2026 北京丰台高三（上）期末

生　　物

班级_____ 姓名_____ 报名号_____

第一部分

本部分共 15 题，每题 2 分，共 30 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 1965 年我国科学家在世界上首次成功合成结晶牛胰岛素。下列叙述正确的是（　　）

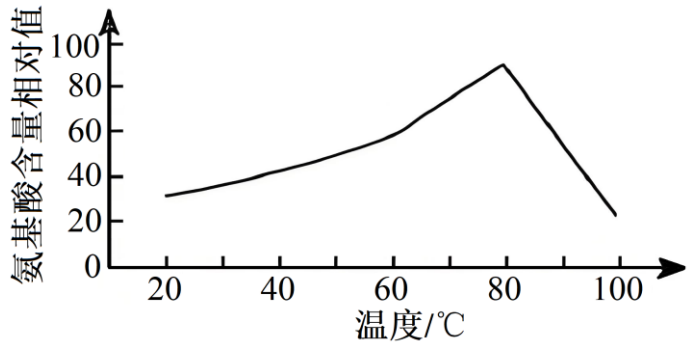
A. 结晶牛胰岛素含有 C、H、O、N、S 元素

B. 高温会导致牛胰岛素氨基酸之间的肽键断裂

C. 细胞中合成牛胰岛素的细胞器是光面内质网

D. 在牛胰岛素的作用下肌糖原会分解成葡萄糖

2. 为探究甜品“木瓜炖牛奶”的最适宜制作温度，某兴趣小组测定了一段时间内不同温度条件下，混合液中水解产生的氨基酸含量相对值，结果如图。下列叙述正确的是（　　）



A. 木瓜蛋白酶能够为牛奶蛋白质水解提供能量

B. 实验时应先将木瓜与牛奶充分混合后再加热

C. 增加木瓜用量，有利于氨基酸含量持续增加

D. 温度过高导致酶失活，使得氨基酸含量下降

3. iPS 细胞（诱导多能干细胞）可在体外被诱导至减数分裂Ⅰ前期。下列叙述错误的是（　　）

A. 培养 iPS 细胞时需加入血清等成分

B. 该过程涉及相关基因的选择性表达

C. 此时可观察到染色体的着丝粒分裂

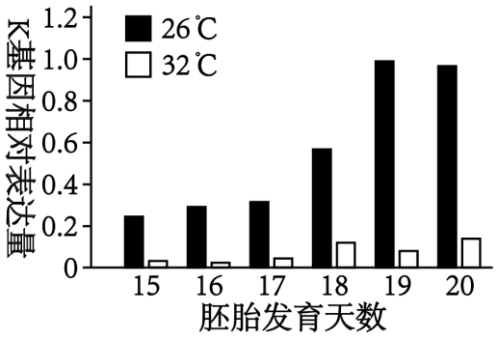
D. 该研究可以为治疗少精症提供思路

4. 见强光打喷嚏和焦虑引起下巴颤抖是两种完全显性性状，控制这两对性状的基因（A/a 和 B/b）位于不同对的常染色体上。若某男士基因型为 AaBb，与正常的女士婚配，所生孩子只表现其中一种症状的概率是（　　）

A. 1/2　　B. 1/4　　C. 3/16　　D. 1/16

5. 红耳龟的性别分化受温度影响，D 基因是睾丸发育的必需基因，K 基因（编码组蛋白去甲基化酶）可促

进 D 基因表达。研究者测得 26℃和 32℃下性腺细胞中 K 基因的相对表达量、如图所示。下列叙述错误的是（　　）



A. 26℃时，K 基因高表达有利于胚胎发育成雄性

B. 32℃时，若促进 D 基因高表达胚胎仍可发育成雄性

C. 遗传信息相同的红耳龟有可能发育成不同性别

D. 温度可通过改变 D 基因的碱基序列影响性别分化

6. 乳糖酶持久型和乳糖酶非持久型（成年后乳糖酶表达显著下降）是一对相对性状，分别受 M、m 基因控制。研究者根据考古学证据估算新石器时期某国 M 基因频率约为 0%，现今该国不同区域数据如表所示，其中 A 地区纬度最高食用乳制品最多，C 地区反之。下列叙述错误的是（　　）

区域	A 地区	B 地区	C 地区
M 基因频率	61.7%	38.3%	5.5%

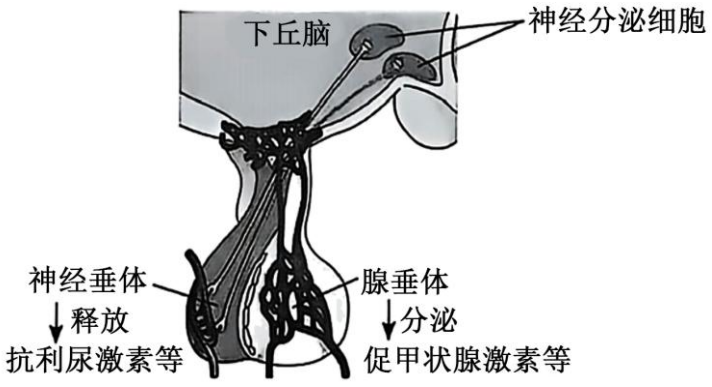
A. 乳糖是二糖，人和动物的乳汁中均含乳糖

B. m 基因在食用乳制品多的环境下相对不利

C. 成年后乳糖酶表达下降，能减少不必要的物质与能量浪费

D. A 地区更依赖奶制品，导致 m 基因更易突变为 M 基因

7. 垂体分为腺垂体和神经垂体，神经垂体由下丘脑神经分泌细胞的一束轴突构成，如图所示。下列叙述错误的是（　　）



A. 参与“下丘脑——垂体——甲状腺调控轴”的是腺垂体

B. 腺垂体产生促性腺激素的过程会受到性激素的反馈调节

C. 下丘脑神经分泌细胞能够合成抗利尿激素，由神经垂体释放

D. 下丘脑、垂体和靶腺体之间的分级调节有利于血糖的精细调控

8. 毒品可卡因能与回收多巴胺的转运蛋白紧密结合，提高神经兴奋性，成瘾性极强。下列叙述错误的是（　　）

A. 正常情况下突触间隙中的多巴胺被突触前膜回收

B. 可卡因使多巴胺在突触间隙中停留的时间延长

C. 高浓度多巴胺持续作用会使突触变得更敏感

D. 多巴胺受体数减少，需更多可卡因维持兴奋性

9. 感染高危型人乳头瘤病毒（HPV）可能导致宫颈上皮细胞病变，进而发展为宫颈癌。为降低宫颈癌的患病率，世界卫生组织提出：至 2030 年需实现 90%的女性在 15 岁前完成 HPV 疫苗接种。下列叙述错误的是（　　）

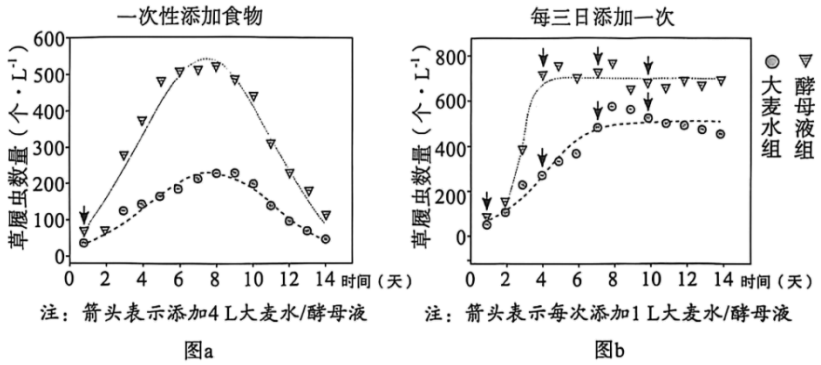
A. HPV 利用宫颈上皮细胞内的物质和能量进行增殖

B. 接种疫苗后，机体会产生相应抗体和记忆细胞

C. 患宫颈癌主要与患者免疫自稳功能长期低下有关

D. 提高接种率后，未接种人群的感染率也会降低

10. 研究者为探究不同食物、不同饲养方式草履虫的最佳生长状况，开展相关实验，结果如图。下列叙述错误的是（　　）



A. 图 a 中 8 天后草履虫种群出生率低于死亡率

B. 图 a 中酵母液组草履虫环境容纳量为 550 只

C. 图 b 中分批添加食物，营养物质利用率更高

D. 图 a、图 b 均表明酵母液更利于草履虫生长繁殖

11. 千灵山片区自 1999 年起关停矿山，启动千灵山山体修复工程，现已建成千灵山旅游风景区。下列叙述错误的是（　　）

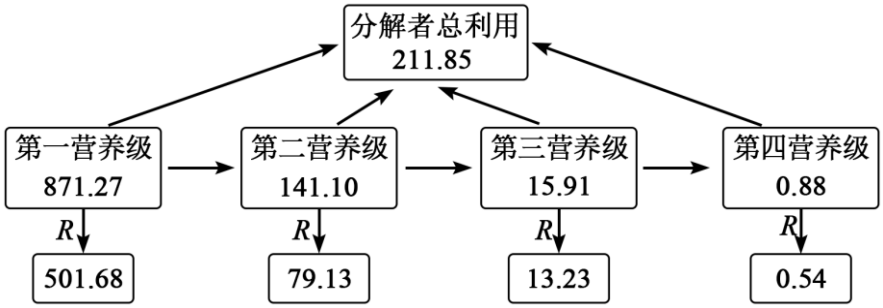
A. 修复的关键在于植被修复和土壤微生物群落重建

B. 修复后，生物之间能通过各种相互作用实现自组织

C. 修复过程中群落的水平结构逐渐复杂，垂直结构变化较小

D. 修复时要遵循整体原理，综合考虑自然、经济和社会因素

12. 下图为某地区能量流动分析图，图中数值表示能层值，单位为$10^2\mathrm{kJ}/\left(\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{a}\right)$，各营养级下方的数值表示该营养级的同化能，R 表示呼吸消耗。下列叙述错误的是（　　）



A. 输入该系统的总能量为$871.27\times10^2\,\mathrm{kJ}/\left(\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{a}\right)$

B. 各营养级之间的能量传递效率为$10\%\sim20\%$

C. 第二营养级流入分解者的能量小于$46.06\times10^2\,\mathrm{kJ}/\left(\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{a}\right)$

D. 呼吸消耗的能量以热能形式散失，无法再流入该系统

13. 研究人员用选择培养基筛选出了一种石油降解菌。下列叙述正确的是（　　）

A. 这种培养基中营养物质是石油，无需添加其他成分

B. 从被石油污染的土壤中更容易分离得到石油降解菌

C. 可以使用平板划线法测定土壤中石油降解菌的数量

D. 可利用固体培养基对这种石油降解菌进行大量培养

14. 研究者将羊肚菌的高产栽培种甲与耐高温野生种乙的原生质体融合，培育获得羊肚菌丙。在高温条件下，丙产量约为甲的两倍。下列叙述正确的是（　　）

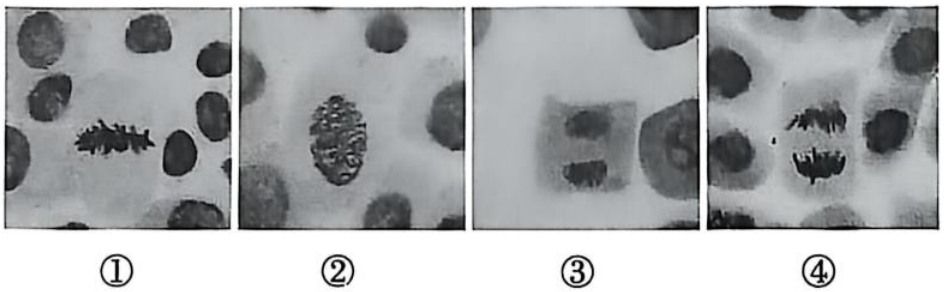
A. 羊肚菌丙的形成应用了基因重组原理

B. 使用纤维素酶处理菌丝制备原生质体

C. 使用灭活的病毒处理能促进甲、乙细胞融合

D. 实验时可能形成多种融合体，需要再筛选

15. 某生物小组以向日葵根尖为实验材料，观察根尖细胞的有丝分裂。下列叙述正确的是（　　）



A. 制作临时装片的步骤为：解离→染色→漂洗→制片

B. 高倍镜视野中多数细胞内无法观察到染色体

C. 持续观察图②可以看到核膜逐渐消失的过程

D. 细胞有丝分裂阶段的顺序依次是②①③④

第二部分

本部分共 6 小题，共 70 分。

16. 光合海蛞蝓是一种软体动物，生活在浅海中，摄食藻类，能“窃取”藻类的叶绿体进行光合作用，研究者对此机制展开研究。

（1）光合海蛞蝓“窃取”藻类的叶绿体，储存在特定细胞的细胞器——窃获体中。若窃获体中的叶绿体类囊体薄膜形态结构保持完整，该类囊体可完成光合作用的_____阶段。

（2）为确定窃获体内叶绿体的蛋白来源，研究者分离出该叶绿体中的蛋白，与植物类、动物类数据库进行匹配，结果如图 1。进一步统计其中的植物类蛋白，发现其主要在图 2 的四种过程中发挥作用。

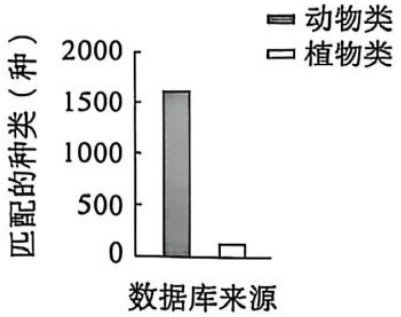


图1

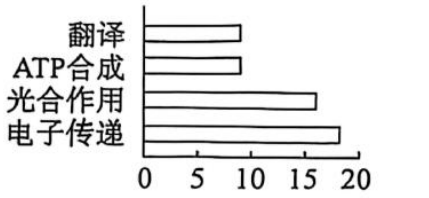


图2

综合图 1、图 2，表明：_____。

（3）为研究窃获体膜上的 P 蛋白对叶绿体光合作用的影响，研究者进行实验，结果如下：

实验一：黑暗条件下，P 蛋白抑制剂组的耗氧量与对照组无显著差异；

实验二：光照条件下，P 蛋白抑制剂组的净光合产氧量比对照组低 62%。

综合实验一和实验二分析，设置黑暗条件实验的目的是：_____。

（4）经过四周以上的饥饿处理后，光合海蛞蝓会变成橙色。研究者统计不同饮食状态下海蛞蝓窃获体所在细胞中的溶酶体数量，发现饥饿状态下的溶酶体数量远多于饱食状态，试解释原因。

_____。

（5）请从物质与能量的角度，分析光合海蛞蝓形成窃获体的意义。_____。

17. 番茄感染大丽轮枝菌后会患黄萎病，与洋葱间作种植时，患病率显著降低。研究者对间作方式的抑病机理展开了系列探究。

（1）番茄种植园里所有生物共同构成_____。

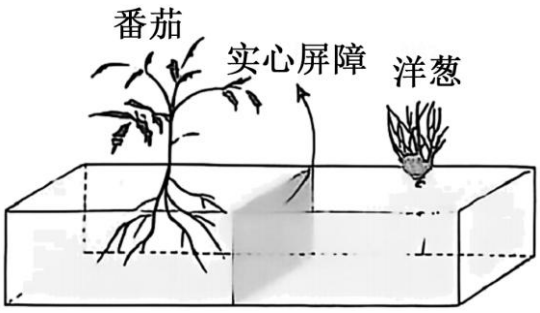
（2）研究者在自然土壤和无菌土壤中分别进行番茄单独种植和与洋葱间作种植的实验，番茄的黄萎病指数如表所示。

种植方式	黄萎病指数	
	自然土壤	无菌土壤
单独种植	62.13	78.33
间作种植	41.76	77.59

实验结果表明：间作方式的抑病效果依赖于根际微生物，判断依据是：_____。

（3）研究者推测植物间的相互作用主要通过根系分泌物实现，而非根系直接接触。为验证该推测，设计

了种植在自然土壤中的隔离实验：A 组无屏障；B 组采用实心屏障，如图所示。实心屏障可以阻隔根系的直接接触和根系分泌物的传递。请完善该实验设计。_____，完善后的实验结果可证明推测正确。



（4）后续实验发现：间作种植时洋葱根系分泌物中的紫草素浓度约为单独种植时的 10 倍。在番茄根系周围滴加不同浓度的微量紫草素，均可检测到番茄根际微生物中芽孢杆菌 B56（抑制黄萎病的关键菌种）数量增加。请尝试提出假说。

假说一：间作系统中洋葱根系分泌物使番茄根系分泌某些物质吸引 B56。

假说二：_____。

研究者实验后否定了假说二，证实了假说一，确认了洋葱分泌物发挥作用的过程。

18. 压力易导致毛囊中的 K 细胞死亡，引起脱发。研究者对其机制展开探究。

（1）K 细胞死亡的类型包括由基因所决定的细胞自动结束生命的_____和由不利因素引起的细胞坏死两种方式。

（2）压力能激活交感神经元大量释放神经递质——去甲肾上腺素（NE）。研究者推测：交感神经元通过释放 NE 触发毛囊 K 细胞死亡引起脱发。为验证该推测，研究者设计了多组实验，以注射树脂毒素 RTX 模拟压力大的状态，激活交感神经元，其中实验组的操作如下表所示。

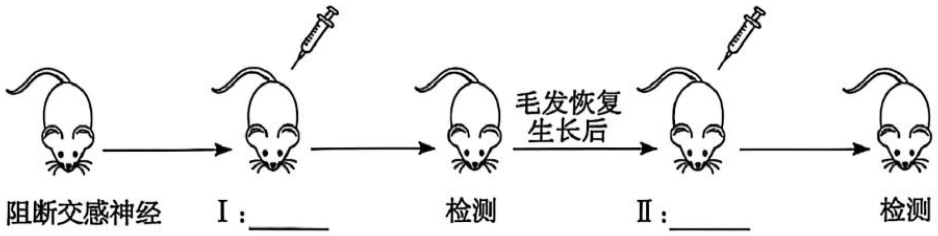
实验组	实验对象	实验操作
Ⅰ	阻断交感神经鼠	局部注射 NE
Ⅱ	NE 受体缺陷鼠	注射 RTX 激活交感神经元

当实验结果为_____时，可证实上述推测。

（3）已有实验证据表明毛囊 K 细胞的细胞碎片会间接激活 T 细胞。小鼠毛发恢复生长后，若再受到较大压力时，脱毛会复发且加剧。研究者推测：激活的 T 细胞会攻击毛囊 K 细胞；反复受到压力会使 T 细胞对毛囊 K 细胞的攻击更强烈。为验证该推测，研究者进一步开展实验。

①实验准备：对正常鼠分别注射生理盐水、RTX，从两组小鼠体内分离 T 细胞；

②实验操作：对照组和实验组选取相同数量的细胞免疫缺陷鼠，依次完成操作，一段时间后检测相应指标。请选择合适的选项填入横线。



实验组Ⅰ处和Ⅱ处的操作分别为：_____（填写字母）

a．注射 RTX　b．注射生理盐水组 T 细胞

c．注射 NE　d．注射 RTX 组 T 细胞

③结果显示：压力测试后实验组各项指标均高于对照组。请分析该结果产生的原因。

_____。

19. 茉莉酸（JA）能够调控拟南芥种子的大小，提高幼苗对环境的适应性。研究人员对其调控机制展开探究。

（1）JA 是植物在受到环境胁迫时分泌的一种激素，具有_____等特点。

（2）研究发现，种子发育过程中 J 蛋白（JA 的受体）和 D 蛋白均有表达，分别由 J、D 基因控制。研究人员检测了不同类型拟南芥种子的大小，发现种子由大到小为 J 基因敲除突变体（J^-）、野生型株系（WT）、D 基因敲除突变体（D^-）。由此推测，JA 和 D 蛋白对种子大小的调控作用分别是_____。

（3）已知 K 基因表达产物能促进细胞增殖。科研人员检测 WT、K^-、J^-和双敲除突变体（KJ^-）的种子大小，结果如图 1。推测 JA 信号通路通过影响 K 基因表达调控种子大小。请在图 1 中补充能证明上述推测的结果。

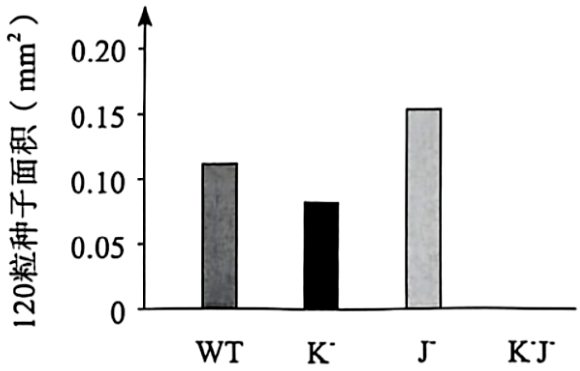
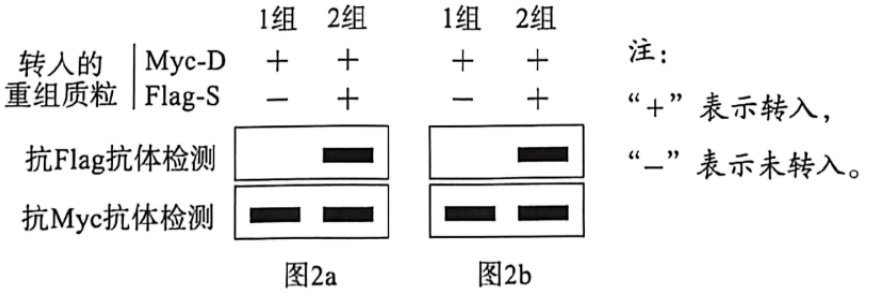


图1

（4）S 蛋白会抑制 K 基因的转录。为研究 S 蛋白与 D 蛋白的关系，研究人员设计了以下实验，其中 1 组和 2 组细胞中分别转入不同重组质粒；Myc 和 Flag 为标签基因；提取各组细胞的总蛋白，用不同抗体检测，结果如图 2a；利用抗 Myc 抗体偶联磁珠对各组总蛋白进行沉淀，对沉淀蛋白用不同抗体进行检测，结果如图 2b。



实验结果表明：_____。

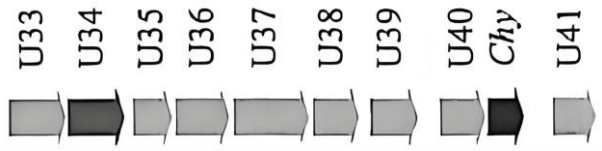
20. 学习以下材料，回答（1）～（4）题。

蚂蚁的“嗅觉身份证”之谜

在蚁群的复杂社会里，信息素是它们沟通的“语言”。而解读这种语言的关键，在于它们庞大的嗅觉受体库。蚂蚁拥有 687 种嗅觉受体，嗅觉细胞如何精准地表达特定受体呢？

研究发现，蚂蚁的嗅觉受体基因在基因组上以“串联阵列”的形式成簇排列，蚂蚁的基因组中包含超过 40 个串联阵列，每个阵列包含 2～82 个嗅觉受体基因。串联阵列中的单个活性启动子能够驱动多个下游嗅觉受体基因的共转录，即当一个受体基因被“选中”时，它下游的所有受体基因都会被转录成 RNA。只有首个 mRNA 才能获得 5'端帽子结构，该 mRNA 可顺利出细胞核，被核糖体识别并翻译，其余未获得该结构的 mRNA 则在细胞核中被降解。

以 7 号染色体上的串联阵列（U33 基因～U41 基因）为例，其结构如图所示。U33～U40 为嗅觉受体基因，Chy 为胰凝乳蛋白酶基因，U41 可终止转录。箭头表示基因的正常转录方向。



检测发现，U34 基因表达时，细胞核中的 U35 基因～U40 基因的 mRNA 含量显著增加，胰凝乳蛋白酶基因转录量也显著增加，但是细胞中并没有合成相应的蛋白质。

研究者还发现，U34 基因存在双向启动子。当 U34 基因转录增加时，U33 基因的反义 RNA 含量增高，且与 U34 基因的表达量成正相关。

综上所述，“双向转录干扰”机制确保了在整个串联阵列中，只有一个基因表达成蛋白质，行使功能。

（1）U34 基因转录时，是在_____中进行的，以_____为模板合成 RNA。

（2）根据文中信息及所学知识分析，以下说法正确的是（　　）

A. 串联阵列中的基因表达仅需一个启动子即可转录多个嗅觉受体基因

B. 串联阵列中的基因转录后可以经过剪切形成多个 mRNA

C. 串联阵列中的基因转录的 mRNA 均在核糖体中完成翻译

D. 串联阵列中的基因转录的 mRNA 均有起始密码子和终止密码子

（3）以 U36 基因被选中表达为例，完善“双向转录干扰”机制图。_____。

（4）分析嗅觉受体基因表达机制的意义。_____。

21. 研究者设计基因编辑系统 X，将其导入某大肠杆菌菌株中，可以实现对多个基因的同步激活与抑制，

以提高该菌抗肿瘤化合物 Z 的产量。

（1）系统 X 中 dCas 蛋白和 P 蛋白相连，gRNA 可以与 dCas 自动组装到一起。系统 X 中可以含有多种序列不同的 gRNA，gRNA 依据_____原则与目标序列特异性结合，引导 dCas 结合到 DNA 上，P 蛋白是转录激活因子。

（2）研究者检测了系统 X 对基因的激活效果，当 gRNA 靶向 R 基因（核糖体生物合成相关基因）时，Z 产量提升约 2.9 倍。推测当 gRNA 与 R 基因的特定区域结合，P 蛋白可募集_____启动 R 基因转录，有利于 Z 的合成。

（3）研究者检测了系统 X 对基因的抑制效果，设计了能靶向结合 F 基因（与细胞分裂相关）不同区域 Q1 和 Q2 的 gRNA1、gRNA2，分别转入不同的大肠杆菌中，细胞数量相对值如图 1。

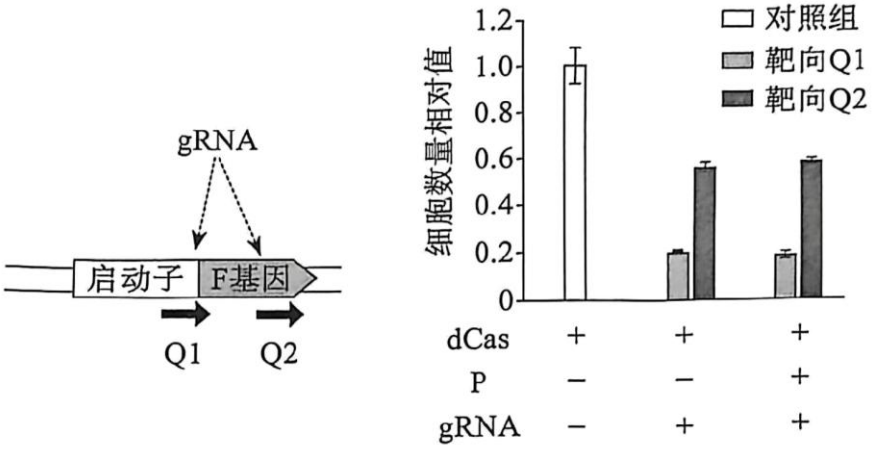


图1

实验表明：_____。

（4）研究者以绿色和红色荧光蛋白（分别记为 GFP 和 RFP）的荧光强度为检测指标，验证系统 X 对不同基因的同步激活与抑制功能，系统 X 中 gRNA3、gRNA4 的最佳结合区域分别为_____（从 Q3～Q8 中选择填入）。

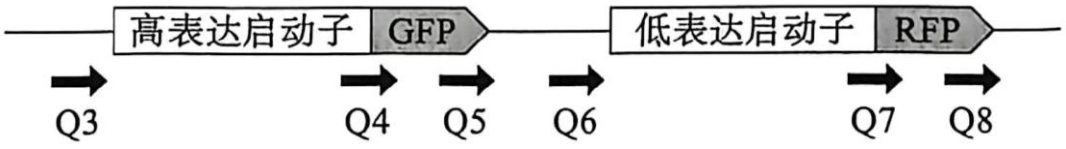


图2

若结果显示：_____，可证实系统 X 在同一细胞中能同时实现激活与抑制。

（5）实验室条件下，利用系统 X 促进 R 基因表达且抑制 F 基因表达时，Z 含量最高。但在工厂扩大培养时，外界条件均适宜，系统 X 能正常运转，Z 产量并未达到最大值。请结合发酵工程的基本环节，写出对系统 X 表达载体的进一步改进措施。_____。

参考答案

第一部分

本部分共 15 题，每题 2 分，共 30 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

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

第二部分

本部分共 6 小题，共 70 分。

16.【答案】（1）光反应　（2）叶绿体中蛋白质主要来源于动物类，少量来源于植物类，与翻译、光合作用密切相关

（3）排除 P 蛋白对呼吸作用的影响

（4）饥饿处理后，海蛞蝓会增加溶酶体用于消化叶绿体提供物质和能量

（5）海蛞蝓形成窃获体，在叶绿体中光合作用制造有机物；饥饿时，窃获体储存的叶绿体被分解，两种情况下均可利用叶绿体为自身提供物质和能量

【分析】光合作用分为光反应和暗反应两个阶段，其中光反应的场所是叶绿体类囊体薄膜。

【小问 1 详解】

光反应的场所是叶绿体类囊体薄膜，若类囊体薄膜形态结构保持完整，该类囊体可完成光合作用的光反应阶段；

【小问 2 详解】

从图 1 能看出，匹配到的动物类蛋白数量远多于植物类，图 2 显示植物类蛋白主要参与翻译、光合作用、ATP 合成、电子传递等过程，这说明叶绿体中的蛋白质主要来自海蛞蝓（动物类），少量来自藻类（植物类），且这些植物来源的蛋白和光合作用、蛋白质合成（翻译）密切相关，综合图 1、图 2 得出叶绿体中蛋白质主要来源于动物类，少量来源于植物类，且与翻译、光合作用密切相关；

【小问 3 详解】

实验一设置在黑暗条件下，此时海蛞蝓只进行呼吸作用，该处理的目的是确认 P 蛋白抑制剂不会影响呼吸作用，这样在实验二的光照条件下，就能确定净光合产氧量的变化仅由光合作用的变化引起，以此排除呼吸作用对实验结果的干扰，保证实验结果只反映 P 蛋白对光合作用的影响；

【小问 4 详解】

溶酶体的功能是分解衰老或损伤的细胞器、吞噬并杀死侵入细胞的病毒或细菌，在饥饿状态下，海蛞蝓会增加溶酶体的数量，通过分解窃获体中的叶绿体，释放其中的有机物和能量，为自身提供物质和能量，维持生命活动；

【小问 5 详解】

正常状态下，海蛞蝓通过窃获体中的叶绿体进行光合作用，将二氧化碳和水转化为有机物，固定太阳能，为自身提供额外的物质和能量来源；饥饿状态下，窃获体储存的叶绿体可被溶酶体分解，释放出其中的物

质和能量，供海蛞蝓利用，这两种情况都能让海蛞蝓利用叶绿体获取物质和能量，提升了自身在浅海环境中的生存能力。

17.【答案】（1）生物群落

（2）自然土壤中间作组比单作组的黄萎病指数降低值远高于无菌土壤中的降低值

（3）A 组（无屏障）番茄和洋葱间作种植，B 组（实心屏障）番茄和洋葱间作种植，其他条件相同且适宜。若完善后的实验结果为 A 组黄萎病指数低于 B 组

（4）间作系统中洋葱根系分泌物中的紫草素直接吸引 B56

【分析】间作是指在同一田地上于同一生育期内，分行相间种植两种或两种以上作物的种植方式。

【小问 1 详解】

在一定的自然区域内，所有的种群组成一个群落。番茄种植园里所有生物共同构成生物群落。

【小问 2 详解】

分析表格数据，自然土壤中有根际微生物，间作种植时黄萎病指数为 41.76，单独种植时为 62.13；无菌土壤中无根际微生物，间作种植时黄萎病指数为 77.59，单独种植时为 78.33。 通过对比可知，自然土壤中间作组比单作组的黄萎病指数降低值远高于无菌土壤中的降低值，这表明间作方式的抑病效果依赖于根际微生物。

【小问 3 详解】

该实验目的是验证植物间的相互作用主要通过根系分泌物实现，而非根系直接接触。实验自变量是根系分泌物的传递情况，A 组无屏障（能进行根系分泌物传递），B 组采用实心屏障（阻隔根系分泌物传递）。 根据单一变量原则，除了根系分泌物传递情况不同外，其他条件应相同且适宜，所以完善后的实验设计为：A 组（无屏障）番茄和洋葱间作种植，B 组（实心屏障）番茄和洋葱间作种植，其他条件相同且适宜。若完善后的实验结果为 A 组黄萎病指数低于 B 组，可证明推测正确。

【小问 4 详解】

已知间作种植时洋葱根系分泌物中的紫草素浓度约为单独种植时的 10 倍，在番茄根系周围滴加不同浓度的微量紫草素，均可检测到番茄根际微生物中芽孢杆菌 B56 数量增加。 基于此可提出假说二：间作系统中洋葱根系分泌物中的紫草素直接吸引 B56。

18.【答案】（1）细胞凋亡

（2）实验组I：毛囊 K 细胞大量死亡、脱毛显著，与对照组无显著差异；实验组II：毛囊 K 细胞正常不脱毛，与对照组形成显著差异

（3） ①. d a ②. 小鼠再次受到压力时，已被激活的 T 细胞会增殖分化产生大量的 T 细胞，对毛囊 K 细胞的攻击更强，脱毛更严重

【分析】当神经冲动传到突触前膜时，突触小泡释放神经递质，神经递质经扩散通过突触间隙，与突触后膜上的特异性受体结合，引发突触后膜电位变化，从而将信号传递给下一个神经元或靶细胞。神经递质发挥作用后会被迅速降解或回收，以避免持续作用。

【小问 1 详解】

细胞死亡分为两种类型：细胞凋亡是由基因决定的细胞自动结束生命的编程性死亡，属于主动的、生理性

的死亡。细胞坏死是由外界不利因素（如损伤、缺氧）引起的病理性死亡，属于被动的、病理性的死亡。

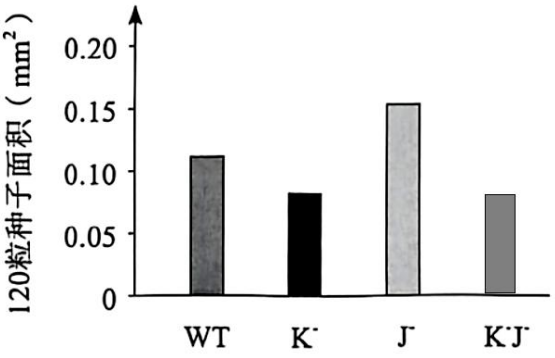
【小问 2 详解】

实验目的是验证“交感神经元通过释放 NE 触发毛囊 K 细胞死亡”，设计了两组对照来验证 NE 的作用：实验组 I（阻断交感神经 + 注射 NE）：阻断交感神经后，小鼠自身无法释放 NE，但注射 NE 补充了信号分子，若推测正确，NE 会直接触发 K 细胞死亡，因此脱毛效果与“激活交感神经的对照组”无显著差异。实验组 II（NE 受体缺陷鼠 + 激活交感神经）：即使激活交感神经元释放 NE，小鼠因缺乏 NE 受体无法接收信号，所以 K 细胞不会死亡、不脱毛，与对照组形成显著差异。两组结果结合，证明了“交感神经元释放的 NE 是触发 K 细胞死亡的关键信号”。

【小问 3 详解】

实验目的是验证“激活的 T 细胞会攻击毛囊 K 细胞，且反复压力会增强攻击”，实验对象为细胞免疫缺陷鼠（自身无功能性 T 细胞，可排除自身免疫干扰）：I处（毛发恢复前）：需要注入“经 RTX 处理（压力激活）的 T 细胞”（选 d），让这些已激活的 T 细胞识别毛囊 K 细胞为靶细胞。II处（毛发恢复后）：需要注射 RTX（选 a）模拟再次压力，观察 T 细胞在压力下的攻击效果。实验组注入的是“经 RTX 处理过的 T 细胞”，这些 T 细胞已被毛囊 K 细胞碎片激活，能特异性识别 K 细胞。当再次注射 RTX（模拟压力）时，已激活的 T 细胞会快速增殖分化为效应 T 细胞，同时记忆 T 细胞也会被激活，显著增强对毛囊 K 细胞的免疫攻击，导致 K 细胞死亡更多、脱毛更严重，因此实验组各项指标（如脱毛程度、K 细胞死亡率）均高于对照组（注入的是未激活的生理盐水组 T 细胞）。

19.【答案】（1）微量高效等　（2）抑制、促进

（3）

（4）S 蛋白能与 D 蛋白结合

【分析】植物激素是由植物体内产生，能从产生部位运送到作用部位，对植物的生长发育有显著影响的微量有机物。

【小问 1 详解】

植物激素具有微量高效性、调节植物生长发育等特点，JA 作为植物激素，也具备这些特点。

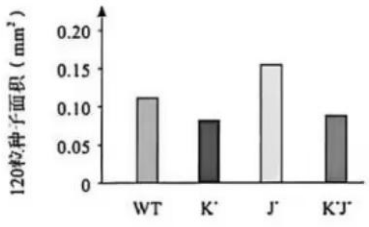
【小问 2 详解】

已知种子由大到小为 J 基因敲除突变体（J^-）、野生型株系（WT）、D 基因敲除突变体（D^-）。因为 J 蛋白是 JA 的受体，J 基因敲除突变体（J^-）无 J 蛋白，种子最大，所以推测 JA 通过结合 J 蛋白抑制种子大小；D 基因敲除突变体（D^-）无 D 蛋白，种子最小，所以推测 D 蛋白促进种子大小。

【小问 3 详解】

由于已知 K 基因表达产物能促进细胞增殖，且推测 JA 信号通路通过影响 K 基因表达调控种子大小。那么

K⁻组种子面积应小于 WT 组，KJ⁻组种子面积应小于 J⁻组，据此在图 1 中补充相应结果：



。

【小问 4 详解】

分析图 2a，抗 Flag 抗体检测显示 2 组有 Flag - S 蛋白条带，1 组没有；抗 Myc 抗体检测两组都有 Myc - D 蛋白条带。图 2b 中，抗 Flag 抗体检测 2 组能检测到与 Myc - D 结合的 Flag - S 蛋白条带，1 组没有。所以实验结果表明 S 蛋白与 D 蛋白相互作用，S 蛋白能与 D 蛋白结合。

20.【答案】（1） ①. 细胞核 ②. 以 U34 基因的 DNA 一条链

（2）B （3）U36 基因转录生成可翻译的 mRNA，其上游（U33~U35）和下游（U37~U40）基因通过双向转录生成反义 RNA，抑制对应 mRNA 出核与翻译；下游胰凝乳蛋白酶基因转录增加但 mRNA 被降解，最终仅 U36 基因表达蛋白质

（4）保证嗅觉特异性；提高资源利用效率；维持嗅觉系统高效性。

【分析】基因工程的核心：基因表达载体的构建。基因表达载体构建的目的：使目的基因在受体细胞中稳定存在并且可以遗传给下一代并表达和发挥作用。

【小问 1 详解】

真核生物基因转录的场所是细胞核，U34 基因转录时，是在细胞核中进行的，转录以基因的一条 DNA 链为模板合成 RNA，U34 基因转录时以 U34 基因的 DNA 一条链为模板合成 RNA。

【小问 2 详解】

A、串联阵列中并非仅需一个启动子，“一个受体基因被选中”后下游基因转录，说明每个基因有独立的调控机制，不是单启动子控制多个基因，A 错误；

B、转录后生成的 RNA 会经过剪切加工，仅首个 RNA 获得帽子结构出核，其余被降解，说明转录后可剪切形成多个 mRNA，B 正确；

C、仅首个 mRNA 能出核并在核糖体翻译，其余 mRNA 在细胞核被降解，无法完成翻译，C 错误；

D、仅首个 mRNA 有完整的起始/终止密码子，其余 mRNA 被降解，不具备翻译条件，D 错误。

故选 B。

【小问 3 详解】

U36 基因转录生成可翻译的 mRNA，其上游（U33~U35）和下游（U37~U40）基因通过双向转录生成反义 RNA，抑制对应 mRNA 出核与翻译；下游胰凝乳蛋白酶基因转录增加但 mRNA 被降解，最终仅 U36 基因表达蛋白质。

【小问 4 详解】

嗅觉受体基因表达机制的意义：保证嗅觉特异性；提高资源利用效率；维持嗅觉系统高效性。

21.【答案】（1）碱基互补配对

（2）RNA 聚合酶 （3）系统 X 能抑制基因表达，靶向 Q1 时效果更好；P 蛋白不影响系统 X 的抑制功能

（4） ①. Q4、Q6 ②. 绿色荧光减弱，红色荧光增强

（5）将靶向 F 基因的 gRNA 基因启动子替换为诱导型启动子，使其在大肠杆菌数量增殖到一定阶段才开始表达

【分析】基因编辑系统 X 作用机制流程图

1、系统组装：dCas 蛋白与 P 蛋白相连，gRNA 通过碱基互补配对原则识别并结合到目标 DNA 序列上，同时与 dCas 蛋白结合形成复合物。

2、靶向结合：复合物通过 gRNA 与目标 DNA 的配对，精准定位到基因的特定区域（如启动子附近的 Q1/Q2 或 Q3/Q8 位点）。

3、功能执行（激活 / 抑制）：激活模式：当复合物结合到目标基因（如 R 基因）的启动子区域时，P 蛋白作为转录激活因子募集 RNA 聚合酶，启动基因转录，促进产物（如 Z 物质）合成。 抑制模式：当复合物结合到目标基因（如 F 基因）的启动子区域时，会阻碍 RNA 聚合酶与启动子的结合，抑制基因转录，从而降低细胞增殖速率。

【小问 1 详解】

gRNA 依据碱基互补配对原则与目标序列特异性结合，引导 dCas 结合到 DNA 上。

【小问 2 详解】

P 蛋白是转录激活因子，可募集 RNA 聚合酶启动 R 基因转录，从而有利于 Z 的合成。

【小问 3 详解】

对照组不含 gRNA（无靶向结合），细胞数量相对值为 1；实验组转入 gRNA1（靶向 Q1）或 gRNA2（靶向 Q2），均含 dCas（系统 X 的核心组件），部分组含 P 蛋白。 结果分析： 与对照组相比，靶向 Q1 和 Q2 的实验组细胞数量均低于 1，说明 dCas 结合到 F 基因（细胞分裂相关基因）后，抑制了 F 基因的表达（F 基因表达受抑会导致细胞分裂减慢，数量减少）。 靶向 Q1 的实验组细胞数量比靶向 Q2 的更低，说明 靶向 F 基因的 Q1 区域时，抑制效果更显著。 含 P 蛋白与不含 P 蛋白的组（对比同一靶向区域）细胞数量无明显差异，说明 P 蛋白（转录激活因子）不影响系统 X 的抑制功能（抑制功能由 dCas 结合目标基因阻断转录实现，与 P 蛋白无关）。

【小问 4 详解】

目标：验证 “同步激活与抑制”—— 需激活一个基因（如低表达的 RFP），抑制另一个基因（如高表达的 GFP）。 抑制基因的原理：dCas 结合到基因的 启动子区域或转录起始区，阻断 RNA 聚合酶结合，从而抑制转录。图 2 中 GFP 为高表达启动子，需抑制其表达，应选择启动子附近的 Q6 区域（gRNA4 靶向 Q6，抑制 GFP）。 激活基因的原理：P 蛋白（转录激活因子）需结合到基因的 启动子上游或增强子区域，募集 RNA 聚合酶促进转录。RFP 为低表达启动子，需激活其表达，应选择启动子上游的 Q4 区域（gRNA3 靶向 Q4，结合 dCas-P 复合物，激活 RFP）。 第二步：验证结果： 若系统 X 发挥作用：被抑制的 GFP（绿色荧光）表达减弱，荧光强度降低；被激活的 RFP（红色荧光）表达增强，荧光强度升高。因此结果为 绿色荧光减弱，红色荧光增强。

【小问 5 详解】

F 基因与细胞分裂相关，若全程抑制 F 基因，会导致大肠杆菌增殖缓慢，总菌体数量少 —— 即使单个菌体

Z 产量高，整体产量（总菌体数 × 单个菌体 Z 产量）仍较低。 改进逻辑：发酵工程中，需先让菌体 “大量增殖”（获得足够生物量），再诱导合成目标产物（Z）。因此需 调控 F 基因的抑制时机： 将靶向 F 基因的 gRNA 的启动子替换为 诱导型启动子（如乳糖诱导型、温度诱导型）。 发酵初期：诱导型启动子不启动，gRNA 不表达，F 基因正常表达，大肠杆菌快速增殖（积累生物量）。 发酵后期：加入诱导剂，启动 gRNA 表达，抑制 F 基因，同时 R 基因持续高表达，单个菌体大量合成 Z，最终总产量最大化。