2026 北京昌平高三二模

生　　物

2026.5

本试卷共 10 页，共 100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将答题卡交回。

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. 2026 年全国两会提出“减油、增豆、加奶”的健康饮食建议，相关叙述正确的是（　　）

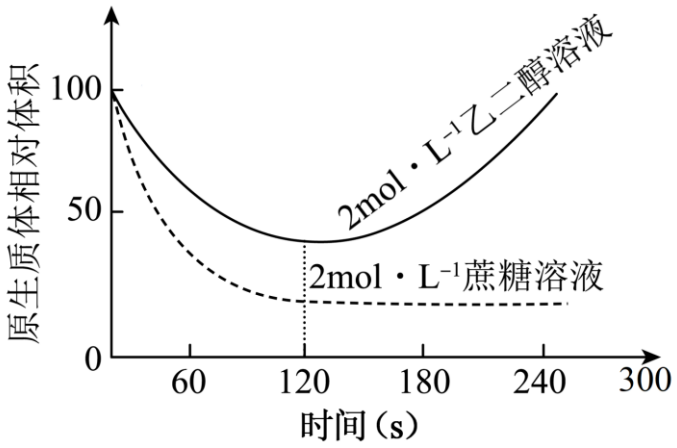
A. “减油”是因为脂肪属于细胞难以分解的生物大分子

B. “增豆”是因为豆类蛋白更易被人体直接吸收

C. “加奶”是因为奶可补充合成蛋白质的必需氨基酸

D. “减油、增豆、加奶”目的是降低能量摄入

2. 某科研小组将生理状态相同的植物根尖成熟区细胞分别置于 2mol·L^{-1} 乙二醇溶液（A 组）和 2mol·L^{-1} 蔗糖溶液（B 组）中，测得原生质体相对体积变化如图所示。相关叙述正确的是（　　）



A. 0-120s 两组细胞的原生质体均渗透失水

B. 0-120s 水的运输方式 A 组为自由扩散，B 组为协助扩散

C. 120s 后 A 组乙二醇开始进入细胞使原生质体体积增加

D. 120s 后 B 组细胞不再进行水分子的跨膜运输

3. 月季花色深浅受花瓣中花青素含量影响，研究发现适度低温可提升浅色品种月季花青素合成酶的活性。相关叙述错误的是（　　）

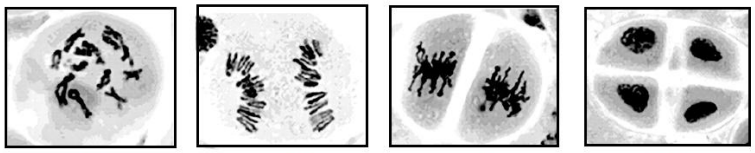
A. 低温使浅色品种月季花瓣颜色变浅

B. 温度影响花青素合成酶的空间结构

C. 花青素合成酶降低花青素合成反应的活化能

D. 月季花色是基因和环境共同作用的结果

4. 下图为二倍体韭菜花粉母细胞减数分裂不同时期的图像。相关叙述正确的是（　　）



①　②　③　④

A. 上图是电子显微镜下观察到的图像

B. 减数分裂过程的正确顺序是③①②④

C. ①和②所示时期均可发生基因重组

D. ③和④每个细胞中都含有 2 个染色体组

5. 研究人员通过实验确定一种新型病毒的遗传物质是 RNA。下列能为该结论提供证据的是（　　）

A. 检测病毒核酸的碱基组成，发现嘌呤数与嘧啶数相同

B. 将病毒核酸与二苯胺试剂常温混合后直接观察，未出现蓝色反应

C. 用 ^{3}H 标记宿主细胞中的尿嘧啶，在增殖产生的子代病毒中检测到放射性

D. 用 RNA 酶处理过的病毒核酸侵染宿主细胞，细胞病变比例与对照组无显著差异

6. 加拉帕戈斯群岛上的地雀，其共同祖先喙细而尖，主要以昆虫为食；部分种群逐渐适应取食坚硬的植物种子，喙演化得短而粗壮，这一过程体现了生物对环境的适应性进化。相关叙述正确的是（　　）

A. 坚硬种子诱导地雀产生喙粗壮的定向突变

B. 自然选择使喙强度相关基因频率定向增加

C. 食虫型与食硬壳种子的地雀不存在生殖隔离

D. 地雀与环境协同进化导致物种多样性增加

7. 自动体外除颤器（AED）是心脏骤停现场急救的关键设备，其工作原理为通过瞬时强电击，使相关心肌细胞同步产生动作电位，终止紊乱的电活动，帮助心脏恢复正常节律。在 AED 使用培训中，学员需反复练习以形成肌肉记忆。相关叙述错误的是（　　）

A. 心脏骤停需借助 AED 急救，说明机体维持内环境稳态的调节能力是有限的

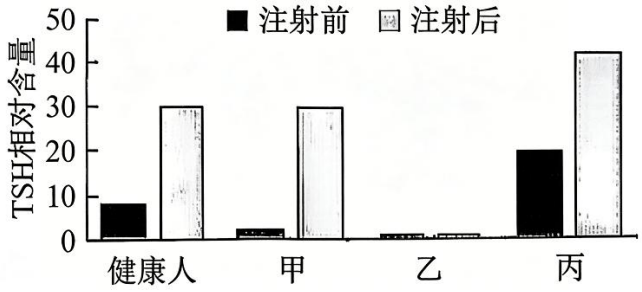
B. AED 电击诱导心肌细胞产生动作电位，依赖 Na^{+}经主动运输内流

C. 反复练习 AED 操作形成的长时记忆，与大脑皮层神经元间新突触的建立相关

D. 反复练习 AED 操作形成肌肉记忆后，该技能的执行仍需大脑皮层的调控

8. 甲状腺功能减退症（甲减）是由于甲状腺激素分泌不足导致，为诊断三名甲减患者的病因，注射等量某

物质，分别在注射前和注射后 30min 检测血液中促甲状腺激素（TSH）的相对含量，结果如图。相关推测不合理的是（　　）



A. 实验注射的是促甲状腺激素释放激素

B. 甲的垂体无法正常合成 TSH

C. 乙的促甲状腺激素合成障碍

D. 丙的甲状腺激素合成障碍

9. 科研人员分别用不同浓度的生长素和赤霉素处理野苜蓿种子，探究其对种子发芽率的影响，实验结果如下表。相关叙述正确的是（　　）

激素浓度（mg/L）	0	100	200	300	400	500
赤霉素	66.7%	83.3%	96.7%	96.7%	86.7%	80%
生长素	66.7%	73.3%	53.3%	33.3%	26.7%	10%

A. 赤霉素对野苜蓿种子发芽的作用表现出低浓度促进，高浓度抑制

B. 分别用 100mg/L 生长素和赤霉素处理都能促进野苜蓿种子萌发

C. 生长素浓度大于 100mg/L 时，对野苜蓿种子发芽起抑制作用

D. 激素浓度为 0mg/L 时的结果说明野苜蓿种子萌发不需要激素

10. 温榆河公园经荒滩生态修复，形成乔灌草群落，多种鸟类分区栖息觅食。相关叙述正确的是（　　）

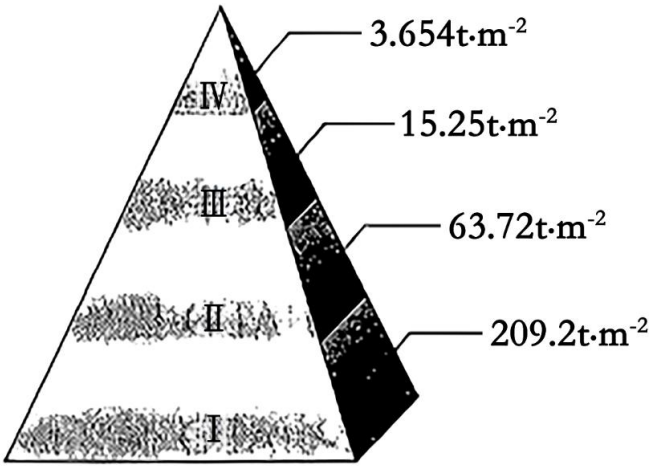
A. 标记物脱落会使鸟类种群密度估算偏小

B. 鸟类栖息地与食性分化属于生态位分化

C. 该修复过程发生的群落演替为初生演替

D. 物质和能量均可在生态系统中循环利用

11. 如图是獐子岛海域生物量金字塔，各营养级生物量随营养级升高而降低，营养级结构呈典型金字塔分布。相关叙述正确的是（　　）



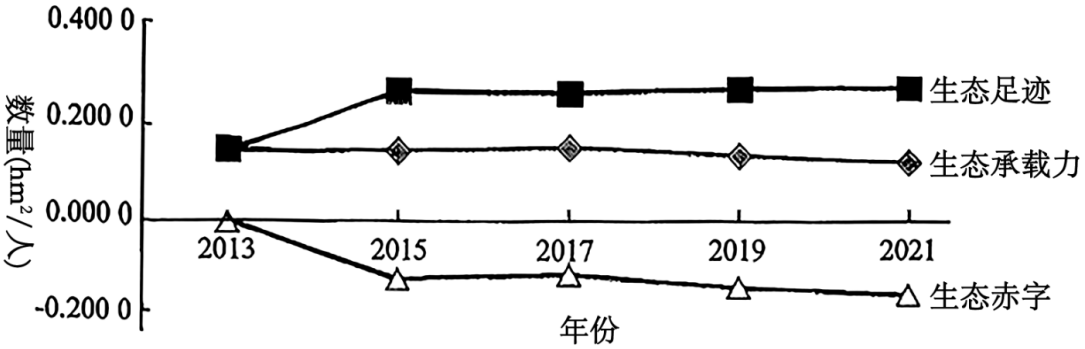
A. 该生态系统各营养级的生物量逐级递减

B. 流经该生态系统的总能量为 209.2t·m^{-2}

C. 重金属在生物体内的浓度沿食物链不断降低

D. 该生态系统的信息沿食物链单向传递

12. 下图为 2013-2021 年某市生态足迹及对应生态承载力的变化曲线。相关叙述正确的是（　　）



A. 2013-2015 年间社会发展与生态环境的矛盾开始缓解

B. 2015 年后该市人类活动对生态环境的总压力不再增加

C. 退耕还林、恢复植被可提高生态足迹、减缓生态赤字

D. 优化土地利用结构是提升该市生态承载力的有效措施

13. 酵母菌可利用甲醇生产单细胞蛋白，野生型菌株甲醇利用率低，我国科研人员选育出高效利用甲醇的工程菌株并实现工业化生产。相关叙述正确的是（　　）

A. 甲醇为酵母菌提供碳源和氮源

B. 菌种扩大培养是发酵工程的中心环节

C. 提高通气量与搅拌速率可增加溶氧，提升产量

D. 单细胞蛋白是通过分离纯化获得的代谢产物

14. 油菜是我国第一大油料作物，受菌核病威胁严重。用一定剂量的射线照射板蓝根原生质体，可以使其染色体片段化，再利用此原生质体与油菜原生质体融合，获得杂种细胞，经组织培养获得抗病植株。相关

叙述正确的是（　　）

A. 需用胰蛋白酶去除植物细胞的细胞壁

B. 可用灭活的病毒诱导两种原生质体融合

C. 依据染色体数量筛选含抗病基因的杂种细胞

D. 抗病植株的遗传性状与油菜更接近

15. 在下列生物学研究中使用的方法和技术，对应错误的是（　　）

A. 细胞学说建立——不完全归纳法

B. 萨顿提出“基因在染色体上”——假说-演绎法

C. 噬菌体侵染细菌实验——同位素标记技术

D. 构建种群数量变化曲线——数学模型法

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 科研团队以长白山苔原带灌木-土壤生态系统为研究对象，揭示气候变化对长白山苔原带生态系统的影响。

（1）探索气候变化对生态系统的影响，可从生产者、消费者、_____、_____等组成成分的角度开展研究。

（2）科研人员在采样区 A 随机选取 8 个牛皮杜鹃和笃斯越桔 1∶1 混合的群落样方，连同土壤转移至采样区 B（表 1）。

表 1

采样区	海拔高度（m）	生长季年平均气温（℃）
A	2250	12.68
B	2050	14.38

①为排除机械移动对实验结果的影响，应增设_____作为对照。实验结果显示，实验组生长季末两种植物叶片干物质含量均增加。

②统计不同分类层级增温前后显著变化的土壤微生物类群数占总类群数的比例（表 2）。

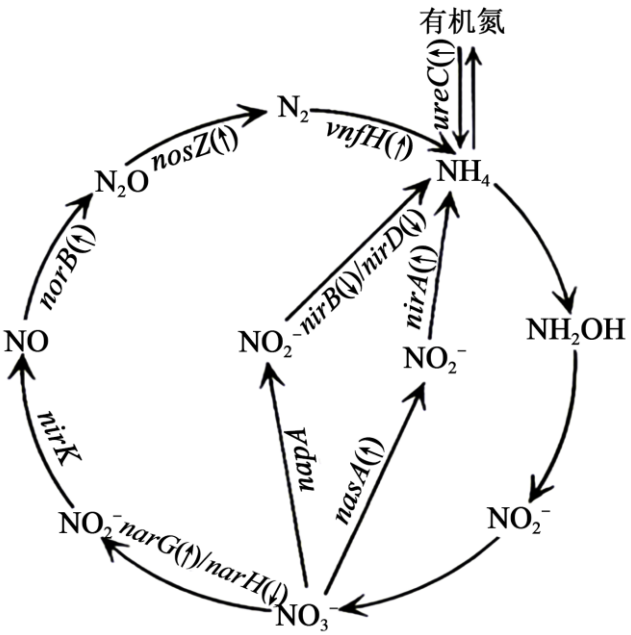
表 2

	门	纲	目	科	属	种
细菌	20.8	17.0	15.4	17.5	4.8	16.1

真菌	66.7	37.5	26.7	10.0	7.1	18.8

结果说明_____对气候变暖的耐受能力更强，这也是该生态系统_____稳定性的保障之一。

（3）科研团队通过实验构建了增温对土壤氮循环功能基因影响的模型（如下图）。



注：I. “↑”、“↓”表示氮循环功能基因的相对数量变化情况

II. 未标注字母的部分表示在本实验中未测出相应功能基因

III. 植物能直接利用无机氮转化为有机氮

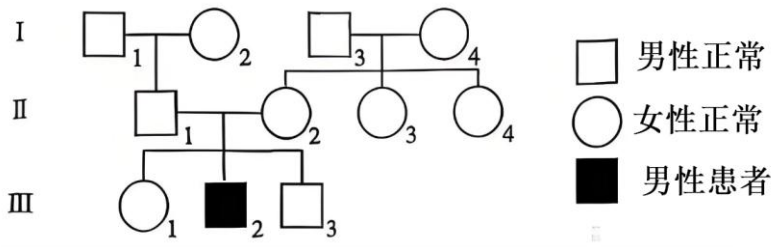
①增温处理后，土壤氮循环相关功能基因相对数量发生变化，这反映了温度变化驱动下土壤微生物_____的定向更替，是生态层面的适应性响应。

②通过模型可知，气候变暖对生态系统氮循环起_____作用。

（4）本研究还需补充_____处理的实验组，以完整揭示温度变化对土壤微生物和高山植被的影响，为未来高山生态系统的管理和保护提供科学依据。

17. 致死性铜代谢障碍遗传病（MD）是由 ATP7A 基因突变导致的体内铜转运障碍，从而引起以神经系统病变为主要表现的多系统受累的遗传性疾病。

（1）某患儿的家系图如下图，基因测序结果表明患儿父亲不携带致病基因。该病的遗传方式是_____，患儿姐姐与母亲基因型相同的可能性为_____。



（2）采集患儿及家系的静脉全血，经技术分析比对发现患儿 ATP7A 蛋白从 MBD4 结构域（蛋白质三级结构中独立折叠、稳定且具备特定功能的区域）中部开始截短，后续功能结构域全部缺失。推测 ATP7A 基因突变导致基因表达过程中_____，合成的蛋白质结构不完整，丧失正常功能。后经基因测序证实该推测。II-1 和II-2 希望生育的后代不携带该致病基因，产科医生选取了II-2 的 4 个卵原细胞，对其产生的极体进行基因测序（不考虑非姐妹染色单体交换片段），结果如下表。

组别	1	2	3	4
ATP7A 部分基因序列	-ACACAAGAA- -TGTGTTCTT-	-ACATAAGAA- -TGTATTCTT-	-ACACAAGAA- -TGTGTTCTT-	-AGATAAGAA- -TGTATTCTT-
来源	第一极体	第一极体	第二极体	第二极体

注：正常 ATP7A 部分序列为-ACACAAGAA-，-TGTGTTCTT-

依据表中信息，选择哪组的卵母细胞进行人工授精最合适，理由是_____。

（3）研究发现 ATP7A 基因编码产物是一种铜离子跨膜转运蛋白，主要功能是输送铜离子以促进铜依赖酶的生物合成，并排出细胞内过剩的铜离子，从而维持体内铜稳态。这一事例说明基因、基因表达产物、性状三者的关系是_____。

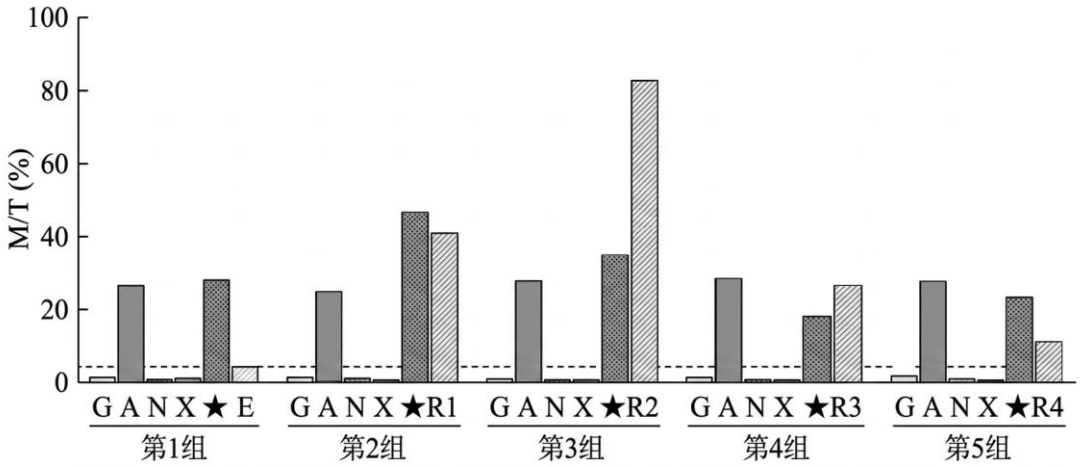
（4）大多数未经治疗的 MD 患儿多数在 3 岁前死亡，因此早期诊断和早期干预治疗十分重要。国际上，补充组氨酸铜常被用于 MD 的对症治疗。为从根本上对该病进行治疗，提出一种治疗思路_____。

18. 线粒体 DNA（mtDNA）突变可导致多种遗传性疾病。

（1）传统 CRISPR-Cas9 系统能有效编辑核 DNA，其核心组件包括 Cas9 蛋白和单链向导 RNA（sgRNA）。sgRNA 的一段向导序列通过_____靶向识别并结合解旋后的目标 DNA 序列，引导 Cas9 蛋白酶切该序列，CRISPR-Cas9 系统的功能与基因工程的_____（工具）功能类似。由于 sgRNA 无法高效识别线粒体膜蛋白，传统 CRISPR-Cas9 系统无法进入线粒体改造 mtDNA。

（2）为高效编辑 mtDNA，研究人员利用差速离心等方法获得_____，并对其中的 RNA 进行测序，选择由_____转录形成的 RNA 长链 RP11，对传统 CRISPR-Cas9 系统进行改造。

（3）获得 RP11 中 4 个功能区（R1-R4）的_____，与标记基因连接后，分别构建表达载体并导入受体细胞，一段时间后提取总 RNA，统计线粒体中目标 RNA 的含量（M）占细胞内该 RNA 总含量（T）的比例，结果如下图。



注：G、A、N、X 和★均为受体细胞内源 RNA，G 存在于细胞质基质中，A 存在于线粒体中，N 和 X 存在于细胞核中，★代表 RP11，E 代表只有标记基因的载体；虚线以下表示线粒体中该 RNA 含量不显著

结果表明_____。进一步研究发现，该功能区中 ST2 区段能高效识别线粒体膜蛋白。

（4）用 ST2 改造传统 CRISPR-Cas9 系统的 sgRNA，合成了 ST2-RMTS 序列。用绿色荧光分别标记 ST2-RMTS 和 sgRNA 并导入受体细胞，用红色荧光标记受体细胞线粒体膜蛋白，培养一段时间后观察荧光分布情况。实验结果为_____，说明用 ST2 改造后的 CRISPR-Cas9 系统可用于 mtDNA 突变导致的遗传性疾病。

19. 学习以下材料，回答（1）～（4）题。

揭示光合与光呼吸调控新机制-未来作物增产新策略

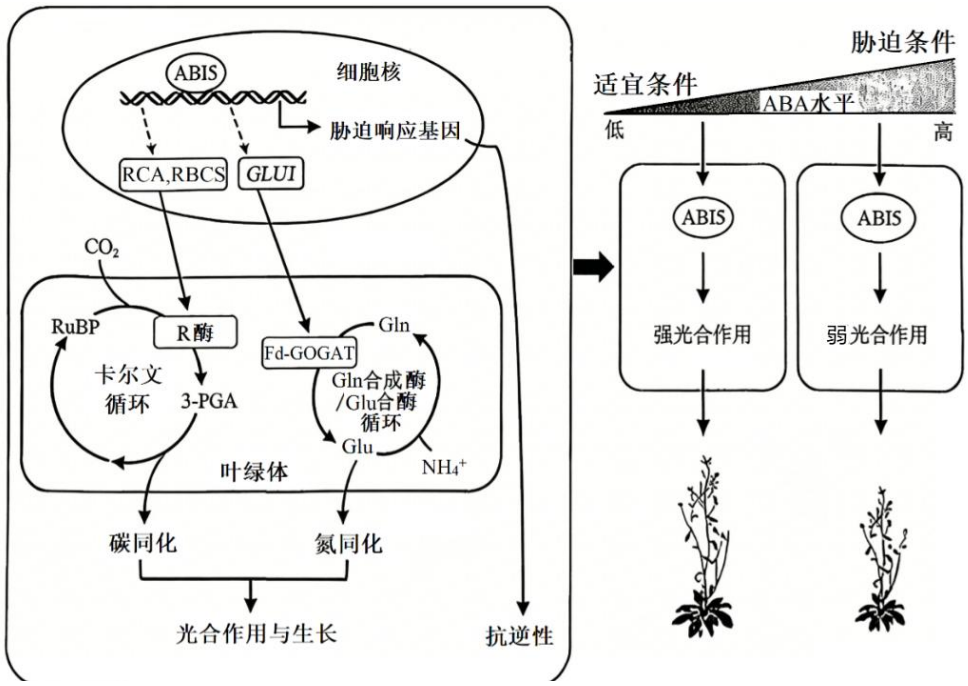
阐明光合作用与光呼吸的精细调控机制，对提高作物光合效率、抗逆性和最终产量至关重要。

光呼吸是绿色植物在光下吸收 O_2，将叶绿体中的 C_5 氧化分解为 C_3 和 CO_2 的过程。在光下，当 O_2 浓度高、CO_2 浓度低时，R 酶催化光呼吸过程；反之，R 酶催化 CO_2 的固定过程。

研究团队获得一株具有典型光呼吸表型的拟南芥 AspRS3 基因突变体，该突变体生长迟缓、矮小黄化。一方面 AspRS3 基因缺失抑制 R 酶等叶绿体基因编码蛋白的合成，导致光合膜系统的破坏和活性氧的积累，活性氧的积累会抑制核编码基因的表达和光呼吸酶的活性；另一方面，叶绿体基因编码蛋白合成障碍会抑制部分核基因表达，如 Fd-GOGAT 等光呼吸酶丰度下降，从而影响植物光合作用和光呼吸。

利用另一拟南芥突变体 glu1（Fd-GOGAT 功能缺陷）构建了突变体库，从中筛选到表型恢复突变体 rog1（ROG1 基因编码 ABA 合成关键酶），ABA（脱落酸）对碳同化和氮同化有抑制作用，这些抑制作用依赖于 ABA 信号通路中的关键组分——ABI5，其机制如下图。

本研究揭示了 ABI5 在 ABA 调控光合作用中的核心作用，为通过调控 ABI5 表达来提升碳氮利用效率、增加作物产量的新策略提供依据。而且 ABI5 突变体在高光胁迫下仍较好保持光合膜系统的光能捕获效率，说明在提升产量的同时并未显著牺牲抗逆性，这为其在未来农业中的应用提供了可能性。



注：RCA、RBCS 是碳同化基因表达产物，GLU1 是氮同化基因表达产物，GLN 是谷氨酰胺，Glu 是谷氨酸

（1）光呼吸与细胞呼吸的相同点是_____（答出两点即可）。文中的碳同化过程是指光合作用过程的_____阶段。

（2）植物在干旱天气和过强光照下，光反应速率_____暗反应速率，光呼吸_____，消耗光反应生成的多余 NADPH 和 ATP，造成了能量的损耗，但也防止了强光对叶绿体的破坏，又可以为暗反应阶段提供原料。

（3）下列对具有典型光呼吸表型的拟南芥突变体相关叙述正确的是_____。

A. AspRS3 基因突变抑制部分核基因表达导致光呼吸减弱

B. AspRS3 基因突变导致光呼吸酶活性降低导致光呼吸减弱

C. AspRS3 基因突变的拟南芥在高浓度 CO_2 条件下能恢复正常生长

（4）请提出一条通过调控 ABI5 表达来提升碳氮利用效率、增加作物产量的新举措：_____。

20. 脑卒中多因颅内出血或脑梗死所致，均属于中枢神经系统损伤。若错过黄金抢救期，会出现肢体偏瘫等后遗症。运动想象脑机接口（MI-BCI）通过解读大脑想象运动时产生的脑电信号、直接控制肢体运动，用于治疗脑卒中引起的偏瘫，原理如图 1。

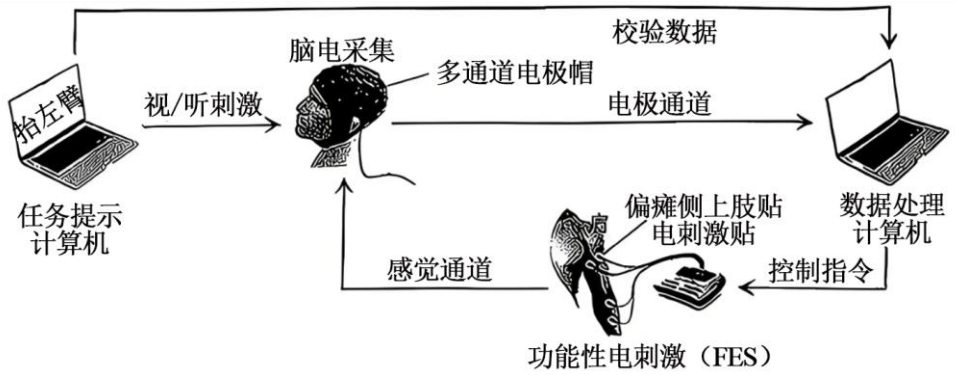


图1

（1）图 1 所示脑卒中患者在外接设备辅助下完成运动，判断该过程是否属于反射并说明理由：_____。电刺激贴片将数据处理计算机的信号传输给肌肉，相当于_____（结构）的功能。

（2）将 32 名偏瘫患者随机均分为实验组和对照组，实验组使用 MI-BCI 设备给予功能性电刺激，对照组不使用此设备，均配合正常服药治疗，进行 3 周康复训练。

①分别计算两组患者在康复训练前、后上肢运动控制能力、肌肉力量相对差值（运动后减运动前），结果如图 2。

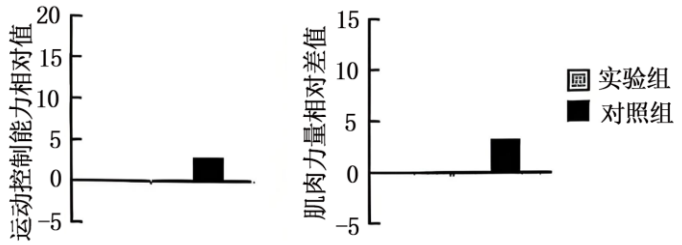


图2

据图判断对照组处理对患者上肢运动控制能力及肌肉力量提升是否有效，并说明理由：_____。医疗团队认为使用 MI-BCI-FES 方法治疗有效，请在图 2 中画出支持该结论的实验结果_____。

②医疗团队在训练的第 1 天和第 11 天，分别测定实验组患者在执行想象动作任务时感觉-运动皮层相应脑区的脑电波，α 波为运动想象时产生的主要脑电波，β 波为运动执行时产生的主要脑电波，结果如图 3。

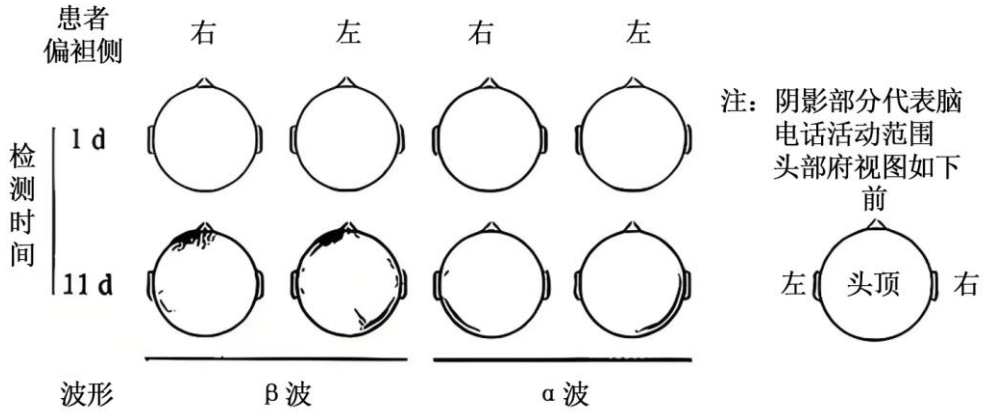


图3

图中结果表明：MI-BCI-FES 训练后，_____。

（3）综合上述研究结果，通过 MI-BCI-FES 帮助偏瘫患者恢复运动功能的过程是：_____。

21. 牛多能性拓展干细胞（bEPSCs）是育种、培育优质牛肉等应用的核心材料，为建立可长期自我更新的 bEPSCs 系，科研人员开展系列实验。

（1）bEPSCs 可从牛囊胚的_____中分离获取，培养过程中需定期更换培养液的目的是补充营养物质、_____。

（2）培养的 bEPSCs 呈致密、饱满的圆顶状克隆生长，细胞克隆边界清晰、结构规整。取部分 bEPSCs 均分为 2 组，第 1 组加入 CHIR 和 XAV 试剂，第 2 组仅添加 CHIR。在相同适宜条件下培养一段时间，观察早期传代细胞，第 1 组细胞呈致密圆顶状克隆，边缘整齐，第 2 组细胞由致密变扁平、克隆松散。结果表明_____。

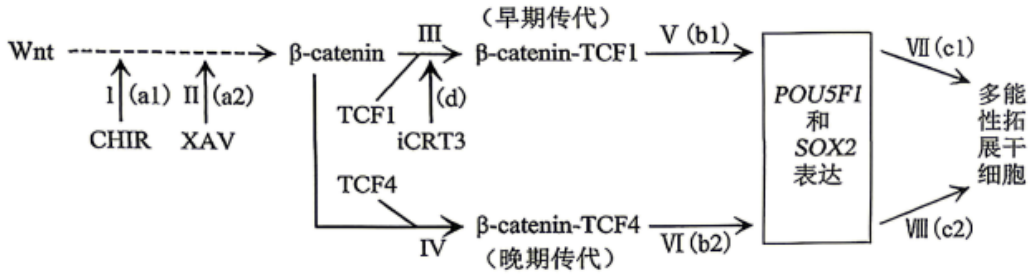
（3）bEPSCs 建系过程中，研究人员比较不同培养条件对长期传代细胞的影响，结果如下表。

组别	培养基成分	POU5F1 基因表达	SOX2 基因表达
对照组	CHIR+XAV	++	++
A	CHIR	++++	++++
B	iCRT3	+++	+++
C	CHIR+iCRT3	+++++	+++++

注：“+”数量表示相对表达量；POU5F1 和 SOX2 表达量越高，干细胞特性保持越好

①结果表明 CHIR 与 iCRT3 对 bEPSCs 分化的作用是_____关系。

②Wnt 和 β-catenin 是调控干细胞分化关键通路的信号分子，XAV 抑制 Wnt/β-catenin 通路。TCF1 和 TCF4 均为功能性蛋白，iCRT3 特异性破坏 β-catenin-TCF1 蛋白复合物形成。下图为 bEPSCs 的 Wnt/β-catenin 调控机制。



I. 写出早期传代调节过程中表示调控效应的关键词：

第 1 组：【I+II】（调节平衡）→III→V（b1_____）→VII（c1_____）

第 2 组：【I】（a1_____）→III→V（b1_____）→VII（e1_____）

II．写出晚期传代 C 组实验调节过程中表示调控效应的关键词：d_____，b2_____，c2_____。（a1 和 d 选填“促进”、“抑制”或“无影响”，b1 和 b2 选填“上调”、“下调”或“不变”，c1 和 c2 选填“维持”或“脱离”）。

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	C	A	A	C	C	B	B	B	B	B	A	D	C	D	B

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. 【答案】（1） ①. 分解者 ②. 非生物的物质和能量

（2） ①. 在 A 区选 8 个相同样方，于同一海拔高度做平移处理 ②. 细菌 ③. 抵抗力

（3） ①. 群落结构 ②. 促进 （4）降温

【小问 1 详解】

生态系统的组成成分包括生产者、消费者、分解者和非生物的物质和能量，探索气候变化对生态系统的影响，可从生产者、消费者、分解者和非生物的物质和能量等组成成分的角度开展研究。

【小问 2 详解】

①本实验自变量是温度（增温），机械移动属于无关变量，为排除机械移动本身对结果的干扰，需要在原采样区 A 设置操作相同（机械移动）、温度不变的原地对照。

②表格中“显著变化类群占比”越低，说明受温度影响越小、耐受能力越强；数据显示细菌显著变化占比整体低于真菌，说明细菌对气候变暖耐受能力更强；生态系统抵抗外界干扰、维持自身结构功能稳定的能力是抵抗力稳定性，微生物的稳定是生态系统抵抗力稳定性的保障。

【小问 3 详解】

①不同微生物类群携带不同的氮循环功能基因，功能基因相对数量的变化，反映了增温驱动下土壤微生物群落结构的定向更替。

②从氮循环模型可得，增温后氮循环各环节的功能基因大多数量上调，说明气候变暖对生态系统氮循环整体起促进作用。

【小问 4 详解】

本实验仅设置了增温（温度升高）处理，若要完整揭示温度变化（升高、降低）对研究对象的影响，还需要补充降温处理的实验组。

17. 【答案】（1） ①. 伴 X 染色体隐性遗传 ②. 1/2##50%

（2） ①. mRNA 上的终止密码子提前出现，导致肽链合成提前终止 ②. 第 2 组卵母细胞进行人工授精最合适。第 2 组第一极体测序结果为突变的致病基因序列，说明致病基因进入第一极体，次级卵母细胞得到正常基因，最终产生的卵细胞不携带致病基因，和正常精子结合后，后代不携带致病基因

（3）基因通过控制蛋白质的结构直接控制生物体的性状

（4）导入正常基因或修复突变基因

【小问 1 详解】

患儿（III-2）为男性患者，父亲（II-1）不携带致病基因，致病基因只能来自母亲（II-2），可判断该病为伴 X 染色体隐性遗传。设该病由 A/a 基因控制，父亲（II-1）的基因型为 X^AY ，母亲（II-2）的基因型为 X^AX^a ，二者生育的女儿基因型及概率为：$1/2X^AX^a$ 、$1/2X^AX^A$ ，患儿姐姐与母亲基因型相同的可能性为 1/2。

【小问 2 详解】

患儿 ATP7A 蛋白从 MBD4 结构域中部开始截短，后续结构域全部缺失，说明在翻译过程中，mRNA 上的终止密码子提前出现，导致肽链合成提前终止，合成的蛋白质结构不完整，丧失正常功能。母亲为携带者（X^AX^a），不考虑交叉互换，减数第一次分裂同源染色体分离，第一极体携带的染色体与次级卵母细胞的染色体为同源染色体，第 2 组第一极体测序结果为突变的致病基因序列，说明致病基因进入第一极体，次级卵母细胞得到正常基因，最终产生的卵细胞不携带致病基因，和正常精子（父亲 X^AY，精子都带正常基因）结合后，后代不携带致病基因，第 2 组的卵母细胞符合要求。

【小问 3 详解】

因编码的蛋白质是铜离子跨膜转运蛋白，直接参与铜稳态的维持，从而影响生物性状，说明基因通过控制蛋白质的结构直接控制生物体的性状。

【小问 4 详解】

该病为基因突变导致的单基因遗传病，从根本上治疗需要对致病基因进行改造/替换，即基因治疗，导入正常基因或修复突变基因即可。

18. 【答案】（1） ①. 碱基互补配对 ②. 限制酶

（2） ①. 线粒体 ②. 核 DNA

（3） ①. cDNA ②. R2 是 RP11 向线粒体转移的核心功能区(

（4）仅实验组红绿荧光共定位

【小问 1 详解】

sgRNA 的一段向导序列通过碱基互补配对靶向识别并结合解旋后的目标 DNA 序列，引导 Cas9 蛋白酶切该序列。RNA 与 DNA 之间遵循碱基互补配对原则，这是 sgRNA 精准定位靶 DNA 的分子基础。限

制酶的核心功能是识别特定 DNA 序列并切割 DNA，而 Cas9 蛋白在 sgRNA 引导下也能精准切割靶 DNA，二者功能高度相似。

【小问 2 详解】

差速离心是分离细胞器的常用方法，可将线粒体从细胞中分离出来，从而获取线粒体中的 RNA 进行后续分析。sgRNA 无法高效识别线粒体膜蛋白，传统系统无法进入线粒体；而 RP11 是由核基因转录的 RNA，后续研究发现其部分功能区可帮助系统进入线粒体。

【小问 3 详解】

cDNA 是由 RNA 反转录得到的 DNA，不含内含子，可直接用于构建表达载体，在细胞中表达出对应的 RNA 序列。注中说明：G（细胞质）、A（线粒体）、N/X（细胞核）；虚线以下表示线粒体中 RNA 含量不显著。 第 3 组（R2 组）中，代表线粒体 RNA（A）的黑色柱和代表 RP11 的★柱，在 A（线粒体）中的 M/T 比例显著高于其他组，且远高于虚线，说明 R2 能高效引导 RNA 进入线粒体。 其他组（R1、R3、R4）的线粒体中 RNA 含量均较低，因此 R2 是核心功能区。

【小问 4 详解】

红色荧光标记线粒体膜蛋白，代表线粒体的位置； 绿色荧光标记改造后的 sgRNA（ST2-RMTS）； 若绿色荧光与红色荧光重叠（共定位），说明 sgRNA 成功进入线粒体，改造后的 CRISPR-Cas9 系统可靶向线粒体 DNA，为治疗 mtDNA 突变疾病提供了可能。

19. 【答案】（1） ①. 消耗氧气；产生二氧化碳 ②. 暗反应

（2） ①. 大于 ②. 加快 （3）AB

（4）抑制 ABI5 基因的表达（利用基因编辑技术敲除 ABI5 基因）

【小问 1 详解】

光呼吸是绿色植物在光下吸收 O_2，将叶绿体中的 C_5 氧化分解为 C_3 和 CO_2 的过程。细胞呼吸（有氧呼吸）消耗氧气，产生二氧化碳，因此光呼吸与细胞呼吸的相同点是都消耗氧气，都会产生二氧化碳。文中的碳同化过程是指光合作用过程的暗反应阶段。

【小问 2 详解】

植物在干旱天气，二氧化碳吸收减少，暗反应速率慢，过强光照下，光反应速率快，因此植物在干旱天气和过强光照下，光反应速率大于暗反应速率。光反应速率快，产生的氧气多，因此光呼吸加快，消耗光反应生成的多余 NADPH 和 ATP，造成了能量的损耗，但也防止了强光对叶绿体的破坏，又可以为暗反应阶段提供原料。

【小问 3 详解】

A、AspRS3 基因突变抑制部分核基因表达，导致 Fd-GOGAT 等光呼吸酶丰度下降，进而使得光呼吸减弱，A 正确；

B、AspRS3 基因突变抑制 R 酶等叶绿体基因编码蛋白的合成，导致光合膜系统的破坏和活性氧的积累，活性氧的积累会抑制光呼吸酶的活性，导致光呼吸减弱，B 正确；

C、AspRS3 基因突变抑制 R 酶等叶绿体基因编码蛋白的合成，R 酶参与暗反应过程，因此在高浓度 CO_2 条件下不能恢复正常生长，C 错误。

【小问 4 详解】

ABA（脱落酸）对碳同化和氮同化有抑制作用，这些抑制作用依赖于 ABA 信号通路中的关键组分——ABI5，为了提升碳氮利用效率、增加作物产量可以适度抑制 ABI5 基因的表达（利用基因编辑技术敲除 ABI5 基因）。

20. 【答案】（1） ①. 反射需要完整的反射弧，该过程没有经过完整的反射弧，因此该过程不属于反射 ②. 传出神经

（2） ①. 对照组康复训练后上肢运动控制能力、肌肉力量相对差值均大于 0，说明自身服药 + 常规康复训练可小幅提升相关能力，对照组处理有一定效果； ②.

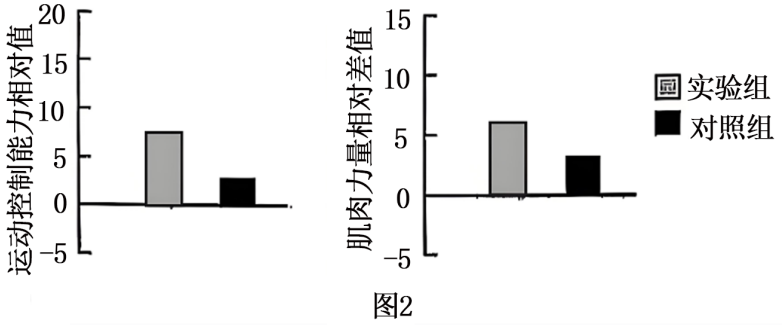


图2

③. 训练后 α 波、β 波活性 / 幅值增强，感觉 - 运动皮层脑区神经活动增强，大脑对运动想象和运动执行的调控能力得到恢复与改善

（3）患者大脑产生运动想象脑电信号，经 MI-BCI 设备解读处理，通过功能性电刺激作用于肢体肌肉，替代受损的神经传导通路，反复训练使感觉 - 运动皮层相关脑区脑电波活动增强、神经功能重塑，进而逐步恢复肢体运动控制能力与肌肉力量

【小问 1 详解】

反射需要完整的反射弧，该过程没有经过完整的反射弧，只是大脑脑电信号经外接设备直接控制肌肉运动，该过程不属于反射；电刺激贴片将数据处理计算机的信号传输给肌肉，相当于结构传出神经（效应器的传出神经部分）。

【小问 2 详解】

① 对照组康复训练后上肢运动控制能力、肌肉力量相对差值均大于 0，说明自身服药 + 常规康复训练可小幅提升相关能力，对照组处理有一定效果；若使用 MI-BCI-FES 方法治疗有效，则实验组运动控制能力、肌肉力量相对差值均应高于对照组。

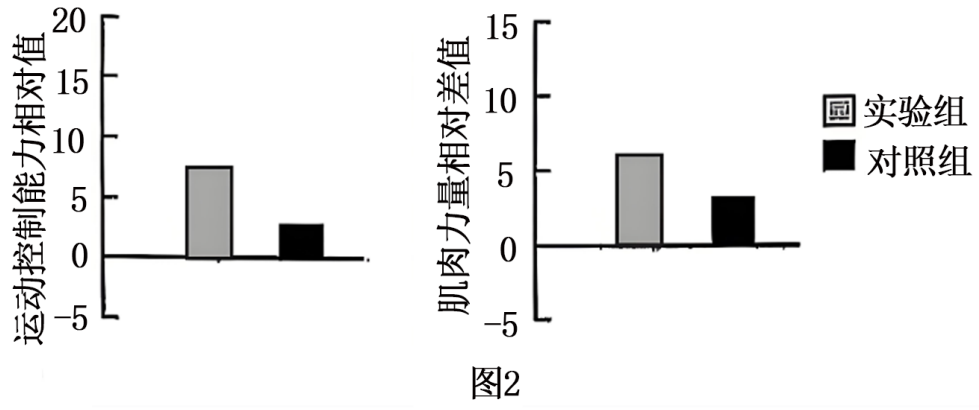


图2

② 图 3 实验结果表明训练后 α 波、β 波活性/幅值增强，感觉-运动皮层脑区神经活动增强，大脑对运动想象和运动执行的调控能力得到恢复与改善。

【小问 3 详解】

通过 MI-BCI-FES 帮助偏瘫患者恢复运动功能，首先患者大脑产生运动想象脑电信号，经 MI-BCI 设备解读处理，再通过功能性电刺激作用于肢体肌肉，替代受损的神经传导通路，反复训练使感觉 - 运动皮层相关脑区脑电波活动增强、神经功能重塑，进而逐步恢复肢体运动控制能力与肌肉力量。

21. 【答案】（1） ①. 内细胞团 ②. 及时清除代谢废物

（2）单独使用 CHIR 会诱导早期传代 bEPSCs 分化，而加入 XAV 后可逆转这一效应，维持细胞的干细胞特性

（3） ①. 协同 ②. 下调 ③. 维持 ④. 促进 ⑤. 下调 ⑥. 脱离 ⑦. 抑制 ⑧. 上调 ⑨. 维持

【小问 1 详解】

bEPSCs 可从牛囊胚的内细胞团分离获取，内细胞团细胞具有发育的全能性，可分化为胎儿的各种组织。动物细胞培养过程中，细胞会不断产生乳酸、氨等代谢废物，这些物质积累会毒害细胞。定期更换培养液既能补充消耗的营养物质，又能及时清除代谢废物，维持细胞正常的生存环境。

【小问 2 详解】

本实验的自变量是 XAV 的有无，因变量是 bEPSCs 的克隆形态（反映分化状态）。第 1 组（CHIR+XAV）：细胞呈致密圆顶状、边缘整齐，这是未分化干细胞的典型形态。第 2 组（仅 CHIR）：细胞变扁平、克隆松散，说明细胞发生了分化。对比可知，单独使用 CHIR 会诱导早期传代 bEPSCs 分化，而加入 XAV 后可逆转这一效应，维持细胞的干细胞特性。

【小问 3 详解】

①分析表格数据：单独使用 CHIR（A 组）或 iCRT3（B 组），POU5F1 和 SOX2 的表达量均高于对照组（CHIR+XAV）。两者联合使用（C 组）时，表达量显著高于单独使用的任何一组，且达到最高水平。

由于 POU5F1 和 SOX2 表达量越高，干细胞特性保持越好（即抑制分化的效果越强），说明 CHIR 和 iCRT3 在抑制 bEPSCs 分化、维持干细胞特性方面具有协同作用（共同作用效果大于单独作用之和）。

②早期传代 bEPSCs 主要通过 β-catenin-TCF1 通路调控，晚期传代主要通过 β-catenin-TCF4 通路调控。

CHIR：促进 Wnt/β-catenin 通路激活，增加细胞内 β-catenin 的含量。XAV：抑制 Wnt/β-catenin 通路激活，减少细胞内 β-catenin 的含量。iCRT3：特异性抑制 β-catenin 与 TCF1 的结合（破坏 β-catenin-TCF1 复合物形成）。β-catenin-TCF1 复合物：下调 POU5F1 和 SOX2 的表达（促进分化）。β-catenin-TCF4 复合物：上调 POU5F1 和 SOX2 的表达（维持干细胞特性）。

I. 早期传代调节过程

第 1 组（CHIR+XAV）：β-catenin-TCF1 复合物的固有作用是抑制（下调）多能性基因的表达。CHIR（促进通路）与 XAV（抑制通路）达到平衡，β-catenin-TCF1 复合物含量适中，多能性基因表达量足以维持干细胞特性，细胞不分化。

第 2 组（仅 CHIR）：CHIR 的作用是激活（促进）Wnt/β-catenin 通路，使细胞内 β-catenin 含量显著升高。与第 1 组相同，β-catenin-TCF1 复合物仍发挥下调多能性基因的作用。β-catenin 含量升高导致 β-catenin-TCF1 复合物大量积累，多能性基因表达被显著抑制，细胞丧失干细胞特性，发生分化。

II. 晚期传代 C 组（CHIR+iCRT3）调节过程

iCRT3 的特异性作用是抑制 β-catenin 与 TCF1 的结合，阻断 β-catenin-TCF1 通路。CHIR 使 β-catenin 含量升高，同时 iCRT3 阻断了 TCF1 通路，因此大量 β-catenin 转向与 TCF4 结合，形成 β-catenin-TCF4 复合物，该复合物显著上调多能性基因的表达。多能性基因表达量达到最高水平，干细胞特性得到最有效的维持，细胞可长期自我更新。