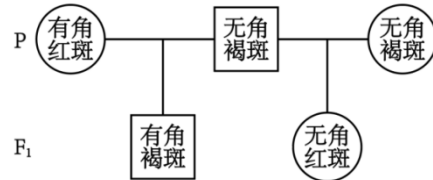


31 基因的自由组合定律

学校:_____ 姓名:_____ 班级:_____ 考号:_____

一、单选题

1. (2025·甘肃·高考真题) 某种牛常染色体上的一对等位基因 H (无角) 对 h (有角) 完全显性。体表斑块颜色由另一对独立的常染色体基因 (M 褐色/m 红色) 控制, 杂合态时公牛呈现褐斑, 母牛呈现红斑。在下图的杂交实验中, 亲本公牛的基因型是 ()

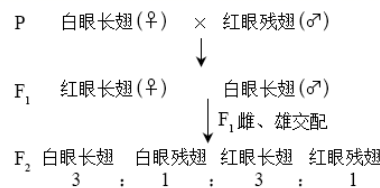


- A. HhMm B. HHMm C. HhMM D. HHMM

2. (2022·广东·高考真题) 下列关于遗传学史上重要探究活动的叙述, 错误的是 ()

- A. 孟德尔用统计学方法分析实验结果发现了遗传规律
B. 摩尔根等基于性状与性别的关联证明基因在染色体上
C. 赫尔希和蔡斯用对比实验证明 DNA 是遗传物质
D. 沃森和克里克用 DNA 衍射图谱得出碱基配对方式

3. (2023·北京·高考真题) 纯合亲本白眼长翅和红眼残翅果蝇进行杂交, 结果如图。F₂ 中每种表型都有雌、雄个体。根据杂交结果, 下列推测错误的是 ()

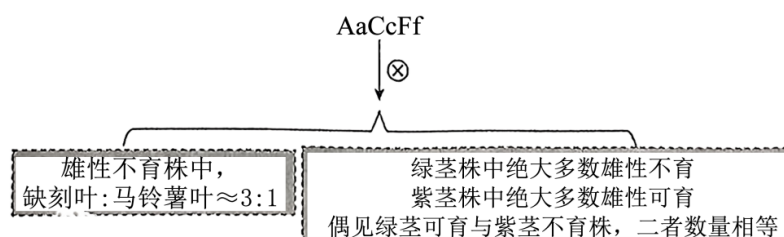


- A. 控制两对相对性状的基因都位于 X 染色体上
B. F₁ 雌果蝇只有一种基因型
C. F₂ 白眼残翅果蝇间交配, 子代表型不变
D. 上述杂交结果符合自由组合定律

4. (2024·全国甲卷·高考真题) 果蝇翅型、体色和眼色性状各由 1 对独立遗传的等位基因控制, 其中弯翅、黄体 and 紫眼均为隐性性状, 控制灰体、黄体性状的基因位于 X 染色体上。某小组以纯合体雌蝇和常染色体基因纯合的雄蝇为亲本杂交得 F₁, F₁ 相互交配得 F₂。在翅型、体色和眼色性状中, F₂ 的性状分离比不符合 9:3:3:1 的亲本组合是 ()

- A. 直翅黄体♀×弯翅灰体♂ B. 直翅灰体♀×弯翅黄体♂
C. 弯翅红眼♀×直翅紫眼♂ D. 灰体紫眼♀×黄体红眼♂

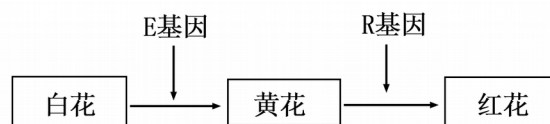
5. (2024·广东·高考真题) 雄性不育对遗传育种有重要价值。为获得以茎的颜色或叶片形状为标记的雄性不育番茄材料, 研究者用基因型为 AaCcFf 的番茄植株自交, 所得子代的部分结果见图。其中, 控制紫茎 (A) 与绿茎 (a)、缺刻叶 (C) 与马铃薯叶 (c) 的两对基因独立遗传, 雄性可育 (F) 与雄性不育 (f) 为另一对相对性状, 3 对性状均为完全显隐性关系。下列分析正确的是 ()



- A. 育种实践中缺刻叶可以作为雄性不育材料筛选的标记
- B. 子代的雄性可育株中，缺刻叶与马铃薯叶的比例约为 1 : 1
- C. 子代中紫茎雄性可育株与绿茎雄性不育株的比例约为 3 : 1
- D. 出现等量绿茎可育株与紫茎不育株是基因突变的结果
6. (2025·海南·高考真题) 鸡黑羽 (B) 和麻羽 (b) 的基因位于常染色体，鸡胫白色 (A) 和黑色 (a) 的基因位于 Z 染色体。黑羽黑胫公鸡和黑羽白胫母鸡交配，产生的 F₁ 中黑羽 : 麻羽 = 3 : 1。剔除 F₁ 中的麻羽鸡后，剩余的 F₁ 个体随机交配得到 F₂。下列有关叙述正确的是 ()
- A. F₂ 的黑羽个体中纯合子占 4/9
- B. F₂ 中 b、Z^a 的基因频率分别为 1/3、1/2
- C. F₂ 中黑羽黑胫母鸡的比例是 2/9
- D. F₁、F₂ 的基因型分别为 4 种、12 种
7. (2025·湖北·高考真题) 某学生重复孟德尔豌豆杂交实验，取一粒黄色圆粒 F₁ 种子 (YyRr)，培养成植株，成熟后随机取 4 个豆荚，所得 32 粒豌豆种子表型计数结果如表所示。下列叙述最合理的是 ()
- | | | | | |
|--------|----|----|----|----|
| 性状 | 黄色 | 绿色 | 圆粒 | 皱粒 |
| 个数 (粒) | 25 | 7 | 20 | 12 |
- A. 32 粒种子中有 18 粒黄色圆粒种子，2 粒绿色皱粒种子
- B. 实验结果说明含 R 基因配子的活力低于含 r 基因的配子
- C. 不同批次随机摘取 4 个豆荚，所得种子的表型比会有差别
- D. 该实验豌豆种子的圆粒与皱粒表型比支持孟德尔分离定律
8. (2024·湖北·高考真题) 不同品种烟草在受到烟草花叶病毒 (TMV) 侵染后症状不同。研究者发现品种甲受 TMV 侵染后表现为无症状 (非敏感型)，而品种乙则表现为感病 (敏感型)。甲与乙杂交，F₁ 均为敏感型；F₁ 与甲回交所得的子代中，敏感型与非敏感型植株之比为 3:1。对决定该性状的 N 基因测序发现，甲的 N 基因相较于乙的缺失了 2 个碱基对。下列叙述正确的是 ()
- A. 该相对性状由一对等位基因控制
- B. F₁ 自交所得的 F₂ 中敏感型和非敏感型的植株之比为 13:3
- C. 发生在 N 基因上的 2 个碱基对的缺失不影响该基因表达产物的功能
- D. 用 DNA 酶处理该病毒的遗传物质，然后导入到正常乙植株中，该植株表现为感病

二、解答题

9. (2025·广西·高考真题) 某植物 (XY 型) 的花色受 2 对等位基因 (E/e 和 R/r) 控制，遵循自由组合定律。已知 E/e 基因位于常染色体上，该植物花色产生机制见图 (不考虑 XY 同源区段、染色体交换情况)。回答下列问题：



(1)将红花雌、雄株杂交，子一代表型及比例为红花：黄花：白花=9：3：4，据此不能确定 R/r 基因位于常染色体上，理由是_____。对子一代的雌株作进一步分析：若_____，则说明 R/r 基因位于 X 染色体上；若_____，则说明 R/r 基因位于常染色体上。

(2)实验分析确定 E/e 与 R/r 基因都位于常染色体上。在某红花雌、雄株繁殖的子代群体中，红花占比显著降低。经初步研究确定是常染色体上的 g 基因发生显性突变，产生了抑制作用，被抑制的基因不能表达，但未知被抑制的是 E 还是 R 基因。

①生物兴趣小组选取基因型 EERRgg 与 eerrGg 为亲本，探究 G 基因的抑制对象。写出实验思路、预期结果和结论_____。

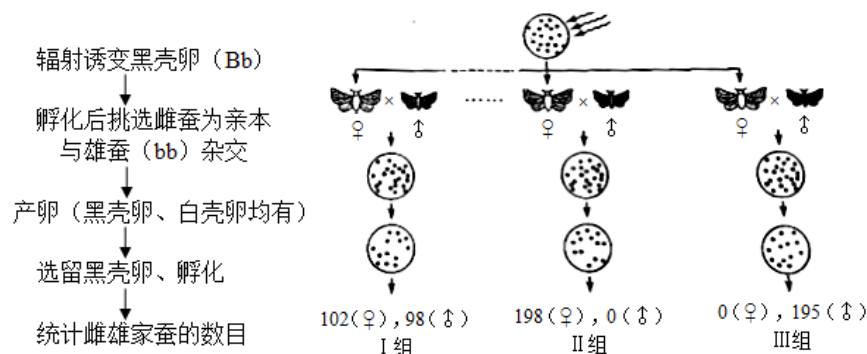
②再选用基因型 EeRrGg 的雌、雄株为亲本进行杂交，子一代的表型及比例为红花：黄花：白花=3：9：4。请在答题卡作图区画出 EeRrGg 个体的基因在染色体上可能的位置关系图（用“o”表示细胞，用“||”表示 1 对同源染色体），并用文字说明基因间的抑制关系及位置情况_____。

10. (2022·广东·高考真题)《诗经》以“蚕月条桑”描绘了古人种桑养蚕的劳动画面，《天工开物》中“今寒家有将早雄配晚雌者，幻出嘉种”，表明我国劳动人民早已拥有利用杂交手段培育蚕种的智慧，现代生物技术应用用于蚕桑的遗传育种，更为这历史悠久的产业增添了新的活力。回答下列问题：

(1)自然条件下蚕采食桑叶时，桑叶会合成蛋白醇抑制剂以抵御蚕的采食，蚕则分泌更多的蛋白酶以拮抗抑制剂的作用。桑与蚕相互作用并不断演化的过程称为_____。

(2)家蚕的虎斑对非虎斑、黄茧对白茧、敏感对抗软化病为显性，三对性状均受常染色体上的单基因控制且独立遗传。现有上述三对基因均杂合的亲本杂交，F₁中虎斑、白茧、抗软化病的家蚕比例是_____；若上述杂交亲本有 8 对，每只雌蚕平均产卵 400 枚，理论上可获得_____只虎斑、白茧、抗软化病的纯合家蚕，用于留种。

(3)研究小组了解到：①雄蚕产丝量高于雌蚕；②家蚕的性别决定为 ZW 型；③卵壳的黑色(B)和白色(b)由常染色体上的一对基因控制；④黑壳卵经射线照射后携带 B 基因的染色体片段可转移到其他染色体上且能正常表达。为达到基于卵壳颜色实现持续分离雌雄，满足大规模生产对雄蚕需求的目的，该小组设计了一个诱变育种的方案。下图为方案实施流程及得到的部分结果。



统计多组实验结果后，发现大多数组别家蚕的性别比例与 I 组相近，有两组（II、III）的性别比例非常特殊。综合以上信息进行分析：

①I 组所得雌蚕的 B 基因位于_____染色体上。

②将 II 组所得雌蚕与白壳卵雄蚕 (bb) 杂交，子代中雌蚕的基因型是_____（如存在基因缺失，亦用 b 表示）。这种杂交模式可持续应用于生产实践中，其优势是可

在卵期通过卵壳颜色筛选即可达到分离雌雄的目的。

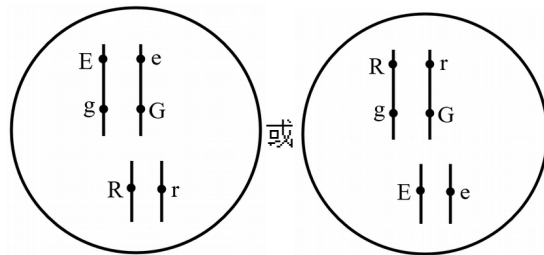
③ 尽管Ⅱ组所得黑壳卵全部发育成雄蚕，但其后代仍无法实现持续分离雌雄，不能满足生产需求，请简要说明理由_____。

《31 基因的自由组合定律》参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8
答案	A	D	A	A	C	C	C	D

9. (1) 未统计子一代不同性别的表型比例，无法确定基因位置 红花：白花=3：1
红花：黄花：白花=9：3：4

(2) 将亲本杂交，统计子代表型及比例。若子代中红花：白花=1：1，则 G 基因抑制 E 基因的表达；若子代中红花：黄花=1：1，则 G 基因抑制 R 基因的表达 G 基因抑制 R 基因的表达。E 和 g，e 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，R/r 位于另一对染色体上，或 R 和 g，r 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，E/e 位于另一对染色体上



10(1) 协同进化

(2) 3/64 50

(3) 常 bbZW^B III 组所得黑壳卵雄蚕为杂合子，与白壳卵雌蚕杂交，后代的黑壳卵和白壳卵中均既有雌性又有雄性，无法通过卵壳颜色区分性别

解析

1. A

【分析】基因的自由组合定律的实质是：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。

【详解】A、若亲本公牛基因型为 HhMm（无角褐斑），有角红斑母牛基因型为 hhMm，对于有角和无角这对性状，Hh×hh 后代会出现有角（hh）和无角（Hh）个体，对于体表斑块颜色这对性状，Mm×Mm 后代会出现 MM、Mm 和 mm 个体，F₁公牛和母牛均会出现有角褐斑，若无角褐斑公牛的基因型为 HhMm，无角褐斑母牛的基因型为 HMM，二者杂交后代会出现无角红斑母牛（H.Mm），A 正确；

B、若亲本无角褐斑公牛基因型为 HHMm，后代全部为无角（Hh），不符合子代的表型，B 错误；

C、若亲本无角褐斑公牛基因型为 HhMM，无角褐斑母牛基因型为 H.MM，子代不会出现无角红斑（H.Mm 或 H.mm）母牛，不符合子代表型，C 错误；

D、若亲本无角褐斑公牛基因型为 HHMM，后代全部为无角（Hh），不符合子代表型，D 错误。

故选 A。

2. D

【分析】1、孟德尔发现遗传定律用了假说-演绎法，其基本步骤：提出问题→作出假说→演绎推理→实验验证（测交实验）→得出结论。

2、萨顿运用类比推理的方法提出基因在染色体的假说，摩尔根运用假说-演绎法证明基因在染色体上。

3、赫尔希和蔡斯进行了 T2 噬菌体侵染细菌的实验，实验步骤：分别用 ³⁵S 或 ³²P 标记噬菌体→噬菌体侵染未被标记的细菌→在搅拌器中搅拌，然后离心，检测上清液和沉淀物中的放

射性物质，证明了 DNA 是遗传物质。

4、沃森和克里克用建构物理模型的方法研究 DNA 的结构。

【详解】A、孟德尔用统计学方法分析杂合子自交子代的表现型及比例，发现了遗传规律，A 正确；

B、摩尔根等基于果蝇眼色与性别的关联，证明了基因在染色体上，B 正确；

C、赫尔希和蔡斯分别用 ^{32}P 和 ^{35}S 标记 T2 噬菌体 DNA 和蛋白质，通过对比两组实验结果，证明了 DNA 是遗传物质，C 正确；

D、沃森和克里克用 DNA 衍射图谱得出了 DNA 的螺旋结构，D 错误。

故选 D。

3. A

【分析】基因自由组合定律的实质是：位于非同源染色体上的非等位基因的分离或自由组合是互不干扰的；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。

【详解】A、白眼雌蝇与红眼雄果蝇杂交，产生的 F_1 中白眼均为雄性，红眼均为雌性，说明性状表现与性别有关，则控制眼色的基因位于 X 染色体上，同时说明红眼对白眼为显性；另一对相对性状的果蝇杂交，无论雌雄均表现为长翅，说明长翅对残翅为显性， F_2 中每种表型都有雌、雄个体，无论雌雄均表现为长翅：残翅=3:1，说明控制果蝇翅形的基因位于常染色体上，A 错误；

B、若控制长翅和残翅的基因用 A/a 表示，控制眼色的基因用 B/b 表示，则亲本的基因型可表示为 AAX^bX^b 、 aaX^BY ，二者杂交产生的 F_1 中雌性个体的基因型为 AaX^BX^b ，B 正确；

C、亲本的基因型可表示为 AAX^bX^b 、 aaX^BY ， F_1 个体的基因型为 AaX^BX^b 、 AaX^bY ，则 F_2 白眼残翅果蝇的基因型为 aaX^bX^b 、 aaX^bY ，这些雌雄果蝇交配的结果依然为残翅白眼，即子代表型不变，C 正确；

D、根据上述杂交结果可知，控制眼色的基因位于 X 染色体上，控制翅型的基因位于常染色体上，可见，上述杂交结果符合自由组合定律，D 正确。

故选 A。

4. A

【分析】1、自由组合定律的实质：控制不同性状的遗传因子的分离和组合是互不干扰的；在形成配子时，决定同一性状的成对的遗传因子彼此分离，决定不同性状的遗传因子自由组合。

2、依据题干信息，①果蝇翅型、体色和眼色性状各由 1 对独立遗传的等位基因控制，②控制灰体、黄体性状的基因位于 X 染色体上，③其中弯翅、黄体 and 紫眼均为隐性性状，说明这三对等位基因的遗传遵循基因的自由组合定律。

【详解】A、令直翅对弯翅由 A、a 控制，体色灰体对黄体由 B、b 控制，眼色红眼对紫眼由 D、d 控制。当直翅黄体♀×弯翅灰体♂时，依据题干信息，其基因型为： $\text{AAX}^b\text{X}^b \times$

$\text{aaX}^B\text{Y} \rightarrow F_1: \text{AaX}^B\text{X}^b$ 、 AaX^bY ，按照拆分法， $F_1 \xrightarrow{\text{自由交配}} F_2$ ：直翅灰体：直翅黄体：弯翅灰体：弯翅黄体=3:3:1:1，A 符合题意；

B、当直翅灰体♀×弯翅黄体♂时，依据题干信息，其基因型为： $\text{AAX}^B\text{X}^B \times \text{aaX}^b\text{Y} \rightarrow F_1$ ：

AaX^BX^b 、 AaX^BY ，按照拆分法， $F_1 \xrightarrow{\text{自由交配}} F_2$ ：直翅灰体：直翅黄体：弯翅灰体：弯翅黄体=9:3:3:1，B 不符合题意；

C、当弯翅红眼♀×直翅紫眼♂时，依据题干信息，其基因型为： $\text{aaDD} \times \text{AAdd} \rightarrow F_1$ ：

AaDd ，按照拆分法， $F_1 \xrightarrow{\text{自由交配}} F_2$ ：直翅红眼：直翅紫眼：弯翅红眼：弯翅紫眼

=9:3:3:1, C 不符合题意;

D、当灰体紫眼♀×黄体红眼♂时,依据题干信息,其基因型为: $ddX^BX^B \times DDX^bY \rightarrow F_1$:

DdX^BX^b 、 DdX^BY ,按照拆分法, $F_1 \xrightarrow{\text{自由交配}} F_2$: 灰体红眼: 灰体紫眼: 黄体红眼: 黄体紫眼
=9:3:3:1, D 不符合题意。

故选 A。

5. C

【分析】根据绿茎株中绝大多数雄性不育,紫茎株中绝大多数雄性可育,可推测控制绿茎(a)和雄性不育(f)的基因位于同一条染色体,控制紫茎(A)和雄性可育(F)的基因位于同一条染色体;控制紫茎(A)与绿茎(a)、缺刻叶(C)与马铃薯叶(c)的两对基因独立遗传,因此,控制缺刻叶(C)与马铃薯叶(c)的基因位于另一对同源染色体上。因为子代中偶见绿茎可育株与紫茎不育株,且两者数量相等,可推测是减数第一次分裂前期同源染色体非姐妹染色单体发生了互换。

【详解】A、根据绿茎株中绝大多数雄性不育,紫茎株中绝大多数雄性可育,可推测绿茎(a)和雄性不育(f)位于同一条染色体,紫茎(A)和雄性可育(F)位于同一条染色体,由子代雄性不育株中,缺刻叶:马铃薯叶 $\approx 3:1$ 可知,缺刻叶(C)与马铃薯叶(c)位于另一对同源染色体上。因此绿茎可以作为雄性不育材料筛选的标记,A 错误;

B、控制缺刻叶(C)、马铃薯叶(c)与控制雄性可育(F)、雄性不育(f)的两对基因位于两对同源染色体上,因此,子代雄性可育株中,缺刻叶与马铃薯叶的比例也约为 3:1, B 错误;

C、由于基因 A 和基因 F 位于同一条染色体,基因 a 和基因 f 位于同一条染色体,子代中紫茎雄性可育株与绿茎雄性不育株的比例约为 3:1, C 正确;

D、出现等量绿茎可育株与紫茎不育株是减数第一次分裂前期同源染色体非姐妹染色单体互换的结果, D 错误。

故选 C。

6. C

【详解】A、 F_1 中黑羽:麻羽=3:1。剔除 F_1 中的麻羽鸡后,剩余的

F_1 ($1/3BB$ 、 $2/3Bb$) 个体随机交配得到 F_2 。 F_2 中黑羽个体(基因型 BB 或 Bb) 占 $8/9$, 纯合子(BB) 占 $4/9$, 所以黑羽个体中纯合子(BB) 的比例为

$(4/9) \div (8/9) = 1/2$, A 错误;

B、 F_2 黑羽和麻羽中 BB 占 $4/9$, Bb 占 $4/9$, bb 占 $1/9$, 所以 b 的基因频率为

$bb + 1/2Bb = 1/3$; 关于 Z^a , 亲本中黑胫公鸡(Z^aZ^a) 和白胫母鸡(Z^AW) 交配, 产生的 F_1 中有白胫公鸡(Z^AZ^a) 和黑胫母鸡(Z^aW), F_1 个体随机交配得到 F_2 , F_2 鸡胫白色和黑色中 $1/4Z^AZ^a$ 、 $1/4Z^aZ^a$ 、 $1/4Z^AW$ 、 $1/4Z^aW$, 所以 Z^a 的基因频率 = $Z^a /$

$(Z^A + Z^a) = (1 + 2 + 1) / (2 + 2 + 1 + 1) = 2/3$, B 错误;

C、 F_2 黑羽和麻羽中 BB 占 $4/9$, Bb 占 $4/9$, bb 占 $1/9$, 鸡胫白色和黑色中

$1/4Z^AZ^a$ 、 $1/4Z^aZ^a$ 、 $1/4Z^AW$ 、 $1/4Z^aW$, 所以黑羽黑胫母鸡($B.Z^aW$) 的比例
= $8/9 \times 1/4 = 2/9$, C 正确;

D、 F_1 的基因型共有 6 种(雄性麻羽或黑羽: bbZ^AZ^a 、 BbZ^AZ^a 、 BBZ^AZ^a ; 雌性麻羽或黑羽: bbZ^aW 、 BbZ^aW 、 BBZ^aW), 不是 4 种; F_2 的基因型共有 12 种(雄性羽色 3 种×胫色 2 种(Z^AZ^a 或 Z^aZ^a) 共 6 种; 雌性羽色 3 种×胫色 2 种(Z^AW 或 Z^aW) 共 6 种), D 错误。

故选 C。

7. C

【分析】两对相对性状的黄色圆粒豌豆实验, 遵循基因的自由组合定律。 F_1 黄色圆粒豌豆

YyRr，在减数分裂过程中，同源染色体分离，非同源染色体上的非等位基因自由组合，能产生 4 种配子，F₁黄色圆粒豌豆（YyRr）自交产生 F₂为 Y_R_ : Y_rr : yyR_ : yyrr=9 : 3 : 3 : 1。

【详解】A、黄色圆粒种子理论值为 18 粒（ $32 \times 9/16$ ），绿色皱粒为 2 粒（ $32 \times 1/16$ ）。但实际数据中，黄色和圆粒的总数分别为 25 和 20，无法直接推导组合性状的具体数值，A 错误；

B、圆粒与皱粒比为 5:3，可能因 R 配子活力低于 r，但由于样本太少，所以不能确定含 R 基因配子的活力低于含 r 基因的配子，B 错误；

C、由于样本量小（仅 4 个豆荚，32 粒种子），不同批次摘取豆荚可能因抽样误差导致表型比波动，C 正确；

D、圆粒与皱粒实际比为 5:3，不符合分离定律预期的 3:1，同时样本数目太少，所以不支持孟德尔分离定律，D 错误；

故选 C。

8. D

【分析】双杂合子测交后代分离比为 3:1，则可推测双杂合子自交后代的分离比为 15:1。

【详解】A、已知品种甲受 TMV 侵染后表现为无症状（非敏感型），而品种乙则表现为感病（敏感型）。甲与乙杂交，F₁均为敏感型，说明敏感型为显性性状，F₁与甲回交相当于测交，所得的子代中，敏感型与非敏感型植株之比为 3:1，说明控制该性状的基因至少为两对独立遗传的等位基因，假设为 A/a、B/b，A 错误；

B、根据 F₁与甲回交所得的子代中，敏感型与非敏感型植株之比为 3:1，可知子一代基因型为 AaBb，甲的基因型为 aabb，且只要含有显性基因即表现敏感型，因此子一代 AaBb 自交所得子二代中非敏感型 aabb 占 $1/4 \times 1/4 = 1/16$ ，其余均为敏感型，即 F₂中敏感型和非敏感型的植株之比为 15:1，B 错误；

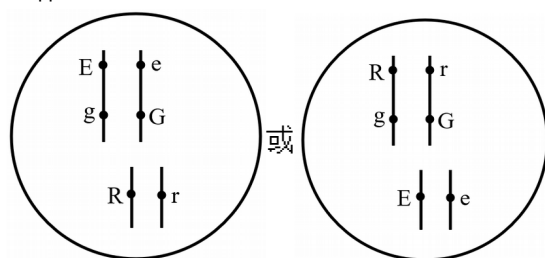
C、发生在 N 基因上的 2 个碱基对的缺失会导致基因的碱基序列改变，使表现敏感型的个体变为了非敏感型的个体，说明发生在 N 基因上的 2 个碱基对的缺失会影响该基因表达产物的功能，C 错误；

D、烟草花叶病毒遗传物质为 RNA，由于酶具有专一性，用 DNA 酶处理该病毒的遗传物质，其 RNA 仍保持完整性，因此将处理后的病毒导入到正常乙植株中，该植株表现为感病，D 正确。

故选 D。

9. (1) 未统计子一代不同性别的表型比例，无法确定基因位置 红花 : 白花 = 3 : 1
红花 : 黄花 : 白花 = 9 : 3 : 4

(2) 将亲本杂交，统计子代表型及比例。若子代中红花 : 白花 = 1 : 1，则 G 基因抑制 E 基因的表达；若子代中红花 : 黄花 = 1 : 1，则 G 基因抑制 R 基因的表达 G 基因抑制 R 基因的表达。E 和 g，e 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，R/r 位于另一对染色体上，或 R 和 g，r 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，E/e 位于另一对染色体上

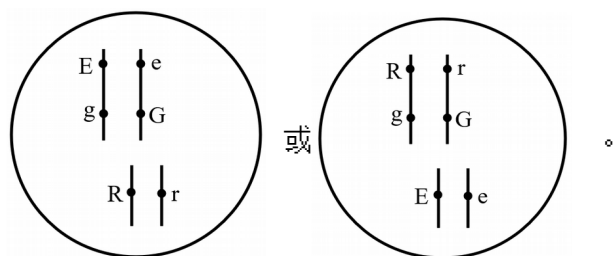


【分析】根据图中信息可知，当该植物内同时存在 E、R 基因时表现为红花，只有 E 基因时表现为黄花，无 E 基因时表现为白花。

【详解】(1) 根据子一代表型及比例为红花：黄花：白花=9：3：4，可知 R/r 和 E/e 位于两对染色体上，已知 E/e 位于常染色体，则 R/r 可以位于其他常染色体或性染色体上，未统计不同子一代不同性别的表型比例，无法确定基因位置。根据子一代表型及比例为红花：黄花：白花=9：3：4，可以知道亲本两对基因均为杂合子。若 R/r 基因位于 X 染色体上，则亲本基因型为 $EeX^RX^r \times EeX^RY$ ，子一代雌株中 $E_ : ee = 3 : 1$ ， $X^RX^R : X^RX^r = 1 : 1$ ，则表型及比例为红花：白花=3：1。若 R/r 基因位于常染色体上，则亲本基因型为 $EeRr \times EeRr$ ，则子一代雌株表型及比例为红花：黄花：白花=9：3：4 (雌雄均为该比例)。

(2) ①将亲本 $EERRgg$ 与 $eerrGg$ 杂交，统计子代表型及比例，可以根据结果判断 G 基因的抑制对象。由于子代基因型为 $EeRrGg : EeRrgg = 1 : 1$ ，其中 $EeRrgg$ 总表现为红花；当 G 基因抑制 E 基因的表达时， $EeRrGg$ 表现为白花；当 G 基因抑制 R 基因的表达时， $EeRrGg$ 表现为黄花。即若子代中红花：白花=1：1，则 G 基因抑制 E 基因的表达；若子代中红花：黄花=1：1，则 G 基因抑制 R 基因的表达。

②根据基因型 $EeRrGg$ 的雌、雄株为亲本进行杂交，子一代的表型及比例为红花：黄花：白花=3：9：4，可以判断：其中两对基因存在连锁关系，且根据红花变少的比例变成黄花，可知 G 基因抑制的是 R 基因的表达。由前文已知 E/e 和 R/r 独立遗传，则只考虑这两对基因子一代基因型及比例为 $E_R_ : E_rr : eeR_ : eerr = 9 : 3 : 3 : 1$ ，结合现有表现红花：黄花：白花=3：9：4，可以推测 $E_R_$ 的 9 份中有 6 份由于 G 的抑制表现为黄花。 $E_R_$ 中的基因型有 $4EeRr$ 、 $2EERr$ 、 $2EeRR$ 、 $1EERR$ ，要使其中 6 份含有 G 基因，可以使 G 基因与 e 或 r 连锁。因此 E 和 g，e 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，R/r 位于另一对染色体上，或 R 和 g，r 和 G 分别位于一对同源染色体的两条染色体上，E/e 位于另一对染色体上。基因的位置如下图：



10. (1) 协同进化

(2) $3/64$ 50

(3) 常 $bbZW^B$ III 组所得黑壳卵雄蚕为杂合子，与白壳卵雌蚕杂交，后代的黑壳卵和白壳卵中均既有雌性又有雄性，无法通过卵壳颜色区分性别

【分析】家蚕的性别决定方式是 ZW 型，雌蚕的性染色体组成是 ZW，雄蚕的性染色体组成是 ZZ。

【详解】(1) 不同物种之间、生物与无机环境之间在相互影响中不断进化和发展，这就是协同进化。

(2) 由题意可知，三对性状均受常染色体上的单基因控制且独立遗传，即符合自由组合定律，将三对基因均杂合的亲本杂交，可先将三对基因分别按照分离定律计算，再将结果相乘，即 F_1 各对性状中，虎斑个体占 $3/4$ ，白茧个体占 $1/4$ ，抗软化病个体占 $1/4$ ，相乘后 F_1 中虎斑、白茧、抗软化病的家蚕比例是 $3/4 \times 1/4 \times 1/4 = 3/64$ 。若上述杂交亲本有 8 对，每只雌蚕平均产卵 400 枚，总产卵数为 $8 \times 400 = 3200$ 枚，其中虎斑、白茧、抗软化病的纯合家蚕占 $1/4 \times 1/4 \times 1/4 = 1/64$ ，即 $3200 \times 1/64 = 50$ 只。

(3) 分析题意和图示方案可知，黑卵壳经射线照射后，携带 B 基因的染色体片段转移到其他染色体上且能正常表达，转移情况可分为三种，即携带 B 基因的染色体片段未转移或转移到常染色体上、转移到 Z 染色体上或转移到 W 染色体上。将诱变孵化后挑选的雌蚕作为亲本与雄蚕 (bb) 杂交，统计子代的黑卵壳孵化后雌雄家蚕的数目，结合图中的三组结果分析，Ⅰ组黑卵壳家蚕中雌雄比例接近 1 : 1，说明该性状与性别无关，即携带 B 基因的染色体片段未转移或转移到了常染色体上；Ⅱ组黑卵壳家蚕全为雌性，说明携带 B 基因的染色体片段转移到了 W 染色体上；Ⅲ组黑卵壳家蚕全为雄性，说明携带 B 基因的染色体片段转移到了 Z 染色体上。

① 由以上分析可知，Ⅰ组携带 B 基因的染色体片段未转移或转移到了常染色体上，即所得雌蚕的 B 基因位于常染色体上。

② 由题意可知，如存在基因缺失，亦用 b 表示。Ⅱ组携带 B 基因的染色体片段转移到了 W 染色体上，亲本雌蚕的基因型为 $bbZW^B$ ，与白卵壳雄蚕 $bbZZ$ 杂交，子代雌蚕的基因型为 $bbZW^B$ (黑卵壳)，雄蚕的基因型为 $bbZZ$ (白卵壳)，可以通过卵壳颜色区分子代性别。将子代黑卵壳雌蚕继续杂交，后代类型保持不变，故这种杂交模式可持续应用于生产实践中。

③ 由题意分析可知，如存在基因缺失，亦用 b 表示。Ⅲ组携带 B 基因的染色体片段转移到了 Z 染色体上，亲本雌蚕的基因型为 bbZ^BW ，与白卵壳雄蚕 $bbZZ$ 杂交，子代雌蚕的基因型为 $bbZW$ (白卵壳)，雄蚕的基因型为 bbZ^BZ (黑卵壳)。再将黑壳卵雄蚕 (bbZ^BZ) 与白壳卵雌蚕 ($bbZW$) 杂交，子代为 bbZ^BZ 、 $bbZZ$ 、 bbZ^BW 、 $bbZW$ ，其后代的黑壳卵和白壳卵中均既有雌性又有雄性，无法通过卵壳颜色区分性别，故不能满足生产需求。