

深圳外国语学校 2025—2026 学年度生物学科 素养提升练——《必修二》部分

一、选择题

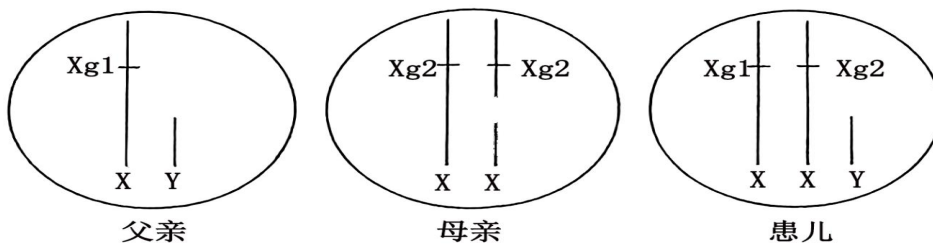
1. 有性杂交可培育出综合性状优于双亲的后代，是植物育种的重要手段。六倍体小麦和四倍体小麦有性杂交获得 F_1 。 F_1 花粉母细胞减数分裂时染色体的显微照片如图。



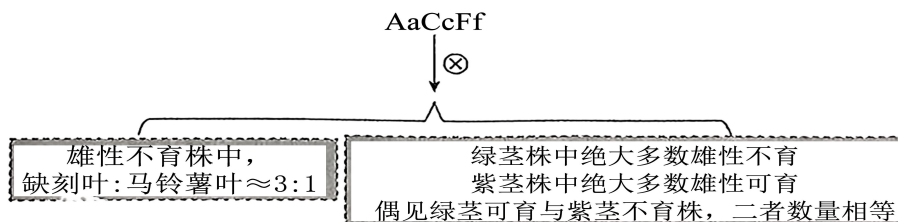
据图判断，错误的是（ ）

- A. F_1 体细胞中有 21 条染色体
- B. F_1 含有不成对的染色体
- C. F_1 植株的育性低于亲本
- D. 两个亲本有亲缘关系

2. 克氏综合征是一种性染色体异常疾病。某克氏综合征患儿及其父母的性染色体组成见图。 $Xg1$ 和 $Xg2$ 为 X 染色体上的等位基因。导致该患儿染色体异常最可能的原因是（ ）



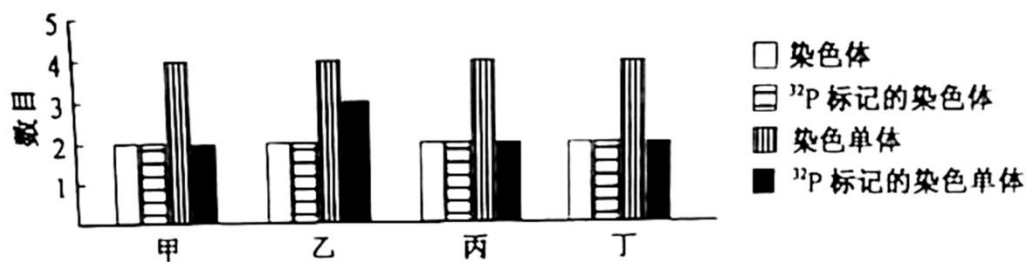
- A. 精母细胞减数分裂 I 性染色体不分离
 - B. 精母细胞减数分裂 II 性染色体不分
 - C. 卵母细胞减数分裂 I 性染色体不分离
 - D. 卵母细胞减数分裂 II 性染色体不分离
3. 雄性不育对遗传育种有重要价值。为获得以茎的颜色或叶片形状为标记的雄性不育番茄材料，研究者用基因型为 $AaCcFf$ 的番茄植株自交，所得子代的部分结果见图。其中，控制紫茎（A）与绿茎（a）、缺刻叶（C）与马铃薯叶（c）的两对基因独立遗传，雄性可育（F）与雄性不育（f）为另一对相对性状，3 对性状均为完全显隐性关系。下列分析正确的是（ ）



- 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

4. 某二倍体动物 ($2n=4$) 精原细胞 DNA 中的 P 均为 ^{32}P , 精原细胞在不含 ^{32}P 的培养液中培养, 其中 1 个精原细胞进行一次有丝分裂和减数第一次分裂后, 产生甲~丁 4 个细胞。这些细胞的染色体和染色单体情况如下图所示。



不考虑染色体变异的情况下, 下列叙述正确的是 ()

- A. 该精原细胞经历了 2 次 DNA 复制和 2 次着丝粒分裂
- B. 4 个细胞均处于减数第二次分裂前期, 且均含有一个染色体组
- C. 形成细胞乙的过程发生了同源染色体的配对和交叉互换
- D. 4 个细胞完成分裂形成 8 个细胞, 可能有 4 个细胞不含 ^{32}P

5. 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
6. 武昌鱼 ($2n=48$) 与长江白鱼 ($2n=48$) 经人工杂交可得到具有生殖能力的子代。显微观察子代精巢中的细胞, 一般不能观察到的是 ()

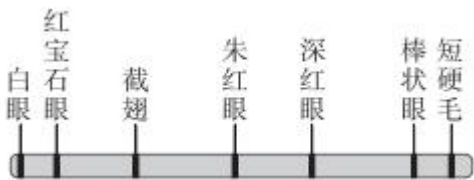
- A. 含有 24 条染色体的细胞
- B. 染色体两两配对的细胞
- C. 染色体移到两极的细胞
- D. 含有 48 个四分体的细胞

7. 控制果蝇红眼和白眼的基因位于 X 染色体。白眼雌蝇与红眼雄蝇杂交, 子代中雌蝇为红眼, 雄蝇为白眼, 但偶尔出现极少数例外子代。子代的性染色体组成如下图。下列判断错误的是 ()



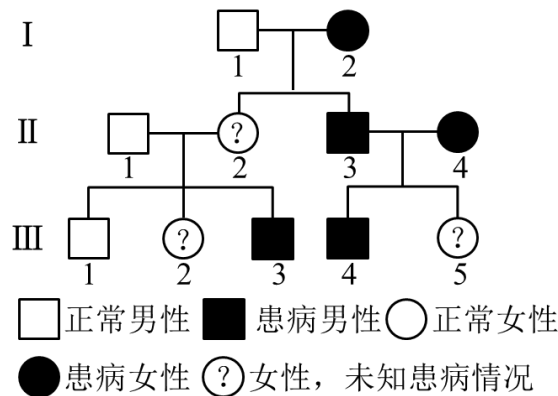
- A. 果蝇红眼对白眼为显性
- B. 亲代白眼雌蝇产生 2 种类型的配子
- C. 具有 Y 染色体的果蝇不一定发育成雄性
- D. 例外子代的出现源于母本减数分裂异常

8. 蜜蜂的雌蜂（蜂王和工蜂）为二倍体，由受精卵发育而来；雄蜂是单倍体，由未受精卵发育而来。由此不能得出（ ）
- A. 雄蜂体细胞中无同源染色体
- B. 雄蜂精子中染色体数目是其体细胞的一半
- C. 蜂王减数分裂时非同源染色体自由组合
- D. 蜜蜂的性别决定方式与果蝇不同
9. 摩尔根和他的学生们绘出了第一幅基因位置图谱，示意图如图，相关叙述正确的是（ ）



果蝇 X 染色体上一些基因的示意图

- A. 所示基因控制的性状均表现为伴性遗传
- B. 所示基因在 Y 染色体上都有对应的基因
- C. 所示基因在遗传时均不遵循孟德尔定律
- D. 四个与眼色表型相关基因互为等位基因
10. 如图为人类某单基因遗传病的系谱图。不考虑 X、Y 染色体同源区段和突变，下列推断错误的是（ ）



- A. 该致病基因不位于 Y 染色体上
- B. 若 II-1 不携带该致病基因，则 II-2 一定为杂合子
- C. 若 III-5 正常，则 II-2 一定患病
- D. 若 II-2 正常，则据 III-2 是否患病可确定该病遗传方式
11. 抗维生素 D 佝偻病是一种伴 X 染色体显性遗传病。正常女子与男患者所生子女患该病的概率是（ ）
- A. 男孩 100% B. 女孩 100% C. 男孩 50% D. 女孩 50%
12. 某水果的 W 基因（存在多种等位基因）影响果实甜度。研究人员收集到 1000 棵该水果的植株，它们的基因型及对应棵数如下表。据表分析，这 1000 棵植株中 W_1 的基因频率是（ ）

基因型	W_1W_2	W_1W_3	W_2W_2	W_2W_3	W_3W_4	W_4W_4
棵数	211	114	224	116	260	75

- A. 16.25% B. 32.50% C. 50.00% D. 67.50%

13. 某种鸟类的羽毛颜色有黑色（存在黑色素）、黄色（仅有黄色素，没有黑色素）和白色（无色素）3种。该性状由2对基因控制，分别是Z染色体上的1对等位基因A/a（A基因控制黑色素的合成）和常染色体上的1对等位基因H/h（H基因控制黄色素的合成）。对图中杂交子代的描述，正确的是（ ）



- A. 黑羽、黄羽和白羽的比例是 1：2：1
- B. 黑羽雄鸟的基因型是 HhZ^AZ^a
- C. 黄羽雌鸟的基因型是 HhZ^aZ^a
- D. 白羽雌鸟的基因型是 hhZ^aW
14. 某种昆虫的颜色由常染色体上的一对等位基因控制，雌虫有黄色和白色两种表型，雄虫只有黄色，控制白色的基因在雄虫中不表达，各类型个体的生存和繁殖力相同。随机选取一只白色雌虫与一只黄色雄虫交配，F₁雌性全为白色，雄性全为黄色。继续让 F₁ 自由交配，理论上 F₂ 雌性中白色个体的比例不可能是（ ）
- A. 1/2
- B. 3/4
- C. 15/16
- D. 1
15. 某昆虫的翅型有正常翅和裂翅，体色有灰体和黄体，控制翅型和体色的两对等位基因独立遗传，且均不位于 Y 染色体上。研究人员选取一只裂翅黄体雌虫与一只裂翅灰体雄虫杂交，F₁ 表型及比例为裂翅灰体雌虫：裂翅黄体雄虫：正常翅灰体雌虫：正常翅黄体雄虫=2：2：1：1。让全部 F₁ 相同翅型的个体自由交配，F₂ 中裂翅黄体雄虫占 F₂ 总数的（ ）
- A. 1/12
- B. 1/10
- C. 1/8
- D. 1/6
16. 果蝇的直翅、弯翅受IV号常染色体上的等位基因 A、a 控制。现有甲、乙 2 只都只含 7 条染色体的直翅雄果蝇，产生原因都是IV号常染色体中的 1 条移接到某条非同源染色体末端，且移接的IV号常染色体着丝粒丢失。为探究IV号常染色体移接情况，进行了如表所示的杂交实验。已知甲、乙在减数分裂时，未移接的IV号常染色体随机移向一极；配子和个体的存活力都正常。不考虑其他突变和染色体互换，下列推断正确的是（ ）

实验①：甲×正常雌果蝇→F₁中直翅：弯翅=7：1，且雄果蝇群体中的直翅：弯翅=3：1

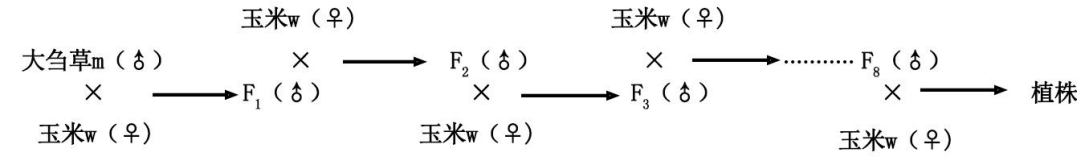
实验②：乙×正常雌果蝇→F₁中直翅：弯翅=3：1，且直翅和弯翅群体中的雌雄比都是 1：1

- A. ①中亲本雌果蝇的基因型一定为 AA
- B. ②中亲本雌果蝇的基因型一定为 aa
- C. 甲中含基因 A 的 1 条染色体一定移接到 X 染色体末端
- D. 乙中含基因 A 的 1 条染色体一定移接到 X 染色体末端

二、非选择题

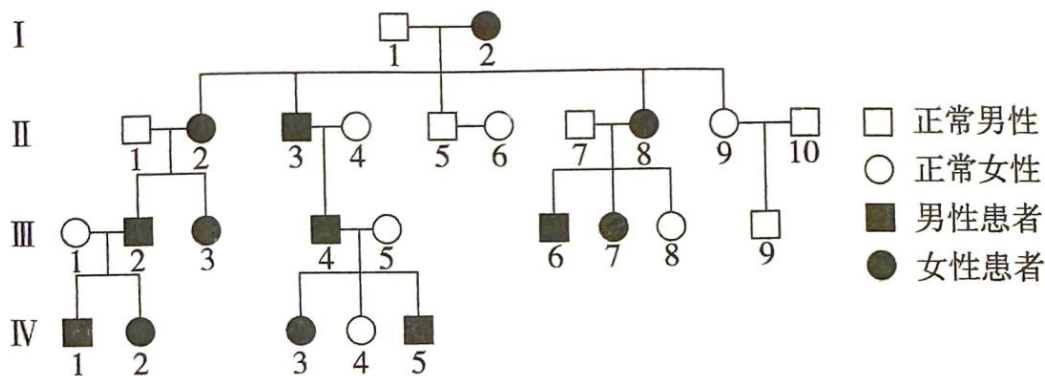
17. 为解释玉米进化中的一些问题，科研人员开展下列研究。

（1）将纯合的大刍草 m 与玉米 w 进行杂交，F₁产生的花粉中有部分不育。为寻找大刍草 m 中与此现象相关的基因，科研人员将 F₁连续回交 8 代获得植株 T，如下图，回交的每一代均出现花粉部分不育的现象。



- 据此分析，多代回交对于找到大刍草 m 中相关基因的价值是_____。
- （2）进一步研究发现，大刍草 m 的 5 号染色体上 D 基因的表达产物靶向抑制花粉发育中关键基因的表达，导致花粉不育。m 的 5 号和 6 号染色体上分别有一个失活基因 T₁和 T₂，两者共同表达时，才能使 D 基因的表达产物失活。玉米 w 的 5 号和 6 号染色体上对应的基因分别为 d、t₁和 t₂，对雌、雄配子的育性均无影响。

- ①据此推测，上述基因中遵循自由组合定律的是_____。
- ②F₁~F₈产生的花粉中不育和可育的比例均为 3: 1.据此分析，影响花粉育性的可能原因是，在 F₁减数分裂及形成花粉过程中，D 基因表达发生在_____ (时期)，而 T₁、T₂ 基因表达发生在_____ (时期)。
- (3) 请利用上述机制，在答题纸上用遗传图解分析植株 T 作为母本、玉米 w 作为父本的杂交过程，写出子代基因型，并标注每种基因型的个体产生的花粉育性及其比例。_____。
- (4) 杂交引入新的变异是驱动进化的重要因素，但特定基因会自私性地遗传给下一代。四千年前原生于亚热带地区的玉米与大刍草 m 杂交，通过基因交流获得抗寒性状，进而迅速扩散到全世界。请分析自私性遗传在玉米进化与适应中的重要意义。_____。
18. 遗传性牙龈纤维瘤病 (HGF) 是一种罕见的口腔遗传病，严重影响咀嚼、语音、美观及心理健康。2022 年，我国科学家对某一典型的 HGF 家系 (如图) 进行了研究，发现 ZNF862 基因突变导致 HGF 发生。

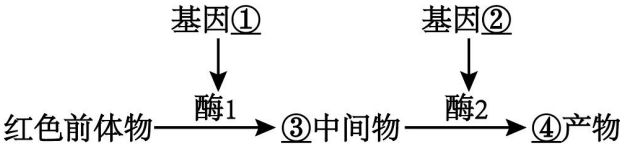


- 回答下列问题：
- (1) 据图分析，HGF 最可能的遗传方式是_____。假设该致病基因的频率为 p，根据最可能的遗传方式，IV₂ 生育一个患病子代的概率为_____ (列出算式即可)。
- (2) 为探究 ZNF862 基因的功能，以正常人牙龈成纤维细胞为材料设计实验，简要写出设计思路：_____。为从个体水平验证 ZNF862 基因突变导致 HGF，可制备携带该突变的转基因小鼠，然后比较_____的差异。
- (3) 针对 HGF 这类遗传病，通过体细胞基因组编辑等技术可能达到治疗的目的。是否也可以通过对人类生殖细胞或胚胎进行基因组编辑来防治遗传病？作出判断并说明理由_____。
19. 自然群体中太阳鹦鹉的眼色为棕色，现于饲养群体中获得了甲和乙两个红眼纯系。为了确定眼色变异的遗传方式，某课题组选取甲和乙品系的太阳鹦鹉做正反交实验，F₁ 雌雄个体间相互交配，F₂ 的表型及比值如下表。回答下列问题 (要求基因符号依次使用 A/a, B/b)

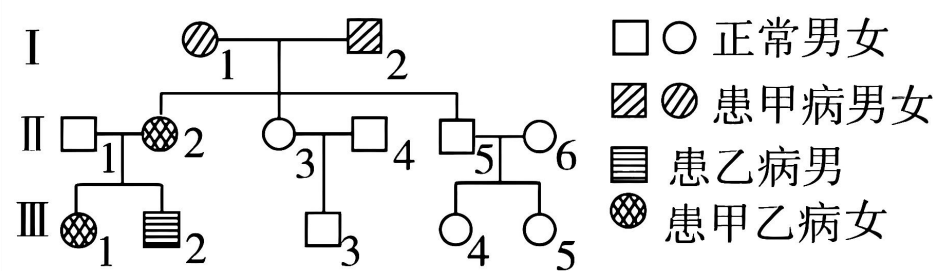
表型	正交	反交
棕眼雄	6/16	3/16
红眼雄	2/16	5/16
棕眼雌	3/16	3/16
红眼雌	5/16	5/16

- (1) 太阳鹦鹉的眼色至少由两对基因控制，判断的依据为_____；其中一对基因位于 z 染色体上，判断依据为_____。
- (2) 正交的父本基因型为_____，F₁ 基因型及表型为_____。

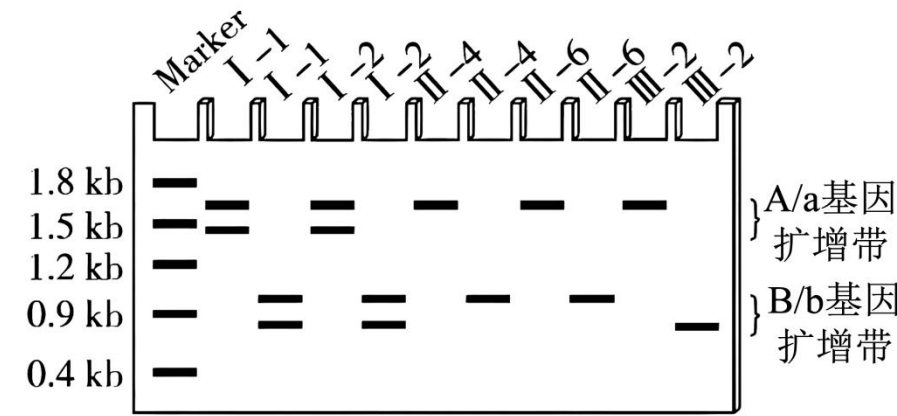
- (3) 反交的母亲基因型为_____，F₁ 基因型及表型为_____。
- (4) 下图为太阳鹦鹉眼色素合成的可能途径，写出控制酶合成的基因和色素的颜色_____。



20. 一个具有甲、乙两种单基因遗传病的家族系谱图如下。甲病是某种家族遗传性肿瘤，由等位基因 A/a 控制；乙病是苯丙酮尿症，因缺乏苯丙氨酸羟化酶所致，由等位基因 B/b 控制，两对基因独立遗传。



- 回答下列问题。
- (1) 据图可知，两种遗传病的遗传方式为：甲病_____；乙病_____。推测 II-2 的基因型是_____。
- (2) 我国科学家研究发现，怀孕母体的血液中有少量来自胎儿的游离 DNA，提取母亲血液中的 DNA，采用 PCR 方法可以检测胎儿的基因状况，进行遗传病诊断。该技术的优点是_____（答出 2 点即可）。
- (3) 科研人员对该家系成员的两个基因进行了 PCR 扩增，部分成员扩增产物凝胶电泳图如下。据图分析，乙病是由于正常基因发生了碱基_____所致。假设在正常人群中乙病携带者的概率为 1/75，若 III-5 与一个无亲缘关系的正常男子婚配，生育患病孩子的概率为_____；若 III-5 和 III-3 婚配，生育患病孩子的概率是前一种婚配的_____倍。因此，避免近亲结婚可以有效降低遗传病的发病风险。



- (4) 近年来，反义 RNA 药物已被用于疾病治疗。该类药物是一种短片段 RNA，递送到细胞中，能与目标基因的 mRNA 互补结合形成部分双链，影响蛋白质翻译，最终达到治疗目的。上述家系中，选择_____基因作为目标，有望达到治疗目的。

21. 玉米是我国栽培面积最大的农作物，籽粒大小是决定玉米产量的重要因素之一，研究籽粒的发育机制，对保障粮食安全有重要意义。

(1) 研究者获得矮秆玉米突变株，该突变株与野生型杂交，F₁ 表型与_____相同，说明矮秆是隐性性状。突变株基因型记作 rr。

(2) 观察发现，突变株所结籽粒变小。籽粒中的胚和胚乳经受精发育而成，籽粒大小主要取决于胚乳体积。研究发现，R 基因编码 DNA 去甲基化酶，亲本的该酶在本株玉米所结籽粒的发育中发挥作用。突变株的 R 基

因失活，导致所结籽粒胚乳中大量基因表达异常，籽粒变小。野生型及突变株分别自交，检测授粉后 14 天胚乳中 DNA 甲基化水平，预期实验结果为_____。

(3) 已知 Q 基因在玉米胚乳中特异表达，为进一步探究 R 基因编码的 DNA 去甲基化酶对 Q 基因的调控作用，进行如下杂交实验，检测授粉后 14 天胚乳中 Q 基因的表达情况，结果如表 1。

表 1

组别	杂交组合	Q 基因表达情况
1	RRQQ (♀) × RRqq (♂)	表达
2	RRqq (♀) × RRQQ (♂)	不表达
3	rrQQ (♀) × RRqq (♂)	不表达
4	RRqq (♀) × rrQQ (♂)	不表达

综合已有研究和表 1 结果，阐述 R 基因对胚乳中 Q 基因表达的调控机制_____。

(4) 实验中还发现另外一个籽粒变小的突变株甲，经证实，突变基因不是 R 或 Q。将甲与野生型杂交，F₁ 表型正常，F₁ 配子的功能及受精卵活力均正常。利用 F₁ 进行下列杂交实验，统计正常籽粒与小籽粒的数量，结果如表 2。

表 2

组别	杂交组合	正常籽粒：小籽粒
5	F ₁ (♂) × 甲 (♀)	3：1
6	F ₁ (♀) × 甲 (♂)	1：1

已知玉米子代中，某些来自父本或母本的基因，即使是显性也无功能。

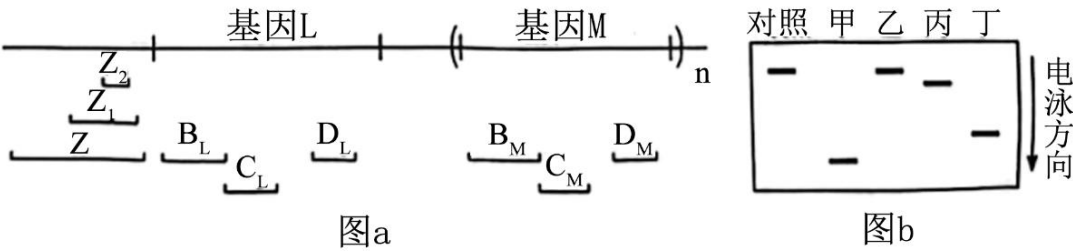
①根据这些信息，如何解释基因与表 2 中小籽粒性状的对应关系？请提出你的假设_____。

②若 F₁ 自交，所结籽粒的表型及比例为_____，则支持上述假设。

22. 色盲可分为红色盲、绿色盲和蓝色盲等。红色盲和绿色盲都为伴 X 染色体隐性遗传，分别由基因 L、M 突变所致；蓝色盲属常染色体显性遗传，由基因 s 突变所致。回答下列问题：

(1) 一绿色盲男性与一红色盲女性婚配，其后代可能的表型及比例为_____或_____；其表型正常后代与蓝色盲患者 (Ss) 婚配，其男性后代可能的表型及比例为_____（不考虑突变和基因重组等因素）。

(2) 1 个 L 与 1 个或多个 M 串联在一起，Z 是 L 上游的一段基因间序列，它们在 X 染色体上的相对位置如图 a。为阐明红绿色盲的遗传病因，研究人员将男性红绿色盲患者及对照个体的 DNA 酶切产物与相应探针杂交，酶切产物 Z 的结果如图 b，酶切产物 B_L、C_L、D_L、B_M、C_M 和 D_M 的结果见下表，表中数字表示酶切产物的量。



	B _L	C _L	D _L	B _M	C _M	D _M
对照	15.1	18.1	33.6	45.5	21.3	66.1
甲	0	0	0	21.9	10.9	61.4
乙	15.0	18.5	0	0	0	33.1
丙	15.9	18.0	33.0	45.0	21.0	64.0
丁	16.0	18.5	33.0	45.0	21.0	65.0

- ①若对照个体在图 a 所示区域的序列组成为“Z+L+M+M”则患者甲最可能的组成为_____。
 （用 Z、部分 Z，L、部分 L，M、部分 M 表示）。
- ②对患者丙、丁的酶切产物 Z 测序后,发现缺失 Z₁ 或 Z₂,这两名患者患红绿色盲的原因是_____。
- ③本研究表明：红绿色盲的遗传病因是_____。

23. 西瓜瓜形（长形、椭圆形和圆形）和瓜皮颜色（深绿、绿条纹和浅绿）均为重要育种性状。为研究两类性状的遗传规律，选用纯合体 P₁（长形深绿）、P₂（圆形浅绿）和 P₃（圆形绿条纹）进行杂交。为方便统计，长形和椭圆形统一记作非圆，结果见表。

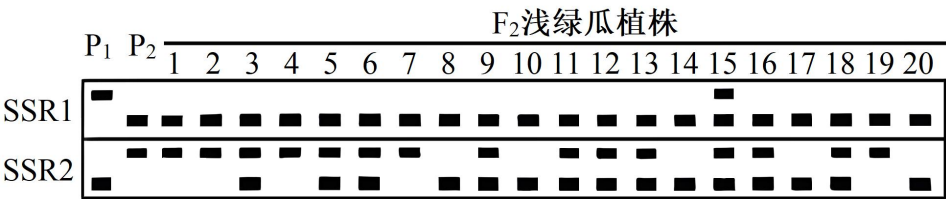
实验	杂交组合	F ₁ 表型	F ₂ 表型和比例
①	P ₁ ×P ₂	非圆深绿	非圆深绿：非圆浅绿：圆形深绿：圆形浅绿=9：3：3：1
②	P ₁ ×P ₃	非圆深绿	非圆深绿：非圆绿条纹：圆形深绿：圆形绿条纹=9：3：3：1

回答下列问题：

- （1）由实验①结果推测，瓜皮颜色遗传遵循_____定律，其中隐性性状为_____。
- （2）由实验①和②结果不能判断控制绿条纹和浅绿性状基因之间的关系。若要判断，还需从实验①和②的亲本中选用_____进行杂交。若 F₁ 瓜皮颜色为_____，则推测两基因为非等位基因。
- （3）对实验①和②的 F₁ 非圆形瓜进行调查，发现均为椭圆形，则 F₂ 中椭圆深绿瓜植株的占比应为_____。

若实验①的 F₂ 植株自交，子代中圆形深绿瓜植株的占比为_____。

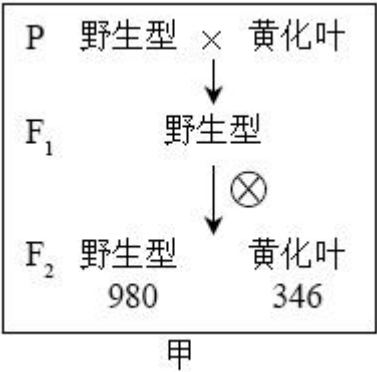
(4) SSR 是分布于各染色体上的 DNA 序列，不同染色体具有各自的特异 SSR。SSR1 和 SSR2 分别位于西瓜的 9 号和 1 号染色体。在 P₁ 和 P₂ 中 SSR1 长度不同，SSR2 长度也不同。为了对控制瓜皮颜色的基因进行染色体定位，电泳检测实验① F₂ 中浅绿瓜植株、P₁ 和 P₂ 的 SSR1 和 SSR2 的扩增产物，结果如图。据图推测控制瓜皮颜色的基因位于_____染色体。检测结果表明，15 号植株同时含有两亲本的 SSR1 和 SSR2 序列，同时具有 SSR1 的根本原因是_____，同时具有 SSR2 的根本原因是_____。



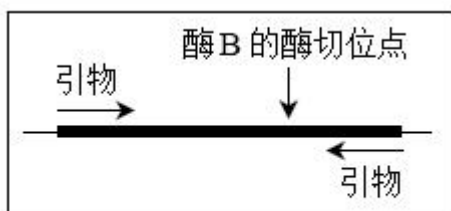
(5) 为快速获得稳定遗传的圆形深绿瓜株系，对实验① F₂ 中圆形深绿瓜植株控制瓜皮颜色的基因所在染色体上的 SSR 进行扩增、电泳检测。选择检测结果为_____的植株，不考虑交换，其自交后代即为目的株系。

24. 二十大报告提出“种业振兴行动”。油菜是重要的油料作物，筛选具有优良性状的育种材料并探究相应遗传机制，对创制高产优质新品种意义重大。

(1) 我国科学家用诱变剂处理野生型油菜（绿叶），获得了新生叶黄化突变体（黄化叶）。突变体与野生型杂交，结果如图甲，其中隐性性状是_____。

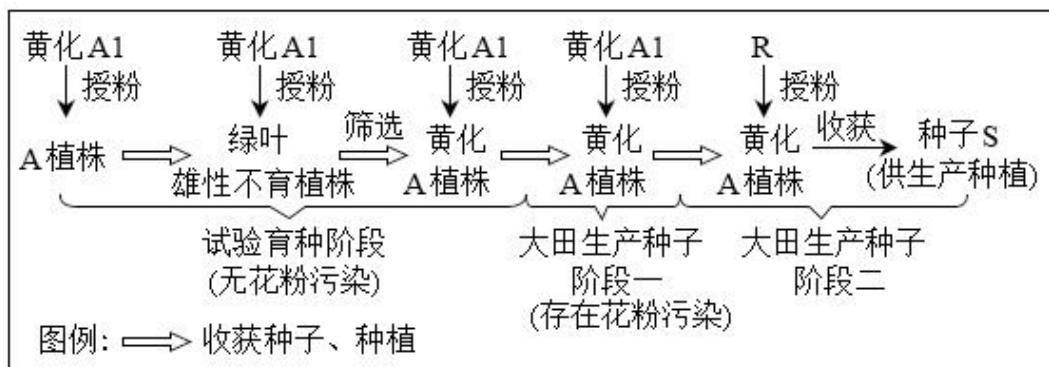


(2) 科学家克隆出导致新生叶黄化的基因，与野生型相比，它在 DNA 序列上有一个碱基对改变，导致突变基因上出现了一个限制酶 B 的酶切位点(如图乙)。据此，检测 F₂ 基因型的实验步骤为：提取基因组 DNA→PCR→回收扩增产物→_____→电泳。F₂ 中杂合子电泳条带数目应为_____条。



乙

(3) 油菜雄性不育品系 A 作为母本与可育品系 R 杂交，获得杂交油菜种子 S (杂合子)，使杂交油菜的大规模种植成为可能。品系 A1 育性正常，其他性状与 A 相同，A 与 A1 杂交，子一代仍为品系 A，由此可大量繁殖 A。在大量繁殖 A 的过程中，会因其他品系花粉的污染而导致 A 不纯，进而影响种子 S 的纯度，导致油菜籽减产。油菜新生叶黄化表型易辨识，且对产量没有显著影响。科学家设想利用新生叶黄化性状来提高种子 S 的纯度。育种过程中首先通过一系列操作，获得了新生叶黄化的 A1，利用黄化 A1 生产种子 S 的育种流程见图丙。



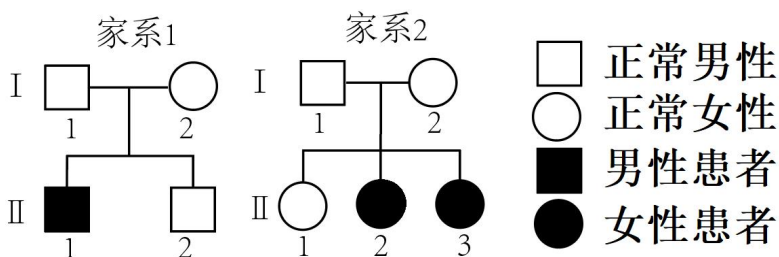
丙

①图丙中，A 植株的绿叶雄性不育子代与黄化 A1 杂交，筛选出的黄化 A 植株占子一代总数的比例约为_____。

②为减少因花粉污染导致的种子 S 纯度下降，简单易行的田间操作作用_____。

25. Usher 综合征 (USH) 是一种听力和视力受损的常染色体隐性遗传病，分为 α 型、 β 型和 γ 型。已经发现至少有 10 个不同基因的突变都可分别导致 USH。在小鼠中也存在相同情况。

(1) 两个由单基因突变引起的 α 型 USH 的家系如图。



①家系 1 的 II-2 是携带者的概率为_____。

②家系 1 的 II-1 与家系 2 的 II-2 之间婚配，所生子女均正常，原因是_____。

(2) 基因间的相互作用会使表型复杂化。例如，小鼠在单基因 G 或 R 突变的情况下，gg 表现为 α 型，rr 表现为 γ 型，而双突变体小鼠 ggrr 表现为 α 型。表型正常的 GgRr 小鼠间杂交，F₁ 表型及占比为：正常 9/16、 α 型 3/8、 γ 型 1/16。F₁ 的 α 型个体中杂合子的基因型有_____。

(3) r 基因编码的 R^N 蛋白比野生型 R 蛋白易于降解，导致 USH。因此，抑制 R^N 降解是治疗 USH 的一种思路。已知 R^N 通过蛋白酶体降解，但抑制蛋白酶体的功能会导致细胞凋亡，因而用于治疗药物需在增强 R^N 稳定性的同时，不抑制蛋白酶体功能。红色荧光蛋白与某蛋白的融合蛋白以及绿色荧光蛋白与 R^N 的融合蛋白都通过蛋白酶体降解，研究者制备了同时表达这两种融合蛋白的细胞，在不加入和加入某种药物时均分别测定两种荧光强度。如果该药物符合要求，则加药后的检测结果是_____。

(4) 将野生型 R 基因连接到病毒载体上，再导入患者内耳或视网膜细胞，是治疗 USH 的另一种思路。为避免对患者的潜在伤害，保证治疗的安全性，用作载体的病毒必须满足一些条件。请写出其中两个条件并分别加以解释_____。

26. 某二倍体两性花植物的花色由 2 对等位基因 A、a 和 B、b 控制，该植物有 2 条蓝色素合成途径。基因 A 和基因 B 分别编码途径①中由无色前体物质 M 合成蓝色素所必需的酶 A 和酶 B；另外，只要有酶 A 或酶 B 存在，就能完全抑制途径②的无色前体物质 N 合成蓝色素。已知基因 a 和基因 b 不编码蛋白质，无蓝色素时植物的花为白花。相关杂交实验及结果如表所示，不考虑其他突变和染色体互换；各配子和个体活力相同。

组别	亲本杂交组合	F ₁	F ₂
实验一	甲(白花植株)×乙(白花植株)	全为蓝花植株	蓝花植株：白花植株=10:6
实验二	AaBb (诱变) (♂) ×aabb (♀)	发现 1 株三体蓝花植株，该三体仅基因 A 或 a 所在染色体多了 1 条	

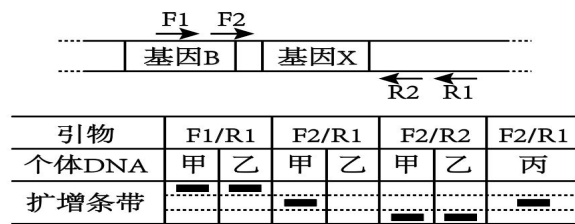
(1) 据实验一分析，等位基因 A、a 和 B、b 的遗传_____ (填“符合”或“不符合”) 自由组合定律。实验一的 F₂ 中，蓝花植株纯合体的占比为_____。

(2) 已知实验二中被诱变亲本在减数分裂时只发生了 1 次染色体不分离。实验二中的 F₁ 三体蓝花植株的 3 种可能的基因型为 AAaBb、_____。请通过 1 次杂交实验，探究被诱变亲本染色体不分离发生的时期。已知三体细胞减数分裂时，任意 2 条同源染色体可正常联会并分离，另 1 条同源染色体随机移向细胞任一极。实验方案：_____ (填标号)，统计子代表型及比例。

①三体蓝花植株自交 ②三体蓝花植株与基因型为 aabb 的植株测交

预期结果：若_____，则染色体不分离发生在减数分裂I；否则，发生在减数分裂II。

(3) 已知基因 B→b 只由 1 种染色体结构变异导致，且该结构变异发生时染色体只有 2 个断裂的位点。为探究该结构变异的类型，依据基因 B 所在染色体的 DNA 序列，设计了如图所示的引物，并以实验一中的甲、乙及 F₂ 中白花植株 (丙) 的叶片 DNA 为模板进行了 PCR，同 1 对引物的扩增产物长度相同，结果如图所示，据图分析，该结构变异的类型是_____。丙的基因型可能为_____；若要通过 PCR 确定丙的基因型，还需选用的 1 对引物是_____。



参考答案

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	A	C	C	A	D	B	B	A	D
11	12	13	14	15	16				
B	A	D							

13. 【答案】D

【解析】

【分析】雄鸟的性染色体组成是ZZ，雌鸟的性染色体组成是ZW。某种鸟类的羽毛颜色由Z染色体上的1对等位基因A/a（A基因控制黑色素的合成）和常染色体上的1对等位基因H/h（H基因控制黄色素的合成）共同控制，根据题意，其基因型与表型的对应关系如下：黑羽： $_Z^AZ^-_$ 和 $_Z^AW$ ；黄羽： $H_Z^aZ^a$ 和 H_Z^aW ；白羽： hhZ^aZ^a 和 hhZ^aW 。

【详解】根据图中杂交组合，亲本为 HhZ^AW 和 hhZ^aZ^a ，则子代为 HhZ^AZ^a （黑羽雄鸟）、 hhZ^AZ^a （黑羽雄鸟）、 HhZ^aW （黄羽雌鸟）和 hhZ^aW （白羽雌鸟），黑羽：黄羽：白羽=2：1：1，D正确，ABC错误。

故选D。

14. 【答案】A

【详解】由题意可知控制白色的基因在雄虫中不表达，随机选取一只白色雌虫与一只黄色雄虫交配， F_1 雌性全为白色，说明白色对黄色为显性，若相关基因用A/a表示，则亲代白色雌虫基因型为AA，黄色雄虫基因型为AA或Aa或aa。若黄色雄虫基因型为AA，则 F_1 基因型为AA， F_1 自由交配， F_2 基因型为AA， F_2 雌性中白色个体的比例为1；若黄色雄虫基因型为Aa，则 F_1 基因型为 $1/2AA$ 、 $1/2Aa$ ， F_1 自由交配， F_2 基因型为 $9/16AA$ 、 $6/16Aa$ 、 $1/16aa$ ， F_2 雌性中白色个体的比例为 $15/16$ ；若黄色雄虫基因型为aa，则 F_1 基因型为Aa， F_1 自由交配， F_2 基因型为 $1/4AA$ 、 $1/2Aa$ 、 $1/4aa$ ， F_2 雌性中白色个体的比例为 $3/4$ 。综上所述，A符合题意，BCD不符合题意。

故选A。

15. 【答案】B

【详解】翅型有正常翅和裂翅，假设控制翅型的基因为A、a，体色有灰体和黄体，假设控制体色的基因为B、b。控制翅型和体色的两对等位基因独立遗传，可知两对基因的遗传遵循自由组合定律。研究人员选取一只裂翅黄体雌虫与一只裂翅灰体雄虫杂交， F_1 表型及比例为裂翅灰体雌虫：裂翅黄体雄虫：正常翅灰体雌虫：正常翅黄体雄虫=2：2：1：1，分析 F_1 表现型可以发现，雌虫全为灰体，雄虫全为黄体，又因为控制翅型和体色的两对等位基因均不位于Y染色体上，因此可推测控制体色的基因位于X染色体上，且黄体为隐性性状。裂翅黄体雌虫与裂翅灰体雄虫杂交， F_1 出现了正常翅的性状，可以推测裂翅为显性性状，正常翅为隐性性状。由以上分析可以推出亲本裂翅黄体雌虫的基因型为 AaX^bX^b ，裂翅灰体雄虫的基因型为 AaX^BY 。 AaX^bX^b 和 AaX^BY 杂交，正常情况下， F_1 中裂翅：正常翅=3：1，实际得到 F_1 中裂翅：正常翅=2：1，推测应该是AA存在致死情况。 AaX^bX^b 和 AaX^BY 杂交， F_1 表型及比例为裂翅灰体雌虫（ AaX^BX^b ）：裂翅黄体雄虫（ AaX^bY ）：正常翅灰体雌虫（ aaX^BX^b ）：正常翅黄体雄虫（ aaX^bY ）=2：2：1：1。 AaX^bX^b 和 AaX^BY 杂交，将两对基因分开计算，先分析Aa和Aa，子代Aa：aa=2：1，让全部 F_1 相同翅型的个体自由交配，即 $2/3Aa$ 和Aa， $1/3aa$ 和aa杂交， $2/3Aa$ 和Aa杂交，因AA致死，子代为 $1/3Aa$ 、 $1/6aa$ ； $1/3aa$ 和aa杂交，子代为 $1/3aa$ ，因此子代中Aa：aa=2：3，即Aa占 $2/5$ ，aa占 $3/5$ 。再分析 X^BX^b 和 X^bY ，后代产生 X^bY 的概率是 $1/4$ ，综上可知， F_2 中裂翅黄体雄虫（ AaX^bY ）占 F_2 总数=（ $2/5$ ）×（ $1/4$ ）=1/10。B正确，ACD错误。

故选B。

16. 【答案】C

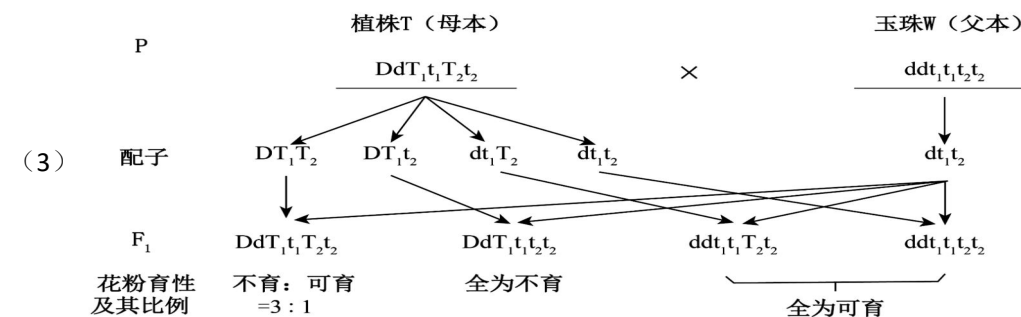
【详解】C、依题意，甲×正常雌果蝇→ F_1 中直翅：弯翅=7：1，且雄果蝇群体中的直翅：弯翅=3：1，可知直翅为显性，且翅形的遗传与性别相关联，A基因移接至X染色体上。甲果蝇表型为直翅，且A基因移接至X染色体上，其基因型可表示为 O_X^AY （O表示该染色体缺少相应基因， $_$ 表示染色体上未知的基因），正常雌果蝇的基因型可表示为 $_XX$ 。则甲与正常雌果蝇杂交可表示为 $O_X^AY \times _XX$ 。两对染色体独立遗传，若单独考虑性染色体的遗传，甲与正常雌果蝇杂交可表示 $X^AY \times XX$ ，所得子代为 $1X^AX$ ： $1XY$ ；若单独考虑常染色体，

甲与正常雌果蝇杂交可表示为 $O_{-} \times -_{-}$ ，所得子代为 $1O_{-} : 1O_{-} : 1-_{-} : 1-_{-}$ 。又知雄果蝇群体中的直翅：弯翅=3：1，结合性染色体遗传的雄性子代基因型 XY 可推断，单独考虑的常染色体杂交 $O_{-} \times -_{-}$ 所得的子代 $1O_{-} : 1O_{-} : 1-_{-} : 1-_{-}$ 中，一定至少有一个是 OA ，即雌果蝇中一定含 A 基因。而其余的 $1O_{-} : 1-_{-} : 1-_{-}$ ，一定有一个基因型为 Oa 或 aa ，两种情况中都一定有 a 来自雌性果蝇，所以与甲杂交的亲本雌果蝇的基因型一定为 Aa 。综合以上分析，①中亲本雌果蝇的基因型一定为 Aa ，甲中含基因 A 的 1 条染色体一定移接到 X 染色体末端， C 正确； BD 、假设乙的基因型为 Aa ，其中一个 A 基因位于的染色体片段移接到另一条非同源染色体上，且该染色体也是常染色体，则其基因型可表示为 $AOaO$ ，再设与乙杂交的雌性果蝇的基因型为 $AaOO$ 。乙×正常雌果蝇杂交时，乙所产生的配子种类及比例为： $1Aa : 1AO : 1aO : 1OO$ ，正常雌果蝇产生的配子种类及比例为： $1AO : 1aO$ 。则所得子代基因型及比例可表示为： $1AAaO : 1AAOO : AaOO : 1AOOO : 1AaaO : 1AaOO : 1aaOO : 1aOOO$ ，由上可推断子代的表型及比例为直翅：弯翅=3：1。与翅型相关两对染色体都为常染色体，直翅和弯翅群体中的雌雄比都是 1：1。假设与实验结果相符，假设成立。故②中亲本雌果蝇的基因型可以是 Aa ，乙中含基因 A 的 1 条染色体可以移接到常染色体末端， BD 错误。

故选 C 。

17. 【答案】(1) 大幅降低来自大刍草 m 的与花粉育性无关的基因比例，缩小候选基因的范围

(2) ①. D/d 与 T_2/t_2 、 T_1/t_1 与 T_2/t_2 ②. 减数分裂 I ③. 减数分裂 II 开始后到形成花粉过程中



(4) 玉米获得的抗寒基因与自私性遗传基因共同传递，自私性遗传基因通过影响花粉育性，使后代抗寒基因的基因频率快速提高，扩大了玉米的生存和繁衍范围

【小问 1 详解】

通过多代回交会增加后代含有玉米基因的数量，而逐渐减少后代中大刍草 m 的基因数目，因而通过多代回交并结合后代的表现型，通过大量的观察找到大刍草 m 中的相关基因，即连续回交可大幅降低来自大刍草 m 的与花粉育性无关的基因比例，缩小候选基因的范围。

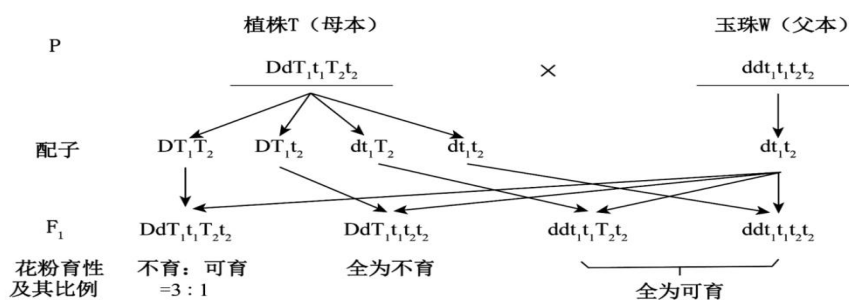
【小问 2 详解】

①题意显示， D 基因和 T_1 位于 5 号染色体上， T_2 位于 6 号染色体上，遵循自由组合定律的基因是非同源染色体上的非等位基因，即 D/d 与 T_2/t_2 、 T_1/t_1 与 T_2/t_2 遵循基因自由组合定律。

② $F_1 \sim F_8$ 产生的花粉中不育和可育的比例均为 3：1，即 F_1 的基因型可表示为 $DdT_1t_1T_2t_2$ ，减数分裂产生的花粉的基因型为（可育） DT_1T_2 ：（不可育） DT_1t_2 ：（可育） dt_1T_2 ：（可育） $dt_1t_2=1：1：1：1$ ，即不育和可育的比例为 1：3，该推测与事实不符，据此可推断，影响花粉育性的可能原因是 F_1 减数分裂及形成花粉过程中， D 基因表达发生在减数分裂 I，即经过减数第一次分裂后产生的子细胞中均含有 D 基因的表达产物，因而表现为不可育，而 T_1 、 T_2 基因表达发生在减数分裂 II 开始后到形成花粉过程中，因而只有 1/4 的花粉中 D 基因的表达产物被抑制，因而表现为可育，即实际产生的花粉育性为不育和可育的比例均为 3：1。

【小问 3 详解】

利用上述机制，用遗传图解分析植株 T 作为母本、玉米 W 作为父本的杂交过程如下，根据题意可知，植株 T 的基因型可表示为 $DdT_1t_1T_2t_2$ ，玉米 W 的基因型为 $ddt_1t_1t_2t_2$ ，相关遗传图解可表示如下：



【小问 4 详解】

杂交引入新的变异是驱动进化的重要因素，但特定基因会自私性地遗传给下一代。四千年前原生于亚热带地区的玉米与大乌草 *m* 杂交，通过基因交流获得抗寒性状，进而迅速扩散到全世界。即玉米获得的抗寒基因与自私性遗传基因共同传递，自私性遗传基因通过影响花粉育性，使自私基因有更多的机会遗传给下一代，因而使得后代抗寒基因的基因频率快速提高，进而扩大了玉米的生存和繁衍范围。

18. 【答案】(1) ①. 常染色体显性遗传病 ②. $(1+p)/2$

(2) ①. 将正常细胞分为甲乙两组，其中甲组敲除 *ZNF862* 基因，观察甲乙两组细胞表型从而探究该基因的功能 ②. 转基因小鼠和正常小鼠牙龈

(3) 不可以，违反法律和伦理，且存在安全隐患。

【小问 1 详解】

由图可知，该病男女患者数量相当，且代代遗传，因此该病最可能的遗传方式为常染色体显性遗传病；假设该病由基因 *A/a* 控制，则致病基因 *A* 的基因频率为 p ，正常基因 *a* 的基因频率为 $1-p$ ， IV_2 的基因型为 *Aa*，产生配子基因型为 $1/2A$ 和 $1/2a$ ，正常人中基因型为 *AA* 的概率为 p^2 ，基因型为 *Aa* 的概率为 $2p(1-p)$ ，基因型为 *aa* 的概率为 $(1-p)^2$ ， IV_2 与 *AA* 生育患病子代的概率为 p^2 ，与 *Aa* 生育患病子代的概率为 $2p(1-p) \times 3/4$ ，与 *aa* 生育患病子代的概率为 $(1-p)^2 \times 1/2$ ，故 IV_2 生育一个患病子代的概率为 $p^2 + 2p(1-p) \times 3/4 + (1-p)^2 \times 1/2 = (1+p)/2$ 。

【小问 2 详解】

从细胞水平分析，培养该细胞，敲除 *ZNF862* 基因，观察细胞表型等变化，通过比较含有该基因时的细胞表型从而探究该基因的功能，设计思路为：将正常细胞分为甲乙两组，其中甲组敲除 *ZNF862* 基因，观察甲乙两组细胞表型从而探究该基因的功能；从个体水平分析，通过比较转基因小鼠和正常小鼠牙龈差异可得出该基因的功能。

【小问 3 详解】

一般不通过对人类生殖细胞或胚胎进行基因组编辑来防治遗传，该方式违反法律和伦理，且存在安全隐患。

19. 【答案】(1) ①. 6:2:3:5 (3:5:3:5) 是 9:3:3:1 的变式 ②. 正交、反交结果不同

(2) ①. aaZ^BZ^B ②. AaZ^BZ^b 、 AaZ^BW 表型均为棕色

(3) ①. aaZ^BW ②. AaZ^BZ^b 、 AaZ^bW 表型分别为棕色、红色

(4) ①为基因 *A* (或 *B*)；②为基因 *B* (或 *A*)；③为红色；④为棕色

【小问 1 详解】

依据表格信息可知，无论是正交 6:2:3:5，还是反交 3:5:3:5，均是 9:3:3:1 的变式，故可判断太阳鹦鹉的眼色至少由两对基因控制；但正交和反交结果不同，说明其中一对基因位于 *z* 染色体上。

【小问 2 详解】

依据正交结果， F_2 中棕眼:红眼=9:7，说明棕眼性状为双显性个体，红眼为单显性或双隐性个体，鹦鹉为 *ZW* 型性别决定，在雄性个体中，棕眼为 $6/8=3/4 \times 1$ ，在雌性个体中，棕眼为 $3/8=3/4 \times 1/2$ ，故可推知， F_1 中的基因型为 AaZ^BZ^b 、 AaZ^BW ，表型均为棕色，亲本为纯系，其基因型为： aaZ^BZ^B (父本)、 AAZ^bW (母本)。

【小问 3 详解】

依据反交结果，结合第二小问可知，亲本的基因型为， AAZ^bZ^b 、 aaZ^BW ，则 F_1 的基因型为 AaZ^BZ^b 、 AaZ^bW ，对应的表型依次为棕色、红色。

【小问 4 详解】

结合第二小问可知，棕眼性状为双显性个体，红眼为单显性或双隐性个体，故可知基因①为 A（或 B），控制酶 1 的合成，促进红色前体物合成红色中间物，基因②为 B（或 A），控制酶 2 的合成，促进红色中间物合成棕色产物。

20. 【答案】（1） ①. 常染色体显性遗传病 ②. 常染色体隐性遗传病 ③. Aabb

（2）操作简便、准确安全、快速等

（3） ①. 缺失 ②. 1/900 ③. 25

（4）A

【解析】

【分析】据图判断，I -1 和 I -2 患甲病，生了一个正常的女儿 II -3，所以甲病是常染色体显性遗传病，I -1 和 I -2 都不患乙病，生了一个患乙病的女儿 II -2，所以乙病是常染色体隐性遗传病。

【小问 1 详解】

据图判断，I -1 和 I -2 患甲病，生了一个正常的女儿 II -3，所以甲病是常染色体显性遗传病；I -1 和 I -2 都不患乙病，生了一个患乙病的女儿 II -2，所以乙病是常染色体隐性遗传病。I -1 和 I -2 的基因型都是 AaBb，II -2 两病兼患，但是她的儿子 III -2 不患甲病，推断 II -2 的基因型是 Aabb

【小问 2 详解】

采用 PCR 方法可以检测胎儿的基因状况，进行遗传病诊断。该技术的操作简便、而且利用的是怀孕母体的血液中来自胎儿的游离 DNA，所以准确安全、快速。

【小问 3 详解】

根据遗传系谱图判断 III -2 不患甲病患乙病，他的基因型是 aabb，所以 A/a 基因扩增带的第一个条带是 a，第二个条带是 A；B/b 基因扩增带的第一个条带是 B，第二个条带是 b；b 条带比 B 短，所以乙病是由于正常基因发生了碱基缺失所致。I -1 和 I -2 的基因型都是 Bb，II -5 的基因型是 2/3Bb，II -6 的基因型是 BB（根据电泳图判断），推出 III -5 的基因型是 1/3Bb，III -5 和无亲缘关系的正常男子婚配，该正常男性是携带者的概率是 1/75，后代患病的概率是 $1/3 \times 1/75 \times 1/4 = 1/900$ 。根据电泳图判断 II -4 和 II -6 的基因型相同均为 BB，据家族系谱图判断，II -5 和 II -4 的基因型相同为 1/3BB 和 2/3Bb，所以 III -5 和 III -3 的基因型相同，为 1/3Bb。若 III -5 和 III -3 婚配，生育患病孩子的概率是 $1/3 \times 1/3 \times 1/4 = 1/36$ ，生育患病孩子的概率是前一种婚配的 $1/36 \div 1/900 = 25$ 倍

【小问 4 详解】

反义 RNA 药物能与目标基因的 mRNA 互补结合形成部分双链，影响蛋白质翻译，最终达到治疗目的。因为甲病是显性遗传病影响 A 基因的表达可以达到治疗的目的，所以在上述家系中，可以选择 A 基因作为目标。

21. 【答案】（1）野生型 （2）野生型所结籽粒胚乳中 DNA 甲基化水平低于突变株

（3）R 基因编码的 DNA 去甲基化酶只能对本株玉米所结籽粒的胚乳中来自本植株的 Q 基因发挥功能

（4） ①. 籽粒变小受到两对等位基因的控制，任意一对等位基因中的显性基因正常发挥功能的个体表现为正常籽粒，没有显性基因或显性基因均无法正常发挥功能的个体表现为小籽粒，其中有一对等位基因的显性基因来自母本的时候无法发挥功能 ②. 正常籽粒：小籽粒=7：1

【小问 1 详解】

若矮秆是隐性性状，矮秆玉米突变株与野生型杂交，子代表型与野生型相同。

【小问 2 详解】

野生型 R 基因正常，能编码 DNA 去甲基化酶，催化 DNA 去甲基化，所以野生型及突变株分别自交，野生型植株所结籽粒胚乳中 DNA 甲基化水平更低。

【小问 3 详解】

由组别 2、4 可知，母本中的 R 基因编码的 DNA 去甲基化酶无法为父本提供的 Q 基因去甲基化，由组别 3 可知父本中 R 基因编码的 DNA 去甲基化酶不能对母本上所结籽粒的胚乳中的 Q 基因发挥功能。结合前面的研究成果：亲本的该酶在本株玉米所结籽粒的发育中发挥作用，可得 R 基因编码的 DNA 去甲基化酶只能对本株玉米所结籽粒的胚乳中来自本植株的 Q 基因发挥功能。

【小问 4 详解】

①甲与野生型杂交得到的子代为正常个体，说明小籽粒为隐性性状。F₁ 与甲杂交属于测交，F₁ 作父本时，结

果出现正常籽粒：小籽粒=3：1，推测该性状受到两对等位基因的控制，且只有不含显性基因的个体表现为小籽粒。 F_1 作母本时，与甲杂交，后代正常籽粒：小籽粒=1：1，结合题目中“已知玉米子代中，某些来自父本或母本的基因，即使是显性也无功能”推测，母本产生配子时有一对等位基因是不发挥功能的。因此提出的假设为：籽粒变小受到两对等位基因的控制，任意一对等位基因中的显性基因正常发挥功能的个体表现为正常籽粒，没有显性基因或显性基因均无法正常发挥功能的个体表现为小籽粒，其中有一对等位基因的显性基因来自母本的时候无法发挥功能。② F_1 自交， F_1 产生的精子中含显性基因正常发挥功能的配子：不含显性基因的配子=3：1， F_1 产生的卵细胞中含显性基因正常发挥功能的配子：不含显性基因的配子和含显性基因不发挥功能的配子=1：1，所以 F_1 自交所结籽粒的表型及比例为正常籽粒：小籽粒=（1-1/4×1/2）：（1/4×1/2）=7：1。

22.【答案】（1）①. 正常女性：红色盲男性=1：1 ②. 正常女性：绿色盲女性：红色盲男性：红绿色盲男性=1：1：1：1 ③. 红蓝色盲：绿蓝色盲：红色盲：绿色盲=1：1：1：1

（2）①. 部分 Z+M+部分 M ②. Z 发生突变，导致 L、M 基因无法表达 ③. L、M 基因的共用调控序列发生突变或 L、M 基因发生基因突变

【小问 1 详解】

根据题意分析，绿色盲男性的基因型为 $X^{lm}Y$ ，红色盲女性的基因型为 $X^{Lm}X^{Lm}$ 或 $X^{Lm}MX^{Lm}$ ，若该女性的基因型为 $X^{Lm}X^{LM}$ ，则后代的基因型及比例为 $X^{Lm}X^{LM}：X^{Lm}Y=1：1$ ，表型及比例为正常女性：红色盲男性=1：1；若该女性的基因型为 $X^{LM}X^{LM}$ ，则后代的基因型及比例为 $X^{lm}X^{lm}：X^{lm}X^{lm}：X^{Lm}Y：X^{LM}Y=1：1：1：1$ ，表型及比例为正常女性：绿色盲女性：红色盲男性：红绿色盲男性=1：1：1：1。无论哪种情况，后代的正常个体只有女性，且基因型为 $X^{Lm}X^{Lm}$ ，若同时考虑蓝色盲，其基因型为 $aaX^{Lm}X^{Lm}$ ，而蓝色盲男性的基因型为 $SxX^{Lm}Y$ ，两者婚配，其男性后代的基因型及比例为 $SsX^{Lm}Y：SxX^{Lm}Y：ssX^{Lm}Y=1：1：1：1$ ，表型及比例为绿蓝色盲：红蓝色盲：绿色盲：红色盲=1：1：1：1。

【小问 2 详解】

①根据对照组的实验结果可知，对照组的序列组成为 Z+L+M+M，患者甲的 Z 序列的电泳结果和对照组不同，且电泳距离更远，因此片段较小，只具有部分 Z 片段；患者甲 BL、CL 和 DL 均缺失，因此不含 L 片段；对照组含有两个 M 片段，其 BM、CM 和 DM 的量分别为 45.5、21.3 和 66.1，而患者甲 BM、CM 和 DM 的量分别为 21.9、10.9 和 61.4，其 BM、CM 的量为对照组的一半，而 DM 的量和对照组相差不大，因此患者甲含有一个完整的 M 片段和第二个 M 片段的 DM 区，因此其序列组成表示为部分 Z+M+部分 M。

②患者丙和患者丁的 L 和 M 片段的相关结果和对照组无差异，但缺失 Z₁ 或 Z₂，说明 Z₁ 和 Z₂ 的缺失会影响 L 和 M 基因的表达，从而使机体患病，因此其患病的原因是 Z 发生突变，导致 L、M 基因无法表达。

③结合①②的结果并分析甲、乙、丙和丁的检测可知，红绿色盲的遗传病因是 L、M 基因的共用调控序列发生突变或 L、M 基因发生基因突变。

23.【答案】（1）①. 分离 ②. 浅绿

（2）①. P₂、P₃ ②. 深绿

（3）①. 3/8 ②. 15/64

（4）①. 9 号 ②. F_1 在减数分裂 I 前期发生染色体片段互换，产生了同时含 P₁、P₂ 的 SSR1 的配子

③. F_1 产生的具有来自 P₁₁ 号染色体的配子与具有来自 P₂₁ 号染色体的配子受精

（5）SSR1 的扩增产物条带与 P₁ 亲本相同的植株

【小问 1 详解】

由实验①结果可知，只考虑瓜皮颜色， F_1 为深绿， F_2 中深绿：浅绿=3：1，说明该性状遵循基因的分离定律，且浅绿为隐性。

【小问 2 详解】

由实验②可知， F_2 中深绿：绿条纹=3：1，也遵循基因的分离定律，结合①，不能判断控制绿条纹和浅绿性状基因之间的关系。若两基因为非等位基因，可假设 P₁ 为 AAbb，P₂ 为 aaBB，符合实验①的结果，则 P₃ 为 AAbb，则还需从实验①和②的亲本中选用 P₂（aaBB）×P₃（AAbb），则 F_1 为 AaBb 表现为深绿。

【小问 3 详解】

调查实验①和②的 F_1 发现全为椭圆形瓜，亲本长形和圆形均为纯合子，说明椭圆形为杂合子，则 F_2 非圆瓜

中有 $1/3$ 为长形, $2/3$ 为椭圆形, 故椭圆深绿瓜植株占比为 $9/16 \times 2/3 = 3/8$ 。由题意可设瓜形基因为 C/c , 则 P_1 基因型为 $AABBCC$, P_2 基因型为 $aaBBcc$, F_1 为 $AaBBCc$, 由实验① F_2 的表型和比例可知, 圆形深绿瓜的基因型为 A_B_cc 。实验①中植株 F_2 自交子代能产生圆形深绿瓜植株的基因型有 $1/8AABBcc$ 、 $1/4AaBBcc$ 、 $1/16AABBcc$ 、 $1/8AaBBcc$, 其子代中圆形深绿瓜植株的占比为 $1/8 \times 1/4 + 1/4 \times 3/16 + 1/16 \times 1 + 1/8 \times 3/4 = 15/64$ 。

【小问 4 详解】

电泳检测实验① F_2 中浅绿瓜植株、 P_1 和 P_2 的 $SSR1$ 和 $SSR2$ 的扩增产物, 由电泳图谱可知, F_2 浅绿瓜植株中都含有 P_2 亲本的 $SSR1$, 而 $SSR1$ 和 $SSR2$ 分别位于西瓜的 9 号和 1 号染色体上, 故推测控制瓜皮颜色的基因位于 9 号染色体上。由电泳图谱可知, F_2 浅绿瓜植株中只有 15 号植株含有亲本 P_1 的 $SSR1$, 推测根本原因是 F_1 在减数分裂 I 前期发生染色体片段互换, 产生了同时含 P_1 、 P_2 的 $SSR1$ 的配子, 而包括 15 号植株在内的半数植株同时含有两亲本的 $SSR2$, 根本原因是 F_1 减数分裂时同源染色体分离, 非同源染色体自由组合, 随后 F_1 产生的具有来自 P_1 号染色体的配子与具有来自 P_2 号染色体的配子受精。

【小问 5 详解】

为快速获得稳定遗传的深绿瓜株系, 对实验① F_2 中深绿瓜植株控制瓜皮颜色的基因所在染色体上的 SSR 进行扩增、电泳检测。稳定遗传的深绿瓜株系应是纯合子, 其深绿基因最终来源于亲本 P_1 , 故应选择 $SSR1$ 的扩增产物条带与 P_1 亲本相同的植株。

24. 【答案】(1) 黄化叶 (2) ①. 用限制酶 B 处理 ②. 3
(3) ①. 50% ②. 在开花前把田间出现的绿叶植株除去

【小问 1 详解】

野生型油菜进行自交, 后代中既有野生型又有叶黄化, 由此可以推测黄化叶是隐性性状。

【小问 2 详解】

检测 F_2 基因型的实验步骤为: 提取基因组 DNA $\rightarrow$ PCR $\rightarrow$ 回收扩增产物 $\rightarrow$ 用限制酶 B 处理 $\rightarrow$ 电泳。野生型基因电泳结果有一条带, 叶黄化的基因电泳结果有两条带, 则 F_2 中杂合子电泳条带数目应为 3 条。

【小问 3 详解】

①油菜雄性不育品系 A 作为母本与可育品系 R 杂交, 获得杂交油菜种子 S (杂合子), 设育性基因为 A、a, 叶色基因为 B、b, 可判断雄性不育品系 A 为显性纯合子 (AA), R 为隐性纯合子 (aa), A 植株的绿叶雄性不育子代 (AaBb) 与黄化 A1 (aabb) 杂交, 后代中一半黄化, 一半绿叶, 筛选出的黄化 A 植株占子一代总数的比例约为 50%。

②A 不纯会影响种子 S 的纯度, 为减少因花粉污染导致的种子 S 纯度下降, 应在开花前把田间出现的绿叶植株除去。

25. 【答案】(1) ①. $2/3$ ②. 家系 1 和家系 2 的 USH 是由不同基因突变引起的
(2) ggRr、Ggrr
(3) 绿色荧光强度较强, 红色荧光强度不变

(4) a. 不能表达病毒基因, 避免触发免疫反应 b. 不能整合到染色体中, 避免潜在的突变风险 c. 不能在细胞内增殖, 避免伤害细胞 d. 不能严重影响细胞的基因表达, 避免影响细胞正常功能 (合理即可)

【小问 1 详解】

①已知 USH 是常染色体隐性遗传病, 设控制该病的基因为 a。家系 1 中 I-1 和 I-2 表现正常, 生了一个患病的儿子 II-1 (基因型为 aa), 根据基因的分离定律, 可知 I-1 和 I-2 的基因型均为 Aa。II-2 表现正常, 其基因型可能为 AA 或 Aa, AA 的概率为 $1/3$, Aa 的概率为 $2/3$, 即家系 1 的 II-2 是携带者 (Aa) 的概率为 $2/3$ 。

②因为已经发现至少有 10 个不同基因的突变都可分别导致 USH, 家系 1 和家系 2 的 USH 是由不同基因突变引起的。假设家系 1 是 A 基因发生突变导致的, 家系 2 是 B 基因发生突变导致的 (A、B 为不同基因位点), 家系 1 的 II-1 基因型可能为 aaBB, 家系 2 的 II-2 基因型可能为 AAbb, 他们之间婚配, 后代基因型为 AaBb, 均表现正常。

【小问 2 详解】

已知小鼠单基因 G 或 R 突变的情况下, gg 表现为 α 型, rr 表现为 γ 型, 双突变体小鼠 ggrr 表现为 α 型, 表型正常的 GgRr 小鼠间杂交, F_1 表型及占比为: 正常 $9/16$ 、 α 型 $3/8$ 、 γ 型 $1/16$, 说明 F_1 中 α 型个体的基因型有 ggRR、

ggRr、ggrr、Ggrr。其中杂合子的基因型有 ggRr、Ggrr。

【小问 3 详解】

因为红色荧光蛋白与某蛋白的融合蛋白以及绿色荧光蛋白与 R^N 的融合蛋白都通过蛋白酶体降解, 药物要求在增强 R^N 稳定性的同时, 不抑制蛋白酶体功能。那么加入药物后, 与不加入药物对比, 绿色荧光蛋白与 R^N 的融合蛋白降解减少, 绿色荧光强度较强, 而红色荧光蛋白与某蛋白的融合蛋白仍正常通过蛋白酶体降解, 红色荧光强度不变。

【小问 4 详解】

用作载体的病毒满足的条件有: a. 病毒不能具有致病性, 如果病毒具有致病性, 会对患者的健康造成额外的伤害, 无法保证治疗的安全性; b. 不能整合到染色体中, 避免潜在的突变风险; c. 病毒不能在宿主细胞内自主复制, 若病毒能自主复制, 可能会在患者体内大量增殖, 引发不可控的反应, 对患者造成潜在伤害; d. 不能严重影响细胞的基因表达, 避免影响细胞正常功能。

26. 【答案】(1) ①. 符合 ②. 1/8

(2) ①. AaBb、aaabb ②. ① ③. 子代蓝花: 白花=5:3

(3) ①. 倒位 ②. aaBB 或 aaBb ③. F₁F₂ 或 R₁R₂

【解析】

【分析】题干信息分析, 基因 A 和基因 B 分别编码途径①中由无色前体物质 M 合成蓝色素所必需的酶 A 和酶 B; 另外, 只要有酶 A 或酶 B 存在, 就能完全抑制途径②的无色前体物质 N 合成蓝色素, 说明 A.B. 和 aabb 表现为蓝花, A.bb 和 aaB. 表现为白花。

【小问 1 详解】

实验一, 亲本甲白花植株和乙白花植株杂交, 子一代均为蓝花植株, 蓝花植株自交子二代蓝花植株: 白花植株=10:6, 为 9:3:3:1 的变式, 满足自由组合定律, 且已知某二倍体两性花植物的花色由 2 对等位基因 A、a 和 B、b 控制, 因此等位基因 A、a 和 B、b 的遗传符合自由组合定律。基因 A 和基因 B 分别编码途径①中由无色前体物质 M 合成蓝色素所必需的酶 A 和酶 B; 另外, 只要有酶 A 或酶 B 存在, 就能完全抑制途径②的无色前体物质 N 合成蓝色素, 说明 A.B. 和 aabb 表现为蓝花, A.bb 和 aaB. 表现为白花, 蓝花纯合子为 AABB 和 aabb, 分别占 1/16, 因此蓝花植株纯合体的占比为 2/16=1/8。

【小问 2 详解】

已知该三体蓝花植株仅基因 A 或 a 所在染色体多了 1 条, 且被诱变亲本在减数分裂时只发生了 1 次染色体不分离, 同时含 A、B 个体或同时不含 A、B 个体表现为蓝花, 可能的原因是减数第一次分裂含 A 和 a 的同源染色体未分离, 产生 AaB 的配子, 与母本产生的 ab 配子结合形成 AaaBb 蓝花个体; 也可能是减数第一次分裂正常, 减数第二次分裂含 A 的姐妹染色单体分离后移向同一极, 从而产生 AAB 的配子, 与母本产生的 ab 配子结合形成 AAaBb 的蓝花个体; 也可能是减数第二次分裂后期, 含 a 的姐妹染色单体分离后移向同一极, 产生 aab 的配子, 与母本产生的 ab 配子结合形成 aaabb 的蓝花个体。

减数第一次分裂异常产生的三体蓝花植株基因型为 AaaBb, 减数第二次分裂异常产生的三体蓝花植株基因型为 AAaBb 或 aaabb, 无论自交还是测交, 若子代都只有蓝花, 则该蓝花植株基因型为 aaabb, 因此需要区分蓝花植株基因型为 AaaBb 还是 AAaBb。若进行测交, AaaBb 个体进行测交, 利用分离定律思维求解, 先考虑 A、a 基因, Aaa 可以产生的配子种类及比例为 A: a: Aa: aa=1:2:2:1, 测交后代含 A 的个体和不含 A 的个体比值为 1:1, 再考虑 B、b 基因, 测交的结果是 Bb: bb=1:1, 因此子代蓝花: 白花=1:1; AAaBb 个体进行测交, 利用分离定律思维求解, 先考虑 A、a 基因, AAa 可以产生的配子种类及比例为 A: a: AA: Aa=2:1:1:2, 测交后代含 A 的个体和不含 A 的个体比值为 5:1, 再考虑 B、b 基因, 测交的结果是 Bb: bb=1:1, 因此子代蓝花: 白花=1:1, 两种基因型的个体测交结果相同, 无法进行判断。若进行自交, 利用分离定律思维求解, 先考虑 A、a 基因, Aaa 可以产生的配子种类及比例为 A: a: Aa: aa=1:2:2:1, 含 A 的配子: 不含 A 配子=1:1, 自交后代含 A 的个体和不含 A 的个体比值为 3:1, 再考虑 B、b 基因, 自交的结果是 BB: Bb: bb=1:2: 1, 因此子代蓝花: 白花=5:3; AAaBb 个体进行自交, 利用分离定律思维求解, 先考虑 A、a 基因, AAa 可以产生的配子种类及比例为 A: a: AA: Aa=2:1:1:2, 含 A 的配子: 不含 A 配子=5:1, 自交后代含 A 的个体和不含 A 的个体比值为 35:1, 再考虑 B、b 基因, 自交的结果是 BB: Bb: bb=1:2: 1, 因此子代蓝花: 白花= (35×3+1): (35+3) =53:19, 两种三体蓝花植株自交子代表型及比例不同, 可以判断染色体分离异常发生的时期。

【小问 3 详解】

染色体结构变异包括了染色体片段的缺失、重复、倒位和易位，已知同一对引物的扩增产物长度相同，若为易位、缺失和重复则导致 **b** 基因和 **B** 基因碱基长度不同，因此用同一对引物扩增产生的片段长度不同，因此判断该结构变异为倒位。甲、乙基因型为 **aaBB**、**AAbb**，结合电泳结果可知，甲无论用哪一对引物扩增均能扩增出产物，引物是根据 **B** 基因的碱基序列设计的，因此判断甲的基因型为 **aaBB**，乙的基因型为 **AAbb**， F_2 白花的基因型有 **AAbb**、**Aabb**、**aaBB**、**aaBb**，丙用 **F2R1** 扩增结果与甲相同，与乙不同，说明丙含有 **B** 基因，因此丙的基因型为 **aaBB** 或 **aaBb**。根据电泳结果判断是 F_2 和 R_2 对应的 DNA 片段发生了倒位，使得基因 **B** 突变为 **b**，倒位后获得的 **b** 基因， F_1R_2 引物对应的是同一条单链， F_2R_1 引物对应的是同一条单链，因此用 F_2R_1 扩增，乙植物无法扩增出产物。为了确定丙的基因型，即确定是否含有 **b** 基因，可以选择引物 F_1F_2 或 R_1R_2 ，由于 **B** 基因 F_1F_2 引物对应的是同一条单链， R_1R_2 对应的另一条单链，因此无法扩增，而由于倒位，**b** 基因可以正常扩增。