



海淀区高二年级练习

生物学

2024. 01

学校 _____ 班级 _____ 姓名 _____

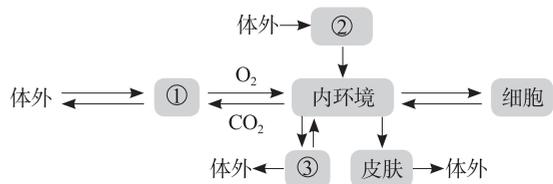
考生须知

1. 本试卷共 8 页，共两部分，21 道小题。满分 100 分。考试时间 90 分钟。
2. 在试卷和答题纸上准确填写学校名称、班级名称、姓名。
3. 答案一律填涂或书写在答题纸上，在试卷上作答无效。
4. 在答题纸上，选择题用 2B 铅笔作答，其余题用黑色字迹签字笔作答。
5. 考试结束，请将本试卷和答题纸一并交回。

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. 右图表示内环境与外界环境的物质交换的关系，①②③表示人体的器官。结合图示分析，下列叙述不正确的是



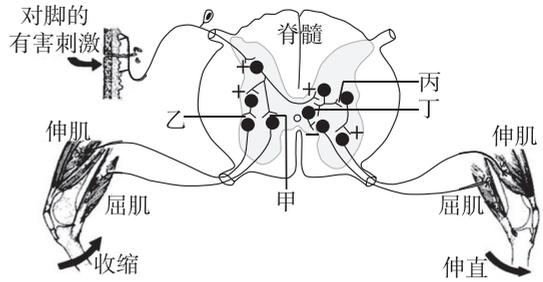
- A. ①的细胞实现 O_2 和 CO_2 交换需要细胞膜上转运蛋白的参与
 - B. ②的小肠上皮细胞能够从肠道外环境中吸收营养物质
 - C. ③通过重吸收作用，可以使某些营养物质返回内环境
 - D. ①②③中毛细血管壁细胞的内环境包括血浆和组织液
2. 为模拟生物体维持 pH 的稳定，某兴趣小组向三种样液中滴加酸或碱，用 pH 计测定结果如下表。下列相关叙述正确的是

pH	加入 HCl 溶液/滴						加入 NaOH/滴					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30
自来水 (初始为 7.6)	5.2	4.9	4.5	4.3	4.2	4.2	8.3	9.1	9.5	9.7	10.0	10.2
缓冲液 (初始为 7.2)	7.1	6.7	6.7	6.6	6.4	6.0	7.8	8.0	8.2	8.4	8.5	8.5
牛血浆 (初始为 7.0)	7.0	6.9	6.8	6.7	6.6	6.4	7.2	7.3	7.5	7.5	7.6	7.6

- A. 三组样液初始 pH 不同，故无法通过该结果比较缓冲能力的高低
 - B. 三组样液中，自来水组是对照组，缓冲液组和牛血浆组是实验组
 - C. 为减小实验误差，每一 pH 结果应为三次重复测量后获得的平均值
 - D. 比较缓冲液组与牛血浆组，可以证明后者含有缓冲对 HCO_3^-/H_2CO_3
3. 杭州亚运会上，中国女篮最后几秒绝杀对手，蝉联冠军。虽然比赛紧张、激烈，但运动员始终能调整状态、从容应对。此时，机体不会发生的生理变化是
- A. 大脑调节脑干和脊髓，小脑参与身体平衡的控制
 - B. 交感神经兴奋，支配肾上腺髓质分泌肾上腺素增加
 - C. 大脑皮层的 S 区、H 区等区域神经元兴奋性增强
 - D. 血糖含量显著下降，无法为运动员提供充足能量



4. 当人体一只脚踩到钉子，同侧的腿立即收缩（屈反射）以避免损伤性刺激，同时对侧腿伸直（交叉伸反射）以支持身体，避免跌到，过程如右图。图示脊髓有多个突触，甲~丁为其中的4个，“+”表示突触前膜的信号使突触后膜兴奋，“-”表示突触前膜的信号使突触后膜受抑制。下列相关叙述正确的是



- A. 屈反射是非条件反射，而交叉伸反射是条件反射
 B. 屈反射与交叉伸反射的传入神经和神经中枢都是一样的
 C. 甲~丁处信号为神经递质，对后膜作用依次为+、-、+、+
 D. 屈反射和交叉伸反射不会受到大脑等高级神经中枢的调节
5. 下列有关动物激素作用特点的叙述，正确的是
 A. 激素由特定的内分泌器官或细胞分泌，经体液定向运输至靶细胞
 B. 激素可以特异性识别和结合受体，故能精准调节靶细胞的生命活动
 C. 激素进入靶细胞，降低化学反应的活化能，使细胞代谢水平显著提高
 D. 激素含量虽然很低，但结合受体后会持久发挥作用，因而具有高效性
6. 北方夏季连续出现高温天气时，个别市民会患上热射病，症状包括 40℃ 以上高热、意识模糊、大小便失禁等。下列关于热射病的分析，不正确的是
 A. 高热可能是高温导致位于脑干的体温调节中枢功能障碍所致
 B. 意识模糊可能是高热造成大脑皮层的部分神经中枢损伤所致
 C. 大小便失禁可能是高热破坏大脑皮层与脊髓间的神经联系所致
 D. 神经调节和体液调节共同参与体温调节，其调节能力是有限的
7. 下列关于免疫系统组成和功能的叙述，正确的是
 A. 骨髓和胸腺产生的免疫细胞不会移动到其他免疫器官
 B. 树突状细胞、T 细胞、巨噬细胞均属于抗原呈递细胞
 C. 免疫活性物质包括抗原、白细胞介素、干扰素和溶菌酶等
 D. B 细胞可将抗原摄取、处理并呈递后，传递给辅助性 T 细胞
8. 人类免疫缺陷病毒（HIV）主要侵染辅助性 T 细胞，降低人体免疫功能。血液、性接触和母婴传播是 HIV 的主要传播途径。下列相关叙述正确的是
 A. 辅助性 T 细胞表面存在识别并结合 HIV 表面抗原的特异性受体
 B. HIV 侵染初期，机体中的 T 细胞产生抗 HIV 抗体清除大部分 HIV
 C. HIV 侵染后期，机体细胞免疫功能完全丧失，体液免疫功能正常
 D. 经药物治疗的 HIV 产妇因其乳汁中病毒含量低，最好选择母乳喂养
9. 从裸岩到森林群落的演替过程中，不会发生的是
 A. 群落的种间关系趋向于更加复杂
 B. 群落中物种的丰富度逐渐加大
 C. 群落的空间结构趋向于更加复杂
 D. 早期的种群一定在新群落中出现
10. 在一定时间内，某生态系统中全部生产者固定的能量值为 a ，全部消费者所获得的能量值为 b ，全部分解者所获得的能量值为 c ，则 a 、 b 、 c 之间的关系是
 A. $b+c=a$ B. $b+c>a$ C. $b+c<a$ D. $a+b=c$



11. 制备含有不同浓度生长素的琼脂块，黑暗条件下，分别放在去除尖端的胚芽鞘顶端的一侧，一段时间后测量其弯曲度 α ，如图 1 和图 2。下列关于实验的叙述，正确的是

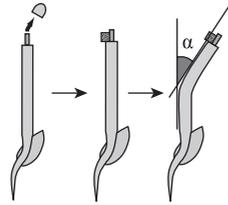


图1

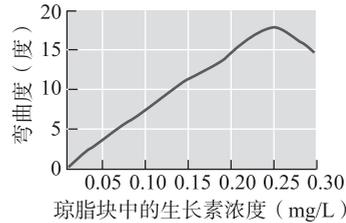
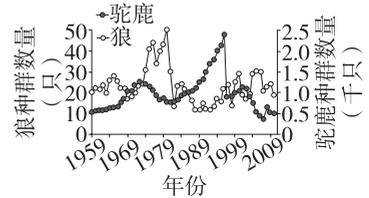


图2

- A. 不同浓度生长素处理可得到弯曲度相同的胚芽鞘
 B. 该实验结果是生长素在琼脂块中未横向扩散导致的
 C. 生长素浓度超过 0.25mg/L 时，抑制胚芽鞘弯曲生长
 D. 若左侧照光重复上述实验，则胚芽鞘弯曲方向相反
12. 20 世纪初，有人将驼鹿引入一个孤岛；1949 年，又将几只狼迁入该岛。研究人员统计 1959~2009 年间两种动物的种群数量，结果如右图。下列相关分析不正确的是



- A. 驼鹿与狼之间为捕食关系
 B. 调查该岛狼种群数量宜采用标记重捕法
 C. 两者种群数量变化受到生物因素和非生物因素影响
 D. 2009 年后，近亲繁育可能是狼种群数量下降的原因之一
13. 某地海岸潮间带分布着石鳖、帽贝、贻贝、藤壶等动物，四者间无捕食关系，但它们都会被海星捕食。在一个 16m² 的实验样地中，研究人员去除所有海星，几个月后藤壶占据优势，一年后藤壶被贻贝排挤，三年后群落中的物种数目从 15 种变为 8 种。下列相关叙述不正确的是
- A. 本实验设计符合“减法原理”
 B. 捕食可改变种间竞争强度进而影响种群密度
 C. 藤壶在演替各阶段保持优势
 D. 移除海星导致该生物群落的物种丰富度下降
14. 中华穿山甲为国家一级保护动物，主要生活在长江流域以南地区的杂木林或灌丛等隐蔽条件好的生境中。截止 2019 年，该物种数量下降约 90%。下列相关叙述不正确的是
- A. 其鳞片可入药体现间接价值
 B. 该物种数量下降使其基因多样性降低
 C. 划定其保护地属于就地保护
 D. 森林开垦可能会导致其栖息地碎片化
15. 2060 年前，实现碳中和已被纳入我国生态文明建设的总体布局。碳汇是指森林和海洋等同化 CO₂ 的能力。我国科学家提出在海水养殖区建造“BCP—MCP”地球生态工程，以提高海洋碳汇。BCP 是指浮游植物通过光合作用固定在有机物中的碳，MCP 是指利用微生物产生难分解的有机物所固定的碳。下列相关叙述不正确的是
- A. “BCP—MCP”的建立有助于加快碳中和进程
 B. 与 MCP 相比，BCP 固定的碳不再参与物质循环
 C. 该生态工程遵循自生、循环、整体和协调等原理
 D. 参与 BCP 的生物属于该生态系统的第一营养级



第二部分（非选择题 共 70分）

本部分共 6 题，共 70 分。

16. (10 分) 学习以下材料，回答 (1)~(3) 题。

稻鱼蛙共作种养

立体农业，就是充分利用群落的空间结构和季节性，进行立体种植、立体养殖或立体复合种养的生产模式。例如，“板栗—茶树结构”“稻—鱼—蛙结构”等都是有益的尝试。

黑斑蛙为我国长江中下游地区常见的蛙类，具有极高的生态价值和经济价值，开发利用和人工养殖的前景广阔。南方某地进行“稻鱼蛙共作种养模式”实验，实验区稻田总面积 2 000 m²，以每 200 m² 为一个单元，共设 10 个共作单元，单元外围的防护设施包括防逃围网和防禽天网等。黑斑蛙幼体由水产养殖合作社自繁自育，规格为 4 g/尾；鱼种选用耐低氧能力强的泥鳅，规格为 3 g/尾；水稻品种为茎粗叶挺、分蘖力强、抗逆性好的“隆两优 1988”。

6 月初，在实验区内施发酵有机肥，10 天后进行人工翻耕并栽插水稻秧苗，实验中不再追肥。肥料既是水稻栽培基肥，也是蛙、鱼培养的天然饵料。实验中，根据黑斑蛙生长情况，选择不同规格和营养成分的人工饵料。泥鳅以共作稻田中的单细胞藻类、摇蚊幼虫、蚯蚓、植物碎屑和杂草等天然饵料为食，全程不投喂人工饵料。实验投入与产出比如下表。

表 稻鱼蛙共作种养工作种养实验区收支明细表

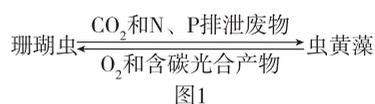
实验收入			实验成本		
品种	产量/kg	产值/元	项目	支出明细	金额/元
黑斑蛙	4 953	148 560	黑斑蛙苗种	130 000 尾	13 000
泥鳅	25	625	泥鳅苗种	2 000 尾	100
稻谷	670	2 780	水稻	种子、育秧	300
			饵料	不同时期专用	49 000
			其他	物料、租金和人工等	29 100
合计		151 965	合计		91 500

稻鱼蛙共作种养模式，可以实现资源循环利用，不仅具有“四增·四节”的效果，即增粮、增鱼、增蛙、增效和节药、节肥、节水、节工，还能有效降低劳动强度和农业污染，一块稻田生产出优质稻谷及动物蛋白产品，可以增加农民的实际获得。

- (1) 该实验探索“以稻供荫、以蛙护稻、稻鱼蛙共作”的生态农业模式，可以有效利用水稻田群落的_____结构，提高单位空间中的经济效益。其中，稻谷遮荫对黑斑蛙种群生存的影响属于_____因素。
- (2) 除实验开始前施用有机肥外，实验过程中实现“免化肥、免农药”，符合国家提倡的环保种植要求。推广该种植方式的意义是_____。
- (3) 据表可知，实验期间，该稻田的利润约为_____元/m²（保留小数点后 2 位数字）。为进一步提高收入，有些农户提出“泥鳅无需投喂饲料，初始投放数量越大越好”，请从生态经济学的角度，评价这一想法是否合理，并阐述理由。

17. (12 分) 达尔文悖论是指生物多样性丰富的珊瑚礁能在缺乏有机营养物质的热带水域中蓬勃生长的现象。为解释其原因，研究人员展开相关研究。

- (1) 珊瑚虫的骨骼聚结形成珊瑚，其体内生活的虫黄藻使珊瑚的颜色绚丽多彩。据图 1 可知，虫黄藻属于珊瑚礁生态系统成分中的_____，与珊瑚虫的种间关系为_____。





(2) 珊瑚虫生长繁殖需要大量含 N、P 有机物，但其无法吸收和利用无机物中的 N、P。

①在仅含 N、P 无机物的条件下，珊瑚面积也可以增加。研究人员推测，珊瑚虫获得 N、P 的机制是其体内的虫黄藻可吸收含 N、P 的无机物并转化为珊瑚虫可以利用的含 N、P 有机物。为验证该假设，在培养体系中加入含 ^{15}N 的硝酸盐，一段时间后检测珊瑚虫和虫黄藻体中 ^{15}N 含量。若实验结果为_____，则支持该假设。

②研究人员测定不同条件下虫黄藻种群数量的变化，如图 2。结果显示，有 N、P 无机物时，虫黄藻种群密度呈现_____而非 S 形增长。据图 2 推测，无 N、P 无机物时，珊瑚面积增加的原因可能是_____。

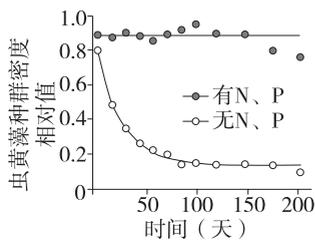


图2

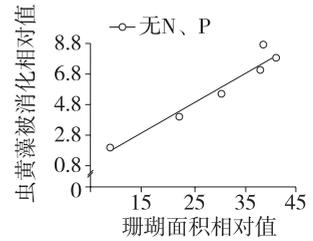
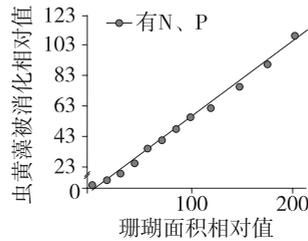


图3

(3) 研究人员统计珊瑚面积与虫黄藻被消化的情况，如图 3。请在“有或无” N、P 无机物中任选一种条件，从循环因果的角度，补充文字、箭头和“+”“-”图示表征三者的关系。

18. (10 分) 肿瘤细胞表面过量表达 PD-L1 与细胞毒性 T 细胞表面的 PD-1 结合，诱导细胞毒性 T 细胞发生细胞凋亡，会造成免疫逃逸。

(1) 免疫系统的组成主要包括_____和免疫活性物质，如果_____功能低下或失调，机体不能清除变异细胞，会形成肿瘤。

(2) 临床上，部分转移性结直肠癌患者对 PD-1 抗体无应答。与可应答患者相比，无应答患者粪便中具核梭杆菌数量较大。研究人员推测，该菌与 PD-1 抗体治疗不响应有关，为验证这一推测，研究人员利用无致病微生物小鼠开展系列研究。

①用混有抗生素的饲料喂食 7 天，加入抗生素的目的是_____。

②将结直肠癌细胞移植到小鼠体内成瘤，然后将小鼠随机均分为 4 组进行如表处理。请将下列选项前字母填入表格 I ~ IV 处，完善该实验方案。

组别	1 组	2 组	3 组	4 组
灌胃	无菌培养液	I. _____	无菌培养液	II. _____
注射	III. _____	IV. _____	PD-1 抗体	PD-1 抗体

- a. 无菌培养液 b. 具核梭杆菌培养液 c. 大肠杆菌培养液
d. PD-1 抗体 e. PD-L1 抗体 f. 无关抗体

③肿瘤坏死因子 (TNF) 是一种免疫活性物质，由细胞毒性 T 细胞等免疫细胞产生并发挥免疫作用。一段时间后，上述实验的检测结果如图 1、图 2。

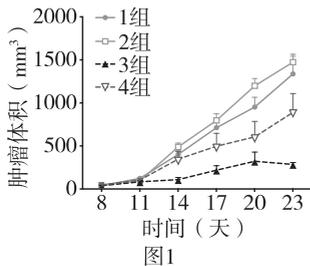


图1

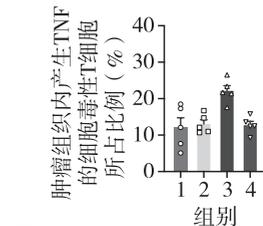
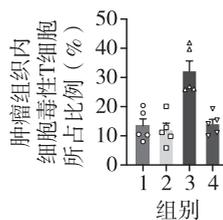


图2

据图可知，部分转移性结直肠癌患者对 PD-1 抗体治疗不响应的原因可能是_____。



19. (14分) M3型青少年糖尿病是由H基因突变引起的, 临床表现为发病年龄早, 胰岛素分泌过量等。为了解其发病机理, 研究人员开展下列研究。

(1) 人体血糖浓度升高时, 葡萄糖进入胰岛B细胞内, 会促使 Ca^{2+} 通道开放, Ca^{2+} 顺浓度梯度进入细胞后, 引起包裹胰岛素的囊泡与_____融合, 将胰岛素分泌到细胞外, 随_____运输到全身各处。体内胰岛素水平上升, 既可增加血糖去路, 如_____, 又可减少血糖来源, 如_____, 使血糖浓度恢复到正常水平。

(2) 研究人员通过处理, 获得胰岛B细胞发生H基因突变的小鼠。若该种实验鼠在有葡萄糖刺激和_____情况下, 均表现出胰岛素分泌过量, 则可作为本实验中M3型糖尿病模型鼠。

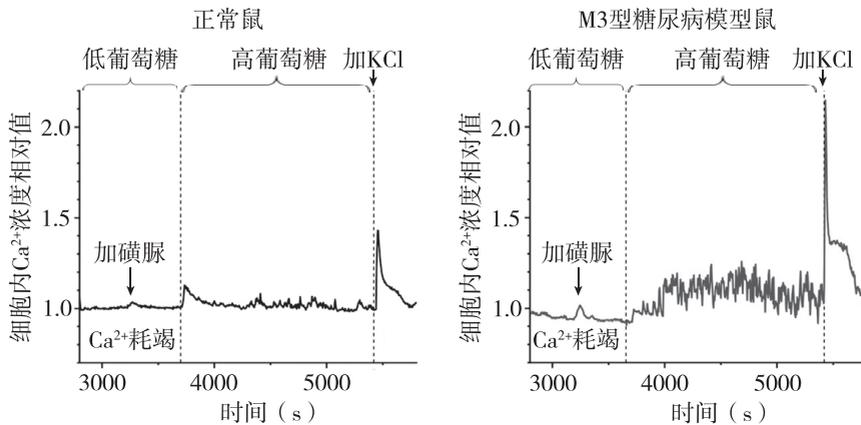
(3) 研究人员对M3型青少年糖尿病患者胰岛素分泌过量的机理提出两种假设。

假设一: H突变细胞中胰岛素合成增加, 促进其分泌过量。

假设二: Ca^{2+} 更多进入H突变细胞, 导致过量分泌胰岛素。

①利用上述两种小鼠完成实验, 在血糖浓度上升或下降过程中, 若两种小鼠体内胰岛素合成基因的表达量_____, 则可排除假设一。

②研究人员在不同条件下检测两种小鼠体内 Ca^{2+} 浓度变化, 结果如下图。



注: 磺脲类药物可以促进胰岛素分泌。

结果显示, 高浓度葡萄糖引起M3型糖尿病模型鼠_____, 该证据支持假设二。加入KCl后, K^+ 进入细胞, 引起膜内电位上升, 与正常鼠相比, M3型糖尿病模型鼠的 Ca^{2+} 通道_____。

③据上述实验推测, 可开发为治疗M3型糖尿病药物的是_____ (多选, 填字母序号)。

- a. 钾外流通道激活剂 b. 钾外流通道抑制剂 c. 钙通道抑制剂
- d. 磺脲类药物 e. 胰岛素

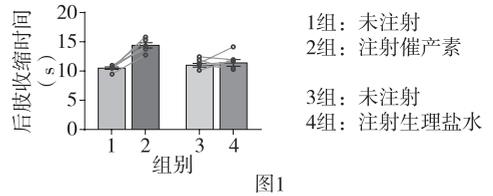
(4) 临床上发现, M3型糖尿病患者胰岛B细胞的钾外流通道蛋白表达量下降。请结合上述研究, 从分子水平和细胞水平概括该病患者胰岛素分泌过量的成因。



20. (12分) 大脑皮层的前额叶皮层(P区)与下丘脑等其他脑区相联系,在疼痛的调控中发挥重要作用。此外,催产素也在分娩过程中影响疼痛感受,研究人员对此开展研究。

(1) 哺乳动物分娩过程的调节方式包括_____调节。

(2) 向小鼠腹腔内注射催产素,检测小鼠接受热刺激(模拟伤害性疼痛)时的后肢收缩时间,如图1。结果表明,催产素可以_____动物的疼痛感受。



(3) 为探究催产素与P区之间的关系,研究人员对小鼠脑区的生理活动进行如下研究。

① 某些神经元兴奋放电时,会爆发出短暂的钙离子浓度高峰。小鼠分别注射生理盐水和催产素后,相同时间记录到P区某些伤害性感受神经元的钙离子情况,如图2。结果表明,这些神经元放电的_____均显著增加,据此可推测催产素能够激活上述神经元。



图2

② 研究人员利用特定技术,使小鼠下丘脑合成催产素的神经元特异性表达荧光蛋白V,检测发现仅在下丘脑和P区可观察到荧光。据此推测,催产素是下丘脑神经元的轴突末梢_____ ,进而激活P区。

(4) P区中包含谷氨酸能神经元(分泌的递质会增强Na⁺通透性)、GABA能中间神经元(分泌的递质会增强Cl⁻通透性),可分别参与_____ (选填“IP”[即抑制性突触后电流]、“EP”[即兴奋性突触后电流])的形成。为进一步确定催产素对P区伤害性感受神经元的作用机制,研究人员构建可用蓝光调控Na⁺通道开闭的小鼠。用蓝光照射下丘脑,使其神经元的Na⁺通道打开,并在P区注射催产素受体抑制剂后,检测结果如图3。据此可知,下丘脑合成并作用于P区的催产素_____。

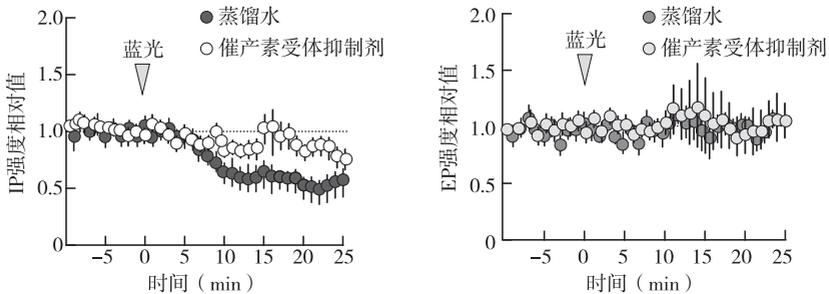


图3

(5) 请从进化与适应的角度,阐释催产素在提高生物生存能力方面的意义。



21. (12分) 重力是调节植物生长发育和形态建成的重要环境因素, 研究人员以拟南芥为材料, 探究重力对根向地性的影响机制。

- (1) 植物的根中具有感受重力的淀粉体, 可以将重力信号转化为运输_____的信号, 造成该物质分布不均衡, 从而调节植物的生长方向。
- (2) 以野生型和 L 基因缺失突变体为实验材料, 检测幼苗横置培养一段时间后根的生长方向, 结果如图 1。据此推测, L 蛋白与根的向地性有关, 依据是_____。为进一步验证上述推测, 设计方案还应补充一组, 实验材料为_____, 横置培养和处理时间等与前两组相同。

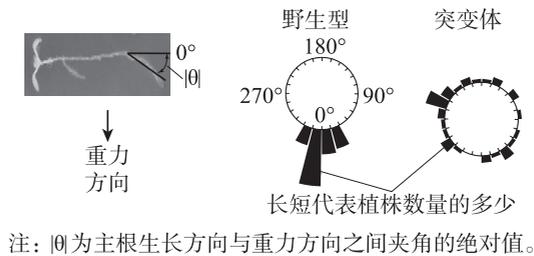


图1

- (3) 植物向地生长过程中, 重力会影响细胞近地侧膜上的物质 M 和 L 蛋白。为确定两者作用关系, 研究人员检测拟南芥幼苗横置不同时间后, 物质 M 与 L 蛋白的结合程度, 结果如图 2。同时用物质 M 抑制剂处理野生型拟南芥幼苗, 测定根部淀粉体中活化的 L 蛋白含量, 结果如图 3。上述结果表明, 随拟南芥幼苗横置时间延长,_____。

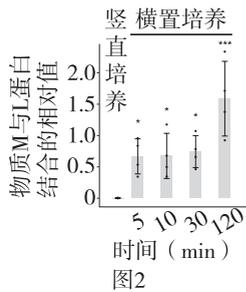


图2

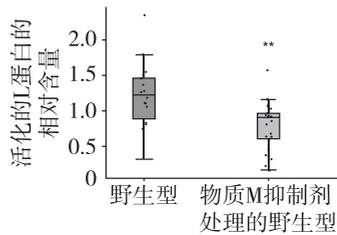


图3

- (4) 进一步研究发现, 幼苗横置培养后, 不仅淀粉体沿重力方向沉降, L 蛋白的分布也会随之改变。已知 T 蛋白定位于淀粉体表面, T 蛋白可与活化的 L 蛋白结合。请综合上述实验结果和教材所学内容, 阐释植物横置后, 根向地生长的原因_____。



高二生物学 参考答案

2024.01

第一部分

每题 2 分，共 30 分。

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

第二部分

本部分共 6 题，共 70 分。

16. (每空 2 分，共 10 分)

- (1) 空间 非生物 / 非密度制约
 (2) 减轻环境污染以实现可持续发展
 (3) 30.23 ※注：计算过程为 $(151965-91500) \div 2000=30.2325$

体现“社会—经济—自然复合生态系统”的相互关系，合理即可。

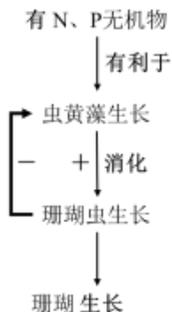
例如：不合理。目前泥鳅投放数量能够保持该生态系统的相对稳定状态，投放更多泥鳅需要投放更多饵料，会增加成本；泥鳅数量增多会导致种内竞争加剧，也会占用黑斑蛙等其他生物的资源 and 空间，不一定能实现增收。

17. (每空 2 分，共 12 分)

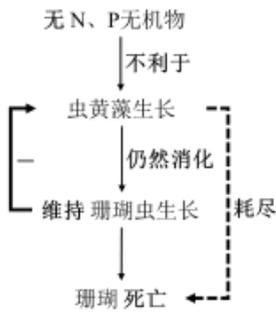
- (1) 生产者 互利共生
 (2) ① 两者体内的有机物均检测到 ^{15}N
 ② 波动 / 相对稳定

珊瑚虫维持正常生长所需的 N、P 有机物，依赖于更多地消化体内的虫黄藻

(3) (二选一即可)



注：“+”表示促进，“-”表示抑制。



注：“+”表示促进，“-”表示抑制。



18. (每空 2 分, 共 10 分)

- (1) 免疫器官、免疫细胞 免疫监视
- (2) ① 排除肠道内无关细菌对实验结果的干扰
- ② I. b II. b III. f IV. f
- ③ 具核梭杆菌降低肿瘤组织内细胞毒性 T 细胞所占比例并抑制细胞毒性 T 细胞产生 TNF 的功能, 使 PD-1 抗体治疗效果下降

19. (除注明外, 每空 1 分, 共 14 分)

- (1) 细胞膜 体液 促进血糖进入组织细胞进行氧化分解 / 促进葡萄糖合成糖原 / 促进葡萄糖转变为甘油三酯等 抑制肝糖原分解 / 抑制非糖物质转变成葡萄糖
- (2) 无葡萄糖刺激
- (3) ① 均无明显差异
- ② 胰岛 B 细胞内的 Ca^{2+} 浓度升高 更易被激活 / 被激活的数量增加 (2 分)
- ③ ac (2 分)
- (4) 转录因子 H 突变导致钾外流通道蛋白表达量下降; 钾外流通道蛋白表达量下降导致 K^{+} 外流减少, 细胞内 K^{+} 浓度上升, 激活钙通道, 使 Ca^{2+} 更多地从细胞外流入细胞内 (或细胞内 Ca^{2+} 浓度上升), 进而引起胰岛素分泌量上升 (3 分)

20. (除注明外, 每空 2 分, 共 12 分)

- (1) 神经调节和体液 / 神经调节和激素
- (2) 减轻 / 抑制 (1 分)
- (3) ① 频率和强度
- ② (直接) 释放于 P 区
- (4) EP、IP (1 分) 通过减弱 IP 且并不改变 EP, 从而激活 P 区伤害性感受神经元
- (5) 催产素通过减弱对 P 区伤害性感受神经元的抑制来激活 P 区, 减轻分娩过程中产生的疼痛感受, 有利于分娩的完成, 提高生物生存能力

21. (除注明外, 每空 2 分, 共 12 分)

- (1) 生长素 (3 分)
- (2) 野生型的 $|\theta|$ 集中在 0° 附近, 而突变体的 $|\theta|$ 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 分散分布 转入 L 基因的突变体植株 / 过表达 L 基因的突变体植株
- (3) 物质 M 通过与 L 蛋白 (更多) 结合, 促进 L 蛋白活化
- (4) 植物横置后, 物质 M 与 L 蛋白结合使 L 蛋白活化; 活化的 L 蛋白与淀粉体表面的 T 蛋白结合, 随淀粉体沉降进而改变其分布, 这会导致生长素在近地侧分布多; 生长素具有两重性, 近地侧生长慢于远地侧, 造成根向地弯曲生长 (3 分)