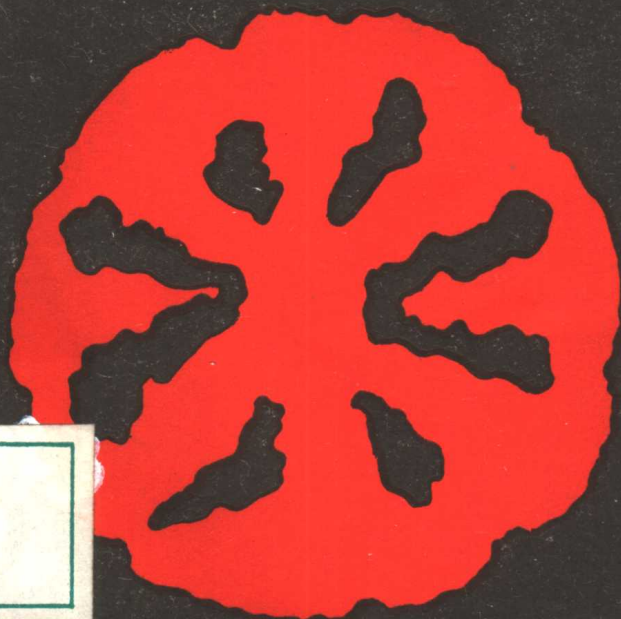


YICHUANXUE

# 遗传学

(第二版) 下册



Q3-43

LZD

V2

=2

120210

高等学校教材

刘祖洞

高等教育出版社

高等学校教材

# 遗 传 学

(第二版)

下 册

刘 祖 洞

高等教育出版社

高等学校教材  
**遗 传 学**  
(第 二 版)  
下 册

刘 祖 洞

\*

高等教育出版社出版  
新华书店北京科技发行所发行  
上海中华印刷厂印装

\*

开本 850×1168 1/32 印张 12.625 字数 302,000

1979年6月第1版

1991年4月第2版 1991年4月第1次印刷

印数00,001—13,170

ISBN 7-04-002667-8/Q·177

定价 3.60元

## 下 册 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第九章 遗传物质的改变(一)染色体畸变</b> ..... | 1  |
| <b>第一节 染色体结构的改变</b> .....        | 1  |
| 研究染色体畸变的几种好材料 .....              | 3  |
| 缺失 .....                         | 6  |
| 重复 .....                         | 8  |
| 易位 .....                         | 10 |
| 倒位 .....                         | 16 |
| 平衡致死系 .....                      | 20 |
| 染色体结构变异的发生机理 .....               | 23 |
| 染色体结构改变在育种上的应用 .....             | 24 |
| <b>第二节 染色体数目的改变</b> .....        | 26 |
| 染色体数目变异的分类 .....                 | 26 |
| 单倍体 .....                        | 27 |
| 同源多倍体 .....                      | 28 |
| 异源多倍体 .....                      | 31 |
| 多倍体的诱发 .....                     | 35 |
| 多倍体的实践应用 .....                   | 36 |
| 非整倍体 .....                       | 33 |
| 人类的非整倍体 .....                    | 41 |
| 三体在配制一代杂种中的应用 .....              | 43 |
| <b>第十章 遗传物质的改变(二)基因突变</b> .....  | 48 |
| <b>第一节 基因突变概说</b> .....          | 48 |
| 突变体的表型特性 .....                   | 48 |
| 突变发生的时期 .....                    | 49 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 突变率 .....                         | 50  |
| 突变的可逆性 .....                      | 53  |
| 突变的多方向性与复等位基因 .....               | 54  |
| 自发突变的原因 .....                     | 55  |
| <b>第二节 突变的检出</b> .....            | 56  |
| 果蝇突变的检出 .....                     | 56  |
| 链孢霉突变的检出 .....                    | 60  |
| 人的突变的检出 .....                     | 63  |
| <b>第三节 诱发突变</b> .....             | 64  |
| 辐射和诱变 .....                       | 64  |
| 紫外线照射 .....                       | 67  |
| 化学诱变 .....                        | 68  |
| 诱变在育种上的应用 .....                   | 70  |
| <b>第十一章 遗传的分子基础</b> .....         | 76  |
| <b>第一节 遗传物质是 DNA(或 RNA)</b> ..... | 76  |
| DNA 是遗传物质的间接证据 .....              | 76  |
| DNA 是遗传物质的直接证据 .....              | 77  |
| (1) 噬菌体的感染 .....                  | 78  |
| (2) 烟草花叶病病毒的重建 .....              | 79  |
| (3) 肺炎球菌的转化 .....                 | 82  |
| <b>第二节 DNA 的分子结构与复制</b> .....     | 85  |
| 两种核酸和它们的分布 .....                  | 85  |
| DNA 的化学结构 .....                   | 86  |
| DNA 的模型 .....                     | 88  |
| 双链 DNA 的不同构型 .....                | 91  |
| DNA 的变性和复性 .....                  | 92  |
| DNA 的复制 .....                     | 93  |
| <b>第三节 DNA 与蛋白质合成</b> .....       | 107 |
| 性状和蛋白质 .....                      | 107 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 蛋白质的结构和组成 .....          | 110        |
| DNA 的功能 .....            | 113        |
| RNA 分子的结构 .....          | 114        |
| 信使 RNA .....             | 114        |
| mRNA 在转录后的加工 .....       | 117        |
| 遗传密码 .....               | 118        |
| 核糖体 .....                | 121        |
| 转运 RNA .....             | 124        |
| 密码子与反密码子的对合方式 .....      | 126        |
| 氨基酰-tRNA 合成酶 .....       | 128        |
| 蛋白质的生物合成 .....           | 129        |
| 真核类细胞中蛋白质在转译后的修饰 .....   | 135        |
| 中心法则和它的发展 .....          | 135        |
| <b>第四节 基因的本质 .....</b>   | <b>140</b> |
| 基因和 DNA .....            | 140        |
| Cot 曲线和重复顺序 .....        | 147        |
| 生化突变型与一基因一酶说 .....       | 149        |
| 人的先天代谢缺陷 .....           | 151        |
| 基因的精细结构 .....            | 155        |
| 近代的基因概念 .....            | 165        |
| <b>第五节 遗传工程 .....</b>    | <b>166</b> |
| 限制性内切酶 .....             | 166        |
| 目的基因的分离和制备 .....         | 169        |
| (1) 基因的人工合成 .....        | 170        |
| (2) 基因分离 .....           | 170        |
| 重组 DNA 技术的应用 .....       | 176        |
| (1) 基因结构的阐明 .....        | 176        |
| (2) 限制性片段长度多态与基因诊断 ..... | 179        |
| (3) 重组 DNA 技术与生物合成 ..... | 183        |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>第十二章 突变和重组机理</b>  | <b>188</b> |
| <b>第一节 突变的分子基础</b>   | <b>188</b> |
| 碱基类似物的诱发突变           | 188        |
| 改变 DNA 化学结构的诱变剂      | 191        |
| 结合到 DNA 分子上的化合物      | 198        |
| 基因突变与氨基酸顺序           | 196        |
| 编码顺序改变与血红蛋白病         | 198        |
| (1) 碱基替换             | 198        |
| (2) 终止密码子突变          | 200        |
| (3) 移码突变             | 200        |
| <b>第二节 重组的分子基础</b>   | <b>202</b> |
| 基因重组的可能机理            | 202        |
| 基因转变                 | 205        |
| 遗传重组的分子基础            | 209        |
| <b>第三节 转座遗传因子</b>    | <b>214</b> |
| 玉米的控制系统              | 214        |
| 原核生物中的转座因子           | 215        |
| 转座机理                 | 216        |
| 各类生物中的转座因子           | 218        |
| <b>第四节 DNA 损伤的修复</b> | <b>219</b> |
| 紫外线照射对 DNA 的损伤       | 219        |
| 光复活                  | 220        |
| 暗复活                  | 220        |
| 重组修复                 | 223        |
| 电离辐射引起的 DNA 损伤和它的修复  | 225        |
| <b>第十三章 细胞质和遗传</b>   | <b>228</b> |
| <b>第一节 母性影响</b>      | <b>228</b> |
| 短暂的母性影响              | 228        |
| 持久的母性影响              | 229        |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第二节 细胞质遗传               | 232 |
| 高等植物叶绿体的遗传              | 232 |
| 叶绿体遗传的分子基础              | 235 |
| 真菌类线粒体的遗传               | 236 |
| 线粒体遗传的分子基础              | 239 |
| 草履虫放毒型的遗传               | 241 |
| 放毒现象与内共生体               | 245 |
| 禾谷类作物的雄性不育              | 246 |
| 第三节 持续饰变                | 250 |
| 第四节 细胞质在遗传中的作用          | 251 |
| 第十四章 遗传与个体发育            | 254 |
| 第一节 细胞质在遗传中的作用          | 254 |
| 细胞质的不均一性和细胞的分化          | 254 |
| 细胞质对染色体行为的影响            | 257 |
| 细胞质对性染色体的影响             | 260 |
| 第二节 细胞分化的可逆性            | 263 |
| 植物的组织培养                 | 263 |
| 动物的核移植试验                | 264 |
| 第三节 基因表达的调控             | 266 |
| 基因表达调控的例证               | 266 |
| 原核类基因表达的调控              | 270 |
| 真核类基因表达的调控              | 274 |
| 第四节 几个发育现象的遗传学分析        | 280 |
| 通过基因重排控制基因表达            | 280 |
| 从突变对器官形成的影响推论发育中基因的作用   | 283 |
| 哺乳动物性分化过程中染色体和基因所起的某些作用 | 385 |
| 第五节 噬菌体和原生生物的分化         | 289 |
| 噬菌体的自发装配                | 289 |
| 细菌的孢子形成                 | 292 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 伞藻的再生和嫁接试验 .....             | 293 |
| 第六节 细胞核和细胞质在个体发育中的协同作用 ..... | 296 |
| 第十五章 遗传和进化 .....             | 299 |
| 第一节 进化概说 .....               | 299 |
| 蛋白质进化 .....                  | 299 |
| 核酸进化 .....                   | 302 |
| 遗传体系的进化 .....                | 305 |
| 第二节 进化理论 .....               | 309 |
| 拉马克的获得性状遗传学说 .....           | 309 |
| 达尔文的自然选择学说 .....             | 311 |
| 突变为进化提供原材料 .....             | 313 |
| 新基因怎样起源的 .....               | 314 |
| 群体中的遗传平衡 .....               | 318 |
| 在有突变的情况下群体中基因频率的改变 .....     | 323 |
| 在选择作用下群体中基因频率的改变 .....       | 324 |
| (1) 适合度和选择系数 .....           | 324 |
| (2) 选择对隐性纯合体不利 .....         | 326 |
| (3) 选择对显性基因不利 .....          | 328 |
| 自然选择的例子——工业黑化 .....          | 329 |
| 在突变和选择下的群体平衡 .....           | 330 |
| 遗传漂变 .....                   | 332 |
| 群体中的多态现象及其维持机制 .....         | 334 |
| 选择的创造性作用 .....               | 337 |
| 自然选择, 还是定向变异 .....           | 338 |
| 第三节 新种形成 .....               | 34  |
| 什么是种 .....                   | 340 |
| 隔离的几种方式 .....                | 343 |
| (1) 地理隔离 .....               | 343 |
| (2) 生育隔离 .....               | 343 |

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 新种形成的两种形式 .....      | 345 |
| (1) 渐变式新种形式 .....    | 345 |
| (2) 爆发式新种形式 .....    | 348 |
| 第四节 育种实践中的人工选择 ..... | 350 |
| 环境条件的作用 .....        | 350 |
| 遗传变异的作用 .....        | 351 |
| 第五节 育种实践中的远缘杂交 ..... | 352 |
| 参考文献 .....           | 359 |
| 索引 .....             | 363 |

## 第九章 遗传物质的改变(一)染色体畸变

应用前几章中讲过的一些遗传学基本定律,如分离和组合、连锁与交换,可在子代中得到亲代所不表现的新性状,或性状的新组合。但这些“新”性状,追溯起来并不是真正的新性状,都是它们祖先中原来有的。只有遗传物质的改变,才出现新的基因,形成新的基因型,产生新的表型。

遗传物质的改变,称作突变 (mutation)。突变可以分为两大类: (1)染色体数目的改变和结构的改变,这些改变一般可在显微镜下看到; (2)基因突变或点突变 (genic or point mutations),这些突变通常在表型上有所表达。但在传统上,突变这一术语留给基因突变,而较明显的染色体改变,称为染色体变异或畸变 (chromosomal variations or aberrations)。

### 第一节 染色体结构的改变

因为一个染色体上排列着很多基因,所以不仅染色体数目的变异可以引起遗传信息的改变,而且染色体结构的变化,也可引起遗传信息的改变。

一般认为,染色体的结构变异起因于染色体或它的亚单位——染色单体的断裂(breakage)。每一断裂产生两个断裂端,这些断裂端可以沿着下面三条途径中的一条发展:

(1) 它们保持原状,不愈合,没有着丝粒的染色体片段(segment)最后丢失。

(2) 同一断裂的两个断裂端重新愈合或重建 (restitution),回复到原来的染色体结构。

(3) 某一断裂的一个或两个断裂端，可以跟另一断裂所产生的断裂端连接，引起非重建性愈合(nonrestitution union)。

依据断裂的数目和位置，断裂端是否连接，以及连接的方式，可以产生各种染色体变异，主要的有下列四种(图 9-1)：

(1) 缺失(deletion 或 deficiency)——染色体失去了片段：

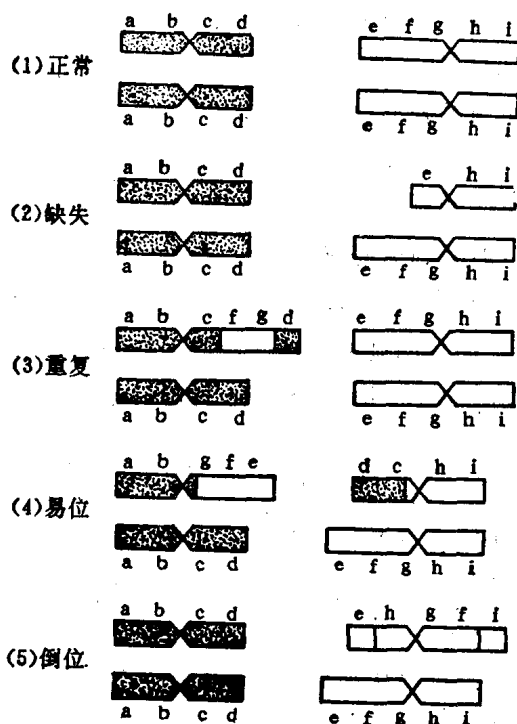


图 9-1 染色体结构的变化。

- (1) 正常的两对染色体,abcd 表示一对染色体上直线分化的顺序,efghi 表示另一对染色体上直线分化的顺序。中间凹陷部分表示着丝粒区域。
- (2) 一条染色体缺失了 fg 一段。
- (3) 一条染色体重复了 fg 一段。
- (4) 易位异质接合,两条非同源染色体间互换片段,还有两条没有互换。
- (5) 倒位异质接合,一对同源染色体中,有一条染色体的直线分化顺序改变,由 efghi 变为 ehgfi,另一条染色体没有改变。

- (2) 重复(duplication 或 repeat)——染色体增加了片段;
- (3) 倒位(inversion)——染色体片段作  $180^\circ$  的颠倒, 造成染色体内的重新排列;
- (4) 易位(translocation)——非同源染色体间相互交换染色体片段, 造成染色体间的重新排列。

下面先介绍研究染色体畸变的几种材料, 再讨论各种染色体畸变, 说明它们的遗传学效应, 最后再说明一个育种上应用的例子。

**研究染色体畸变的几种好材料** 每种生物的几个细胞都有一定数目的染色体, 各个染色体的形状也是恒定的。所以如果它们的数目或形状改变了, 就可以知道有了畸变。

例如玉米的染色体就是研究染色体畸变的好材料。玉米的 10 条染色体在形态上可以互相区别 (图 3-2)。特别是在减数分裂的

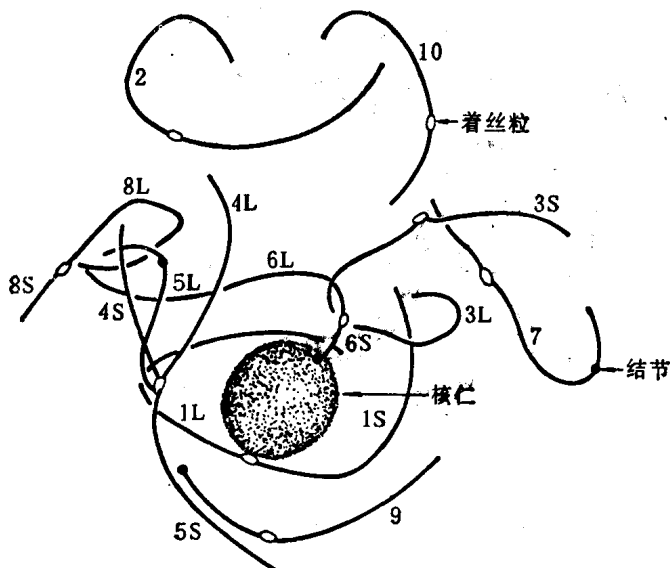


图 3-2 玉米的粗线期染色体。

表示 10 个粗线期染色体(10<sub>II</sub>)和一个核仁。

图上注明了染色体号码, 长臂(L)和短臂(S)等。

粗线期,那时染色体是细长的染色丝,两条同源染色丝紧密地配合在一起。细长的细线上又有各种标记,如着丝粒的位置,两臂的相对长短,球节(knob)的存在与否,和染色丝上着色较浓的染色粒(chromomere)的分布等(图 9-2)。对每一染色体来讲,这些标记都是以一定的形式直线地排列着,所以如果这些标记不见了或重复出现,或者它们的原有排列顺序改变了,就是染色体畸变的明确证据。

果蝇的染色体在减数分裂时,形状很小,研究不易。可是果蝇和其它双翅目昆虫的幼虫唾腺细胞中,核特别大,其中的染色体比减数分裂时的染色体和其它体细胞的染色体要大上几百倍。

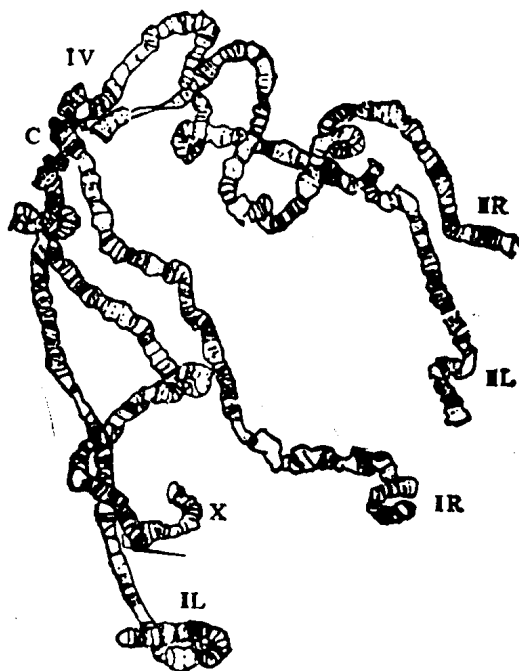


图 9-3 黑腹果蝇的唾腺染色体。

X: X染色体,即第一染色体。II—IV: 第二,第三和第四染色体。  
L: 左臂。R: 右臂。C: 染色中心。

图 9-3 是黑腹果蝇 (*Drosophila melanogaster*) 的唾腺染色体。图 9-4 是普通染色体与唾腺染色体的对照模式，这模式说明唾腺染色体是怎样形成的。唾腺染色体上有明显的横纹，横纹的相对大小和空间排列是恒定的，可以作为识别唾腺染色体的标志。这些横纹在染色后看得特别清楚，但是在不染色的活细胞中也可明晰地看到。

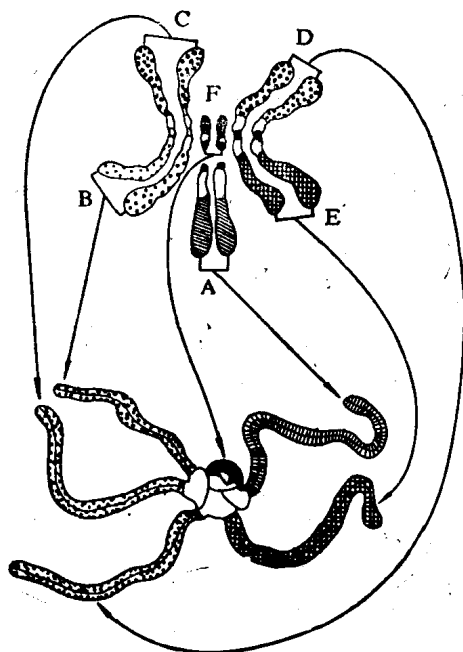


图 9-4 黑腹果蝇的普通染色体与唾腺染色体的对照模式。

上：分裂中期的普通染色体。

下：幼虫的唾腺染色体。

A：X染色体。

BC：第二染色体。

DE：第三染色体。

F：第四染色体。

在唾腺细胞中，同源染色体紧密地结合在一起，象减数分裂时的粗线期染色体一样，又各染色体的着丝粒及其邻近部分相互聚合，形成染色中心(chromocenter)。

一般认为唾腺染色体是处于间期或前期状态。由于唾腺细胞内的染色体连续复制，复制后形成的染色丝并不相互分开，而是纵向地密集在一起，所以唾腺染色体是多线染色体 (polytene chromosome)。多线染色体中每一染色丝是一条跟蛋白质结合在一起的 DNA 双链，据说在两条横纹之间的区域，其螺旋化程度较低，而在横纹的地方，螺旋化程度要高一些，但总的说来，比其它体细胞染色体还是低得多。

因为同源的唾腺染色体总是紧密地结合在一起，象在减数分裂的粗线期一样，所以两条同源染色体间有差别时，很容易看出来。由于这些原因，唾腺染色体也是研究染色体畸变的好材料。

**缺失** 当染色体的一个片段不见了，其中所含的基因也随之丧失了。如果同源染色体中一条染色体有缺失，而另一条染色体是正常的，那末在同源染色体相互配对时，因为一条染色体缺了一个片段，它的同源染色体在这一段不能配对，因此拱了起来，形成一个弧状的结构(图 9-5)。

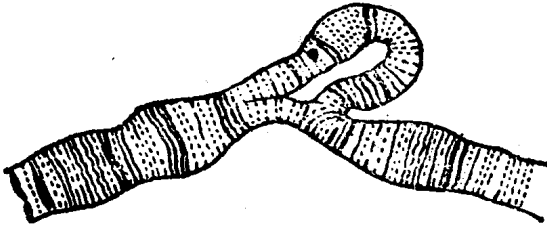


图 9-5 黑腹果蝇幼虫唾腺染色体的一段。

每条唾腺染色体由来自雌亲和雄亲的一对同源染色体组成。图中表示一条染色体缺少了一个片段，它的正常同源染色体在这一段不能配对，因而拱了起来，形成一个弧状结构。这结构称为缺失环(deletion loop)，缺失的横纹可以从正常染色体的缺失环上认出来。

**缺失影响个体的生活力。**如果缺失的部分太大，那个体通常是不能生活的。一般缺失纯合体的生活力比缺失杂合体的生活力

更低,这是容易理解的,因为在纯合体中,缺失基因所担负的重要机能都不能进行了。

不致死的缺失往往引起不寻常的表型效应。一个杂合体 Aa, 缺失了带有显性基因 A 的一个染色体片段, 隐性基因 a 就在表型上显现出来。例如在玉米中, 糊粉层核是  $3n$ , 如果除了显性基因 C 以外, 其它对色素形成所需要的基因都存在, 那末基因型 Ccc 的糊粉层是有色的。假使带有显性基因 C 的那个染色体的端部有了

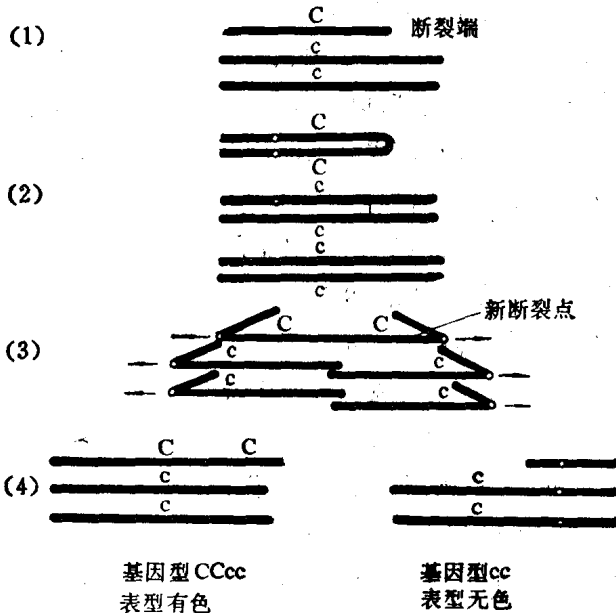


图 9-6 玉米的花斑型糊粉层颜色, 可能起因于“断裂·融合·桥的循环”的作用。基因 C 位于第 9 染色体, 对于发展糊粉层颜色是必需的, 它的等位基因 c 在纯合态时, 糊粉层是无色的。糊粉层核是  $3n$ 。

- (1) 一个基因型 Ccc 的核; 带有等位基因 C 的染色体在靠近座位 C 的地方, 有一个新近形成的断裂端。
  - (2) 这个核的前期, 带有座位 C 的两个染色单体在断裂端的地方融合。
  - (3) 后期, 双着丝粒的染色单体形成一个桥, 其它染色单体以正规形式分离。
  - (4) 两个后期核: 桥断裂, 一个核对座位 C 是缺失, 另一个核对座位 C 是重复。前者的表型是无色的, 后者的表型是有色的。
- 断裂·融合·桥的循环可在糊粉层组织的发育过程中继续下去。