IB 生物 SL Paper 2 結構題模擬卷｜6 題・50 分・1 小時 15 分

中五至中六（IB SL）　生物　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：50 分　｜　共 6 題

甲部：數據題（30 分）

結構題：須列出計算步驟，答案須附正確單位；每題所有小題均須作答。全卷 50 分。

1. 一部實驗用同一濃度的過氧化氫酶催化 2% 過氧化氫溶液，每 20 秒讀取一次釋出氧氣體積，結果如下：

40 秒：6.0 cm³　80 秒：12.0 cm³　120 秒：18.0 cm³　160 秒：20.0 cm³

(a) 計算 0 – 40 秒及 80 – 120 秒兩段時間的平均反應速率（cm³ min⁻¹）。

(b) 解釋為何 80 – 120 秒一段的速率與 0 – 40 秒一段相同。

(c) 建議 120 – 160 秒一段速率下降的一個原因。

(d) 指出實驗中應保持不變的一項變數，並說明如何量度酶活性。

答案：(a) 0 – 40 秒：6.0 cm³ ÷ (40 ÷ 60) min = 9.0 cm³ min⁻¹；80 – 120 秒：6.0 cm³ ÷ 40 s = 40 cm³ min⁻¹。〔2 分：算式 1 分，兩個數值 1 分〕

(b) 兩段時間速率皆為 9.0 cm³ min⁻¹，因為測得的氧氣體積與時間成正比——過氧化氫濃度充足，酶活性位全部被佔用（飽和），反應以最大速率 Vmax 進行；讀數每 20 秒記一次，速率 = ΔV ÷ Δt，故 ΔV 與 Δt 同比例增加時速率不變。〔3 分〕

(c) 底物濃度隨時間下降，活性位不再全部被佔用，反應速率因而低於 Vmax；亦可接受「部分酶因長時間反應而變性」。〔2 分〕

(d) 溫度、pH 或酶濃度任一項保持不變；量度單位時間內釋出的氧氣體積（即初速率）。〔1 分〕

2. 五組長度與質量相同的馬鈴薯條（每組 3 條，初始平均質量 2.4 g）分別浸在蔗糖溶液中 30 分鐘，取出吸乾表面水分後再稱重：

0.00 mol dm⁻³：2.76 g　0.20 mol dm⁻³：2.52 g　0.40 mol dm⁻³：2.4 g　0.60 mol dm⁻³：2.28 g　0.80 mol dm⁻³：2.16 g

(a) 計算每一組的質量變化百分率。

(b) 估算馬鈴薯細胞的滲透濃度（以 mol dm⁻³ 表示），並解釋你的估算方法。

(c) 解釋 0.00 mol dm⁻³ 一組的細胞為何質量增加。

(d) 指出為何每次稱重前要先吸乾薯條表面的水分。

答案：(a) 質量變化百分率 = (最終質量 − 初始質量) ÷ 初始質量 × 100%：0.00 → 15.0%；0.20 → 5.0%；0.40 → 0.0%；0.60 → -5.0%；0.80 → -10.0%。〔3 分：每兩個數值 1 分〕

(b) 約 0.40 mol dm⁻³〔2 分〕。方法：找出質量變化為零的溶液濃度，此時外部溶液與細胞液的水勢相等，即無淨水移動〔1 分〕。

(c) 蒸餾水的水勢高於細胞液，水分子經半透膜由外部淨流入液泡；細胞壁限制體積膨脹，形成膨壓（turgor），質量因而增加。〔1 分〕

(d) 移除附着在表面的溶液，否則額外質量會使「最終質量」偏高，質量變化百分率被高估。〔1 分〕

3. 番茄的果實顏色由一對等位基因（R／r）控制，果形由另一對等位基因（S／s）控制。兩株純合親本雜交，F_1 全為紅色圓形果，F_1 自交得 F_2 共 1600 株：紅色圓形 900、紅色長形 300、黃色圓形 300、黃色長形 100。

(a) 寫出兩株純合親本的基因型。

(b) 由 F_2 數目計算表型比例，並說明它是否符合獨立分配。

(c) 若把 F_1 與黃色長形果植株測交，預期 800 株後代中各表型的數目為何？

(d) 解釋獨立分配如何產生如此多樣的配子組合。

答案：(a) RRSS（紅色圓形）× rrss（黃色長形）；F_1 為 RrSs〔2 分〕。

(b) 比例 = 900 : 300 : 300 : 100 = 9 : 3 : 3 : 1〔1 分〕。此比例正是兩對基因位於非同源染色體上、獨立分配時的預期比例，故符合獨立分配〔1 分〕。

(c) RrSs × rrss → RrSs（紅圓）、Rrss（紅長）、rrSs（黃圓）、rrss（黃長）各佔 1/4，即 800 株後代中每種表型 200 株〔2 分〕。

(d) 減數分裂 I 中兩對同源染色體隨機排列於赤道板兩側，R / r 與 S / s 可自由組合，因而形成 RS、Rs、rS、rs 四種等量配子〔1 分〕。

4. 一名生態學家在池塘捕捉 120 隻青蛙，全部在後腿綁上標記後放回。一星期後再捕捉 100 隻，當中有 15 隻帶標記。

(a) 用林肯指數估算池塘青蛙的族群大小，並指出此方法的一項假設。

(b) 該池塘的生產者總初級生產量（GPP）為 48,600 kJ m^{-2} yr^{-1}，呼吸作用消耗 36,200 kJ m^{-2} yr^{-1}，計算淨初級生產量（NPP）。

(c) 若能量由生產者傳到初級消費者的效率為 10%，計算初級消費者可得能量。

(d) 解釋為何食物鏈很少超過四至五個營養級。

答案：(a) $N = (M \times C) \div R = (120 \times 100) \div 15 = 800$ 隻〔2 分〕。假設：標記不影響生存、被捕機會及活動；族群在兩次捕捉之間沒有遷入、遷出、出生或死亡；標記個體在第二次捕捉時已均勻混合〔1 分〕。

(b) NPP = GPP − R = 48,600 − 36,200 = 12,400 kJ m^{-2} yr^{-1}〔2 分〕。

(c) $12,400 \times 10\% = 1,240$ kJ m^{-2} yr^{-1}〔1 分〕。

(d) 每一營養級都以呼吸作用及排泄流失大量能量，實際傳遞效率通常只有約 10%，能量在傳遞中逐級大幅減少，不足以支持更多營養級〔1 分〕。

乙部：延伸題（20 分）

結構題：須列出計算步驟，答案須附正確單位；每題所有小題均須作答。全卷 50 分。

5. (a) 一名學生在靜止時潮氣量（tidal volume）為 0.45 dm³，呼吸頻率 16 次 min⁻¹；計算每分鐘肺通氣量（pulmonary ventilation rate）。

(b) 吸入空氣含氧 21%，呼出空氣含氧 16%，計算每分鐘消耗氧氣量（以 cm³ min⁻¹ 表示）。

(c) 運動時潮氣量增至 1.1 dm³、呼吸頻率增至 24 次 min⁻¹，計算運動時通氣量及相對靜止時的倍數。

(d) 解釋運動時呼吸頻率加快的生理原因，並說明為何氣體交換需要在濕潤的表面上進行。

答案：(a) 肺通氣量 = 潮氣量 × 呼吸頻率 = 0.45 × 16 = 7.2 dm³ min⁻¹〔2 分〕。

(b) 每分鐘吸入氧氣 = 7.2 × 21% = 1.512 dm³；呼出氧氣 = 7.2 × 16% = 1.152 dm³；消耗 = 1.512 − 1.152 = 0.36 dm³ min⁻¹ = 360 cm³ min⁻¹〔3 分〕。

(c) 1.1 × 24 = 26.4 dm³ min⁻¹；26.4 ÷ 7.2 = 3.67 倍〔2 分〕。

(d) 運動時肌肉呼吸作用加快，血液二氧化碳分壓上升、pH 下降，延腦的呼吸中樞受刺激而增加神經衝動，使呼吸加快加深以排出二氧化碳並供氧〔2 分〕。氧氣與二氧化碳須先溶於水薄膜才能擴散穿過肺泡與微血管壁，濕潤表面可保持氣體溶解及擴散速率〔1 分〕。

6. 一個結構基因全長 1,200 個鹼基對，其中負責編碼蛋白質的外顯子共 900 個鹼基；平均每個氨基酸的分子量約 110。

(a) 計算該基因可編碼的密碼子數目及最終蛋白質的氨基酸數目（假設終止密碼子不編碼氨基酸）。

(b) 計算該蛋白質的近似分子量。

(c) 若在編碼區第 4 個鹼基後插入一個額外鹼基，解釋這對蛋白質結構的影響。

(d) 解釋為何同一基因在肝細胞與肌肉細胞中的蛋白質產量可以相差很遠。

答案：(a) 密碼子數 = 900 ÷ 3 = 300〔1 分〕；扣除一個終止密碼子，氨基酸數 = 300 − 1 = 299〔2 分〕。

(b) 近似分子量 = 299 × 110 = 32,890〔2 分〕。

(c) 插入一個鹼基會造成移碼突變（frameshift）：由插入位置起所有密碼子的讀框改變，多數密碼子改為編碼不同氨基酸，通常提早出現終止密碼子而令蛋白質截短並失去功能〔3 分〕。

(d) 兩類細胞表達不同的轉錄因子組合，能結合該基因啟動子／增強子的組合不同，故轉錄速率不同；mRNA 的穩定性及翻譯效率亦可不同，基因本身序列並無改變〔2 分〕。