

CH 2.2 基因在染色体上

Y. K. Fu



1

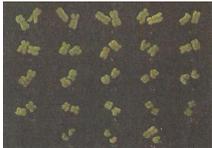
本节聚焦

- 科学家发现基因与染色体有哪些平行关系？
- 摩尔根如何证明基因位于染色体上？摩尔根的果蝇杂交实验给我们哪些启示？
- 怎样从基因和染色体的层面解释孟德尔的遗传规律？

2

问题探讨

人有46条染色体，但是旨在揭示人类基因组遗传信息的人类基因组计划却只测定人的24条染色体的DNA序列。



1. 对人类基因组进行测序，为什么首先要确定测哪些染色体？**因为基因位于染色体上，要测定某个基因的序列，首先要知道该基因位于哪条染色体上。如果要测定人类基因组的基因序列，就要知道包含人类基因组的全部染色体组由哪些染色体组成。**

3

问题探讨

2. 为什么不测定全部46条染色体？

人有22对常染色体和1对性染色体。在常染色体中，每对同源染色体的形态、大小相同，结构相似，上面分布的基因是相同的或者是等位基因，所以只对其中1条进行测序就可以了；而性染色体X和Y的差别很大，基因也大为不同，所以两条性染色体都需要测序；因此人类基因组计划测定了22条常染色体和两条性染色体X和Y，共24条。如果测定46条染色体，耗资巨大，工作量会增加一倍，但得到的绝大多数基因序列都是重复的。

4

CH 2.2.1 萨顿的假说

萨顿 (W. Sutton, 1877—1916) 发现：**基因和染色体的行为存在着明显的平行关系。**

	基因行为	染色体行为
独立性	杂交过程保持完整性和独立性	在配子形成和受精过程中保持相对稳定
存在方式	体细胞 成对 配子 成单	成对 成单
来源	一个来自父方 一个来自母方	一个来自父方 一个来自母方
分配	等位基因相互分离； 非等位基因自由组合	同源染色体相互分离； 非同源染色体自由组合

5

CH 2.2.1 萨顿的假说

萨顿 (W. Sutton, 1877—1916) 发现：**基因和染色体的行为存在着明显的平行关系。**

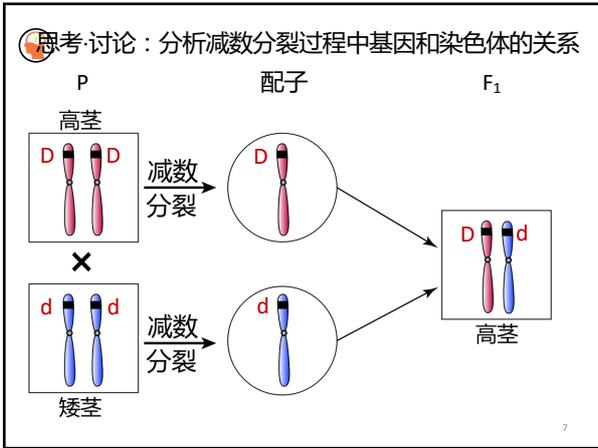
萨顿由此推论：基因（遗传因子）是由染色体携带者从亲代传递给下一代的。也就是说，基因就在染色体上。



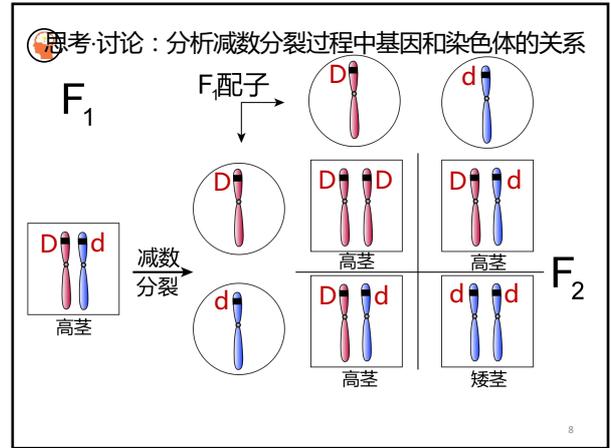
```

    graph LR
      A[基因和染色体行为平行] --> B[基因由染色体携带]
      B --> C[基因就在染色体上]
    
```

6



7



8

CH 2.2.2 基因位于染色体上的实验证据

摩尔根 (T. H. Morgan, 1866-1945)

我摩尔根就是饿死，死外面，从这里跳下去，也不会承认孟德尔遗传定律，也不会吃你孟德尔一粒豌豆！

.....

豌豆真香！

9

果蝇作为遗传实验材料的优点

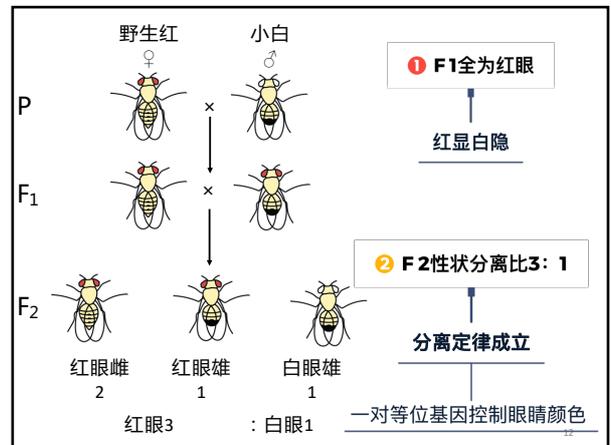
- ①个体小，易饲养，成本低；
- ②染色体数目少且大，便于研究；
- ③繁殖快，后代多；
- ④相对性状易于区分。

10

果蝇作为遗传实验材料的优点

The fly room

11



12

③白眼性状为何与性别关联？

假设：
W/w基因在x染色体上；
Y染色体上不含等位基因

非同源区段(II₁)
同源区段(I)
非同源区段(II₂)

$X^{W/w}$
X Y

IV II III II III
X^W X^W X^W X^W
♀ X X
IV II III II III
X^W Y X^W Y
♂ X Y

13

13

野生红 × 小白

P $X^{W}X^{W}$ × $X^{w}Y$

F₁ $X^{W}X^{w}$ × $X^{W}Y$

F₂

	♀	♂	1/2 X ^W	1/2 Y
♀	1/2 X ^W	1/4 X ^W X ^W	1/4 X ^W X ^w	1/4 X ^w X ^w
♂	1/2 X ^W	1/4 X ^W Y	1/4 X ^w Y	1/4 X ^w Y

红眼雌 2 : 红眼雄 1 : 白眼雄 1
红眼3 : 白眼1

14

14

测交实验：回交

$X^{W}X^{w}$ × $X^{w}Y$
红眼女儿 × 小白♂

红眼雌 $X^{W}X^{w}$ 红眼雄 $X^{W}Y$ 白眼雌 $X^{w}X^{w}$ 白眼雄 $X^{w}Y$

15

15

测交实验：回交无法证明W/w基因在X染色体上

Ww × ww
红眼女儿 × 小白♂

红眼雌 Ww 红眼雄 Ww 白眼雌 ww 白眼雄 ww

16

16

测交实验：隐雌×显雄

$X^{w}X^{w}$ × $X^{W}Y$
白眼♀ × 红眼♂

红眼雌 $X^{W}X^{w}$ 白眼雄 $X^{w}Y$

17

17

测交实验：隐雌×显雄可以证明W/w基因在x染色体上

ww × Ww
白眼♀ × 红眼♂

红眼雌 Ww 红眼雄 Ww 白眼雌 ww 白眼雄 ww

18

18

思考·讨论：摩尔根解释的验证

1. 你能运用上述果蝇杂交实验的知识设计一个实验，来验证摩尔根的解释吗？

可用F₁的红眼雌果蝇与白眼雄果蝇进行测交实验，如果后代中出现红眼雌果蝇、白眼雌果蝇、红眼雄果蝇和白眼雄果蝇这4种类型，且数量各占1/4，再选用其中的白眼雌果蝇与红眼雄果蝇交配，如果子代中雌果蝇都是红眼，雄果蝇都是白眼，则可以证明他们的解释是正确的。

19

19

思考·讨论：摩尔根解释的验证

2. 如果控制白眼的基因在Y染色体上，还能解释摩尔根的果蝇杂交实验吗？

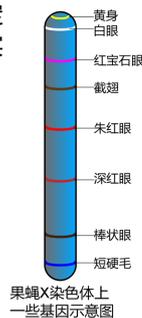
如果控制白眼的基因在Y染色体上、且X染色体上没有显性红眼基因，白眼雄果蝇与红眼雌果蝇的杂交后代中雄果蝇全为白眼，也不能解释摩尔根的果蝇杂交实验结果。

20

20

没有人比摩尔根更懂孟德尔

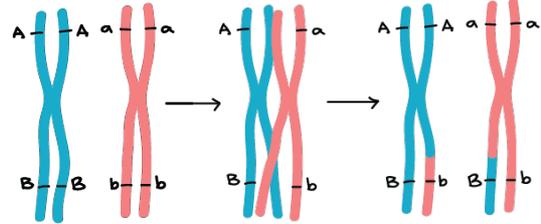
摩尔根首次把一个特定的基因和一条特定的染色体——X染色体联系起来，从而用实验证明了基因在染色体上。



21

21

如何测定基因在染色体上的相对位置？



没有互换，产生配子：AB 50% ab 50% (连锁)

发生互换，产生配子：AB Ab aB ab

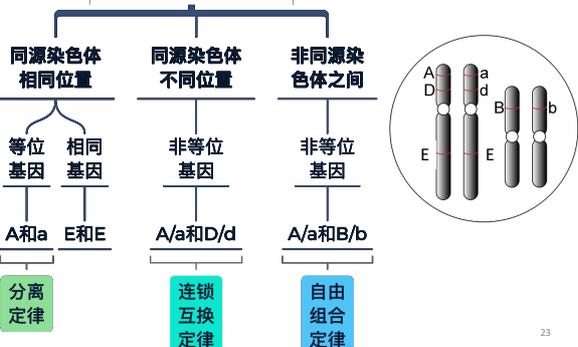
A/a和B/b间距个，互换可能性个，Ab和aB出现概率个

22

22

CH 2.2.2 孟德尔遗传规律的现代解释

两个基因之间的关系

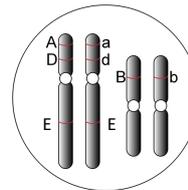


23

23

CH 2.2.2 孟德尔遗传规律的现代解释

基因分离定律的实质：在杂合子的细胞中，位于一对同源染色体上的等位基因，具有一定的独立性；在减数分裂形成配子的过程中，等位基因会随同源染色体的分开而分离，分别进入两个配子中，独立地随配子遗传给后代。

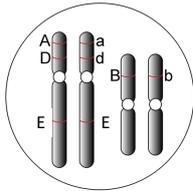


24

24

CH 2.2.2 孟德尔遗传规律的现代解释

基因自由组合定律的实质：位于非同源染色体上的非等位基因的分离或组合是互不干扰的；在减数分裂过程中，同源染色体上的等位基因彼此分离的同时，非同源染色体上的非等位基因自由组合。



25

25

遗传学第三定律——连锁互换定律

生殖细胞形成过程中，位于同一染色体上的基因连锁在一起，作为一个单位进行传递，称为连锁律。

在生殖细胞形成时，一对同源染色体上的非等位基因之间可以发生交换，称为互换律。

26

26

练习与应用：一、概念检测

1. 基于对同源染色体和非同源染色体上相关基因的理解，判断下列相关表述是否正确。

- (1) 位于一对同源染色体上相同位置的基因控制同一种性状。✓
- (2) 非等位基因都位于非同源染色体上。✗

27

27

练习与应用：一、概念检测

2. 基因主要位于染色体上，下列关于基因和染色体关系的表述，错误的是 **B**

- A. 染色体是基因的主要载体
- B. 染色体就是由基因组成的
- C. 一条染色体上有多个基因
- D. 基因在染色体上呈线性排列

28

28

练习与应用：一、概念检测

3. 基因和染色体的行为存在平行关系。下列相关表述，错误的是 **D**

- A. 复制的两个基因随染色单体分开而分开
- B. 同源染色体分离时，等位基因也随之分离
- C. 非同源染色体数量越多，非等位基因组合的种类也越多
- D. 非同源染色体自由组合，使所有非等位基因也自由组合

29

29

练习与应用：二、拓展应用

1. 用白眼雌果蝇和红眼雄果蝇杂交，通过眼睛颜色可判断子代果蝇的性别；用白眼雄果蝇和红眼雌果蝇杂交，通过眼睛颜色却不能判断子代果蝇的性别，这是为什么？用其他杂交组合，能否通过眼睛颜色判断子代果蝇的性别呢？

红眼雌果蝇的基因型有 $X^{w^+}X^{w^+}$ 和 $X^{w^+}X^w$ 两种类型，白眼雄果蝇的基因型为 X^wY 。如果基因型为 $X^{w^+}X^{w^+}$ 的红眼雌果蝇与基因型为 X^wY 的白眼雄果蝇杂交，则子一代无论雌雄，全部为红眼，如果基因型为 $X^{w^+}X^w$ 的红眼雌果蝇与基因型为 X^wY 的白眼雄果蝇杂交，那么子代雌果蝇和子代雄果蝇都是既有红眼，也有白眼，因此无法通过眼睛颜色判断子代果蝇的性别。

30

30

练习与应用：二、拓展应用

1.用白眼雌果蝇和红眼雄果蝇杂交，通过眼睛颜色可判断子代果蝇的性别；用白眼雄果蝇和红眼雌果蝇杂交，通过眼睛颜色却不能判断子代果蝇的性别，这是为什么？用其他杂交组合，能否通过眼睛颜色判断子代果蝇的性别呢？

果蝇眼睛颜色的杂交实验，共有红眼雌果蝇

($X^W X^W$ 或 $X^W X^w$)与红眼雄果蝇($X^W Y$)、红眼雌果蝇($X^W X^w$ 或 $X^w X^w$)与白眼雄果蝇($X^w Y$)、白眼雌果蝇($X^w X^w$)与白眼雄果蝇($X^w Y$)、白眼雌果蝇($X^w X^w$)与红眼雄果蝇($X^W Y$)杂交等组合。只有白眼雌果蝇($X^w X^w$)与红眼雄果蝇($X^W Y$)杂交的子代，红眼全为雌性，白眼全为雄性，可以通过眼睛颜色判断子代果蝇的性别。

31

31

练习与应用：二、拓展应用

2.生物如果丢失或增加一条或几条染色体，就会出现严重疾病甚至死亡。但是在自然界，有些动植物的某些个体是由未受精的生殖细胞（如卵细胞）单独发育来的，如蜜蜂中的雄蜂等。这些生物虽然体细胞中的染色体数目减少了一半，但它们仍能正常生活。你如何解释这现象？

这些生物的体细胞中的染色体数目虽然减少了一半，但仍具有一整套非同源染色体，这一套染色体携带着控制该种生物所有性状的一整套基因。

32

32

练习与应用：二、拓展应用

3.人的体细胞中有23对染色体，其中1-22号是常染色体，23号是性染色体。现在已经发现多一条13号、18号或21号染色体的婴儿，都表现出严重的病症。据不完全调查，现在还未发现多一条（或几条）其他常染色体的婴儿请你试着作出一些可能的解释。

人的体细胞中染色体数目的变异，会严重影响生殖、发育等各种生命活动，未发现其他常染色体数目变异的婴儿，很可能是发生这类变异后的受精卵不能发育，或发育至胚胎早期就死亡了的缘故。

33

33