



# 细胞减数分裂模型的建立与拓展应用

赵 丰

(福州高级中学,福建福州 350007)

**摘 要:** 减数分裂是高中生物必修 2 中的重难点内容。为了能加深学生对减数分裂过程的理解并形象说明配子中染色体组合的多样性,经过反复实践与探索,可建立直观形象、动态变化的模型。在模型建立中,学生动手参与,更能深入理解减数分裂过程和结果。

**关键词:** 细胞;减数分裂;模型;滤纸;染色体

**文章编号:** 1004-2326(2017)03-0037-03

减数分裂是人教版高中生物必修 2 教材中的一个重点和难点内容<sup>[1]</sup>。为了能加深学生对减数分裂过程的理解并形象说明配子中染色体组合的多样性,笔者经过反复实践与探索,建立起一个直观形象、可动态变化的模型。

## 1 实验材料

### 1.1 毛根

在建立减数分裂染色体变化的模型实验中,橡皮泥用于模拟染色体,但在实际教学中存在难以移动、无法体现染色体的化学组成、结构及其变化等问题。为此,笔者选择毛根模拟染色体。毛根(又叫毛条、扭扭棒)是一种常见易得、价格低廉、颜色多种的儿童手工材料。从外形上看,它由两股细软铁线缠绕及其所夹杂的毛绒组成,可形象地用于表示组成染色质主要成分中的 DNA 和蛋白质。从特性角度看,它柔韧性强,容易固定、变换和保持形态,既可通过扭曲缠绕构成大小不一、形态各异的染色体,又可在扭曲和拉升的过程中模拟分裂时短杆状的染色体和细丝状的染色质相互转化的现象。可见,毛根是模拟染色体的理想材料。

### 1.2 圆形定性滤纸

圆形定性滤纸是生物实验室常用的一种实验材料,可用于模拟动物细胞。在动物细胞减数分裂的过程中,细胞的大小会发生一定的变化,特别是在卵细胞形成的过程中出现了不均等分裂。因此可选择不同规格(如  $\Phi 12.5$  cm,  $\Phi 11$  cm,  $\Phi 9$  cm)的圆形滤纸片及其重叠组合来模拟动物细胞。在实验过程中,用铅笔仅在圆形滤纸片的极小范围上画中心体,并不影响大部分滤纸的功能,因此,使用后仍可用于其他生物实验(如纸层析),不会造成实验材料的浪费。

### 1.3 其他材料

黑色细棉线用于模拟由中心体发出的星射线构成的纺锤体。

## 2 方法步骤

以下操作以含有两对同源染色体的精原细胞减数分裂为例。

### 2.1 染色体模型制作

首先,选取两种颜色、长 30 cm 的毛根各两条,根据滤纸片大小和所要制作染色体大小用剪刀在每条毛根相同位置剪断,得到 4 条等长的两组毛根。其次,取等长的 4 条分别在相同位置除去相同长度的毛绒,露出铁线丝,这样就将毛根分为铁线区域和毛绒区域。将铁线区域沿签字笔芯缠绕两圈后打个结(以防止细线牵拉导致变形),用于代表染色体上的着丝点,将有毛绒部分沿着圆珠笔芯缠绕若干圈,这样就建立起短杆状染色体模型。再次,取 4 条等长的黑色细棉线,分别将其一端连结在染色体模型中的着丝点上,用于代表附着星射线的染色体。最后将上述 4 个染色体模型按相同的颜色进行两两嵌合,这样就构成一对含有姐妹染色单体的同源染色体(图 1)。另外 4 条等长的毛根同样再按上述方法建立一对同源染色体(大小形态有别于上述染色体),这样就建立起了两对同源染色体的模型。为便于区分细线,可根据染色体模型大小和颜色,将每条染色体上的两条细线分别标记为大红 1、大红 2、小红 1、小红 2……。

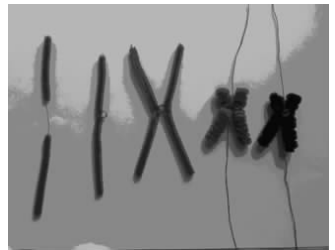


图 1 制作同源染色体模型



### 2.2 分裂的细胞模型制作

选取直径为 12.5 cm 和 11 cm 的圆形滤纸片各两张，在每张滤纸上均用铅笔画上一个中心体并用小刀在同样的中心粒下方刻画一条线。

### 2.3 减数分裂过程演示

在减数分裂过程中，染色体只复制一次，细胞连续分裂两次。为此，笔者分两个时期讲述模型的演示动态过程。

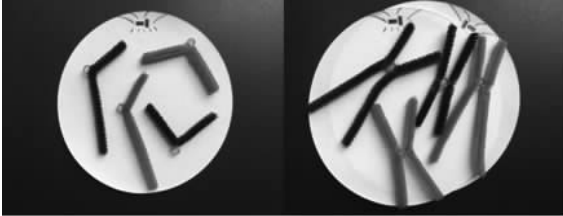


图2 4条染色质模型示意图

(1) 减数第一次分裂。第一，如图2所示，在两张完全重叠的直径为 12.5 cm 的滤纸片上放置 4 条染色质模型。移动滤纸片，露出另一个中心体模型并按颜色和大小将同类型染色质模型进行嵌合，以此来表示间期精原细胞经染色体复制后形成体积略微增大的初级精母细胞。第二，将上述 4 条染色质模型按上文中的染色体模型制作方法做成两对有着丝点附着同源染色体模型。每条染色体模型中标记为 1 的细线均穿过一极中心体，标记为 2 的细线均穿过另一极中心体。这样就建立起准备进行减数第一次分裂的细胞模型，如图3所示。

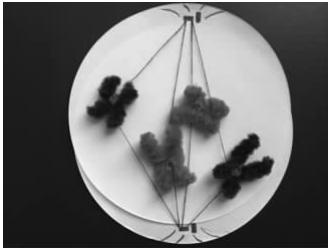


图3 示意图

第三，在一极牵拉细线大红1和大蓝1，在另一极牵拉细线小红2和小蓝2，使相关染色体模型排列在一起并偏向一极，以此来表示同源染色体联会。此时可将同源染色体模型部分相同区段进行交叉用于表示交叉互换，如图4所示。第四，改变牵拉的细线，可在一极分别牵拉细线大红1和小蓝1，另一极牵拉细线小红2和大蓝2，使相关染色体模型组合在一侧，以此来表示非同源染色体自由组合。在此基础上继续牵拉，使它们排列在细胞中央的两侧。第五，继续牵拉上述两极的细棉线并移动重叠的滤纸片来表示同源染色体分开向两极移动。最后，当原先重叠的两个滤纸片完全分开后，在每张滤纸片上就有两条大小形态不同的染色体模型，即可表示完成减数第一次分裂。因为在减

数第一次分裂过程中非同源染色体自由组合和同源染色体交叉互换，所以分裂结束后可形成几种类型的子细胞，如图5所示。



图4 交叉互换示意图

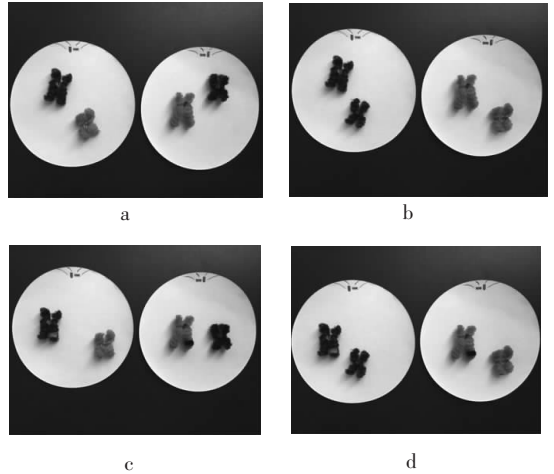


图5 不同类型的子细胞

(2) 减数第二次分裂。将图5中的任意一组非同源染色体组合模型转移到直径为 11 cm 的重叠圆形滤纸片上，将每条染色体上的两条细线分别穿过两端中心体开口，即可建立起减数第二次分裂前期的细胞模型，如图6所示。通过牵拉细线来移动染色体模型，使染色体模型中的着丝点位于细胞中央，以此表示非同源染色体的着丝点排列在赤道板上。轻轻掰开模型嵌合处，稍微调整染色体模型，移动滤纸片并逐步牵拉两端细线，以此表示着丝点分裂和染色体在纺锤体牵引下向两极移动。当重叠滤纸片完全分开且染色体模型均被牵拉到两极后拉伸毛绒区域内的毛根，以此表示结束分裂，如图7所示。

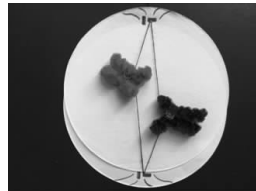


图6 第二次分裂前的细胞模型



图7 分裂结束后的形态

在卵细胞形成过程中出现了不均等分裂的现象，



为了体现分裂过程中细胞大小的变化,可使用画有中心体的直径为 11 cm 和 12.5 cm,两张直径为 9 cm、11 cm 和 9 cm 等 3 种重叠圆形滤纸片分别模拟准备分裂的初级卵母细胞、第一极体、次级卵母细胞这 3 种细胞。

### 3 实验拓展

在实践过程中,笔者略作调整、改变和补充,发现还可用于建立以下 3 种模型。

#### 3.1 建立有丝分裂的模型

在图 3 中通过改变染色体排布、牵拉两极细线并同时移动滤纸片等方式可展示有丝分裂变化过程。同时,将圆形滤纸片改为长方形滤纸片,两极不画出中心体,当着丝点分裂和染色体向两极移动时,可在滤纸片中间位置用两把小刀轻轻地由里向外割开,以便用于表示植物细胞有丝分裂过程。

#### 3.2 建立基因与染色体关系的模型

可以选择浅色系的毛根,用不同颜色的彩笔在不同区段涂色,建立基因在染色体上的模型,同种颜色彩笔在毛根相同位置上画出深浅不同的区段来表示等位基因,如图 8 所示。这样就既可用于表示同源染色体和姐妹染色单体上相同位置的基因类型,又将其用于演示减数分裂过程,从而形象展示基因与染色体是平行关系,进一步加深学生对遗传定律的细胞学基础的理解。

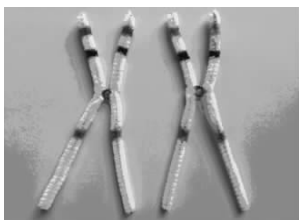


图 8 等位基因

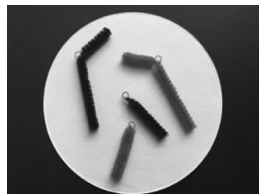
#### 3.3 建立变异类型的模型

可遗传的变异分为基因突变、基因重组和染色体变异。基因重组上文已经做详细说明,这里不再列举。基因突变的结果出现了等位基因,可在染色质模型的染色单体相同位置用同种颜色的深浅差异表示

等位基因。染色体变异有结构变异和数目变异。结构变异如图 9 所示,第 1 行从左到右依次为正常染色体、缺失、重复、到位,第 2 行是易位。数目变异如图 10 所示,其中图 10-a 表示细胞中染色体  $2N=4$ ,图 10-b 表示细胞中染色体以染色体组的形式成倍增减,图 10-c 表示细胞中个别染色体数目增减。



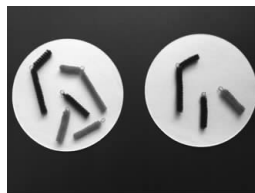
图 9 结构变异



a



b



c

图 10 数目变异

该模拟实验通过拉升扭曲毛根、牵拉细线及移动滤纸片等方式将模型活动起来,很好地演示了减数分裂过程中染色体和细胞大小的变化,其效果不亚于多媒体动画课件。由于学生亲自参与模型制作,在动手动脑中深入理解领悟减数分裂过程和结果,因此,教学效果要优于使用多媒体动画课件。

(该文系福建省教育教学改革专项课题“高中生物课程教学中学生理性思维培养的实践研究”成果,课题编号:FJJG16-20)

#### 参考文献

[1] 人民教育出版社,课程教材研究所,生物课程教材研究开发中心.生物必修 2[M].北京:人民教育出版社,2004.

## ◆ 资讯平台 ◆

# 北京市召开基础教育装备工作交流会

本刊讯 2016年12月20日,北京市召开全市基础教育装备工作交流会,旨在贯彻北京市教育委员会关于转发《教育部关于新形势下进一步做好普通中小学装备工作的意见》的通知、《北京市“十三五”时期教育改革和发展规划(2016—2020年)》等文件精神,总结工作经验,研究进一步落实措施。

各区教育装备主任围绕两个文件,交流研讨了市区两级应如何贯彻落实以及各区面临的问题、困难等。北京市教育技术设备中心杨立湖书记、柴旭津副主任分别发言,解读了2017年的工作要点,分析了当前面临的新形势,部署了新形势下进一步做好北京市基础教育装备工作的任务。(通讯员 金城)