中五生物練習卷：遺傳與突變、生態系統能量流、氣體交換與運輸、滲透與水勢、酵素與代謝（100 分）

年級：中五　｜　科目：生物　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　題數：24　｜　答案版

甲部　遺傳與突變（18 分）

須列出遺傳圖解或計算步驟，基因型須用正確符號表示，並說明理由。

#	題目	答案	分數
1	豌豆高莖植株（基因型 Tt）與矮莖植株（tt）雜交。(a) 以遺傳圖解表示子代的基因型。(b) 計算子代中高莖所佔的百分率。	(a) 配子：Tt 產生 T 及 t，tt 只產生 t。子代基因型 Tt : tt = 1 : 1，即 2 個 Tt 與 2 個 tt。(b) 高莖為 Tt，共 2 / 4 = 50%；矮莖 tt 亦為 50%。此為測交，比例 1 : 1 反映親本為雜合子。	4
2	兩對基因位於不同染色體：AaBb × AaBb。(a) 寫出子代的表現型比例。(b) 計算子代中雙隱性（aabb）所佔的百分率。(c) 說明兩對基因獨立分配的原因。	(a) 每對基因自交得 3 : 1，兩對相乘得 9 : 3 : 3 : 1（顯顯 : 顯隱 : 隱顯 : 隱隱）。(b) aabb 機率 = 1/4 × 1/4 = 1/16，即 6.25%。(c) 兩對基因位於非同源染色體，減數分裂時各自獨立排列，形成四種等量配子 AB、Ab、aB、ab。	5
3	血紅蛋白 β 鏈基因的一個鹼基由 A 變為 T，使第六位氨基酸由穀氨酸（密碼子 GAG）變為纈氨酸（密碼子 GUG）。(a) 指出這種突變的名稱。(b) 解釋為何一個鹼基的改變足以影響蛋白質功能。(c) 對比若插入兩個鹼基會有甚麼後果。	(a) 屬於點突變中的鹼基替換（missense 錯義突變）。(b) 一個密碼子改變即令一個氨基酸被取代，纈氨酸屬疏水，使血紅蛋白在低氧時聚合，紅血球變成鐮刀形，引發鐮刀型細胞貧血。(c) 插入兩個鹼基（非 3 的倍數）造成移碼突變，該位置之後所有密碼子被重新分組，整段氨基酸序列改變，通常完全失去功能。	4
4	紅綠色盲為 X 連鎖隱性遺傳，等位基因記作 X^c。一名帶因母親（X^c X）與正常父親（X Y）結婚。(a) 他們兒子患色盲的機率是多少？(b) 女兒成為帶因者的機率是多少？(c) 全部子女中患色盲的機率是多少？	(a) 兒子從母親取得 X 或 X^c，得 X^c Y 的機率為 50%。(b) 女兒必從父親取得 X，從母親取得 X^c 的機率為 50%，基因型 X^c X 為帶因者，表現正常。(c) 四種組合中只有 X^c Y 患病，故 25%。女兒不可能患病，因為父親提供正常的 X。	5

乙部　生態系統能量流（17 分）

計算須列出公式及單位，答案取三位有效數字。

#	題目	答案	分數
5	某草原生產者每年每平方米固定 50000 kJ 能量，各營養級之間能量傳遞效率為 10%。(a) 計算初級消費者可得的能量。(b) 計算三級消費者可得能量。(c) 計算由生產者到三級消費者的總傳遞效率。	(a) $50000 \times 0.1 = 5000$ kJ m^{-2} yr^{-1}。(b) $50000 \times 0.1^3 = 50$ kJ m^{-2} yr^{-1}。(c) $0.1^3 \times 100\% = 0.1\%$，即每經一級只剩十分之一，所以頂級消費者能得到的能量極少。	5
6	某森林生態系統總初級生產力（GPP）為 4800 kJ m^{-2} yr^{-1}，生產者呼吸作用消耗 2300 kJ m^{-2} yr^{-1}。(a) 計算淨初級生產力（NPP）。(b) 解釋 NPP 對生態系統的意義。(c) 說明其餘能量在系統中的去向。	(a) NPP = GPP − R = 4800 − 2300 = 2500 kJ m^{-2} yr^{-1}。(b) NPP 是生產者用於生長及繁殖、可供其他營養級攝食的能量，是整個生態系統能量流的起點。(c) 其餘能量以呼吸熱能散失、成為枯枝落葉（進入分解者）、或被草食動物攝食後部分未被消化而排出。	4

7	觀察一條食物鏈：草 → 蚱蜢 → 青蛙 → 蛇 → 鷹。(a) 寫出鷹所處的營養級。(b) 說明能量在相鄰營養級之間大量損失的三個原因。(c) 解釋為何食物鏈通常不超過四至五個營養級。	(a) 草（生產者）→ 蚱蜢（初級消費者）→ 青蛙（次級）→ 蛇（三級）→ 鷹為第四級消費者（第五營養級）。(b) 一、呼吸作用以熱能散失；二、部分生物體（骨骼、毛、纖維素）未被攝食或不能被消化而排出；三、排泄物及屍體被分解者取用。(c) 每級只剩約 10% 能量，到第五級已不足支持可存活種群，能量不足以維持更多營養級。	4
8	一片森林每公頃乾重生物量為 12000 kg，含碳量為乾重的 45%。(a) 計算該片森林儲存的碳質量。(b) 若全部被分解者完全分解，計算釋放到大氣的二氧化碳質量。(c) 指出分解者在碳循環中的角色。	(a) 12000 kg × 0.45 = 5400 kg 碳。(b) CO_2 質量 = 5400 × 44/12 = 19800 kg。（CO_2 摩爾質量 44，碳 12）(c) 分解者分泌酵素分解枯枝落葉及屍體，把有機碳氧化為 CO_2 釋回大氣，同時釋放礦物鹽供生產者再用，令碳得以循環。	4

丙部　氣體交換與運輸（17 分）

計算須列式，並註明單位；解釋題須指出具體結構。

#	題目	答案	分數
9	一名學生每次呼吸吸入 500 cm^3 空氣，每分鐘呼吸 12 次，每分鐘消耗氧氣 250 cm^3。(a) 計算每分鐘通氣量。(b) 計算吸入空氣中氧氣被提取的百分率。(c) 解釋為何運動時提取率會上升。	(a) 500 × 12 = 6000 $cm^3\ min^{-1}$（= 6.0 $dm^3\ min^{-1}$）。(b) 250 ÷ 6000 × 100% = 4.17%。(c) 運動時組織耗氧增加，靜脈血氧分壓下降，與肺泡的氧分壓差擴大，氧更快由肺泡擴散入血；同時心輸出量及通氣量增加，故每單位吸入空氣可提取更多氧。	5
10	血紅蛋白在肺微血管的氧飽和度為 98%，在運動中肌肉微血管則為 75%。(a) 計算每單位血紅蛋白在組織釋放的氧氣百分率。(b) 說明波爾效應如何促進這個過程。(c) 解釋胎兒血紅蛋白曲線位於成人左方的好處。	(a) 98% – 75% = 23%，即每單位血紅蛋白在組織釋放約 23% 的氧。(b) 組織呼吸產生 CO_2，pH 下降、溫度上升，令血紅蛋白對氧的親和力降低，曲線右移，在相同氧分壓下釋放更多氧給活躍組織。(c) 胎兒血紅蛋白在同一氧分壓下飽和度較高，能從母體血液奪取氧，補償胎盤氧分壓較低的限制。	4
11	一片葉的葉面積為 25 cm^2，下表皮氣孔密度為每平方毫米 200 個。(a) 計算該葉片氣孔總數。(b) 說明氣孔在白天開啟、晚上關閉的機制。(c) 指出氣孔關閉對水分的影響。	(a) 25 cm^2 = 2500 mm^2；200 × 2500 = 500000 個氣孔。(b) 日間光合作用產生 ATP，保衛細胞以主動運輸泵入 K^+，水勢下降，水分滲入令細胞膨脹（turgid），內側較薄的細胞壁伸張較多，氣孔張開；缺水或夜間 K^+ 流出，細胞鬆軟，氣孔關閉。(c) 氣孔關閉使蒸騰作用幾乎停止，減少水分流失，但同時限制 CO_2 進入，光合速率下降。	4
12	某人每跳輸出量為 70 cm^3，靜息心率 72 次 min^{-1}。(a) 計算靜息心輸出量。(b) 運動時心率升至 150 次 min^{-1}，假設每跳輸出量不變，計算心輸出量及其增幅百分率。(c) 說明心輸出量增加對肌肉的好處。	(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) 更多血液流經肌肉，帶來更多氧及葡萄糖，並加快帶走 CO_2 及乳酸，維持需氧呼吸及延遲疲勞。	4

丁部　滲透與水勢（16 分）

水勢以 kPa 表示，計算須列公式；答案須附單位。

#	題目	答案	分數
13	一個植物細胞的溶質勢為 -800 kPa，壓力勢（膨壓）為 400 kPa，外部溶液的滲透勢為 -600 kPa。(a) 計算細胞的水勢。(b) 判斷水分淨流向，並解釋。(c) 預測細胞一段時間後的形態變化。	(a) $\psi_w = \psi_s + \psi_p = -800 + 400 = -400$ kPa。(b) 細胞水勢 -400 kPa 高於溶液 -600 kPa，水由高水勢（細胞）流向低水勢（溶液），即水淨流出細胞。(c) 細胞失去水分，膨壓下降，原生質體收縮而與細胞壁分離，出現質壁分離（plasmolysis），細胞變軟。	4
14	在 25 °C 下配製 0.10 mol dm^{-3} 氯化鈉溶液。已知 R = 8.31 J mol^{-1} K^{-1}，NaCl 完全電離（i = 2）。(a) 計算該溶液的溶質勢。(b) 解釋為何 NaCl 的 i 值為 2。(c) 比較同濃度葡萄糖溶液的溶質勢。	(a) $\psi_s = -iCRT = -2 \times 0.10 \times 8.31 \times 298 = -495.3$ kPa ≈ -495 kPa。(b) NaCl 在水中完全解離成 Na^+ 及 Cl^- 兩種粒子，粒子數為溶質分子數的 2 倍，故 i = 2 反映電離產生的粒子總數。(c) 葡萄糖不電離，i = 1，ψ_s 約為 $-iCRT = -0.10 \times 8.31 \times 298 \approx -248$ kPa，即同濃度下葡萄糖溶液的溶質勢只有 NaCl 的一半（負值較小），吸水能力較弱。	5
15	四條同批馬鈴薯條初始質量均為 2.40 g。浸泡一小時後，A 條重 2.70 g，B 條重 2.10 g。(a) 分別計算兩條的質量變化百分率。(b) 判斷哪一條浸在純水、哪一條浸在濃糖水，並解釋。(c) 說明實驗應如何減少誤差。	(a) A：$(2.70 - 2.40) \div 2.40 \times 100\% = +12.5\%$；B：$(2.10 - 2.40) \div 2.40 \times 100\% = -12.5\%$。(b) A 條在純水：外部水勢高於細胞，水滲入，質量上升，細胞膨脹堅挺；B 條在濃糖水：外部水勢低於細胞，水滲出，出現質壁分離，質量下降。(c) 每組用多條薯條取平均、以吸水紙印乾表面水、使用電子天平、控制溫度及浸泡時間一致，並避免薯條表面積差異。	4
16	一株植物在兩小時內蒸騰失水 24 cm^3。(a) 計算平均蒸騰速率（cm^3 h^{-1} 及 cm^3 min^{-1}）。(b) 指出蒸騰拉力如何把水由根部送到葉片。	(a) $24 \div 2 = 12$ cm^3 h^{-1}；$12 \div 60 = 0.2$ cm^3 min^{-1}。(b) 葉片氣孔蒸騰使葉肉細胞水勢下降，水由木質部導管經葉脈補充，形成連續水柱；水分子間的內聚力與管壁的附著力令水柱能承受張力，在負壓下拉升，最後由根部吸水補充。	3

戊部　酵素與代謝（16 分）

計算須列式；解釋題須提及活性位點或酶—底物複合物。

#	題目	答案	分數
17	某酶在 20 °C 時反應速率為 8 單位 min^{-1}，在 30 °C 時為 16 單位 min^{-1}。(a) 計算溫度系數 Q10。(b) 預測 45 °C 時的速率並解釋。(c) 說明 Q10 與酶變性的分別。	(a) Q10 = 速率(30 °C) ÷ 速率(20 °C) = 16 ÷ 8 = 2.0，即溫度每升 10 °C 速率加倍。(b) 45 °C 時速率大幅下降（接近零），因為酶屬蛋白質，高溫破壞氫鍵及離子鍵，三維結構改變，活性位點變形，底物不能再形成酶—底物複合物，此為不可逆變性。(c) Q10 描述反應速率的溫度敏感度（多數酶約 2）；變性指酶空間結構被破壞而永久失去催化能力，兩者概念不同。	4
18	研究某酶的抑制劑：無抑制劑時 Vmax = 120、Km = 4 mmol dm^{-3}；加入抑制劑 X 後 Vmax = 120、Km = 8；加入抑制劑 Y 後 Vmax = 60、Km = 4。(a) 判斷 X 及 Y 的抑制類型。(b) 解釋 X 的作用機制。(c) 說明如何用實驗解除 X 的抑制。	(a) X 為競爭性抑制（Vmax 不變、Km 增大）；Y 為非競爭性抑制（Vmax 減半、Km 不變）。(b) X 的結構與底物相似，與底物競爭同一活性位點，部分活性位點被佔據，需更高底物濃度才達半最大速率，故 Km 由 4 升至 8；底物足夠多時仍可飽和全部活性位點，故 Vmax 不變。(c) 增加底物濃度可把 X 從活性位點擠走，抑制程度減弱，速率可回升至接近 Vmax。	4
19	實驗測得某酶在不同底物濃度下的初速率：[S] = 2 mmol dm^{-3} 時速率 40；[S] =	(a) Vmax = 120 單位；半最大速率 = 60，對應 [S] = 4 mmol dm^{-3}，故 Km = 4 mmol dm^{-3}。(b) Km 是速率達一半 Vmax	5

	4 時速率 60；[S] = 8 時速率 80；底物飽和時速率為 120 單位。(a) 求 Vmax 及 Km。(b) 解釋 Km 的生物學意義。(c) 說明為何速率最終趨於平穩。	時的底物濃度，反映酶對底物的親和力：Km 越小親和力越高，可在生理濃度下有效催化。(c) 底物濃度足夠高時全部活性位點已被佔據（飽和），再加底物也不能增加酶—底物複合物數目，故速率受限於酶濃度而趨於平穩。	
20	完全氧化 1 mol 葡萄糖釋放 2870 kJ 能量，細胞共產生 38 mol ATP，每 mol ATP 儲存 30.5 kJ。(a) 計算儲存在 ATP 的能量。(b) 計算呼吸作用的能量效率。(c) 說明其餘能量的去向。	(a) 38 × 30.5 = 1159 kJ。(b) 效率 = 1159 ÷ 2870 × 100% = 40.4%。(c) 其餘約 60% 以熱能散失，部分用於維持體溫；效率受電子傳遞鏈的漏能及質子梯度損耗限制。	3

己部　綜合數據分析（16 分）

須列公式、代入數值並解釋結論；統計檢定須說明自由度。

#	題目	答案	分數
21	兩株雜合高莖豌豆雜交，子二代共 400 株，其中高莖 310 株、矮莖 90 株。若符合 3 : 1 比例，期望值為 300 及 100。(a) 計算卡方值 χ^2。(b) 指出自由度。(c) 判斷結果是否支持 3 : 1 假設（臨界值 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) 表現型類別 2 個，自由度 = 2 − 1 = 1。(c) $\chi^2 = 1.33 < 3.84$，差異不顯著（$p > 0.05$），不能拒絕 3 : 1 的假設，即數據與單基因雜交的孟德爾比例相符。	5
22	某草原食物鏈為：草 → 兔 → 蛇 → 鷹，能量傳遞效率為 10%。若鷹的族群需要 5 kg 生物量。(a) 計算所需的蛇、兔及草（生產者）生物量。(b) 解釋為何頂級捕食者數量通常很少。(c) 指出人類若大量捕獵蛇，對草的影響。	(a) 蛇 = 5 ÷ 0.1 = 50 kg；兔 = 50 ÷ 0.1 = 500 kg；草 = 500 ÷ 0.1 = 5000 kg。(b) 每升一級只剩約 10% 能量，頂級捕食者能獲得的能量極少，可用能量只能支持小種群，故個體數及生物量都最少。(c) 蛇減少使兔的捕食壓力下降，兔數量增加，草被大量取食而減少，可能導致植被退化及整個食物網不穩。	4
23	氣體擴散速率與表面積及濃度差成正比，與擴散距離（厚度）成反比。若某交換表面的面積加倍、厚度減半，濃度差不變。(a) 計算擴散速率變為原來的多少倍。(b) 以肺泡結構說明這種關係。(c) 說明吸煙如何破壞這個關係。	(a) 速率 $\propto$ 面積 ÷ 厚度 = 2 ÷ 0.5，即變為原來的 4 倍。(b) 肺泡數目極多，總表面積約 70 m^2；肺泡壁及微血管壁各只有一個細胞厚，距離極短，加上持續通氣及血流維持濃度差，故氧及二氧化碳交換極快。(c) 吸煙破壞肺泡壁，肺泡融合成氣囊，表面積大減；同時分泌物及炎症令壁增厚、距離增加，濃度差亦因通氣不良而下降，三重因素令擴散速率顯著下降，引起肺氣腫及缺氧。	4
24	保衛細胞的水勢由 -300 kPa 變為 -700 kPa。(a) 計算膨壓可增加的幅度。(b) 解釋氣孔如何因此張開。(c) 說明缺水時植物如何保護自己。	(a) 水勢下降幅度 = -300 − (-700) = 400 kPa，即最多可產生 400 kPa 的額外吸水動力。(b) 保衛細胞水勢低於周圍表皮細胞，水分滲入，細胞膨脹；內側細胞壁較厚、外側較薄，受壓時外壁伸張較多，細胞彎曲，兩細胞間的孔隙張開。(c) 缺水時植物分泌離層酸（ABA），鉀離子流出保衛細胞，水勢回升、細胞鬆軟，氣孔關閉以減少蒸騰；葉片亦可能捲曲或脫落，根系加深以維持吸水。	3