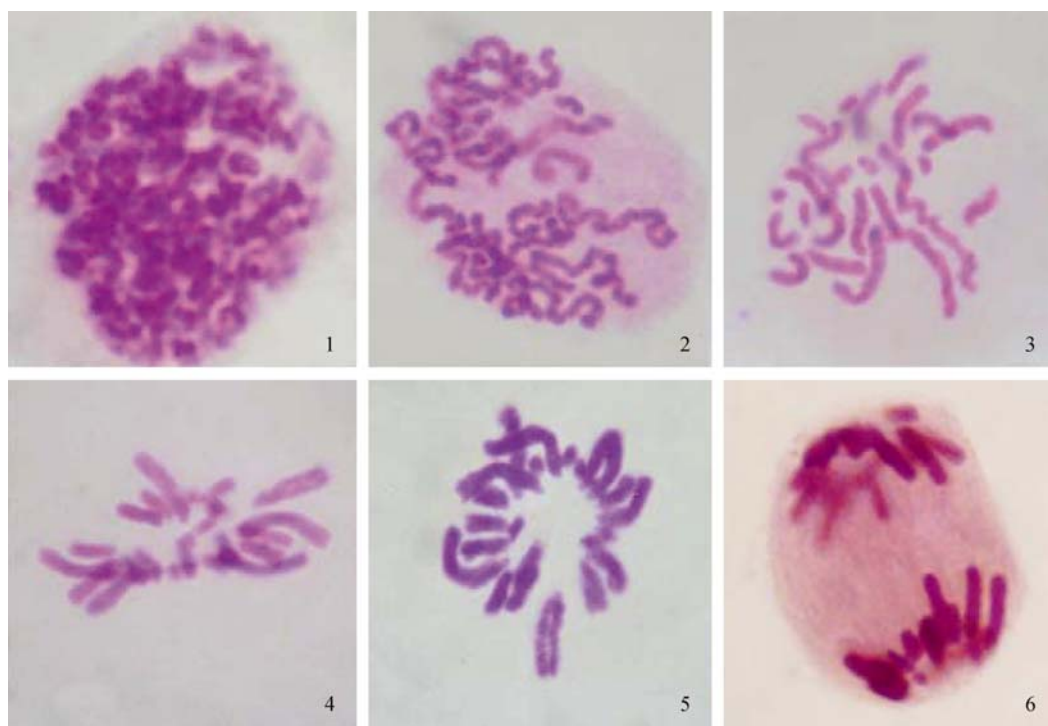


图 4 东亚飞蝗精原细胞的有丝分裂

1: 间期; 2: 前期; 3: 前中期; 4: 中期(侧面观); 5: 中期(极面观); 6: 后期(醋酸地衣红染色)。

不同视角的观察结果, 使读者对这个时期有个全面了解。减数分裂不同时期的识别要点如下。

4.1 减数分裂

4.1.1 前期 I

前期 I 中可以非常明显地看到染色体从细到粗、从不可识别个体到个体清晰可见, 然后再从长到短的动态变化。前期 I 的显著特征是 X 单价体从一块深染的染色质块, 逐渐打开折叠, 变成一条深染的、表面光滑的棒状染色体。

细线期(图 5-1)细胞的特征是由一团常染色质细丝及一团异固缩的 X 染色体构成, 常染色质细丝无法分辨。偶线期(图 5-2,3)细胞核体积增大, 常染色体明显比细线期的染色体要粗, 仔细分辨可见配对的同源染色体(图中箭头所指), 这种配对到偶线期的晚期、粗线期的早期可以看得非常明显(图 5-4), X 单价体依然呈现为一个深色的染色质块。

粗线期(图 5-4,5,6)由于二价体进一步缩短变粗, 并逐渐向整个细胞核分散, 同时联会复合体完全形成, 常染色体显得较粗, 染色体可以逐个识别。X 染色体打开折叠, 形成“P”形结构, 染色很深, 臂上

很光滑, 没有常染色体上的那种绒毛结构。二价常染色体从粗线到终变期, 都可见绒毛状的灯刷结构, 但 X 染色体却始终是光滑的。

双线期(图 5-7,8)是容易识别却难“解读”的一个时期。容易识别是因为是常染色体上出现明显的“V”、“X”、“十”、“—”等形态的交叉。在不同细胞中, 同一染色体交叉的位置不同。此期紧接粗线期, 染色体长短、粗细与粗线期相当或略短。在一些二价常染色体上可以清楚地看到 4 条染色单体, 交叉逐步端化。X 染色体完全打开, 呈一深染的光滑的棒状, 其上没有交叉。

由于用改良的石炭酸品红或醋酸地衣红染液无法清晰显示着丝粒的位置, 使“解读”双线期染色体的构象比较困难。但是仔细分辨还是能读懂部分构象(图 5-8 上的图解), 解读这些构象对于深入了解交叉与交换非常有帮助。

将终变期(或称浓缩期, 图 5-9,10)放在双线期与中期 I 的极面观之间进行比较, 就容易识别与理解了。此期常染色体上同样存在交叉, 但与双线期比, 染色体更短更粗, 染色体表面的绒毛状结构非常明显, 长度、粗细接近于中期 I。交叉进一步端化, 数

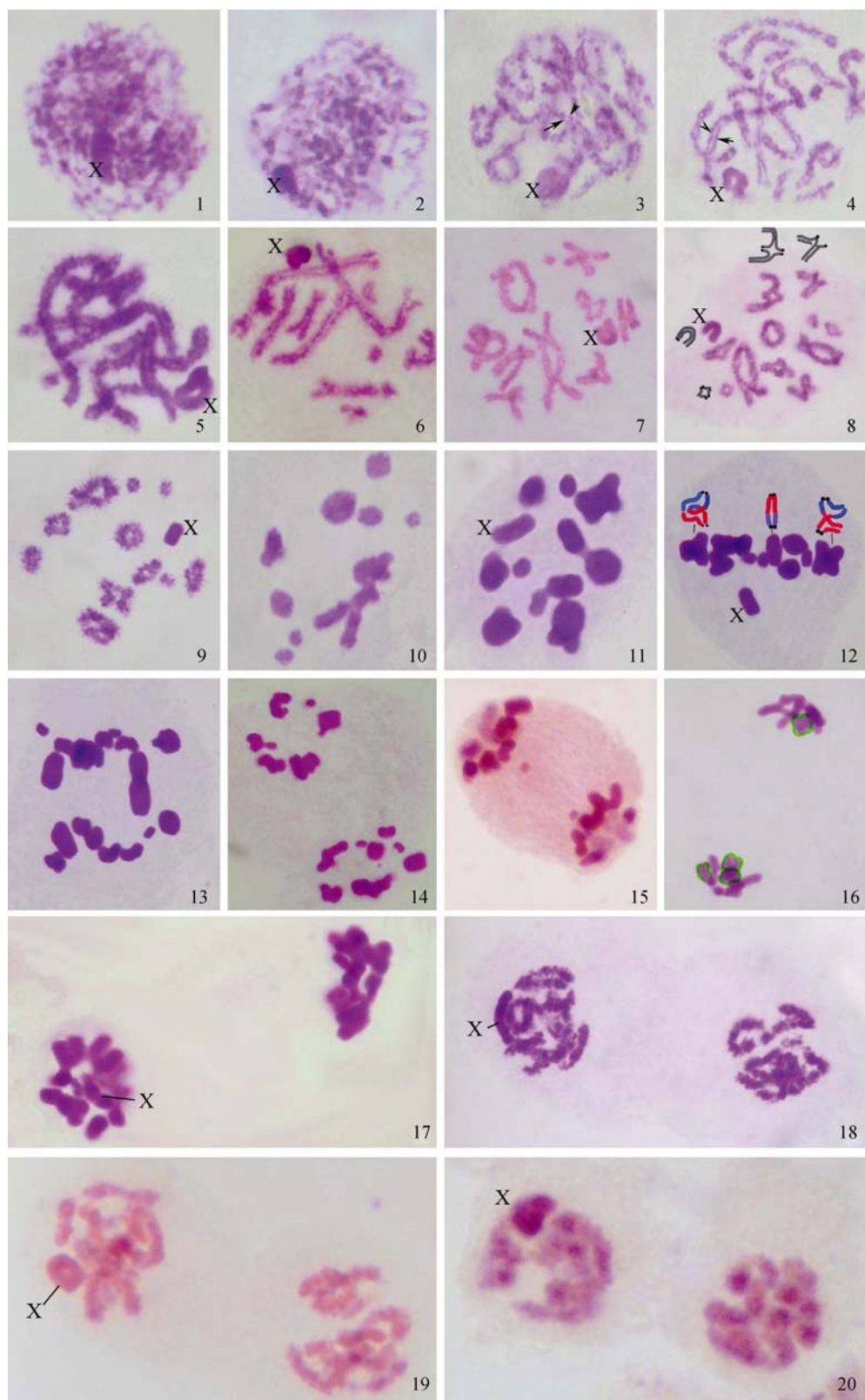


图 5 东亚飞蝗减数分裂 I

1: 细线期; 2, 3: 偶线期; 4: 早粗线期; 5, 6: 粗线期; 7, 8: 双线期; 9, 10: 终变期; 11: 中期 I(极面观) 12: 中期 I(侧面观); 13~17: 后期 I。为便于理解, 16 中以绿色勾画出部分染色体的轮廓; 18~20: 末期 I。15、19、20 为醋酸地衣红染色结果。

目减少,通常为 1~2 个。X 单价体也缩短变粗,但仍为深染的光滑直棒。

4.1.2 中期 I (metaphase I)

在我们这个例子中,中期I(图 5-11,12)的染色体是有丝分裂与减数分裂过程中,最粗、最短、最圆的,是终变期交叉端化、继续浓缩的产物,仍保留有部分交叉。常染色体边缘变光滑,绒毛状灯刷结构消失,形成一团团的“颜料疙瘩”。这些“疙瘩”从其侧面看,排成一条线,通常可见落后的X染色体,非常容易识别。但并非所有蝗虫的中期都像东亚飞蝗这样,一些种(如沼泽蝗*Stethophyma grossum*)的端着丝粒染色体,在靠近着丝粒的位置上发生了交换,结果形成如图 6 所示的V形结构^[4]。

中期 I 极面观由于缺乏着丝点的证据不容易解读,但是侧面观是比较容易解读的,因为着丝点的方向是朝向两极的。尝试解读这些构象可以加深对交叉互换的理解(图 5-12 上的图解)。

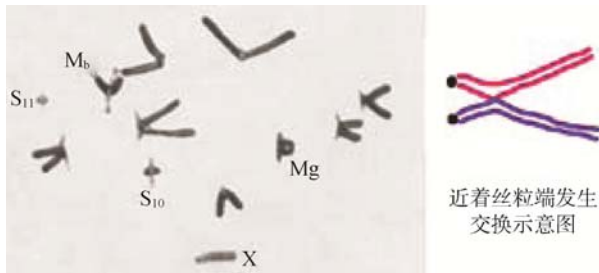


图 6 沼泽蝗*Stethophyma grossum*中期I染色体构象及其V字形构象形成原理解释(左图引自文献^[13])

4.1.3 后期 I (anaphase I)

后期标志性的结构是两组染色体拉向两极,实验中看到的大多是这种侧面观。判别后期 的技巧之一是计数:两极的染色体数分别是 11 与 12。但这一点通常难以做到。一个简单的办法是看染色体的构象,这点在前文已经谈过。东亚飞蝗的染色体全部是端着丝粒染色体。在后期,姊妹染色体由着丝点连接在一起,形成很粗的棒状、元宝形、哑铃形、V 型。从图 5-14,15 可以看出,两极的染色体并不是在一个平面上,而是像中期那样,排布在两个圆形的面上。图 5-16 呈两朵遥相呼应的莲花状的分裂相也是我们在制片中常遇到的。仔细看两朵“莲花”的“花瓣”,可以找到元宝型的染色体(图 5-16 中用绿

色线标出者),所以这个细胞也是后期I的细胞。染色体到达两极后逐渐解体、变模糊(图 5-17)。有些文献,如Martin^[1]将图 5-16 及图 5-17 的分裂相判为末期I。从我们的结果看,图 5-14 到 5-17 中的染色体构象与末期I(见下文)染色体的构象有很大区别,且此时似乎没有看到细胞缢缩分裂的迹象(图 5-15)。所以,我们认为,这几个细胞应该同属后期I的晚期,而非末期I。

4.1.4 末期 I (telophase)

很明显看到两个缢缩分裂的细胞,染色体在这个时期逐渐伸长、变细、变模糊,但 X 染色体依旧没有解体,着色很深(图 5-18,19,20)。因此,深染的 X 染色体成了判断这个时期的关键指标。由于雄蝗虫的性别决定是 XO,因此,末期 I 的两个正在缢裂的细胞中,只有一个细胞具有 X,另一个细胞没有。这是此期标志性的特征。大量观察的结果表明,在这个时期, X 染色体有 3 种折叠形式:一种是棒状,一种是 O 型,一种是深染的块状。我们判断这分属于末期 I 的 3 个亚期,在这 3 个亚期中棒状的染色体逐步折叠回块状,直至在间期 II 形成一个深染的点状。综观蝗虫减数分裂的整个过程中 X 染色体的形态,我们可以推测,它存在着折叠、打开、再折叠、再打开、最终折叠成一个点状染色体的过程。在前人的文献中似乎没有见到类似的报道。

4.2 间期 (interphase)

东亚飞蝗在减数分裂 和 之间存在间期。在该时期,光镜下不能观察到染色体的形态,只能见到一些染色质丝。仔细观察细胞,还能见到没有解聚的染色体的轮廓。间期 细胞分为两类(图 7-2):存在/不存在染色很深的由 X 染色体凝缩形成的点。这两种形态也是细胞已经分裂的证据之一。末期的细胞如何逐步过渡到间期,又如何从间期 逐步过渡到前期?因未见到相关文献也没有实验证据,我们推测图 7-1 及 7-3 是可能的分裂相。

4.3 减数分裂 (meiosis)

减数分裂 的各时期都存在着两种类型的细胞,一类含有 X 染色体,另一类不含 X 染色体。因而结合细胞内染色体的形态与数目是对各时期进行判定的关键。

4.3.1 前期 II (prophase II)

染色质凝缩成可见的染色体, 每条染色体具有两条姊妹染色单体, 各条染色体之间可以彼此区分开来, 染色体数目为 11 或 11+X(图 7-4)。间期 X 染

色体呈现块状, 而此时的 X 染色体呈豆荚状, 因此推测由间期 到前期 应该有一个重新打开 X 染色体的过程。但在这次实验中我们没有观察到这个过渡时期。

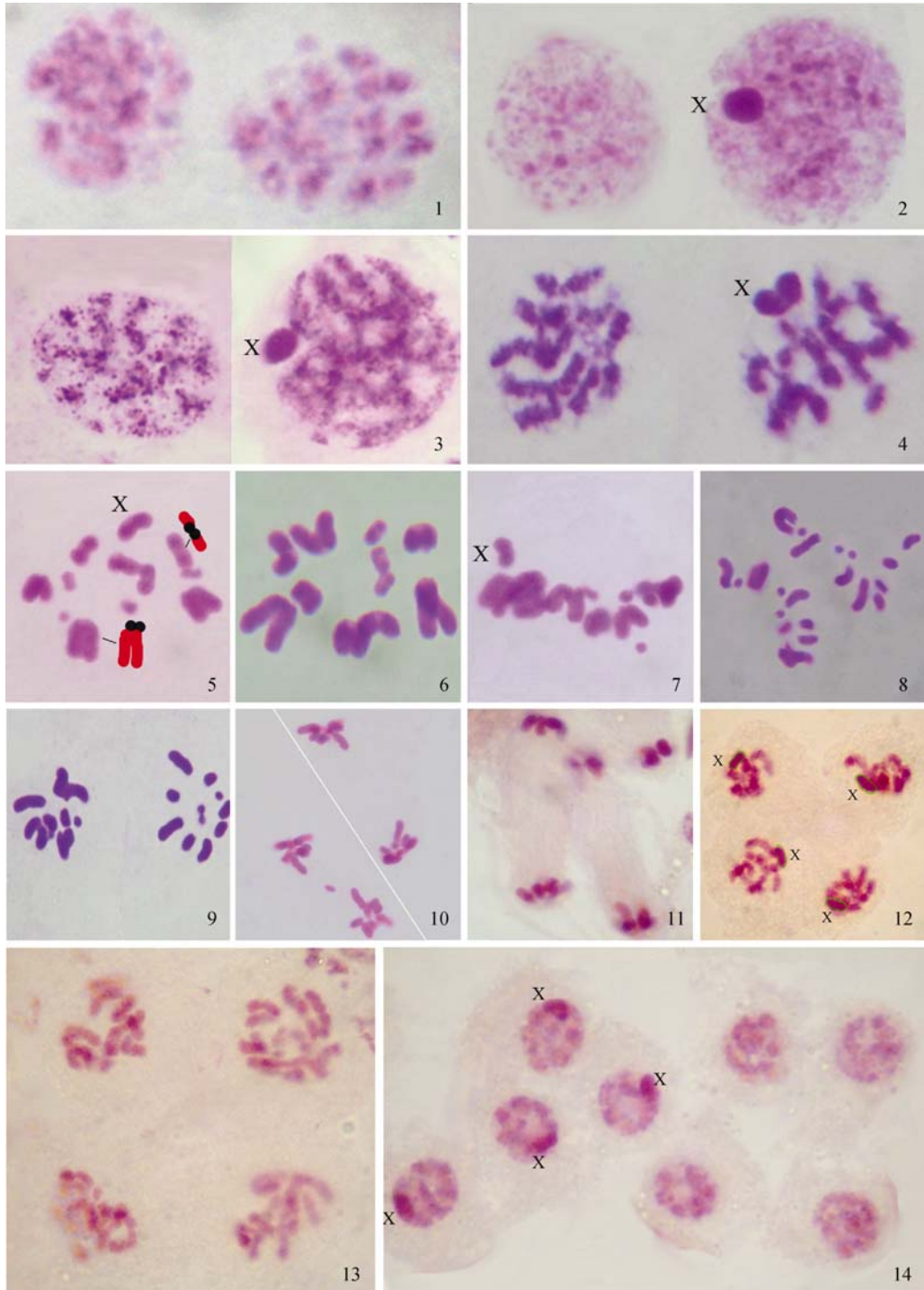


图 7 东亚飞蝗减数分裂间期 及减数分裂

1: 末期 I 向间期 过渡(?); 2: 间期 ; 3: 间期 向前期 过渡(?); 4: 前期 ; 5-6: 中期 II(极面观); 7: 中期 (侧面观); 8~11: 后期 ; 12~14: 末期 。11~14 是醋酸地衣红染色结果。

4.3.2 中期 II (metaphase II)

中期 (图 7-5,6,7)的染色体在形态上与中期差别很大,与后期 非常相似,因此,在用改良的石炭酸品红染色、细胞质不明显时,初学者常将后期的两极误当成两个中期 细胞。这时姊妹染色体依旧没有分开,它们之间通过着丝点相连,但一些姊妹染色体间的张角要比后期 时大,在这个例子中,端着丝粒染色体呈明显的 V 型、元宝型、短棒型,这种构型在此期的侧面观(图 7-7)也可看到,从侧面观还可以看到 X 染色体滞后的现象。图 7-5 上的图解是对 V 字形与短棒型染色体结构的解释,图解中黑色的点代表着丝粒。

4.3.3 后期 II (anaphase II)

在此期着丝点分裂,染色单体分离,分别在纺锤丝的牵引下移向细胞两极。在这个例子中,两端的端着丝粒染色体为棒状与点状(图 7-8,9)。图 7-10 与图 7-11 也属于这个时期。为什么呢?与图 5-16,17 相比,我们在“莲花瓣”结构中非常明显看到棒状的染色体臂,但找不到元宝型染色体。与后期 晚期相似,在后期 II 晚期,染色体亦逐渐变模糊(图 7-11)。

4.3.4 末期 (telophase)

到达细胞两极的染色体逐渐解旋,细胞中的常染色体变模糊,越到晚期常染色体越模糊。但深染的、豆荚状的 X 染色体依旧清晰可见。这个时期的细胞的识别要点是:两个或 4 个正在分裂的细胞要么都具有、要么都没有 X 染色体。这是末期 II 特征性标志(图 7-12,13,14。图 7-12 中用绿色线标出者为 X 染色体)。

5 精子形成

减数分裂 形成的圆形精细胞,在生精细胞内相关基因等的调控下,完成细胞变态及核蛋白的表观遗传修饰,最终形成成熟的精子^[15,16]。从形态上看,东亚飞蝗的精细胞,细胞质逐步丢失,头部逐步地从圆形,经历椭圆形,梭形,最后形成针状的成熟精子^[2],这一过程可以从图 8-1 至图 8-9 改良的石炭酸品红染色的结果中很直观地看出来。图 8-1 至图 8-9 的结果再次显示了改良的石炭酸品红着色深、背景清晰的优点。但是这个结果却很容易让学生误认为蝗虫的精子是没有尾部鞭毛结构的。而用醋酸地

衣红等能使细胞质着色的染料染色,则可以清楚地看到圆形精细胞长出的游丝(图 8-10 至 8-12)及精子的尾部(图 8-13 至图 8-15)。这也就是本文开头谈到的改良的石炭酸品红的一个不足。

圆形的精细胞与间期 的细胞十分相似,它们也有两种类型的细胞:含 X 和不含 X。但二者之间有所区别:精细胞比间期 的细胞要小很多,同时精细胞较间期 细胞染色要深。这两者之间的区别从图 9 中可以直观地、明显地看出来。比较减数分裂 I 与 ,可以看出,从中期 I 到间期 与从中期 到精细胞这两个过程非常相似,似乎是一个对称的过程。

6 结 语

蝗虫作为减数分裂观察的一种经典材料,已被广泛应用于各大院校的遗传学实验教学中。长期的教学实践表明,观察蝗虫精母细胞减数分裂过程是一个操作十分简单但“解读”十分复杂的实验。我们发现,在实验前,不少初学者对减数分裂过程及染色体的了解往往是通过理论教材的模式图建立的。在实际观察中,他们往往无法将显微镜下复杂多变的染色体形态、结构与理论知识联系起来。此外,国内的很多教材在学生最需要指导的分裂相解读这一部分写得过于简单,学生理解困难。有的学生或许能找到与教材上相似的分裂相,但却知其然而不知其所以然。为此,我们从大量的实验照片中,筛选、整理出了相对完整的东亚飞蝗的减数分裂及精原细胞有丝分裂过程和精子形成过程图,并对这些过程进行较为详细的解读,希望对初学者有所帮助。我们的实践表明,只有当学生在显微镜下真正看懂分裂相时,才能够收到良好的教学效果。这个例子也说明,实验教材的写作应该从学生的实际情况出发,从初学者能理解、接受的角度入手,在一些细节上给予学生较为详细的指导,这样才能够写出真正有益于学生的教材。

在文献^[4,5]中,作者都没有描述末期 I 与 II 的特征。而有些作者(如 Martin^[11]及在 <http://www.vcbio.science.ru.nl/en/image-gallery/show/labels/AN0098/> 上的飞蝗减数分裂过程照片,这张照片在不少教学机构中广泛流传),都将染色体移到两极但细胞没有缢缩的分裂相当成末期 I 或 II,我们的观察表明,这

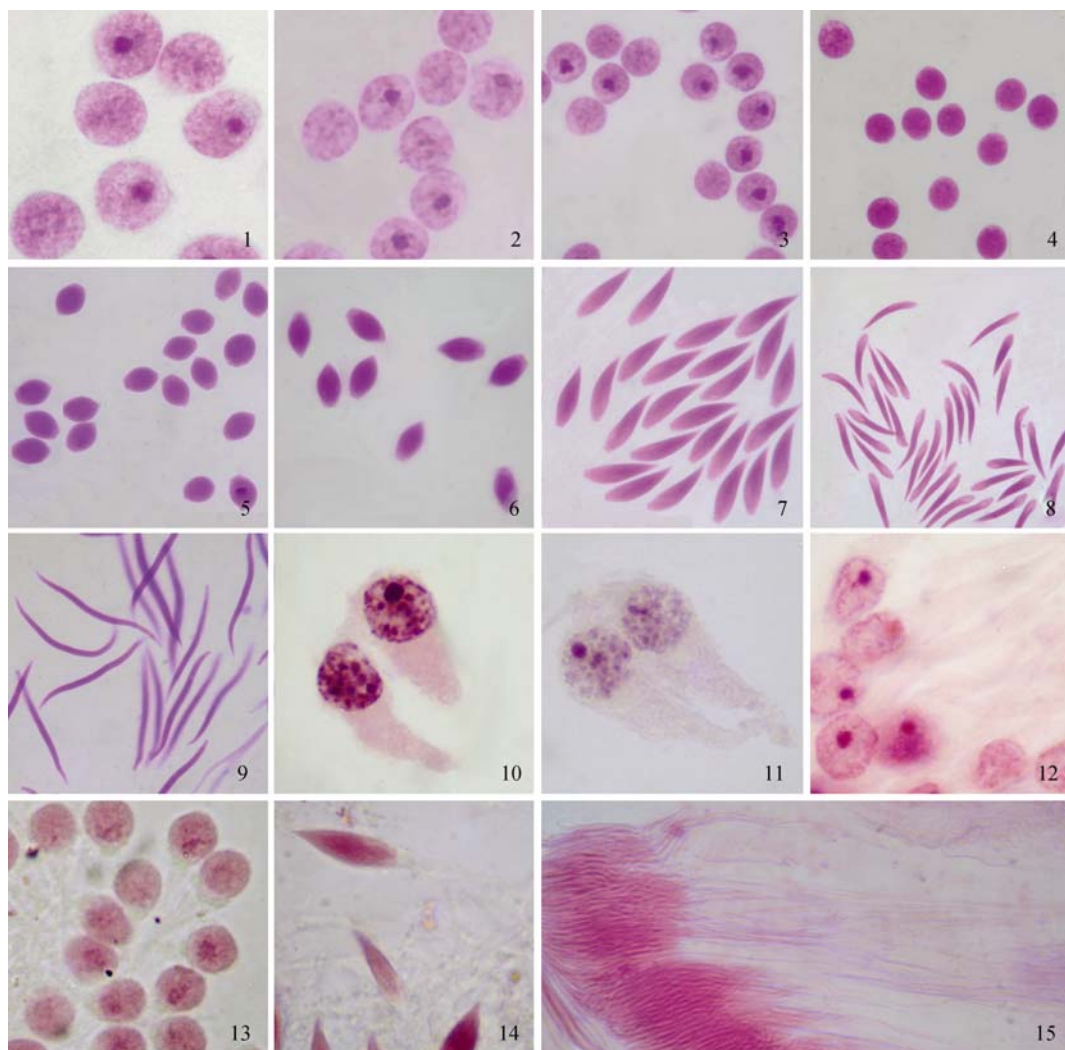


图 8 东亚飞蝗精子形成过程

1~3: 圆形的精细胞, 虽然这 3 种细胞在形态上都呈圆形, 但在大小及着色的深浅上并不相同; 4~8: 精细胞逐步脱水, 形成梭形精细胞; 9: 最终形成的针状精子; 10~12: 醋酸地衣红染色后, 显示出圆形精细胞长出各种长度的游丝; 13~15: 醋酸地衣红染色后, 显示出精子的尾部。

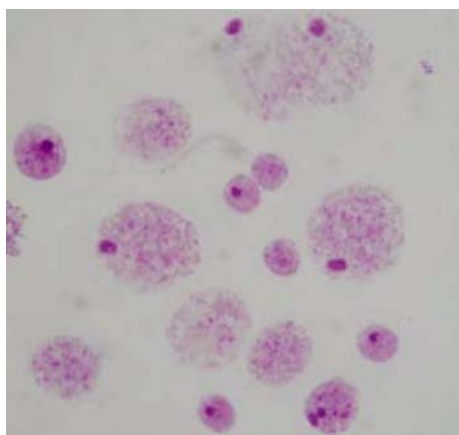


图 9 间期 II 细胞与精细胞的比较

图中大而浅染的细胞是间期 II 细胞, 小而深染的则是精细胞。些文献界定的末期 / 似乎应该属于后期 / 的晚期, 而末期 / 另有细胞学特征很明显的分裂相, 且末期 似乎不是一个单一的阶段, X 染色体在此阶段逐步折叠, 从线状变成点状。而从理论上推断, X 染色体从间期 到前期 也有一个重新打开折叠的过程, 而在末期 到精细胞的形成过程中, X 染色体又重新折叠成点状。但在这个工作中, 我们没有观察到这些过渡时期。

参考文献(References):

- [1] Martin JM. The use of grasshopper chromosomes to dem-

- onstrate meiosis. *Tuatara*, 1970, 18(1): 1–12. [DOI](#)
- [2] 郭郭, 陈永林, 卢宝廉. 中国飞蝗生物学. 山东: 山东科学技术出版社, 1991. [DOI](#)
- [3] 赵卓, 任炳忠, 奚耕思. 绿牧草蝗精子发生观察. 吉林农业大学学报, 2005, 27(6): 603–605. [DOI](#)
- [4] Dyer AF. Investigating Chromosomes. London: Edward Arnold, 1979. [DOI](#)
- [5] John B. Meiosis. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 29–102. [DOI](#)
- [6] 龚玉新, 吴丹丹. 蝗虫的减数分裂观察. 生物学通报, 2008, 43(4): 56–58. [DOI](#)
- [7] 王佑举, 贾玉珩. 蝗虫减数分裂的观察. 生物学通报, 1985, (12): 41, 47. [DOI](#)
- [8] 姚世鸿. 云斑车蝗精母细胞减数分裂过程的观察与分析. 贵州师范大学学报(自然科学版), 1994, 12(1): 27–32. [DOI](#)
- [9] 陈宝瑄. 蝗虫生殖细胞减数分裂及精子形成标本的制作与辨认方法. 河北医学院学报, 1986, 7(1): 47–78. [DOI](#)
- [10] 杨大翔. 遗传学实验(第二版). 北京: 科学出版社, 2009: 80–90.
- [11] 贾潇凌, 马恩波. 斑翅蝗科部分种属细胞分类学的研究. 山西大学学报(自然科学版), 1998, 21(3): 291–296. [DOI](#)
- [12] de Souza MJ, de Melo NF. Chromosome study in *Schistocerca* (Orthoptera-Acrididae-Cyrtacanthacridinae): Karyotypes and distribution patterns of constitutive heterochromatin and nucleolus organizer regions (NORs). *Genet Mol Biol*, 2007, 30(1): 54–59. [DOI](#)
- [13] 马恩波, 姚爱玉. 蝗虫染色体分带技术的研究. 遗传, 1999, 21(3): 28–30. [DOI](#)
- [14] Perry PE, Jones GH. Male and female meiosis in grasshoppers. I. *Stethophyma grossum*. *Chromosoma*, 1974, 47(3): 227–236. [DOI](#)
- [15] 葛少钦, 康现江, 刘桂荣, 穆淑梅. 精子发生过程中的相关基因. 遗传, 2008, 30(1): 3–12. [DOI](#)
- [16] 葛少钦, 李建忠, 张晓静. 精子发生过程中组蛋白甲基化和乙酰化. 遗传, 2011, 33(9): 939–946. [DOI](#)

• 综合信息 •

2012 年《遗传》第 12 期封面说明

蝗虫材料易得, 染色体大, 染色体数目相对较少, 双线期和终变期交叉明显, 可以用于分析染色体交叉的结构、分布和频率, 是观察减数分裂过程中染色体动态变化的理想材料。在蝗虫的曲细精管中同时存在精子发生的 3 个过程, 即精原细胞有丝分裂, 初/次级精母细胞减数分裂及精子形成。国内外不少文献介绍了蝗虫染色体标本制备的方法并描述了其减数分裂的特征, 但多数文献存在两方面的问题: 一是分裂过程的照片不完整, 二是相应的描述太简单, 对初学者帮助不大, 部分教材甚至存在错误。在本文中, 我们构建了相对完整的东亚飞蝗(*Locusta migratoria manilensis*)的精子发生图谱, 对精子发生的 3 个过程的特征及识别要点进行了较为详细的描述, 重点介绍了如何根据染色体的数目及不同时期染色体的特征性构象, 将有丝分裂与减数分裂过程, 尤其是减数分裂的各个过程区分开, 以期对初学者提供一些帮助。封面图片展示的是精子形成过程中, 精细胞的细胞质逐步丢失, 头部逐步地从圆形, 变成椭圆形, 梭形, 最后形成针状的成熟精子的过程。由于使用改良的石碳酸品红染色, 精细胞及精子的尾巴未能显示。详见本期第 1628~1637 页刘梦豪, 赵凯强, 王雅栋, 杨梦平, 赵宁宁, 杨大祥的文章“蝗虫精母细胞减数分裂各时期的识别”。

(刘梦豪, 杨大祥)