中五生物练习卷：遗传与突变、生态系统能量流、气体交换与运输、渗透与水势、酵素与代谢（100 分）

年级：中五 ｜ 科目：生物 ｜ 时限：75 分钟 ｜ 总分：100 分 ｜ 题数：24 ｜ 答案版

甲部　遗传与突变（18 分）

须列出遗传图解或计算步骤，基因型须用正确符号表示，并说明理由。

#	题目	答案	分数
1	豌豆高茎植株（基因型 Tt）与矮茎植株（tt）杂交。(a) 以遗传图解表示子代的基因型。(b) 计算子代中高茎所占的百分率。	(a) 配子：Tt 产生 T 及 t，tt 只产生 t。子代基因型 Tt : tt = 1 : 1，即 2 个 Tt 与 2 个 tt。(b) 高茎为 Tt，共 2 / 4 = 50%；矮茎 tt 亦为 50%。此为测交，比例 1 : 1 反映亲本为杂合子。	4
2	两对基因位于不同染色体：AaBb × AaBb。(a) 写出子代的表现型比例。(b) 计算子代中双隐性（aabb）所占的百分率。(c) 说明两对基因独立分配的原因。	(a) 每对基因自交得 3 : 1，两对相乘得 9 : 3 : 3 : 1（显显 : 显隐 : 隐显 : 隐隐）。(b) aabb 几率 = 1/4 × 1/4 = 1/16，即 6.25%。(c) 两对基因位于非同源染色体，减数分裂时各自独立排列，形成四种等量配子 AB、Ab、aB、ab。	5
3	血红蛋白 β 链基因的一个碱基由 A 变为 T，使第六位氨基酸由谷氨酸（密码子 GAG）变为缬氨酸（密码子 GUG）。(a) 指出这种突变的名称。(b) 解释为何一个碱基的改变足以影响蛋白质功能。(c) 对比若插入两个碱基会有什么后果。	(a) 属于点突变中的碱基替换（missense 错义突变）。(b) 一个密码子改变即令一个氨基酸被取代，缬氨酸属疏水，使血红蛋白在低氧时聚合，红血球变成镰刀形，引发镰刀型细胞贫血。(c) 插入两个碱基（非 3 的倍数）造成移码突变，该位置之后所有密码子被重新分组，整段氨基酸序列改变，通常完全失去功能。	4
4	红绿色盲为 X 连锁隐性遗传，等位基因记作 X^c。一名带因母亲（X^c X）与正常父亲（X Y）结婚。(a) 他们儿子患色盲的几率是多少？(b) 女儿成为带因者的几率是多少？(c) 全部子女中患色盲的几率是多少？	(a) 儿子从母亲取得 X 或 X^c，得 X^c Y 的几率为 50%。(b) 女儿必从父亲取得 X，从母亲取得 X^c 的几率为 50%，基因型 X^c X 为带因者，表现正常。(c) 四种组合中只有 X^c Y 患病，故 25%。女儿不可能患病，因为父亲提供正常的 X。	5

乙部　生态系统能量流（17 分）

计算须列出公式及单位，答案取三位有效数字。

#	题目	答案	分数
5	某草原生产者每年每平方米固定 50000 kJ 能量，各营养级之间能量传递效率为 10%。(a) 计算初级消费者可得的能量。(b) 计算三级消费者可得能量。(c) 计算由生产者到三级消费者的总传递效率。	(a) $50000 \times 0.1 = 5000$ kJ m^{-2} yr^{-1}。(b) $50000 \times 0.1^3 = 50$ kJ m^{-2} yr^{-1}。(c) $0.1^3 \times 100\% = 0.1\%$，即每经一级只剩十分之一，所以顶级消费者能得到的能量极少。	5
6	某森林生态系统总初级生产力（GPP）为 4800 kJ m^{-2} yr^{-1}，生产者呼吸作用消耗 2300 kJ m^{-2} yr^{-1}。(a) 计算净初级生产力（NPP）。(b) 解释 NPP 对生态系统的意义。(c) 说明其余能量在系统中的去向。	(a) NPP = GPP − R = 4800 − 2300 = 2500 kJ m^{-2} yr^{-1}。(b) NPP 是生产者用于生长及繁殖、可供其他营养级摄食的能量，是整个生态系统能量流的起点。(c) 其余能量以呼吸热能散失、成为枯枝落叶（进入分解者）、或被草食动物摄食后部分未被消化而排出。	4

7	观察一条食物链：草 → 蚱蜢 → 青蛙 → 蛇 → 鹰。(a) 写出鹰所处的营养级。(b) 说明能量在相邻营养级之间大量损失的三个原因。(c) 解释为何食物链通常不超过四至五个营养级。	(a) 草（生产者）→ 蚱蜢（初级消费者）→ 青蛙（次级）→ 蛇（三级）→ 鹰为第四级消费者（第五营养级）。(b) 一、呼吸作用以热能散失；二、部分生物体（骨骼、毛、纤维素）未被摄食或不能被消化而排出；三、排泄物及尸体被分解者取用。(c) 每级只剩约 10% 能量，到第五级已不足支持可存活种群，能量不足以维持更多营养级。	4
8	一片森林每公顷干重生物量为 12000 kg，含碳量为干重的 45%。(a) 计算该片森林储存的碳质量。(b) 若全部被分解者完全分解，计算释放到大气的二氧化碳质量。(c) 指出分解者在碳循环中的角色。	(a) 12000 kg × 0.45 = 5400 kg 碳。(b) CO_2 质量 = 5400 × 44/12 = 19800 kg。（CO_2 摩尔质量 44，碳 12）(c) 分解者分泌酵素分解枯枝落叶及尸体，把有机碳氧化为 CO_2 释回大气，同时释放矿物盐供生产者再用，令碳得以循环。	4

丙部　气体交换与运输（17 分）

计算须列式，并注明单位；解释题须指出具体结构。

#	题目	答案	分数
9	一名学生每次呼吸吸入 500 cm^3 空气，每分钟呼吸 12 次，每分钟消耗氧气 250 cm^3。(a) 计算每分钟通气量。(b) 计算吸入空气中氧气被提取的百分率。(c) 解释为何运动时提取率会上升。	(a) 500 × 12 = 6000 $cm^3\ min^{-1}$（= 6.0 $dm^3\ min^{-1}$）。(b) 250 ÷ 6000 × 100% = 4.17%。(c) 运动时组织耗氧增加，静脉血氧分压下降，与肺泡的氧分压差扩大，氧更快由肺泡扩散入血；同时心输出量及通气量增加，故每单位吸入空气可提取更多氧。	5
10	血红蛋白在肺微血管的氧饱和度为 98%，在运动中肌肉微血管则为 75%。(a) 计算每单位血红蛋白在组织释放的氧气百分率。(b) 说明波尔效应如何促进这个过程。(c) 解释胎儿血红蛋白曲线位于成人左方的好处。	(a) 98% – 75% = 23%，即每单位血红蛋白在组织释放约 23% 的氧。(b) 组织呼吸产生 CO_2，pH 下降、温度上升，令血红蛋白对氧的亲和力降低，曲线右移，在相同氧分压下释放更多氧给活跃组织。(c) 胎儿血红蛋白在同一氧分压下饱和度较高，能从母体血液夺取氧，补偿胎盘氧分压较低的限制。	4
11	一片叶的叶面积为 25 cm^2，下表皮气孔密度为每平方毫米 200 个。(a) 计算该叶片气孔总数。(b) 说明气孔在白天开启、晚上关闭的机制。(c) 指出气孔关闭对水分的影响。	(a) 25 cm^2 = 2500 mm^2；200 × 2500 = 500000 个气孔。(b) 日间光合作用产生 ATP，保卫细胞以主动运输泵入 K^+，水势下降，水分渗入令细胞膨胀（turgid），内侧较薄的细胞壁伸张较多，气孔张开；缺水或夜间 K^+ 流出，细胞松软，气孔关闭。(c) 气孔关闭使蒸腾作用几乎停止，减少水分流失，但同时限制 CO_2 进入，光合速率下降。	4
12	某人每跳输出量为 70 cm^3，静息心率 72 次 min^{-1}。(a) 计算静息心输出量。(b) 运动时心率升至 150 次 min^{-1}，假设每跳输出量不变，计算心输出量及其增幅百分率。(c) 说明心输出量增加对肌肉的好处。	(a) 70 × 72 = 5040 $cm^3\ min^{-1} \approx 5.04\ dm^3\ min^{-1}$。(b) 70 × 150 = 10500 $cm^3\ min^{-1}$（10.5 $dm^3\ min^{-1}$）；增幅 = (10500 – 5040) ÷ 5040 × 100% = 108.3%。(c) 更多血液流经肌肉，带来更多氧及葡萄糖，并加快带走 CO_2 及乳酸，维持需氧呼吸及延迟疲劳。	4

丁部　渗透与水势（16 分）

水势以 kPa 表示，计算须列公式；答案须附单位。

#	题目	答案	分数
13	一个植物细胞的溶质势为 -800 kPa，压力势（膨压）为 400 kPa，外部溶液的渗透势为 -600 kPa。(a) 计算细胞的水势。(b) 判断水分净流向，并解释。(c) 预测细胞一段时间后的形态变化。	(a) ψw = ψs + ψp = -800 + 400 = -400 kPa。(b) 细胞水势 -400 kPa 高于溶液 -600 kPa，水由高水势（细胞）流向低水势（溶液），即水净流出细胞。(c) 细胞失去水分，膨压下降，原生质体收缩而与细胞壁分离，出现质壁分离（plasmolysis），细胞变软。	4
14	在 25 °C 下配制 0.10 mol dm⁻³ 氯化钠溶液。已知 R = 8.31 J mol⁻¹ K⁻¹，NaCl 完全电离（i = 2）。(a) 计算该溶液的溶质势。(b) 解释为何 NaCl 的 i 值为 2。(c) 比较同浓度葡萄糖溶液的溶质势。	(a) ψs = −iCRT = −2 × 0.10 × 8.31 × 298 = -495.3 kPa ≈ −495 kPa。(b) NaCl 在水中完全解离成 Na^+ 及 Cl^- 两种粒子，粒子数为溶质分子数的 2 倍，故 i = 2 反映电离产生的粒子总数。(c) 葡萄糖不电离，i = 1，ψs 约为 −iCRT = −0.10 × 8.31 × 298 ≈ −248 kPa，即同浓度下葡萄糖溶液的溶质势只有 NaCl 的一半（负值较小），吸水能力较弱。	5
15	四条同批马铃薯条初始质量均为 2.40 g。浸泡一小时后，A 条重 2.70 g，B 条重 2.10 g。(a) 分别计算两条的质量变化百分率。(b) 判断哪一条浸在纯水、哪一条浸在浓糖水，并解释。(c) 说明实验应如何减少误差。	(a) A：(2.70 − 2.40) ÷ 2.40 × 100% = +12.5%；B：(2.10 − 2.40) ÷ 2.40 × 100% = -12.5%。(b) A 条在纯水：外部水势高于细胞，水渗入，质量上升，细胞膨胀坚挺；B 条在浓糖水：外部水势低于细胞，水渗出，出现质壁分离，质量下降。(c) 每组用多条薯条取平均、以吸水纸印干表面水、使用电子天平、控制温度及浸泡时间一致，并避免薯条表面积差异。	4
16	一株植物在两小时内蒸腾失水 24 cm³。(a) 计算平均蒸腾速率（cm³ h⁻¹ 及 cm³ min⁻¹）。(b) 指出蒸腾拉力如何把水由根部送到叶片。	(a) 24 ÷ 2 = 12 cm³ h⁻¹；12 ÷ 60 = 0.2 cm³ min⁻¹。(b) 叶片气孔蒸腾使叶肉细胞水势下降，水由木质部导管经叶脉补充，形成连续水柱；水分子间的内聚力与管壁的附着力令水柱能承受张力，在负压下拉升，最后由根部吸水补充。	3

戊部　酵素与代谢（16 分）

计算须列式；解释题须提及活性位点或酶—底物复合物。

#	题目	答案	分数
17	某酶在 20 °C 时反应速率为 8 单位 min⁻¹，在 30 °C 时为 16 单位 min⁻¹。(a) 计算温度系数 Q10。(b) 预测 45 °C 时的速率并解释。(c) 说明 Q10 与酶变性的分别。	(a) Q10 = 速率(30 °C) ÷ 速率(20 °C) = 16 ÷ 8 = 2.0，即温度每升 10 °C 速率加倍。(b) 45 °C 时速率大幅下降（接近零），因为酶属蛋白质，高温破坏氢键及离子键，三维结构改变，活性位点变形，底物不能再形成酶—底物复合物，此为不可逆变性。(c) Q10 描述反应速率的温度敏感度（多数酶约 2）；变性指酶空间结构被破坏而永久失去催化能力，两者概念不同。	4
18	研究某酶的抑制剂：无抑制剂时 Vmax = 120、Km = 4 mmol dm⁻³；加入抑制剂 X 后 Vmax = 120、Km = 8；加入抑制剂 Y 后 Vmax = 60、Km = 4。(a) 判断 X 及 Y 的抑制类型。(b) 解释 X 的作用机制。(c) 说明如何用实验解除 X 的抑制。	(a) X 为竞争性抑制（Vmax 不变、Km 增大）；Y 为非竞争性抑制（Vmax 减半、Km 不变）。(b) X 的结构与底物相似，与底物竞争同一活性位点，部分活性位点被占据，需更高底物浓度才达半最大速率，故 Km 由 4 升至 8；底物足够多时仍可饱和全部活性位点，故 Vmax 不变。(c) 增加底物浓度可把 X 从活性位点挤走，抑制程度减弱，速率可回升至接近 Vmax。	4
19	实验测得某酶在不同底物浓度下的初速率：[S] = 2 mmol dm⁻³ 时速率 40；[S] =	(a) Vmax = 120 单位；半最大速率 = 60，对应 [S] = 4 mmol dm⁻³，故 Km = 4 mmol dm⁻³。(b) Km 是速率达一半 Vmax	5

	4 时速率 60；[S] = 8 时速率 80；底物饱和时速率为 120 单位。(a) 求 Vmax 及 Km。(b) 解释 Km 的生物学意义。(c) 说明为何速率最终趋于平稳。	时的底物浓度，反映酶对底物的亲和力：Km 越小亲和力越高，可在生理浓度下有效催化。(c) 底物浓度足够高时全部活性位点已被占据（饱和），再加底物也不能增加酶—底物复合物数目，故速率受限于酶浓度而趋于平稳。	
20	完全氧化 1 mol 葡萄糖释放 2870 kJ 能量，细胞共产生 38 mol ATP，每 mol ATP 储存 30.5 kJ。(a) 计算储存在 ATP 的能量。(b) 计算呼吸作用的能量效率。(c) 说明其余能量的去向。	(a) 38 × 30.5 = 1159 kJ。(b) 效率 = 1159 ÷ 2870 × 100% = 40.4%。(c) 其余约 60% 以热能散失，部分用于维持体温；效率受电子传递链的漏能及质子梯度损耗限制。	3

己部　综合数据分析（16 分）

须列公式、代入数值并解释结论；统计检定须说明自由度。

#	题目	答案	分数
21	两株杂合高茎豌豆杂交，子二代共 400 株，其中高茎 310 株、矮茎 90 株。若符合 3 : 1 比例，期望值为 300 及 100。(a) 计算卡方值 χ^2。(b) 指出自由度。(c) 判断结果是否支持 3 : 1 假设（临界值 3.84）。	(a) $\chi^2 = (O - E)^2 / E$ 之和 = $(310-300)^2/300 + (90-100)^2/100$ = 0.333 + 1.000 = 1.33。(b) 表现型类别 2 个，自由度 = 2 − 1 = 1。(c) $\chi^2 = 1.33 < 3.84$，差异不显著（$p > 0.05$），不能拒绝 3 : 1 的假设，即数据与单基因杂交的孟德尔比例相符。	5
22	某草原食物链为：草 → 兔 → 蛇 → 鹰，能量传递效率为 10%。若鹰的族群需要 5 kg 生物量。(a) 计算所需的蛇、兔及草（生产者）生物量。(b) 解释为何顶级捕食者数量通常很少。(c) 指出人类若大量捕猎蛇，对草的影响。	(a) 蛇 = 5 ÷ 0.1 = 50 kg；兔 = 50 ÷ 0.1 = 500 kg；草 = 500 ÷ 0.1 = 5000 kg。(b) 每升一级只剩约 10% 能量，顶级捕食者能获得的能量极少，可用能量只能支持小种群，故个体数及生物量都最少。(c) 蛇减少使兔的捕食压力下降，兔数量增加，草被大量取食而减少，可能导致植被退化及整个食物网不稳。	4
23	气体扩散速率与表面积及浓度差成正比，与扩散距离（厚度）成反比。若某交换表面的面积加倍、厚度减半，浓度差不变。(a) 计算扩散速率变为原来的多少倍。(b) 以肺泡结构说明这种关系。(c) 说明吸烟如何破坏这个关系。	(a) 速率 $\propto$ 面积 ÷ 厚度 = 2 ÷ 0.5，即变为原来的 4 倍。(b) 肺泡数目极多，总表面积约 70 m^2；肺泡壁及微血管壁各只有一个细胞厚，距离极短，加上持续通气及血流维持浓度差，故氧及二氧化碳交换极快。(c) 吸烟破坏肺泡壁，肺泡融合成气囊，表面积大减；同时分泌物及炎症令壁增厚、距离增加，浓度差亦因通气不良而下降，三重因素令扩散速率显著下降，引起肺气肿及缺氧。	4
24	保卫细胞的水势由 -300 kPa 变为 -700 kPa。(a) 计算膨压可增加的幅度。(b) 解释气孔如何因此张开。(c) 说明缺水时植物如何保护自己。	(a) 水势下降幅度 = -300 − (-700) = 400 kPa，即最多可产生 400 kPa 的额外吸水动力。(b) 保卫细胞水势低于周围表皮细胞，水分渗入，细胞膨胀；内侧细胞壁较厚、外侧较薄，受压时外壁伸张较多，细胞弯曲，两细胞间的孔隙张开。(c) 缺水时植物分泌离层酸（ABA），钾离子流出保卫细胞，水势回升、细胞松软，气孔关闭以减少蒸腾；叶片亦可能卷曲或脱落，根系加深以维持吸水。	3