DSE 生物練習卷：細胞、遺傳與生態

中六（S6）　生物　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部：細胞、酶與物質運輸（第 1 至 4 題，共 24 分）

回答全部題目；計算題須列出公式、代入數值及單位，並取三位有效數字。

1. 某學生用複式顯微鏡觀察洋蔥表皮細胞。(a) 目鏡為 10 倍、物鏡為 40 倍，求總放大率；(b) 在此組合下某細胞的影像直徑為 30 mm，求該細胞的實際直徑（以 μm 表示）；(c) 另一細胞在 1 500 倍下影像長 45 mm，求其真實長度；(d) 說明計算實際大小前為何要先校准目微尺。（6 分）

答案：答案：(a) 總放大率 = 10 × 40 = 400 倍（1 分）。(b) 實際直徑 = 30 mm ÷ 400 = 0.075 mm = 75 μm（2 分）。(c) 45 mm ÷ 1 500 = 0.030 mm = 30 μm（2 分）。(d) 目微尺每一格的實際長度隨物鏡而變，必須用台微尺校准才能把格數換算成真實長度（1 分）。評分要點：單位換算 1 mm = 1 000 μm；只寫格數不換算者該部分不給分。

2. 兩個立方體模型細胞的邊長分別為 20 μm 與 10 μm。(a) 分別求兩者的表面積與體積；(b) 求兩者表面積對體積的比（單位 μm⁻¹）；(c) 比較兩者比值並解釋為何細小的細胞較易吸收養分。（6 分）

答案：答案：(a) 20 μm 立方體：表面積 6 × 20² = 2 400 μm²，體積 20³ = 8 000 μm³；10 μm 立方體：表面積 600 μm²，體積 1 000 μm³（2 分）。(b) 比值分別為 2 400 ÷ 8 000 = 0.30 μm⁻¹ 及 600 ÷ 1 000 = 0.60 μm⁻¹（2 分）。(c) 邊長減半時比值由 0.30 增至 0.60，即增大 2 倍；單位體積有較多細胞膜面積進行擴散及主動運輸，故養分吸收較快（2 分）。評分要點：須指出「比值」而非單講表面積。

3. 把酵母與葡萄糖溶液置於 25 °C 水浴，每 30 秒以注射器收集氣體，2 分鐘共收集 12 cm³；把同一裝置改置於 60 °C 水浴，氣體產生速率為每分鐘 1.5 cm³。(a) 求 25 °C 時平均氣體產生速率（cm³/min）；(b) 求 60 °C 時速率相對 25 °C 下降的百分比；(c) 解釋高溫下速率下降的原因。（6 分）

答案：答案：(a) 速率 = 12 cm³ ÷ 2 min = 6.0 cm³/min（2 分）。(b) 下降百分比 = (6.0 − 1.5) ÷ 6.0 × 100% = 75%（2 分）。(c) 60 °C 超過酶的最適溫度，酶分子的三維結構（活性中心）被破壞而變性，底物不能與活性中心結合，故速率大幅下降（2 分）。評分要點：須用「變性」及「活性中心形狀改變」；只寫「酶死了」不給分。

4. 三條質量均為 4.00 g 的馬鈴薯條分別放入蒸餾水、0.3 mol/dm³ 蔗糖溶液及 1.0 mol/dm³ 蔗糖溶液中，30 分鐘後質量分別為 4.60 g、3.60 g 及 3.30 g。(a) 求放在蒸餾水中的薯條質量變化百分比；(b) 求放在 0.3 mol/dm³ 蔗糖溶液中的質量變化百分比；(c) 解釋 (a) 與 (b) 的差異。（6 分）

答案：答案：(a) (4.60 − 4.00) ÷ 4.00 × 100% = +15.0%（2 分）。(b) (3.60 − 4.00) ÷ 4.00 × 100% = −10.0%（2 分）。(c) 蒸餾水的水勢高於細胞液，水以滲透作用進入細胞，細胞膨脹令質量增加；0.3 mol/dm³ 蔗糖溶液水勢較低，細胞失水而質量下降（2 分）。評分要點：必須提「水勢」及「滲透作用」；百分比須寫正負號。

乙部：遺傳與分子生物學（第 5 至 8 題，共 32 分）

遺傳題須用標準符號書寫基因型；概率須寫成最簡分數或百分比。

5. 在豌豆中，高莖基因 T 對矮莖基因 t 為顯性。兩株雜合高莖豌豆雜交，產生 400 株後代。(a) 寫出親本雜交的基因型及後代表現型比例；(b) 由 400 株推算高莖與矮莖各約多少株；(c) 求高莖後代中純合子的數目及其佔高莖後代的比例；(d) 若以雜合高莖與矮莖測交，預期後代表現型比例及數目為何？（8 分）

答案：答案：(a) 親本為 Tt × Tt，後代表現型比例為 3 高莖 : 1 矮莖（基因型 1 TT : 2 Tt : 1 tt）（2 分）。(b) 高莖 400 × 3/4 = 300 株，矮莖 400 × 1/4 = 100 株（2 分）。(c) 純合高莖 TT = 400 × 1/4 = 100 株，佔高莖後代 100 ÷ 300 = 1/3（2 分）。(d) Tt × tt 產生 1 Tt : 1 tt，即高莖 200 株、矮莖 200 株（2 分）。評分要點：分離定律 1:2:1 與表現型 3:1 不可混淆。

6. 在豌豆中，圓粒 R 對皺粒 r、黃子葉 Y 對綠子葉 y 均為顯性，兩對基因位於不同染色體上。兩株圓粒黃子葉雜合豌豆雜交，產生 320 粒種子。(a) 寫出預期的表現型比例；(b) 計算四種表現型各自的預期數目；(c) 說明兩對基因獨立分配的細胞學基礎；(d) 若實際觀察得圓粒黃子葉 200 粒，屬預期偏高還是偏低？（8 分）

答案：答案：(a) 圓黃 : 圓綠 : 皺黃 : 皺綠 = 9 : 3 : 3 : 1（2 分）。(b) 圓黃 320 × 9/16 = 180 粒、圓綠 320 × 3/16 = 60 粒、皺黃 60 粒、皺綠 320 × 1/16 = 20 粒（4 分）。(c) 兩對基因位於不同染色體，減數分裂第一次分裂時同源染色體隨機排列於赤道板兩側，非同源染色體自由組合，故等位基因獨立分配（1 分）。(d) 200 粒高於預期的 180 粒，屬偏高，但需以卡方檢定判斷差異是否顯著（1 分）。

7. 紅綠色盲由 X 染色體上的隱性基因 b 引起。一名帶因者母親（X^B X^b）與視覺正常的父親（X^B Y）結婚。(a) 推導兒子與女兒患色盲的可能性；(b) 求他們四個孩子全部視覺正常的概率；(c) 說明為何兒子患色盲的機會遠高於女兒。（8 分）

答案：答案：(a) 兒子：X^B X^b 母與 X^B Y 父，兒子得 X^b Y 者一半，即 50% 患色盲；女兒得 X^B X^B 或 X^B X^b，全部視覺正常，其中 50% 為帶因者（4 分）。(b) 每個孩子視覺正常的概率為 3/4，四人全部正常 = $(0.75)^4$ = 0.316，即約 31.6%（4 分）。評分要點：兒子與女兒須分開討論；概率不可用 1/2 直接相乘。

8. 某 DNA 樣本的分析顯示腺嘌呤（A）佔全部鹼基的 30%。某族群中，一種隱性性狀的發病率為每 10 000 人 1 人，該族群符合哈代－溫伯格平衡。(a) 求鳥嘌呤（G）與胞嘧啶（C）各佔的百分比；(b) 求隱性等位基因頻率 q 與顯性等位基因頻率 p；(c) 求帶因者（雜合子）在族群中的百分比。（8 分）

答案：答案：(a) A 與 T 配對、G 與 C 配對，故 T = 30%，G = C = (100% − 60%) ÷ 2 = 20%（2 分）。(b) $q^2 = 1 \div 10\,000 = 0.0001$，$q = 0.01$，$p = 1 - 0.01 = 0.99$（3 分）。(c) 帶因者比例 $2pq = 2 \times 0.99 \times 0.01 = 0.0198$，即 1.98%（3 分）。評分要點：鹼基配對規則與 q^2 的定義各佔分；把 2pq 寫成 p^2 者不給分。

丙部：生態、能量流動與數據分析（第 9 至 12 題，共 44 分）

解釋題須用生物學術語；實驗題須說明假設、誤差來源及減低誤差的方法。

9. 某學生以標誌重捕法估算池塘中魚的數目：第一次捕獲 40 條並標記後放回，一週後捕獲 50 條，其中 8 條有標記。另以 5 個 1 m² 樣方調查草地植物，平均每樣方 12 株。(a) 估算池塘中魚的總數；(b) 若草地總面積為 200 m²，估算植物總數；(c) 列出標誌重捕法的兩項假設，並說明若標記令魚更易被捕，估算值會偏高還是偏低。（10 分）

答案：答案：(a) $N = (40 \times 50) \div 8 = 250$ 條（3 分）。(b) 密度為 12 株/m²，總數 = $12 \times 200 = 2\,400$ 株（3 分）。(c) 假設：標記不影響個體存活及被捕獲機會；族群封閉，期間無遷入、遷出、出生或死亡；標記不會脫落（答對兩項得 2 分）。若標記令魚更易被捕，重捕中標記比例偏高，估算值會被低估（2 分）。評分要點：方向必須寫「低估」。

10. 某草原生態系中，生產者固定的能量為 50 000 kJ m^{-2} yr^{-1}，能量沿食物鏈每一營養級只有 10% 傳遞至下一級。(a) 求初級消費者、次級消費者與三級消費者可得能量；(b) 求初級消費者與次級消費者之間的傳遞效率；(c) 解釋其餘 90% 能量的去向。（10 分）

答案：答案：(a) 初級消費者 $50\,000 \times 0.1 = 5\,000$、次級消費者 500、三級消費者 50 kJ m^{-2} yr^{-1}（4 分）。(b) 傳遞效率 = $500 \div 5\,000 \times 100\% = 10\%$（3 分）。(c) 其餘能量以呼吸作用釋出的熱能散失、隨排泄物及未消化的部分流失、以及部分生物體未被下一級取食而進入分解者，故營養級越高可得能量越少（3 分）。評分要點：須列出至少三種去向；只寫「能量流失」最多 1 分。

11. 把水蘊草置於不同距離的光源下，以每分鐘氣泡數目代表光合作用速率：距離 0 cm 得 60 個、20 cm 得 30 個、40 cm 得 15 個。(a) 列出三次讀數；(b) 描述距離與氣泡數目的關係；(c) 求距離 0 cm 時 10 分鐘的氣泡總數；(d) 距離由 0 cm 增至 20 cm，光照強度按平方反比定律降至四分之一，但速率只減半，試解釋原因。（12 分）

答案：答案：(a) 0 cm 得 60 個/min、20 cm 得 30 個/min、40 cm 得 15 個/min（2 分）。(b) 光源距離每增加 20 cm，氣泡數目減半，距離與速率成反比關係（2 分）。(c) $60 \times 10 = 600$ 個（3 分）。(d) 距離由 0 增至 20 cm，光照強度降至四分之一，若光照是唯一限制因素速率應降至 15 個/min，但實測為 30 個/min，說明光照已非唯一限制因素，二氧化碳濃度或溫度成為限制因素，故速率只減半（5 分）。評分要點：須指出「限制因素」的概念。

12. 把 120 粒種子放在培養皿發芽，結果 84 粒發芽、36 粒不發芽；若種子發芽率為 50%，理論上應有 60 粒發芽、60 粒不發芽。以卡方檢定判斷觀察值是否顯著偏離理論值（自由度 1、5% 臨界值為 3.84）。(a) 寫出期望值；(b) 計算卡方值；(c) 寫出結論；(d) 求實際發芽率，並提出兩個令發芽率偏高的可能原因。（12 分）

答案：答案：(a) 期望值：發芽 60 粒、不發芽 60 粒（2 分）。(b) 卡方 = $(84-60)^2 \div 60 + (36-60)^2 \div 60 = 9.6 + 9.6 = 19.2$（4 分）。(c) 自由度 1、5% 臨界值 3.84，19.2 大於 3.84，故拒絕原假設，觀察值顯著偏離 50% 的理論值（3 分）。(d) 實際發芽率 = $84 \div 120 \times 100\% = 70.0\%$；可能原因：種子本身活力較高、培養皿溫度及水分適宜、種子未經休眠處理或已預先處理（3 分）。評分要點：結論須同時提及比較臨界值及拒絕原假設。
