DSE 生物練習卷：細胞分裂、DNA 與蛋白質合成

中四至中六（S4 – S6）　生物　|　時限：75 分鐘　|　總分：100 分　|　共 12 題

甲部（第 1 至 4 題，共 32 分）

細閱下列各題，寫出公式、代入數字，並註明單位。

1. 某顯微照片顯示一個洋蔥表皮細胞，細胞影像直徑為 60 毫米，細胞實際直徑為 30 微米。(a) 求該照片的放大率。(b) 另一視野直徑 0.5 毫米，橫向可數到 25 個細胞，求細胞的平均直徑（微米）。(c) 若細胞核的影像直徑為 12 毫米，求細胞核的實際直徑。(d) 解釋觀察線粒體時為何須使用電子顯微鏡而非光學顯微鏡。

答案：(a) 放大率 = 影像直徑 ÷ 實際直徑 = 60 毫米 ÷ 30 微米 = 60,000 微米 ÷ 30 微米 = 2,000 倍〔2 分〕(b) 視野直徑 0.5 毫米 = 500 微米，細胞平均直徑 = 500 ÷ 25 = 20 微米〔2 分〕(c) 細胞核實際直徑 = 12 毫米 ÷ 2,000 = 12,000 微米 ÷ 2,000 = 6 微米〔2 分〕(d) 線粒體直徑僅約 0.5 – 1 微米，接近光學顯微鏡的解像度極限（約 200 納米）；電子顯微鏡以電子束成像，解像度可低於 0.5 納米，能清楚顯示線粒體內部的嵴，故須使用。〔2 分〕評分要點：先統一單位（1 毫米 = 1,000 微米）；放大率沒有單位。

2. 某動物細胞的細胞週期為 24 小時，其中間期 22 小時（G1 期 10 小時、S 期 8 小時、G2 期 4 小時），有絲分裂期 2 小時。(a) 求有絲分裂期佔整個週期的百分比。(b) 求 S 期佔整個週期的百分比。(c) 若樣本有 600 個細胞，理論上處於有絲分裂期的細胞有多少個？(d) 解釋為何 S 期最適合用放射性胸腺嘧啶核苷標記。

答案：(a) 有絲分裂期百分比 = 2 ÷ 24 × 100 ≈ 8.3%〔2 分〕(b) S 期百分比 = 8 ÷ 24 × 100 ≈ 33.3%〔2 分〕(c) 600 × 2 ÷ 24 = 50 個細胞〔2 分〕(d) S 期正在進行 DNA 複製，胸腺嘧啶是 DNA 特有而 RNA 以尿嘧啶取代的鹼基；標記的胸腺嘧啶核苷只會併入新合成的 DNA，故只有 S 期細胞被明顯標記。〔2 分〕評分要點：百分比 = 所佔時間 ÷ 週期總時間；S 期是唯一大量合成 DNA 的時期。

3. 某 DNA 樣本中腺嘌呤佔全部鹼基的 30%。(a) 求胸腺嘧啶、鳥嘌呤及胞嘧啶的百分比。(b) 求嘌呤與嘧啶的比例。(c) 另一樣本含胞嘧啶 22%，求其腺嘌呤的百分比。(d) 解釋為何 G 與 C 比例較高的 DNA 需要較高溫度才能分開雙鏈。

答案：(a) 腺嘌呤 A = 30%，按 A – T 配對，胸腺嘧啶 T = 30%；餘下 40% 由 G 與 C 平分，故 G = 20%、C = 20%。〔2 分〕(b) 嘌呤（A + G）= 50%，嘧啶（T + C）= 50%，比值 = 50 ÷ 50 = 1.00。〔2 分〕(c) 第二樣本 C = 22%，故 G = 22%，A + T = 100% − 44% = 56%，A = 28%。〔2 分〕(d) G – C 之間有三個氫鍵，A – T 之間只有兩個；G + C 比例較高的 DNA 須吸收更多熱能才能拆開雙鏈，故變性溫度較高。〔2 分〕評分要點：A = T、G = C；氫鍵數目決定雙鏈穩定性。

4. 某細菌每 20 分鐘分裂一次；另一實驗中，一段長 5,100 個鹼基對的 DNA 由兩個複製叉雙向複製，每個複製叉每秒加入 50 個核苷酸。(a) 由 1 個細菌開始，3 小時後有多少個細菌？(b) 此時共有多少個 DNA 分子？(c) 求該段 DNA 完成複製所需的時間（秒）。(d) 說明 Meselson – Stahl 實驗如何證明半保留複製。

答案：(a) 3 小時 = 180 分鐘，世代數 = 180 ÷ 20 = 9，細菌數目 = 2^{9} = 512 個。〔2 分〕(b) 每個細菌含一個 DNA 分子，故共 512 個 DNA 分子。〔2 分〕(c) 需加入的核苷酸 = 5,100 × 2 = 10,200 個；兩個複製叉合共每秒 50 × 2 = 100 個核苷酸；所需時間 = 10,200 ÷ 100 = 102 秒（約 1.7 分鐘）。〔2 分〕(d) 先以 ^{15}N 標記親代 DNA，再在 ^{14}N 培養基中複製一代，所得 DNA 全部為雜合密度，即每分子含一條重鏈與一條輕鏈；複製兩代後出現雜合與全輕兩種 DNA，證明複製是半保留的。〔2 分〕評分要點：世代數 = 時間 ÷ 世代時間；雙向複製須乘以 2。

乙部（第 5 至 8 題，共 36 分）

回答下列各題，須展示完整步驟及所用公式。

5. 某 mRNA 長 1,200 個核苷酸，其中 5′ 非轉譯區 60 個、3′ 非轉譯區 90 個，末端另有一個由 3 個核苷酸組成的終止密碼子。(a) 求可譯成氨基酸的密碼子數目。(b) 求多肽鏈的氨基酸數目。(c) 翻譯過程至少需要多少個 tRNA 參與（每次結合計一個）？(d) 說明遺傳密碼的簡併性及其意義。

答案：(a) 可譯碼核苷酸 = 1,200 − 60 − 90 − 3 = 1,047 個，密碼子數目 = 1,047 ÷ 3 = 349 個。〔2 分〕(b) 每個密碼子對應一個氨基酸，故氨基酸數目 = 349 個。〔2 分〕(c) 每次搬運一個氨基酸需要一個 tRNA，故至少 349 個 tRNA 參與（同一 tRNA 可重複使用）。〔2 分〕(d) 64 個密碼子中 3 個是終止密碼子，其餘 61 個只編碼 20 種氨基酸，故多個密碼子可編碼同一種氨基酸，此即簡併性；其意義是第三個鹼基的點突變往往不改變氨基酸，減低突變對蛋白質功能的影響。〔3 分〕評分要點：先減去非轉譯區與終止密碼子，才除以 3。

6. 人類體細胞有 46 條染色體（2n＝46）。(a) 求減數第二次分裂中期一個細胞的染色體數目及染色單體數目。(b) 求初級精母細胞在減數第一次分裂中期的染色單體數目。(c) 若不考慮互換，人類因獨立分配可產生的配子類型有多少種？(d) 解釋互換如何進一步增加遺傳變異。

答案：(a) 減數第二次分裂中期有 23 條染色體，每條含 2 條染色單體，共 46 條染色單體。〔2 分〕(b) 初級精母細胞在中期 I 有 46 條染色體，每條含 2 條染色單體，共 92 條染色單體。〔2 分〕(c) 配子類型數目 = $2^{23} = 8{,}388{,}608$ 種。〔3 分〕(d) 前期 I 同源染色體的非姊妹染色單體互換片段，把母源與父源的等位基因重新組合到同一條染色體上，產生新的基因組合，令配子類型遠超獨立分配的數目。〔2 分〕評分要點：中期 II 的染色體數目已減半（23）；互換發生於前期 I。

7. 某洋蔥根尖壓片在 600 個細胞中數得 45 個處於有絲分裂期；該根尖細胞的細胞週期約為 20 小時。(a) 求有絲分裂指數。(b) 以百分比表示該指數。(c) 估計一個細胞停留在有絲分裂期的平均時間（小時）。(d) 解釋為何根尖適合觀察有絲分裂，以及壓片前用鹽酸處理的作用。

答案：(a) 有絲分裂指數 = $45 \div 600 = 0.075$〔2 分〕(b) 以百分比表示 = $0.075 \times 100 = 7.5\%$〔2 分〕(c) 停留在有絲分裂期的時間 = $0.075 \times 20 = 1.5$ 小時〔2 分〕(d) 根尖分生組織細胞不斷進行有絲分裂，處於分裂期的細胞比例高，各時期都容易找到；鹽酸可分解細胞壁的中膠層，使細胞彼此分離，壓片後成為單層，方便在顯微鏡下數算。〔3 分〕評分要點：指數 = 分裂期細胞數 ÷ 細胞總數；指數反映分裂活躍程度。

8. 某基因長 1,800 個鹼基對，每個鹼基對每次複製的突變率為 5×10^{-6}。(a) 求每次複製時該基因出現至少一個突變的概率。(b) 以百分比表示。(c) 求經過 100 代後該基因至少出現一次突變的概率。(d) 解釋為何大部分點突變不會改變蛋白質的氨基酸序列。

答案：(a) 每次複製的突變概率 = $1{,}800 \times 5 \times 10^{-6} = 0.009$〔2 分〕(b) 以百分比表示 = 0.9%〔2 分〕(c) 100 代後至少一次突變的概率 = $1 - (1 - 0.009)^{100} \approx 59.5\%$〔3 分〕(d) 遺傳密碼具簡併性，密碼子第三個鹼基改變常仍編碼同一氨基酸；若突變位於非編碼區、內含子或屬同義突變，氨基酸序列不變，蛋白質功能亦不受影響。〔2 分〕評分要點：多代概率用 $1 - (1-p)^n$，不可把 0.009 乘以 100。

丙部（第 9 至 12 題，共 32 分）

就下列各題作較詳細的計算與解釋，答案須註明單位。

9. 某實驗以不同濃度的秋水仙素處理洋蔥根尖，每組數 1,000 個細胞。對照組的有絲分裂指數為 0.06；0.01% 組 0.13；0.1% 組 0.28；1.0% 組 0.31。(a) 比較 0.31 與 0.06，求有絲分裂指數的倍數增幅。(b) 求 0.1% 組相對對照組的百分比增幅。(c) 解釋秋水仙素令有絲分裂指數上升的原因。(d) 解釋為何 1.0% 組的指數只略高於 0.1% 組。

答案：(a) 倍數 = $0.31 \div 0.06 \approx 5.17$ 倍〔2 分〕(b) 百分比增幅 = $(0.28 - 0.06) \div 0.06 \times 100 \approx 366.7\%$〔2 分〕(c) 秋水仙素抑制紡錘絲形成，染色體雖已複製但不能被拉向兩極，細胞停滯於中期；進入分裂的細胞不斷累積，故有絲分裂指數上升。〔2 分〕(d) 當進入分裂的細胞大多被阻停時指數已接近上限，再提高濃度不能令更多細胞停留在分裂期；過高濃度反而抑制分裂啟動或傷害細胞，故升幅放緩。〔2 分〕評分要點：指數上升反映中期停滯，不是分裂加快。

10. 一條多肽鏈由 349 個氨基酸組成，氨基酸的平均相對分子質量為 110，水的相對分子質量為 18。(a) 求肽鍵數目。(b) 求縮合反應釋出的水分子數目。(c) 求該多肽鏈的相對分子質量（Da），並以 kDa 表示（1 kDa＝1,000 Da）。(d) 說明縮合反應進行的位置及酶的角色。

答案：(a) 肽鍵數目 = 氨基酸數目 $- 1 = 349 - 1 = 348$ 個〔2 分〕(b) 每形成一個肽鍵釋出一分子水，故水分子數目 = 348 個〔2 分〕(c) 相對分子質量 = $349 \times 110 - 348 \times 18 = 38{,}390 - 6{,}264 = 32{,}126$ Da ≈ 32.1 kDa〔2 分〕(d) 縮合反應在核糖體上進行；肽基轉移酶催化一個氨基酸的羧基與鄰接氨基酸的氨基縮合，形成肽鍵並釋出水，多肽鏈因而逐個氨基酸延長。〔2 分〕評分要點：n 個氨基酸形成 $n - 1$ 個肽鍵；計質量時須扣除釋出的水。

11. 以不少於四點比較有絲分裂與減數分裂，並解釋兩者在生物體中的角色。

答案：(a) 有絲分裂發生於體細胞，一次分裂產生 2 個子細胞，子細胞染色體數目與母細胞相同（2n），遺傳組合亦相同。〔2 分〕(b) 減數分裂發生於生殖細胞，兩次連續分裂產生 4 個子細胞，染色體數目減半（n），因獨立分配與互換而遺傳組合各異。〔2 分〕(c) 有絲分裂負責生長、組織修復與無性繁殖，並維持染色體數目恆定；減數分裂產生配子，令受精後恢復 2n，同時產生遺傳變異，是自然選擇的基礎。〔2 分〕(d) 有絲分裂的染色體複製一次、分裂一次；減數分裂複製一次、分裂兩次，故染色體數目減半。〔2 分〕評分要點：比較須涵蓋發生位置、子細胞數目、染色體數目及遺傳組合。

12. (a) 解釋細胞週期的檢查點如何防止細胞不受控地分裂。(b) 說明致癌基因與抑癌基因突變如何導致癌症。(c) 舉出一項抑制細胞分裂的醫學應用並說明其原理。

答案：(a) G1 檢查點檢查細胞大小、養分及 DNA 有無損傷，不合則不進入 S 期；G2 檢查點確認 DNA 複製完整無損；中期檢查點確認所有染色體正確附著於紡錘絲才進入後期，避免染色體分配錯誤。〔3 分〕(b) 致癌基因突變後持續活化，令細胞不斷分裂；抑癌基因（如 p53）突變後失去剎停作用；多個突變累積，令細胞不受控分裂、逃避凋亡並可入侵其他組織，形成癌症。〔3 分〕(c) 例如以秋水仙素或紫杉醇抑制紡錘絲，令快速分裂的癌細胞停滯於中期而死亡；癌細胞分裂較正常細胞頻繁，故受影響較大。〔2 分〕評分要點：檢查點是「通過 / 不通過」的關卡；癌症由多個突變累積而成。

TutorZone 中四至中六（S4 – S6）生物練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。