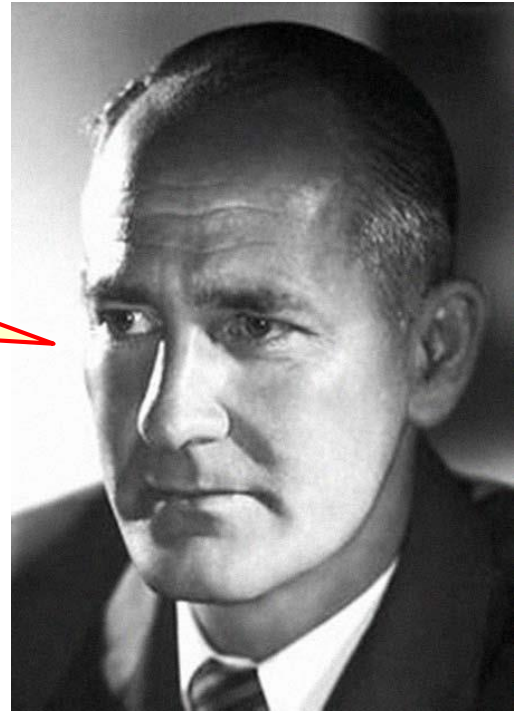


### 第三节 四分子的遗传分析

比德尔在红色面包霉的生化研究中取得杰出成果而获得诺贝尔奖



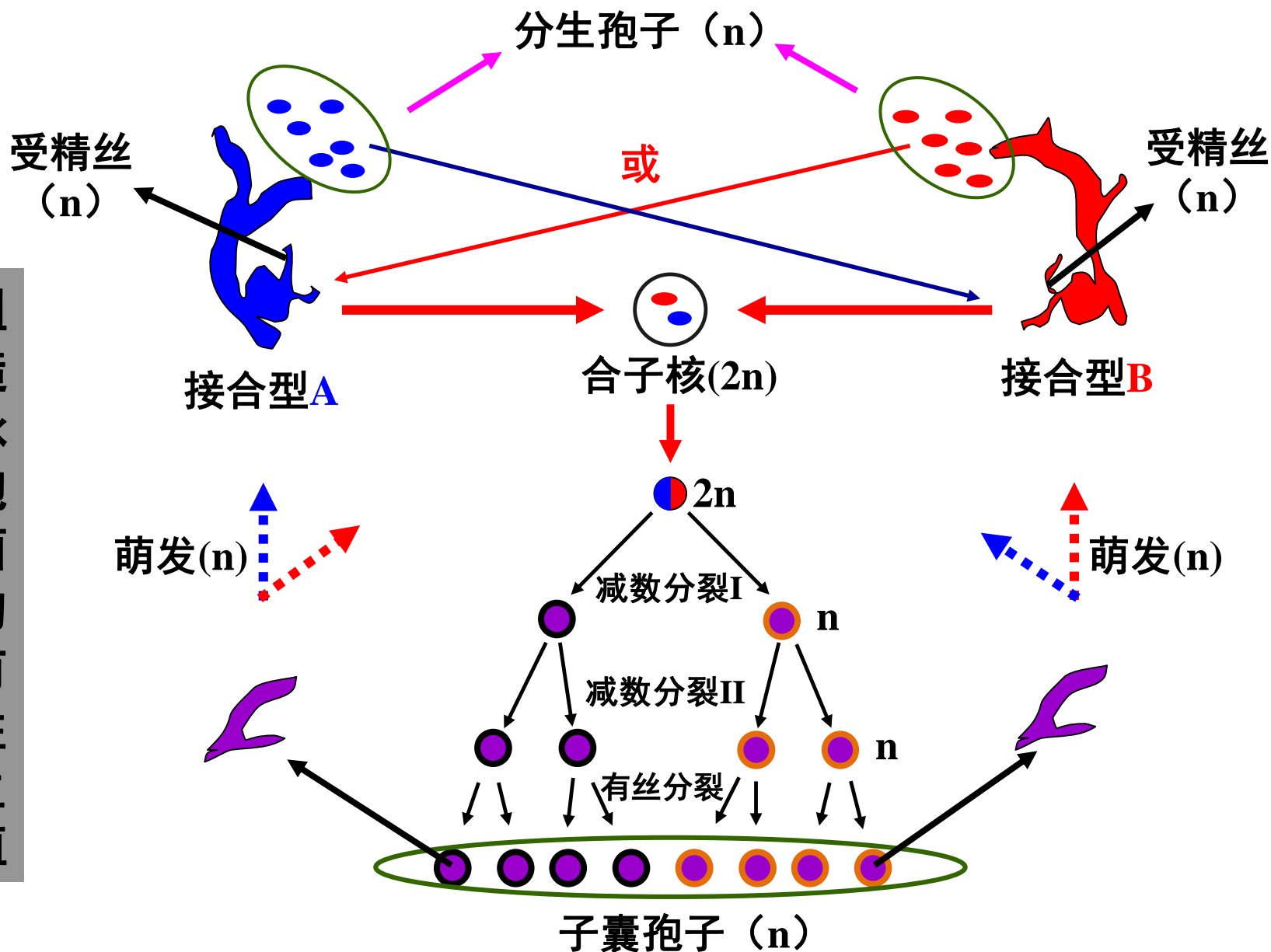
*Neurospora crassa*: 粗糙脉孢菌（霉）

粗糙链胞霉

红色链胞霉

红色面包霉

粗糙脉孢菌的有性生殖



## 粗糙脉孢菌作为遗传分析材料的特点：

- (1). 子囊孢子是单倍体，表型 = “基因型” ；
- (2). 进行有性生殖；
- (3). 可以分析一次减数分裂的产物，且这些产物按一定顺序排列 ；

- 四分子(tetrad): 某些真菌减数分裂的四个产物留在一起，称为四分子；
- 顺序四分子(ordered tetrad): 某些真菌减数分裂的四个产物不仅留在一起，而且按照一定的顺序以直线排列在子囊中；
- 非顺序四分子(unordered tetrad): 某些真菌减数分裂的四个产物虽然留在一起，但不按照一定的顺序排列在子囊中；

# 一、顺序四分子及其遗传分析

## 1. 着丝粒作图(centromere mapping)

 着丝粒作图：利用四分子分析法，测定基因与着丝粒间的距离。

◎第一次分裂分离(first-division segregation): 某些真菌在进行减数分裂时，若着丝粒和某对杂合基间没有发生交换，称这种现象为~，又称 $M_I$ 模式；

◎第二次分裂分离(second-division segregation): 某些真菌在进行减数分裂时，若着丝粒和某对杂合基间发生了交换，称这种现象为~，又称 $M_{II}$ 模式；

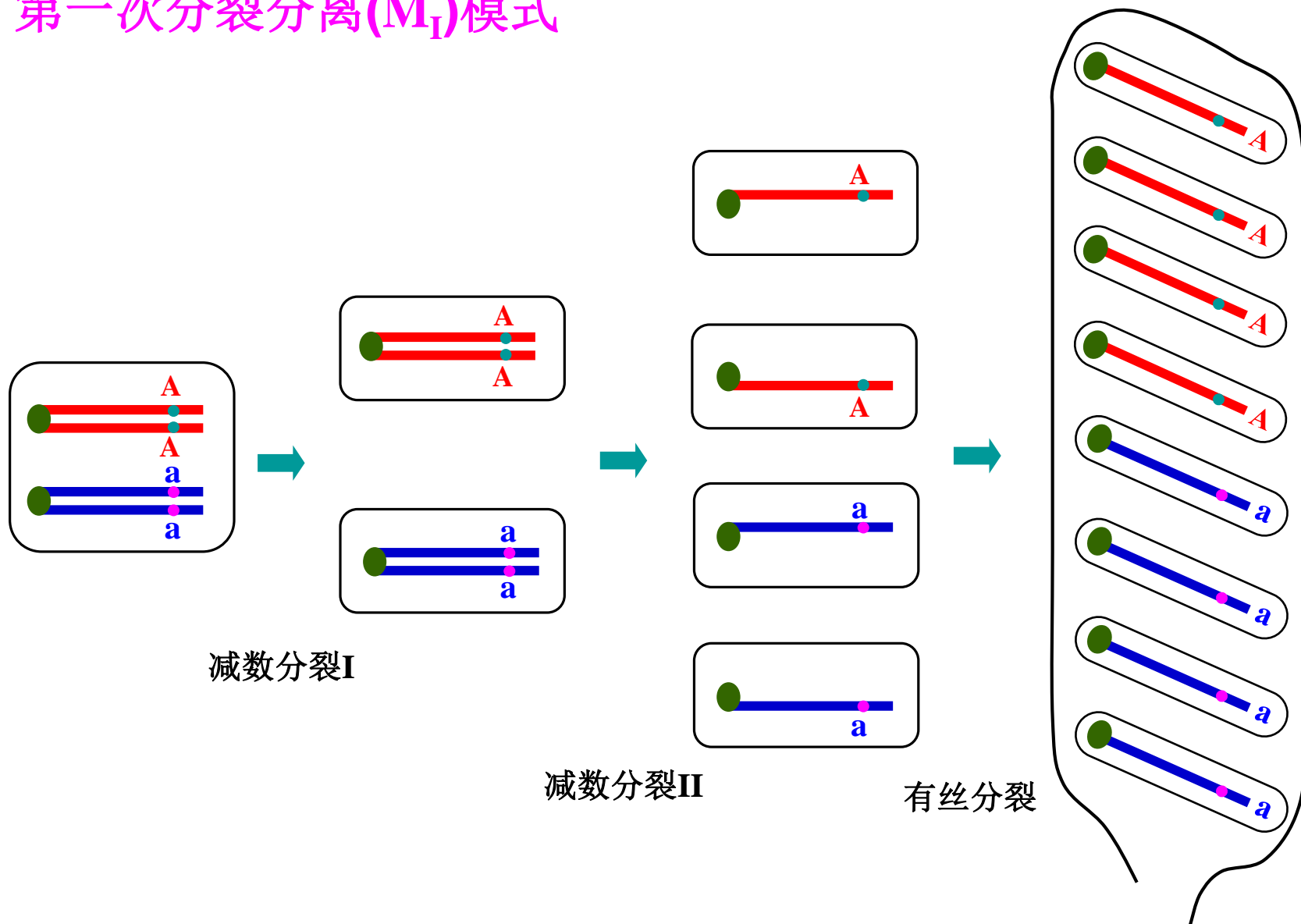
# 一、顺序四分子及其遗传分析

## 1. 着丝粒作图(centromere mapping)

 着丝粒作图：利用四分子分析法，测定基因与着丝粒间的距离。

四分子分析的依据：第一次分裂分离和第二次分裂分离所形成的四分子中，等位基因的排列方式不同，以此确定重组型子囊，根据重组率标记基因与着丝粒的相对距离。

# 第一次分裂分离(M<sub>I</sub>)模式

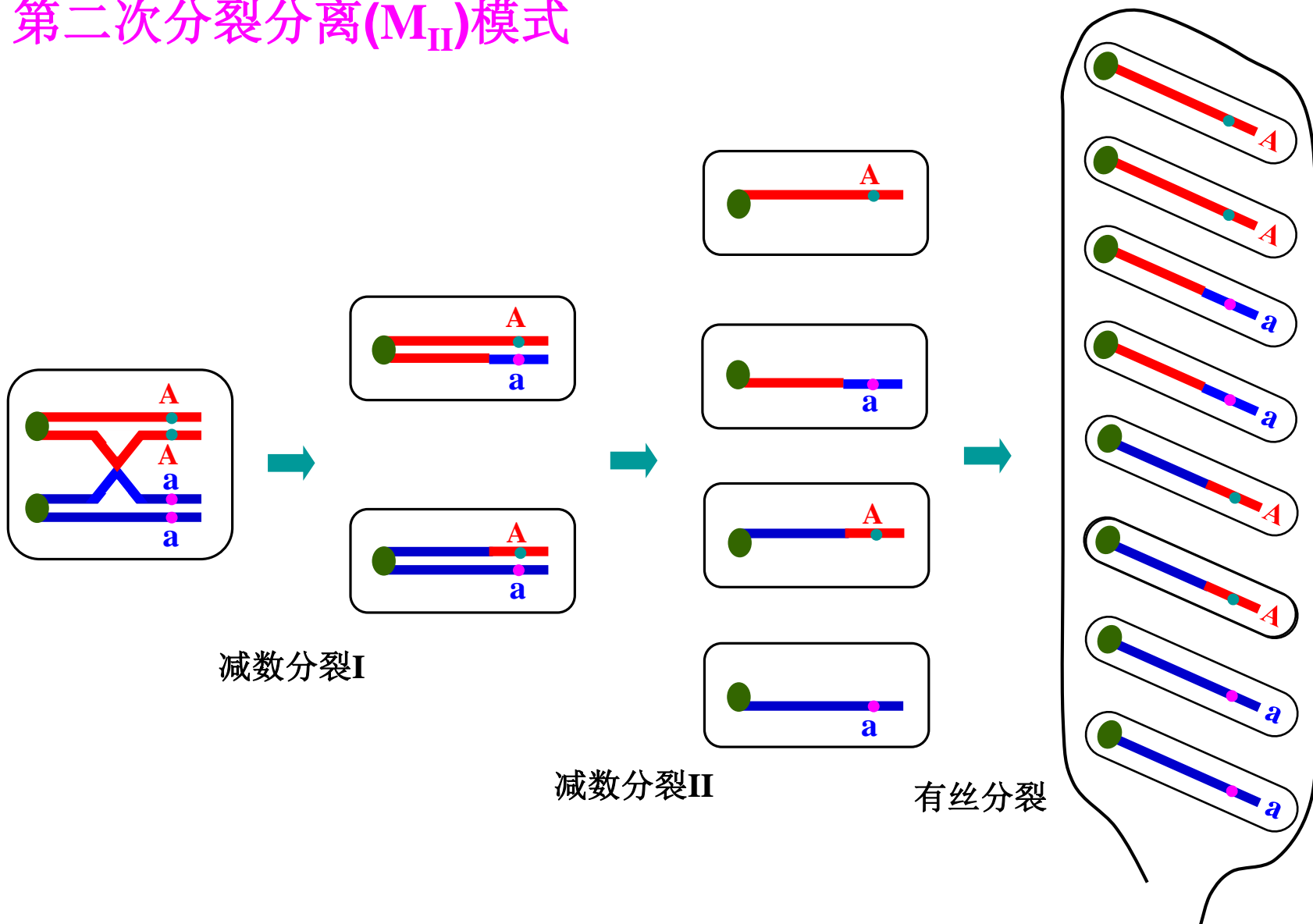




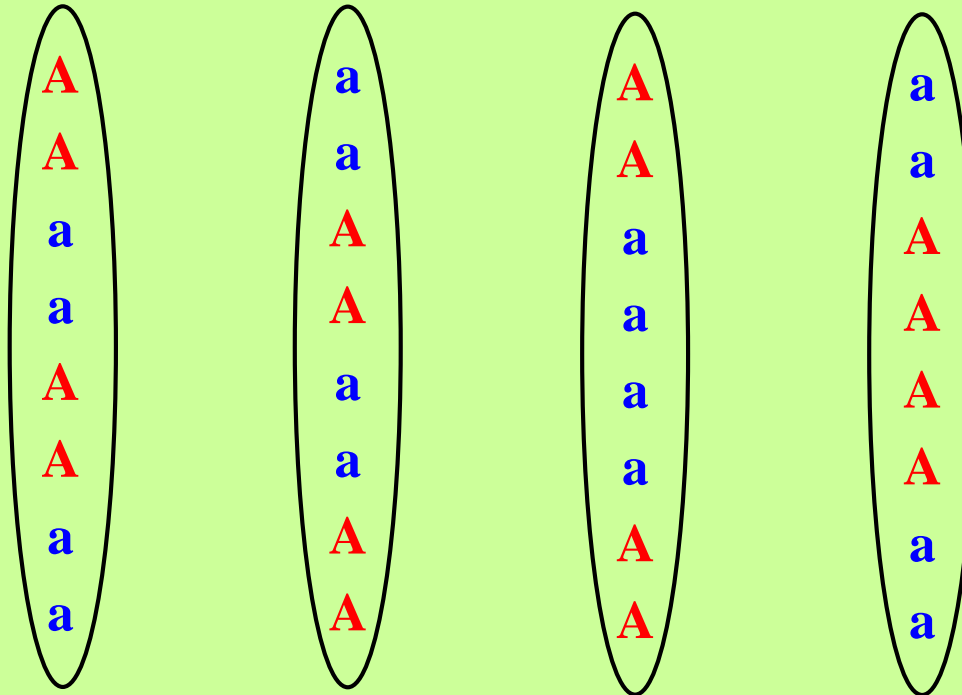
**A**  
**A**  
**A**  
**A**  
**a**  
**a**  
**a**  
**a**

**a**  
**a**  
**a**  
**a**  
**A**  
**A**  
**A**  
**A**

## 第二次分裂分离(M<sub>II</sub>)模式



## 第二次分裂分离(M<sub>II</sub>)模式



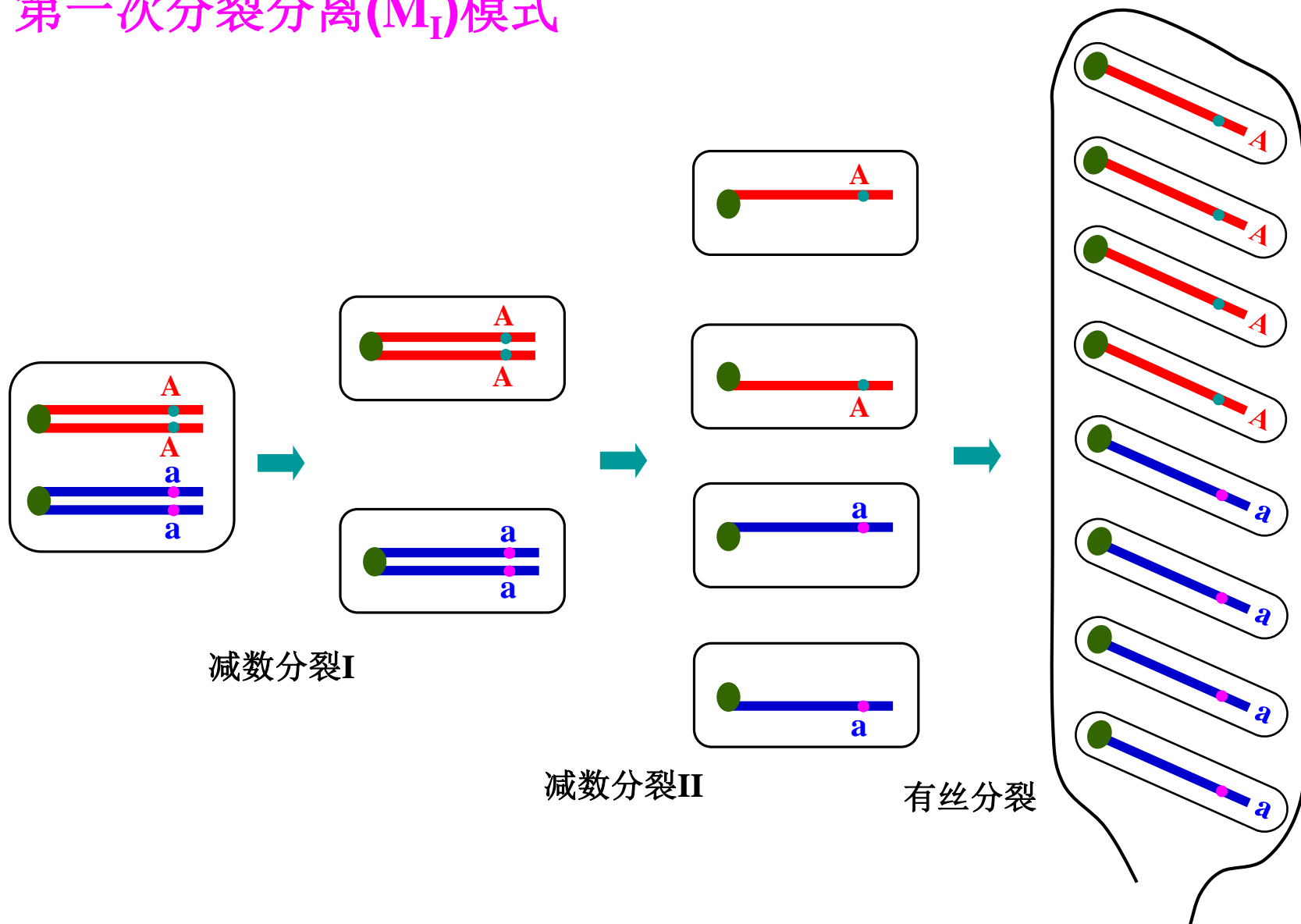
# 1. 着丝粒作图(centromere mapping)

◎第一次分裂分离(first-division segregation): 某些真菌在进行减数分裂时, 若着丝粒和某对杂合基因间没有发生交换, 称这种现象为~ , 又称 $M_I$ 模式;

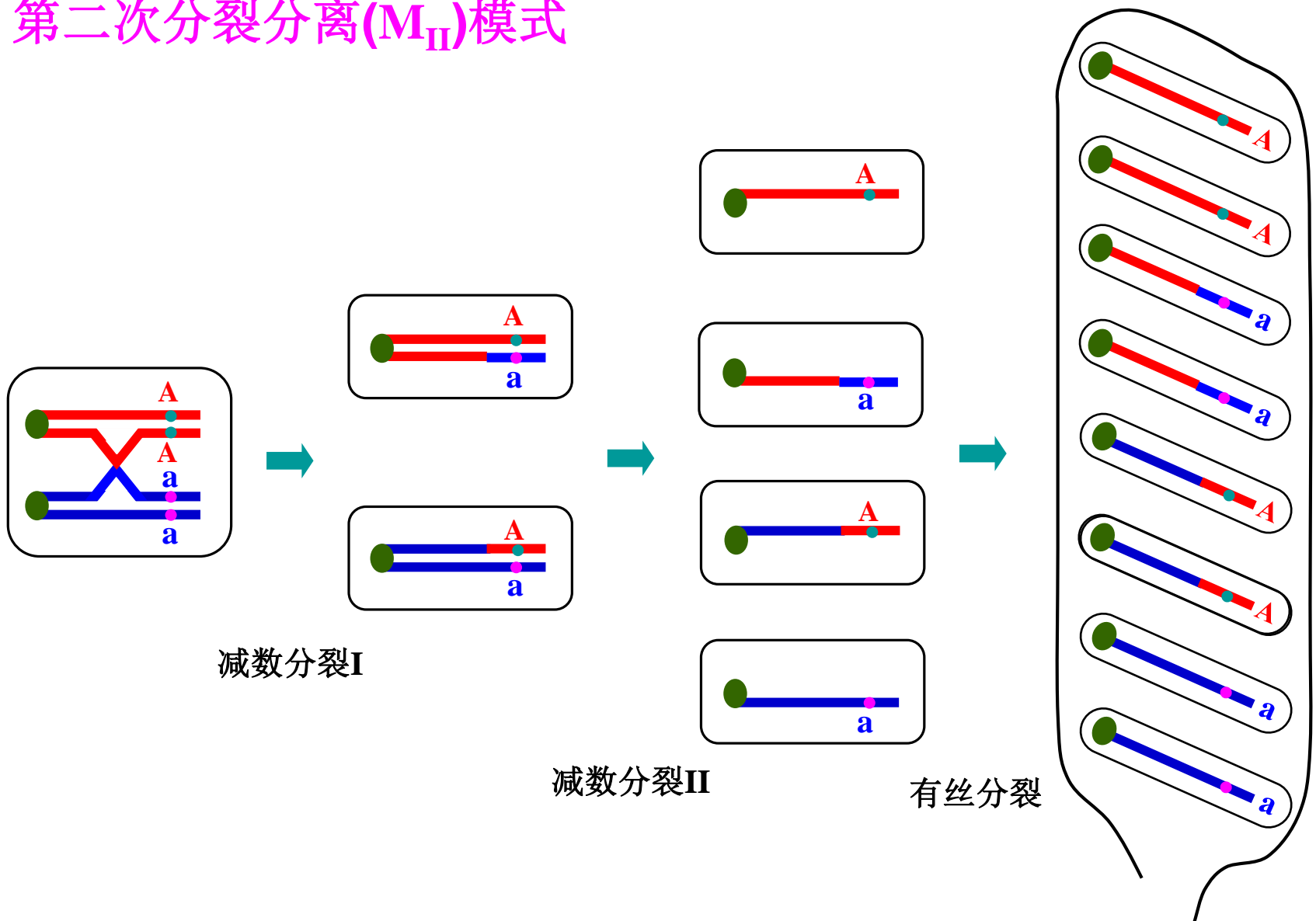
◎第二次分裂分离(second-division segregation): 某些真菌在进行减数分裂时, 若着丝粒和某对杂合基因间发生了交换, 称这种现象为~ , 又称 $M_{II}$ 模式;

♥四分子分析的依据: 第一次分裂分离和第二次分裂分离所形成的四分子中, 等位基因的排列方式不同, 以此确定重组型子囊, 根据重组率标记基因与着丝粒的相对距离。

# 第一次分裂分离(M<sub>I</sub>)模式



## 第二次分裂分离(M<sub>II</sub>)模式



$$\text{着丝粒与待测基因的重组率} = \frac{\text{第二次分裂分离子囊数}}{\text{子囊总数}} \times 0.5 \times 100\%$$

或

$$\text{重组率(着丝粒-基因)} = \frac{M_{II}}{M_I + M_{II}} \times 0.5 \times 100\%$$

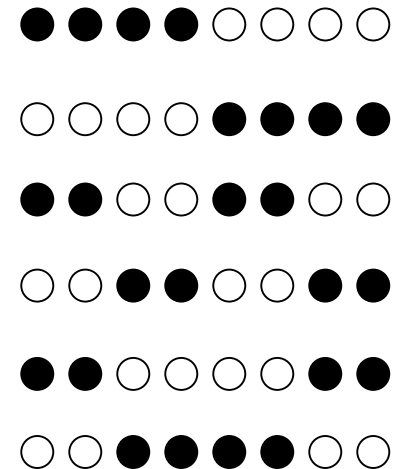
- 粗糙脉孢菌有一个与赖氨酸合成有关的基因(lys):
  - **野生型**——能够合成赖氨酸，记为 $lys^+$ ，能在基本培养基(不含赖氨酸)上正常生长，**成熟子囊孢子呈黑色**；
  - **突变型**——不能合成赖氨酸，称为赖氨酸缺陷型，记为 $lys^-$ ，在基本培养基上生长缓慢，**成熟子囊孢子灰色**；
- 用不同接合型的 $lys^+$ 和 $lys^-$ 杂交，可预期子囊中的子囊孢子有六种排列方式，镜检结果也是如此；



粗糙脉孢菌 + × - 杂交子代子囊类型						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
子囊类型	+	-	+	-	+	-
	+	-	-	+	-	+
	-	+	+	-	-	+
	-	+	-	+	+	-
子囊数	105	129	9	5	10	16
分裂类型	M <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>2</sub>
	未交换型		交换型			

赖氨酸缺陷型(lys-) × 野生型(lys+)

序号	子囊类型	子囊数	分裂类型
1	++--	105	M <sub>I</sub>
2	--++	129	非交换型
3	+-+-	9	M <sub>II</sub> 交换型
4	-+-+	5	
5	+-+-	10	
6	-++-	16	



$$\begin{aligned}
 RF &= \frac{M_{II}}{(M_I + M_{II})} \times 0.5 \times 100\% \\
 &= \frac{9+5+10+16}{105+129+9+5+10+16} \times 0.5 \times 100\% = 7.3\% = 7.3\text{cM}
 \end{aligned}$$

什么是着丝粒作图？根据表格中的数据计算 A 基因与着丝粒的距离。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
子囊类型	+	+	+	-	-	-
	+	-	-	+	+	-
	-	-	+	-	+	+
	-	+	-	+	-	+
子囊数	411	48	51	46	55	389

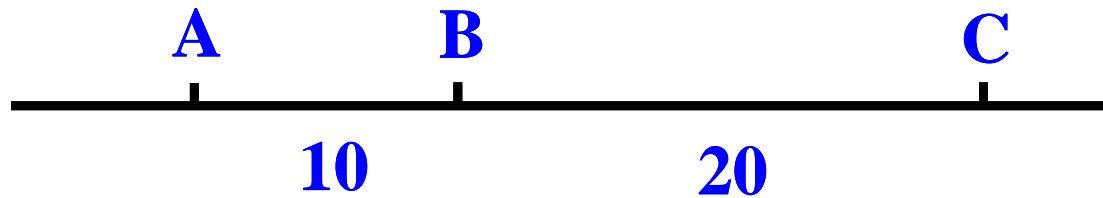
人类体细胞基因 N 能导致指甲和骺骨的异常，称为指甲-骺骨综合征。一个有此症的 A 型血的人和一个正常的 O 型血的人结婚。生的孩子中有的是 A 型血的该病患者。假定没有亲缘关系，都具有这种表型的孩子长大，并且互相通婚，生了孩子。则第二代的这些孩子中间，表型百分比如下：

有综合征	血型 A	66%
正常	血型 O	16%
正常	血型 A	9%
有综合征	血型 O	9%

分析数据，求两基因座之间的重组率。

## 练习题

- 假定A、B、C连锁基因的遗传学图如下，且知干涉值为40%，问ABC/abc亲本产生的各型配子的频率如何？



在某植物的一条染色体上含有三个连锁的基因 A、B 和 D，三个基因的顺序是未知的。若  $ABd/ABd \times abD/abD \rightarrow ABd/abD$ ，再用  $ABd/abD$  与三隐性纯合个体( $abd/abd$ )进行测交，得到下列结果：

子代表型	ABd	abD	aBD	Abd	ABD	abd	AbD	aBd
数目	335	321	95	99	71	73	3	3

- (1) 哪些子代是亲本类型、单交换类型和双交换类型？
- (2) 3 个基因在第染色体上的顺序如何？
- (3) 三个基因间的图距是多少？画出这三个基因的遗传连锁图。
- (4) 并发系数 C 与干涉系数 I 分别是多少？