

第六章

真核生物特殊的染色体作图

第一节 真菌类的染色体作图

第二节 有丝分裂分离和重组

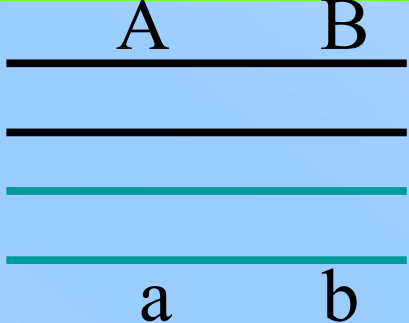
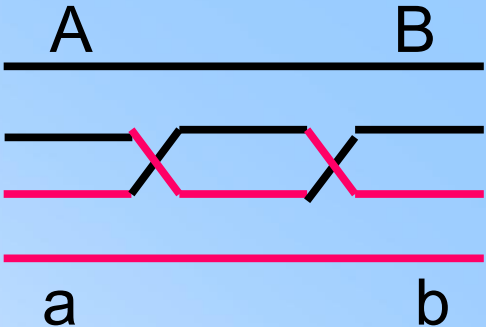
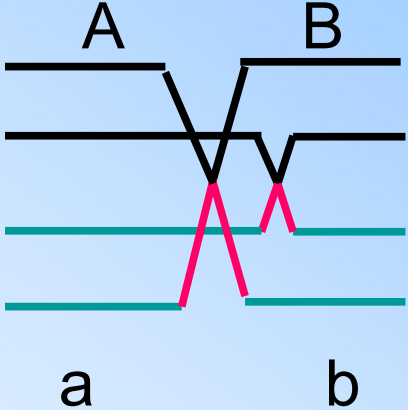
第一节

真菌类的染色体作图

一 非顺序四分子的遗传分析

AB × ab 杂交时，无论有无连锁，只产生3种可能的无序四分子。

AB	aB	ab
AB	aB	aB
ab	Ab	Ab
ab	Ab	AB
<hr/>		
PD	NPD	TT

交换类型	染色体图象	重组	四分子类型	子囊型
无交换 NCO		0%	AB AB ab ab (PD)	①
双线 双交换 DCO		0%	AB AB ab ab (PD)	②
四线 双交换 DCO		100%	Ab Ab aB aB (NPD)	③

交换类型	染色体图象	重组	四分子类型	子囊型
双 线 单交换 SCO		50%	AB Ab aB ab (TT)	④
三 线 双交换 DCO		50%	Ab AB aB ab (TT)	⑤
三 线 双交换 DCO		50%	aB ab Ab AB (TT)	⑥

交换类型	染色体图象	四分子类型	交换类型	染色体图象	四分子类型
无交换 NCO		AB AB ab ab (PD)	双线 单交换 SCO		AB Ab aB ab (TT)
双线 双交换 DCO		AB AB ab ab (PD)	三线 双交换 DCO		Ab AB aB ab (TT)
四线 双交换 DCO		Ab Ab aB aB (NPD)	三线 双交换 DCO		aB ab Ab AB (TT)

问题：AB之间的遗传距离怎么求？

- 1 双交换类型怎么表示
- 2 单交换的TT类型怎么表示
- 3 每个细胞中AB两基因之间的平均交换次数m怎么计算
- 4 遗传图距和m的关系
- 5 比较交换值和重组值代表的遗传图距的差异

1 DCO=4NPD

2 SCO=TT_(总的) - TT_(DCO) = TT - 2NPD

**3 m=SCO+2DCO= TT-2NPD+2×4NPD
=TT+6NPD**

4 遗传图距=50×m=50× (TT+6NPD)

重组值代表遗传距离：

Rf=1/2×TT+NPD

图距= (1/2×TT+NPD) × 100=50× (TT+2NPD)

AB × ab 杂交时，产生的各类型孢子囊数目为112个PD，4个NPD，24个TT，问AB是否连锁，如果连锁，求其间遗传距离。

1 因为PD » NPD 所以知道 ab两位点连锁

2 图距= $50 \times m = 50 \times (24/140 + 6 \times 4/140)$
=17.1 (按交换值计算的结果)

按重组值计算得：

$$Rf = 1/2 * TT + NPD = 0.114$$

$$\text{图距} = 11.4$$

三个基因连锁的作图

+++ × abc 杂交产生的配子类型和比例:

第一类:

第二类:

① **NCO**

acb

acb

+++

+++ (PD, 80%)

② **SCO(a-c)**

acb

a++

+cb

+++ (TT, 8%)

③ **SCO(c-b)**

acb

ac+

++b

+++ (TT, 7%)

④ **DCO (双线)**

acb

a+b

+c+

+++ (TT, 2%)

第三类:

⑤ **DCO 三线**

a+b

ac+

+cb

+++ (TT, 2%)

⑥ **DCO 三线**

acb

a++

++b

+c+ (TT, 1%)

第四类:

⑦ **DCO 四线**

a++

ac+

+cb

++b (TT, 0%)

确定基因顺序

根据上述第一类亲本型和包括频率最小的第二类四分孢子就可以确定基因在染色体上的顺序。也即比较①④类孢子。

遗传距离的估算

$$Rf_{(a-c)} = \frac{1}{2} TT + NPD = \frac{1}{2} \times (8+2+2+1) = 6.5\%$$

$$Rf_{(c-b)} = \frac{1}{2} TT + NPD = \frac{1}{2} \times (7+2+2+1) = 6.0\%$$

6.5 真菌类的染色体作图

6.5.1 红色面包霉的特点

6.5.2 四分子分析与着丝点作图

6.5.3 红色面包霉的连锁与交换



6.5.1 红色面包霉的特点

❖ 红色面包霉(真菌类)的特点:

- 易于繁殖、培养、管理;
- 可直接观察基因表现, 无需测交;
- 可获得、分析单次减数分裂的结果等。

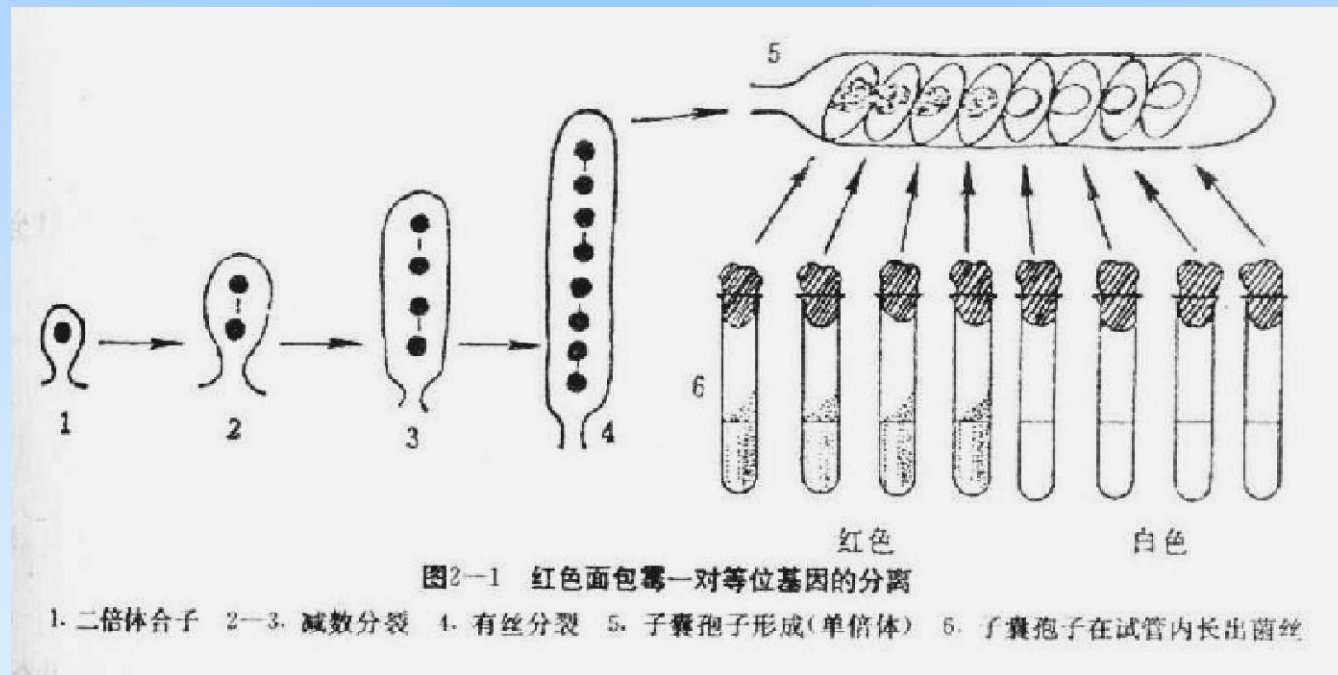
❖ 红色面包霉减数分裂特点:

- 每次减数分裂结果(四个分生孢子, 或其有丝分裂产生的八个子囊孢子)都保存在一个子囊中;
- 四分子或八分子在子囊中呈直线排列——直列四分子, 直列八分子, 具有严格的顺序。



6.5.2 四分子分析与着丝点作图

- ❖ 四分子分析 (tetrad analysis) —— 指根据一个子囊中四个按严格顺序直线排列的四分子 (或其有丝分裂产物子囊孢子) 表现进行的遗传分析, 也称为直列四分子分析。
- ❖ 非直列四分子分析: 四分子没有严格排列顺序, 如酵母菌。



6.5.2 四分子分析与着丝点作图

❖ **着丝点作图** (centromere mapping):

- 若减数分裂过程中，基因位点与着丝点间不发生非姊妹染色单体间交换，一对等位基因分离产生的两种类型的孢子将分别排列在子囊的两端；
- 若发生交换将产生不同的排列方式。可根据子囊中孢子排列方式判断该次减数分裂是否发生交换，并计算交换值；
- 该交换值为基因与着丝点间的交换值，因此可估计基因位点与着丝点间遗传距离，并进行连锁作图，称着丝点作图。



6.5.3 红色面包霉的连锁与交换

- ❖ 红色面包霉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，子囊孢子成熟较迟，呈灰色。
- ❖ 用不同接合型的 lys^+ 和 lys^- 杂交，可预期八个孢子中 lys^+ 和 lys^- 呈 4 : 4 的比例，事实也是如此。
- ❖ 在对子囊进行镜检时发现，子囊中 lys^+ 和 lys^- 有六种排列方式。

❖ 六种子囊孢子排列方式

非交换型 (1) + + + + - - - -

(2) - - - - + + + +

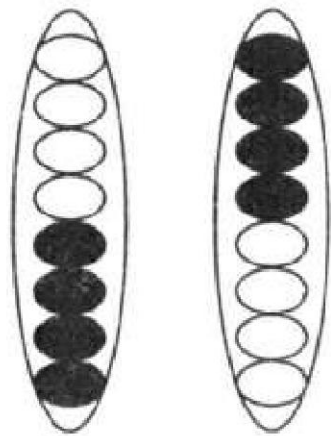
交换型 (3) + + - - + + - -

(4) - - + + - - + +

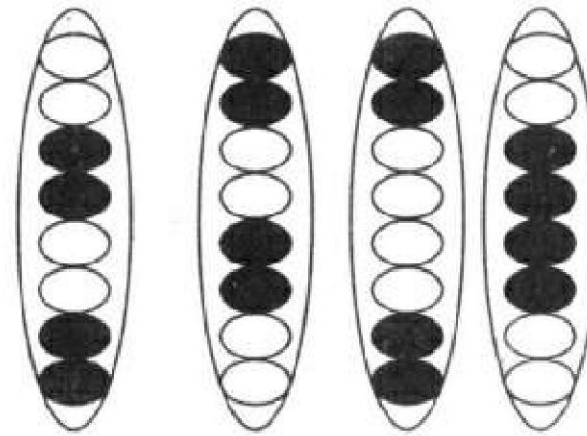
(5) + + - - - - + +

(6) - - + + + + - -

❖ 六种子囊孢子排列方式



First division segregation



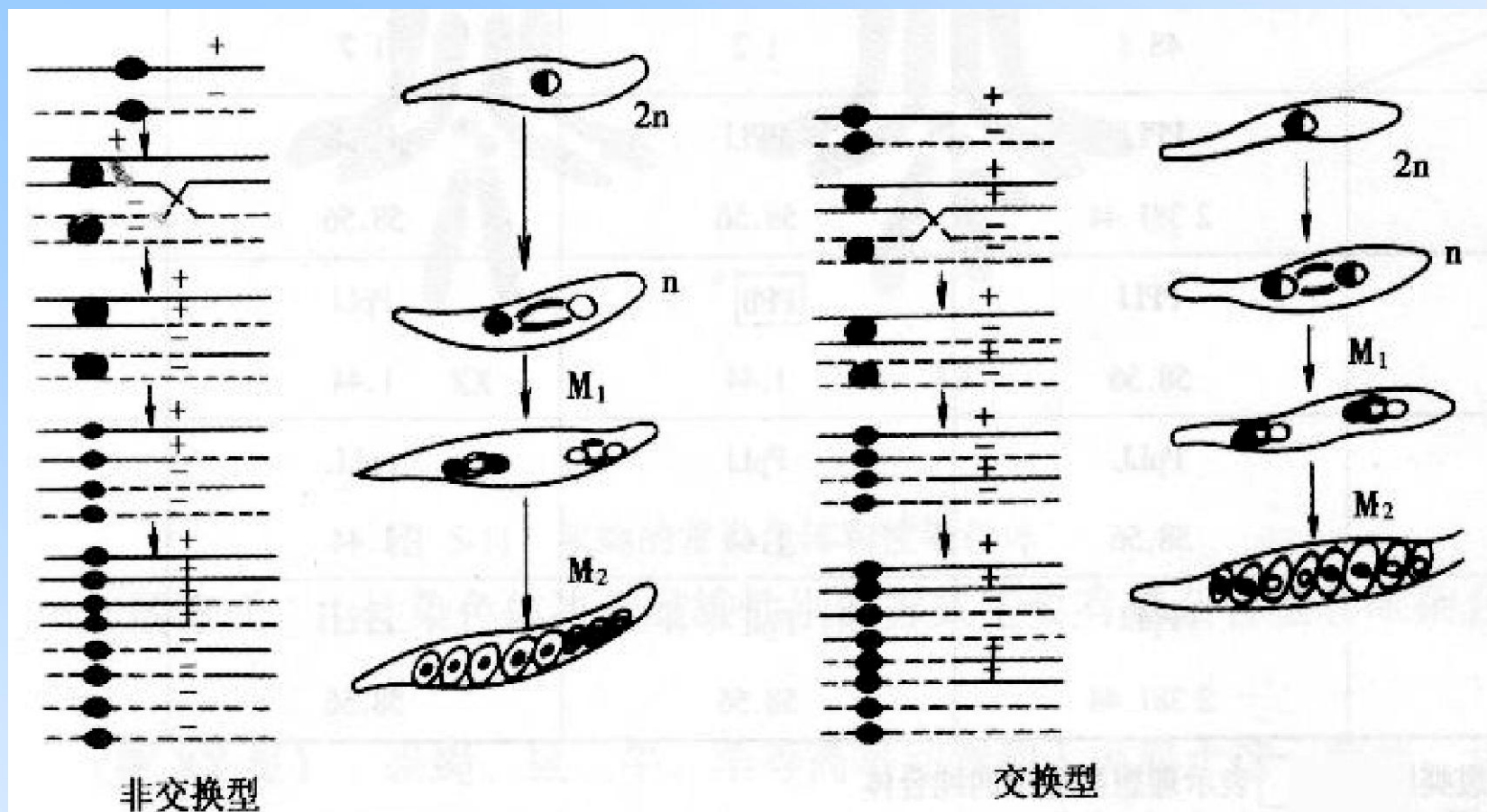
Second division segregation

Fig. 2. Different arrangements of asci in ascospores showing first or second division segregation. As shown each pattern is present twice depending on which member of the bivalent is distal at the time of meiosis. The two different patterns of second division segregation asci depend on which pairs of chromatids were involved in the cross-over.

❖ 第一次分裂分离与第二次分裂分离

- (1-2) 两种排列方式：野生型 lys^+ 和突变型 lys^- 在 AI 彼此分离，称第一次分裂分离 (first division segregation)。
 - ✓ 着丝粒和 lys 基因位点间不发生非姊妹染色单体交换，因此这两种子囊类型就是非交换型子囊。
- (3-6) 四种排列方式：第一分裂产物中野生型与突变型未发生分离，野生型和突变型 AII 发生分离，称第二次分裂分离 (second division segregation)。
 - ✓ 着丝粒与基因位点间发生非姊妹染色单体交换，因此这四种子囊均为交换型子囊。

❖ 非交换型、交换型子囊的形成



(交换未发生在着丝点与+/-基因之间)

(交换发生在着丝点与+/-基因之间)

图 5-10 红色面包霉不同菌株杂交产生的非交换型和交换型的示意图

❖ 着丝点距离与着丝点作图

- 将着丝点当作一个基因位点看待，计算基因位点与着丝点间的交换值，估计基因与着丝点间的遗传距离，称为着丝点距离。
- 每个交换型子囊中，基因位点与着丝粒间发生一次交换，其中半数孢子是重组型(重组型配子)。因此，交换值的计算公式为：

$$\text{交换值} = \frac{\text{交换型子囊数} \times \frac{1}{2}}{\text{交换型子囊数} + \text{非交换型子囊数}} \times 100\%$$



红色面包霉两对基因的遗传分析

两对基因的位置关系（三种）

- (1) **a**、**b**分别位于不同的染色体上
- (2) **a**、**b**位于相同染色体上着丝点的两边
- (3) **a**、**b**位于同一染色体相同的臂上

分析：(1)、(2)中，**a**的**M**_{II}分离方式和**b**的**M**_{II}分离方式相互独立。

(3) 着丝粒和靠近他的基因间的交换将产生两个基因都是**M**_{II}分离的子囊。

顺序四分子两对等位基因的情况分析

确定两基因**a**、**b**及着丝点的相对位置关系

1 分别位于不同的染色体上

2 位于同一染色体的着丝粒的两端

(**a**、**b**的分离方式各自独立?)

3 连锁位于同一条染色体的相同的臂上

(假如**a**离着丝点近, 如果**a**是 M_{II} 分离, 则**b**大多都

是 M_{II} 分离?)

ab × ++ 杂交的子囊类型和数目

		子囊类型			
		①	②	③	④
孢子对					
	1-2	a b	a +	a b	a b
	3-4	a b	a +	a +	++
	5-6	++	+ b	+ b	a b
	7-8	++	+ b	++	++
数目		210	5	125	60
分类		PD	NPD	TT	PD
a基因分离		M1	M1	M1	M11
B基因分离		M1	M1	M11	M11

问题：ab是否连锁？

如果连锁 绘制连锁图 并说明与着丝的关系

1 断定ab和着丝点的位置关系

2 求出各点之间的遗传距离

$$a-b=50*(125/400 + 6*5/400)=19.4cM$$

$$a-着丝粒=1/2 *60/400 =7.5cM$$

6. 2 有丝分裂分离和重组

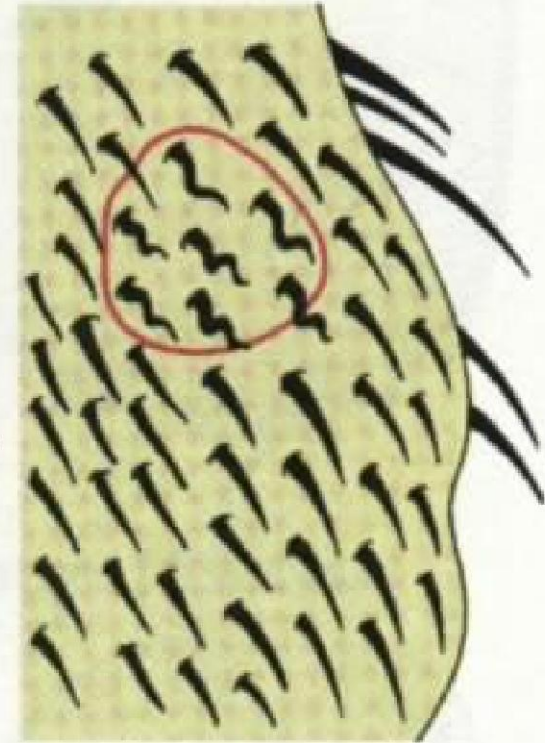
1936 Curt Stern 发现 孪生斑 (twin spots)



a) **Single yellow spot**



b) **Twin spot**



c) **Single singed spot**

有丝分裂的重组

~ FIGURE 6.9

Production of the twin spot and of the single yellow spot shown in Figure 6.8 by mitotic crossing-over.

