

25 DNA 的半保留复制

学校:_____姓名:_____班级:_____考号:_____

一、单选题

1. (2025·北京·高考真题) 1958 年, Meselson 和 Stahl 通过 ^{15}N 标记 DNA 的实验, 证明了 DNA 的半保留复制。关于这一经典实验的叙述正确的是 ()

- A. 因为 ^{15}N 有放射性, 所以能够区分 DNA 的母链和子链
- B. 得到的 DNA 带的位置有三个, 证明了 DNA 的半保留复制
- C. 将 DNA 变成单链后再进行离心也能得到相同的实验结果
- D. 选择大肠杆菌作为实验材料是因为它有环状质粒 DNA

2. (2021·海南·高考真题) 已知 5-溴尿嘧啶 (BU) 可与碱基 A 或 G 配对。大肠杆菌 DNA 上某个碱基位点已由 A-T 转变为 A-BU, 要使该位点由 A-BU 转变为 G-C, 则该位点所在的 DNA 至少需要复制的次数是 ()

- A. 1
- B. 2
- C. 3
- D. 4

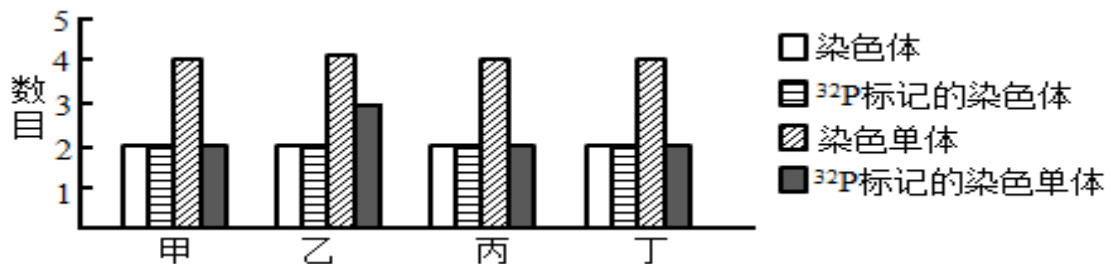
3. (2021·浙江·高考真题) 含有 100 个碱基对的一个 DNA 分子片段, 其中一条链的 A+T 占 40%, 它的互补链中 G 与 T 分别占 22% 和 18%, 如果连续复制 2 次, 则需游离的胞嘧啶脱氧核糖核苷酸数量为 ()

- A. 240 个
- B. 180 个
- C. 114 个
- D. 90 个

4. (2025·浙江·高考真题) 多种多样的生物通过遗传信息控制性状, 并通过繁殖将遗传物质传递给子代。下列关于遗传物质的叙述正确的是 ()

- A. S 型肺炎链球菌的遗传物质主要通过质粒传递给子代
- B. 水稻、小麦和玉米三大粮食作物的遗传物质主要是 DNA
- C. 控制伞藻伞帽的遗传物质通过半保留复制表达遗传信息
- D. 烟草叶肉细胞的遗传物质水解后可产生 4 种脱氧核苷酸

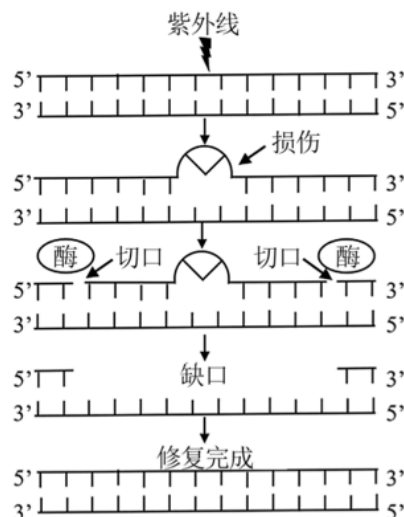
5. (2024·浙江·高考真题) 某二倍体动物 ($2n=4$) 精原细胞 DNA 中的 P 均为 ^{32}P , 精原细胞在不含 ^{32}P 的培养液中培养, 其中 1 个精原细胞进行一次有丝分裂和减数第一次分裂后, 产生甲~丁 4 个细胞。这些细胞的染色体和染色单体情况如下图所示。



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

6. (2023·浙江·高考真题) 紫外线引发的 DNA 损伤, 可通过“核苷酸切除修复 (NER)”方式修复, 机制如图所示。着色性干皮症 (XP) 患者的 NER 酶系统存在缺陷, 受阳光照射后, 皮肤出现炎症等症状。患者幼年发病, 20 岁后开始发展成皮肤癌。下列叙述错误的是 ()

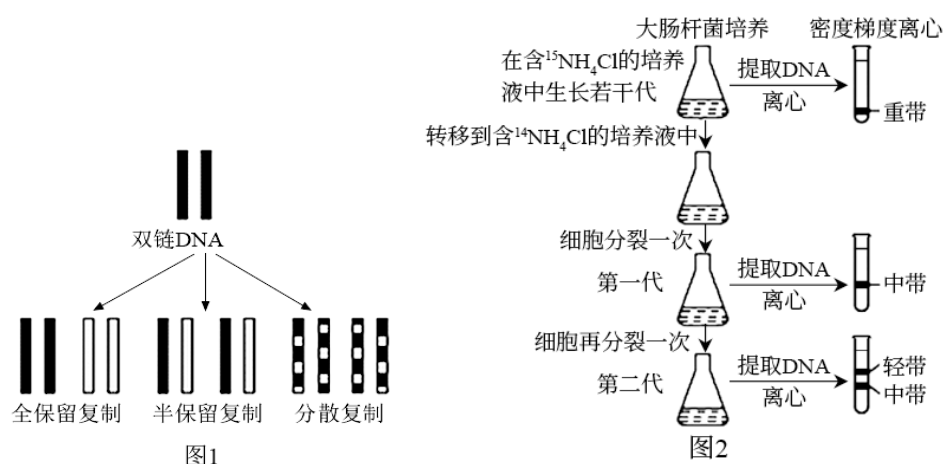


- A. 修复过程需要限制酶和 DNA 聚合酶
- B. 填补缺口时，新链合成以 5'到 3'的方向进行
- C. DNA 有害损伤发生后，在细胞增殖后进行修复，对细胞最有利
- D. 随年龄增长，XP 患者几乎都会发生皮肤癌的原因，可用突变累积解释

7. (2021·山东·高考真题) 利用农杆菌转化法，将含有基因修饰系统的 T-DNA 插入到水稻细胞 M 的某条染色体上，在该修饰系统的作用下，一个 DNA 分子单链上的一个 C 脱去氨基变为 U，脱氨基过程在细胞 M 中只发生一次。将细胞 M 培育成植株 N。下列说法错误的是 ()

- A. N 的每一个细胞中都含有 T-DNA
- B. N 自交，子一代中含 T-DNA 的植株占 $3/4$
- C. M 经 n ($n \geq 1$) 次有丝分裂后，脱氨基位点为 A-U 的细胞占 $1/2^n$
- D. M 经 3 次有丝分裂后，含 T-DNA 且脱氨基位点为 A-T 的细胞占 $1/2$

8. (2022·海南·高考真题) 科学家曾提出 DNA 复制方式的三种假说：全保留复制、半保留复制和分散复制 (图 1)。对此假说，科学家以大肠杆菌为实验材料，进行了如下实验 (图 2)：



下列有关叙述正确的是 ()

- A. 第一代细菌 DNA 离心后，试管中出现 1 条中带，说明 DNA 复制方式一定是半保留复制
- B. 第二代细菌 DNA 离心后，试管中出现 1 条中带和 1 条轻带，说明 DNA 复制方式一定是全保留复制

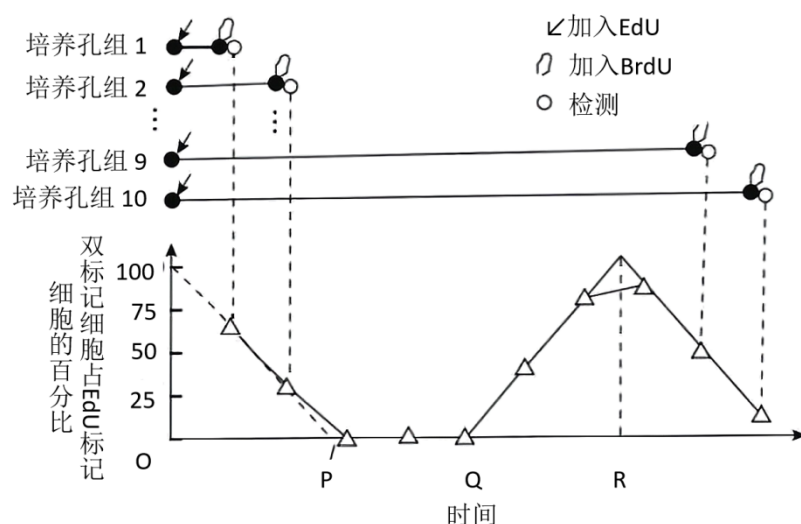
- C. 结合第一代和第二代细菌 DNA 的离心结果,说明 DNA 复制方式一定是分散复制
D. 若 DNA 复制方式是半保留复制,继续培养至第三代,细菌 DNA 离心后试管中会出现 1 条中带和 1 条轻带

二、解答题

9. (2023·北京·高考真题) 变胖过程中,胰岛 B 细胞会增加。增加的 B 细胞可能源于自身分裂(途径 I),也可能来自胰岛中干细胞的增殖、分化(途径 II)。科学家采用胸腺嘧啶类似物标记的方法,研究了 L 基因缺失导致肥胖的模型小鼠 IK 中新增 B 细胞的来源。

(1) EdU 和 BrdU 都是胸腺嘧啶类似物,能很快进入细胞并掺入正在复制的 DNA 中,掺入 DNA 的 EdU 和 BrdU 均能与_____互补配对,并可以被分别检测。未掺入的 EdU 和 BrdU 短时间内即被降解。

(2) 将处于细胞周期不同阶段的细胞混合培养于多孔培养板中,各孔同时加入 EdU,随后每隔一定时间向一组培养孔加入 BrdU,再培养十几分钟后收集该组孔内全部细胞,检测双标记细胞占 EdU 标记细胞的百分比(如图)。图中反映 DNA 复制所需时长的是从_____点到_____点。



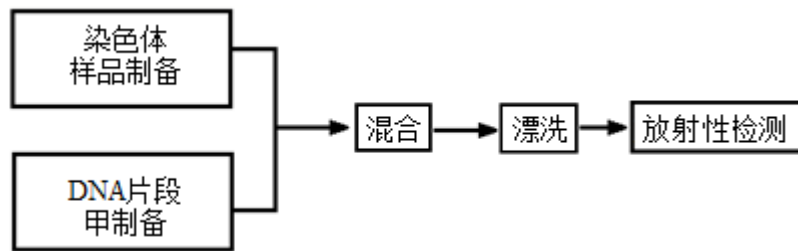
(3) 为研究变胖过程中 B 细胞的增殖,需使用一批同时变胖的小鼠。为此,本实验使用诱导型基因敲除小鼠,即饲喂诱导物后小鼠的 L 基因才会被敲除,形成小鼠 IK。科学家利用以下实验材料制备小鼠 IK:

① 纯合小鼠 Lx: 小鼠 L 基因两侧已插入特异 DNA 序列(x),但 L 的功能正常; ② Ce 酶基因: 源自噬菌体,其编码的酶进入细胞核后作用于 x,导致两个 x 间的 DNA 片段丢失; ③ Er 基因: 编码的 Er 蛋白位于细胞质,与 Er 蛋白相连的物质的定位由 Er 蛋白决定; ④ 口服药 T: 小分子化合物,可诱导 Er 蛋白进入细胞核。请完善制备小鼠 IK 的技术路线: _____→连接到表达载体→转入小鼠 Lx→筛选目标小鼠→_____→获得小鼠 IK。

(4) 各种细胞 DNA 复制所需时间基本相同,但途径 I 的细胞周期时长(t_1)是途径 II 细胞周期时长(t_2)的三倍以上。据此,科学家先用 EdU 饲喂小鼠 IK, t_2 时间后换用 BrdU 饲喂,再过 t_2 时间后检测 B 细胞被标记的情况。研究表明,变胖过程中增加的 B 细胞大多数来源于自身分裂,与之相应的检测结果应是_____。

10. (2021·全国甲卷·高考真题) 用一段由放射性同位素标记的 DNA 片段可以确定基因在染色体上的位置。某研究人员使用放射性同位素 ^{32}P 标记的脱氧腺苷三磷酸(dATP, $\text{dA-P}_\alpha\sim\text{P}_\beta\sim\text{P}_\gamma$)等材料制备了 DNA 片段甲(单链),对 W 基因在染色体上的位置进行了研究,

实验流程的示意图如下。



回答下列问题：

(1) 该研究人员在制备 ^{32}P 标记的 DNA 片段甲时，所用 dATP 的 α 位磷酸基团中的磷必须是 ^{32}P ，原因是_____。

(2) 该研究人员以细胞为材料制备了染色体样品，在混合操作之前去除了样品中的 RNA 分子，去除 RNA 分子的目的是_____。

(3) 为了使片段甲能够通过碱基互补配对与染色体样品中的 W 基因结合，需要通过某种处理使样品中的染色体 DNA_____。

(4) 该研究人员在完成上述实验的基础上，又对动物细胞内某基因的 mRNA 进行了检测，在实验过程中用某种酶去除了样品中的 DNA，这种酶是_____。

《25 DNA 的半保留复制》参考答案

题号	1	2	3	4	5	6	7	8
答案	B	B	B	D	C	C	D	D

9. (1) A/腺嘌呤

(2) Q R

(3) 将 Ce 酶基因和 Er 基因连接 饲喂口服药 T

(4) 大多数 B 细胞没有被 BrdU 标记

10. dATP 脱去 β 、 γ 位上的两个磷酸基团后，则为腺嘌呤脱氧核苷酸，是合成 DNA 的原料之一 避免 RNA 分子与 DNA 探针的结合 解旋 DNA 酶

解析

1. B

【分析】DNA 复制是以亲代 DNA 分子为模板合成子代 DNA 分子的过程。DNA 复制条件：模板（DNA 的双链）、能量（ATP 水解提供）、酶（解旋酶和聚合酶等）、原料（游离的脱氧核苷酸）；DNA 复制过程：边解旋边复制；DNA 复制特点：半保留复制。

【详解】A、 ^{15}N 没有放射性，它与 ^{14}N 只是氮元素的不同同位素，质量不同，可通过密度梯度离心技术区分含不同氮元素的 DNA，进而区分 DNA 的母链和子链，A 错误；

B、在 ^{15}N 标记 DNA 的实验中，得到的 DNA 带的位置有轻带（两条链都含 ^{14}N ）、中带（一条链含 ^{14}N ，一条链含 ^{15}N ）、重带（两条链都含 ^{15}N ）三个。根据不同代 DNA 在离心后出现的这些带的位置和比例，证明了 DNA 的半保留复制，B 正确；

C、若将 DNA 解链为单链后离心，无论是全保留还是半保留复制，都是只有两条条带，不能证明 DNA 的半保留复制，C 错误；

D、选择大肠杆菌作为实验材料是因为大肠杆菌繁殖快，容易培养，能在短时间内获得大量的子代，便于观察实验结果，而不是因为它有环状质粒 DNA，D 错误。

故选 B。

2. B

【分析】基因突变是基因结构的改变，包括碱基对的增添、缺失或替换。

【详解】根据题意可知：5-BU 可以与 A 配对，又可以和 G 配对，由于大肠杆菌 DNA 上某个碱基位点已由 A-T 转变为 A-BU，由半保留复制可知，复制一次会得到 G-5-BU，复制第二次时会得到有 G-C，所以至少需要经过 2 次复制后，才能实现该位点由 A-BU 转变为 G-C，B 正确。

故选 B。

3. B

【分析】碱基互补配对原则的规律：

(1) 在双链 DNA 分子中，互补碱基两两相等， $A=T$ ， $C=G$ ， $A+T=C+G$ ，即嘌呤碱基总数等于嘧啶碱基总数；

(2) DNA 分子的一条单链中（ $A+T$ ）与（ $G+C$ ）的比值等于其互补链和整个 DNA 分子中该种比例的比值；

(3) DNA 分子一条链中（ $A+G$ ）与（ $T+C$ ）的比值与互补链中的该种碱基的比值互为倒数，在整个双链中该比值为 1；

(4) 不同生物的 DNA 分子中互补配对的碱基之和的比值不同，即（ $A+T$ ）与（ $C+G$ ）的比值不同。该比值体现了不同生物 DNA 分子的特异性；

(5) 双链 DNA 分子中， $A = (A_1 + A_2) \div 2$ ，其他碱基同理。

【详解】分析题意可知：该 DNA 片段含有 100 个碱基对，即每条链含有 100 个碱基，其中一条链（设为 1 链）的 A+T 占 40%，即 $A_1+T_1=40$ 个，则 $C_1+G_1=60$ 个；互补链（设为 2 链）中 G 与 T 分别占 22% 和 18%，即 $G_2=22$ ， $T_2=18$ ，可知 $C_1=22$ ，则 $G_1=60-22=38=C_2$ ，故该 DNA 片段中 $C=22+38=60$ 。已知 DNA 复制了 2 次，则 DNA 的个数为 $2^2=4$ ，4 个 DNA 中共有胞嘧啶脱氧核苷酸的数量为 $4 \times 60=240$ ，原 DNA 片段中有 60 个胞嘧啶脱氧核糖核苷酸，则需要游离的胞嘧啶脱氧核糖核苷酸数量为 $240-60=180$ ，B 正确，ACD 错误。

故选 B。

4. D

【分析】细胞生物中，既含有 DNA，又含有 RNA，DNA 为遗传物质；病毒含有 DNA 或 RNA，遗传物质为 DNA 或 RNA。绝大多数生物的遗传物质是 DNA，只有少数 RNA 病毒的遗传物质是 RNA，故一切生物的遗传物质为核酸。

【详解】A、S 型肺炎链球菌是原核生物，其遗传物质主要分布于拟核。因此，S 型肺炎链球菌的遗传物质主要通过拟核传递给子代，A 错误；

B、水稻、小麦和玉米三大粮食作物都是植物，都属于真核生物，真核生物的遗传物质是 DNA，B 错误；

C、基因指导蛋白质的合成过程是遗传信息的表达过程，伞藻通过复制传递遗传信息，而不是表达遗传信息，C 错误；

D、烟草叶肉细胞的遗传物质是 DNA，其单体是脱氧核苷酸，DNA 水解后可产生 4 种脱氧核苷酸，D 正确。

故选 D。

5. C

【分析】DNA 中的 P 均为 ^{32}P 的精原细胞在不含 ^{32}P 的培养液中培养，进行一次有丝分裂后，产生的每个细胞的每条 DNA 都有一条链含有 ^{32}P ，继续在不含 ^{32}P 的培养液中培养进行减数分裂，完成复制后，8 条染色单体中有 4 条含有 ^{32}P ，减数第一次分裂完成后，理论上，每个细胞中有 2 条染色体，四条染色单体，其中有 2 条单体含有 ^{32}P 。

【详解】A、图中的细胞是一个精原细胞进行一次有丝分裂和减数第一次分裂后产生的，据图所示，这些细胞含有染色单体，说明着丝粒没有分裂，因此该精原细胞 2 次 DNA 复制，1 次着丝粒分裂，A 错误；

B、题干叙述明确表示减数第一次分裂已经完成，因此只可能处于减数第二次分裂前期或中期，且均含有一个染色体组，B 错误；

C、精原细胞进行一次有丝分裂后，产生的子细胞每个 DNA 上有一条链含有 ^{32}P ，减数分裂完成复制后，每条染色体上有 1 个单体含有 ^{32}P ，另一个单体不含 ^{32}P ，减数第一次分裂结束，每个细胞中应该含有 2 条染色体，四个染色单体，其中有两个单体含有放射性，但乙细胞含有 3 个染色单体含有放射性，原因是形成乙的过程中发生了同源染色体的配对和交叉互换，C 正确；

D、甲、丙、丁完成减数第二次分裂至少产生 3 个含 ^{32}P 的细胞，乙细胞有 3 个单体含有 ^{32}P ，完成减数第二次分裂产生的 2 个细胞都含有 ^{32}P ，因此 4 个细胞完成分裂形成 8 个细胞，至多有 3 个细胞不含 ^{32}P ，D 错误。

故选 C。

6. C

【分析】DNA 分子复制的过程：①解旋：在解旋酶的作用下，把两条螺旋的双链解开。②合成子链：以解开的每一条母链为模板，以游离的四种脱氧核苷酸为原料，遵循碱基互补

配对原则，在有关酶的作用下，各自合成与母链互补的子链。③形成子代 DNA：每条子链与其对应的母链盘旋成双螺旋结构。从而形成 2 个与亲代 DNA 完全相同的子代 DNA 分子。

【详解】A、由图可知，修复过程中需要将损伤部位的序列切断，因此需要限制酶的参与；同时修复过程中，单个的脱氧核苷酸需要依次连接，要借助 DNA 聚合酶，A 正确；

B、填补缺口时，新链即子链的延伸方向为 5'到 3'的方向进行，B 正确；

C、DNA 有害损伤发生后，在细胞增殖中进行修复，保证 DNA 复制的正确进行，对细胞最有利，C 错误；

D、癌症的发生是多个基因累积突变的结果，随年龄增长，XP 患者几乎都会发生皮肤癌的原因，可用突变累积解释，D 正确。

故选 C。

7. D

【分析】根据题干信息“含有基因修饰系统的 T-DNA 插入到水稻细胞 M 的某条染色体上，在该修饰系统的作用下，一个 DNA 分子单链上的一个 C 脱去氨基变为 U，脱氨基过程在细胞 M 中只发生一次”，所以 M 细胞含有 T-DNA，且该细胞的脱氨基位点由 C-G 对变为 U-G 对，DNA 的复制方式是半保留复制，原料为脱氧核苷酸（A、T、C、G）。

【详解】A、N 是由 M 细胞形成的，在形成过程中没有 DNA 的丢失，由于 T-DNA 插入到水稻细胞 M 的某条染色体上，所以 M 细胞含有 T-DNA，因此 N 的每一个细胞中都含有 T-DNA，A 正确；

B、N 植株的一条染色体中含有 T-DNA，可以记为 +，因此 N 植株关于是否含有 T-DNA 的基因型记为 +-，如果自交，则子代中相关的基因型为 ++:+-:--=1:2:1，有 3/4 的植株含 T-DNA，B 正确；

C、M 中只有 1 个 DNA 分子上的单链上的一个 C 脱去氨基变为 U，所以复制 n 次后，产生的子细胞有 2^n 个，但脱氨基位点为 A-U 的细胞的只有 1 个，所以这种细胞的比例为 $1/2^n$ ，C 正确；

D、如果 M 经 3 次有丝分裂后，形成子细胞有 8 个，由于 M 细胞 DNA 分子单链上的一个 C 脱去氨基变为 U，所以是 G 和 U 配对，所以复制三次后，有 4 个细胞脱氨基位点为 C-G，3 个细胞脱氨基位点为 A-T，1 个细胞脱氨基位点为 U-A，因此含 T-DNA 且脱氨基位点为 A-T 的细胞占 3/8，D 错误。

故选 D。

【点睛】

8. D

【分析】DNA 的复制是半保留复制，即以亲代 DNA 分子的每条链为模板，合成相应的子链，子链与对应的母链形成新的 DNA 分子，这样一个 DNA 分子经复制形成两个子代 DNA 分子，且每个子代 DNA 分子都含有一条母链。将 DNA 被 ^{15}N 标记的大肠杆菌移到 ^{14}N 培养基中培养，因合成 DNA 的原料中含 ^{14}N ，所以新合成的 DNA 链均含 ^{14}N 。根据半保留复制的特点，第一代的 DNA 分子应一条链含 ^{15}N ，一条链含 ^{14}N 。

【详解】ABC、第一代细菌 DNA 离心后，试管中出现 1 条中带，则可以排除全保留复制，但不能肯定是半保留复制或分散复制，继续做子代 II DNA 密度鉴定，若子代 II 可以分出一条中密度带和一条轻密度带，则可以排除分散复制，同时肯定是半保留复制，ABC 错误；D、若 DNA 复制方式是半保留复制，继续培养至第三代，形成的子代 DNA 只有两条链均为 ^{14}N ，或一条链含有 ^{14}N 一条链含有 ^{15}N 两种类型，因此细菌 DNA 离心后试管中只会出现 1 条中带和 1 条轻带，D 正确。

故选 D。

9. (1) A/腺嘌呤

(2) Q R

(3) 将 Ce 酶基因和 Er 基因连接 饲喂口服药 T

(4) 大多数 B 细胞没有被 BrdU 标记

【分析】DNA 分子的复制时间：有丝分裂和减数分裂间期；条件：模板（DNA 的双链）、能量（ATP 水解提供）、酶（解旋酶和 DNA 聚合酶等）、原料（游离的脱氧核苷酸）；过程：边解旋边复制；结果：一条 DNA 复制出两条 DNA；特点：半保留复制。

【详解】(1) 分析题意可知，EdU 和 BrdU 都是胸腺嘧啶（T）类似物，根据碱基互补配对的原则可知，掺入 DNA 的 EdU 和 BrdU 均能与 A（腺嘌呤）互补配对，并可以被分别检测。

(2) DNA 分子复制时会发生模板链与子链的碱基互补配对，据题可知，将处于细胞周期不同阶段的细胞混合培养于多孔培养板中，各孔同时加入 EdU，则 EdU 会与 A 结合，导致子链出现放射性，随后每隔一定时间向一组培养孔加入 BrdU，则 BrdU 也会与 A 结合，使放射性增强，最终实现双标记，随复制完成达到峰值，故结合题图可知，图中反映 DNA 复制所需时长的是从 Q 点到 R 点。

(3) 分析题意，要制备 IK 小鼠，需要用诱导型基因敲除小鼠，而饲喂诱导物后小鼠的 L 基因才会被敲除，结合所给实验材料及药物可知，制备小鼠 IK 的技术路线为：将 Ce 酶基因和 Er 基因连接（Ce 酶可作用于 x，导致两个 x 间的 DNA 片段丢失）→连接到表达载体→转入小鼠 Lx→筛选目标小鼠→饲喂口服药 T（诱导 Er 蛋白进入细胞核）→获得小鼠 IK。

(4) 据题可知，变胖过程中增加的 B 细胞可能源于自身分裂（途径 I），也可能来自胰岛中干细胞的增殖、分化（途径 II），由于途径 I 的细胞周期时长（ t_1 ）是途径 II 细胞周期时长（ t_2 ）的三倍以上，若先用 EdU 饲喂小鼠 IK，各种细胞 DNA 复制所需时间基本相同， t_2 时间已经经过一个细胞周期，所有的细胞应都含有 EdU 标记，实验假设是变胖过程中增加的 B 细胞大多数来源于自身分裂，即来源于途径 I，该过程已经复制的 B 细胞直接分裂，不会再有 DNA 复制过程，故 t_2 时间后用 BrdU 饲喂则不起作用，即大多数 B 细胞没有被 BrdU 标记。

10. dATP 脱去 β 、 γ 位上的两个磷酸基团后，则为腺嘌呤脱氧核苷酸，是合成 DNA 的原料之一 避免 RNA 分子与 DNA 探针的结合 解旋 DNA 酶

【分析】根据题意，通过带 ^{32}p 标记的 DNA 分子与被测样本中的 W 基因进行碱基互补配对，形成杂交带，可以推测出 W 基因在染色体上的位置。

【详解】(1) dA- $\text{P}_\alpha \sim \text{P}_\beta \sim \text{P}_\gamma$ 脱去 β 、 γ 位上的两个磷酸基团后，则为腺嘌呤脱氧核苷酸，是合成 DNA 的原料之一。因此研究人员在制备 ^{32}p 标记的 DNA 片段甲时，所用 dATP 的 α 位磷酸基团中的磷必须是 ^{32}p 。

(2) 去除样品中 RNA 分子，避免了 RNA 分子与 DNA 探针的结合，使杂交条带仅为 DNA 探针与染色体上 DNA 结合产生的。

(3) DNA 分子解旋后的单链片段才能与 ^{32}p 标记的 DNA 片段甲进行碱基互补配对，故需要使样品中的染色体 DNA 解旋。

(4) DNA 酶可以水解 DNA 分子从而去除了样品中的 DNA。

【点睛】本题考查知识点中对 DNA 探针法的应用，考生需要掌握 DNA 探针的原理，操作的基本过程才能解题。