

第一部分: (100 分)

一、 國際賽型題(共 25 分)

- 注意：每題五項敘述者(第 1、2 題)，全錯得 0 分，答對一、二、三、四、五項分別得 0.5、1、2、4、7 分；每題四項敘述者(第 3、4 題)，全錯得 0 分，答對一、二、三、四項分別得 0.5、1、2.5、5.5 分。

題目一：

疾病管制署 (CDC) 於 2019 年 11 月公布：國內首度出現發熱伴血小板減少綜合症 (Severe fever with thrombocytopenia syndrome, SFTS) 的確診病例，患者曾因持續發燒、嘔吐至診所就醫，後因出疹、意識不清住院，並以疑似登革熱通報，後經檢驗結果判定登革熱陰性，但 SFTS 病毒 (SFTSV) 陽性。SFTSV 為布尼亞病毒科 (Bunyaviridae) 的蜱媒病毒，2009 年於中國大陸出現，2011 年首次報導，陸續發生於日本及南韓，致死率為 5~15%，傳染主要途徑是經由長角血蜱 (*Haemaphysalis longicornis*) 之叮咬。潛伏期約 7~14 天，人類被帶有 SFTSV 的蜱叮咬後，咬傷部位會出現紅腫、皮疹、水皰或瘀斑，患者有發燒、噁心、嘔吐、食慾不振、血小板及白血球減少等症狀；少數患者出現多重器官衰竭，甚至死亡。SFTS 尚無特效藥物，但透過支持性療法可降低致死率。預防要避免在草地、樹林等地躺臥或久坐，進入這些區域活動要穿淺色長袖衣褲防蜱叮咬。SFTSV 的基因有大 (L)、中 (M)、小 (S) 三段，可編碼 RNA 依賴 RNA 聚合酶 (RdRp)、糖蛋白前體(M)、糖蛋白 N (Gn)、糖蛋白 C (Gc)、核蛋白 (NP) 和非結構蛋白 (NS) 等六種蛋白質。

- 請判斷以下五個敘述是否正確，在下表的對應欄位中填入 T (代表正確) 或 F (代表錯誤)
- (A) 除 SFTS 之外，蜱也是 Q 熱、恙蟲病、蜱媒腦炎、萊姆症(Lyme disease)等疾病的病媒。
- (B) 除了被蜱叮咬之外，接觸到急性期病患的血液，尿液、脊髓液、氣管抽取液也會導致 SFTS 感染。
- (C) 蜱大多生活在野外，造成人類新興傳染疾病(emerging infectious diseases) SFTSV 的源頭為某種野生動物。
- (D) 台灣從來沒有長角血蜱出現過的報告，所以除了在境外感染後大量病例的移入，不會有 SFTS 流行的發生。
- (E) SFTSV 的 RdRp 缺乏核酸校對功能，會造成基因變異的增加，而基因的分段又使病毒成員間交換基因組片段的機率增加，基因重排造成病毒對環境適應力增加、致病力增強、宿主範圍增大，對人類公共衛生構成威脅。

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
T 或 F					

題目二：

2019 年諾貝爾生理醫學獎得主是 William G. Kaelin Jr.、Sir Peter J. Ratcliffe 和 Gregg L. Semenza，得獎主題是細胞如何感測並適應氧濃度的變化，他們發現細胞能利用分子機制調節基因活性，以適應不同的氧濃度。動物體藉不同機制使組織及細胞獲得氧，Otto Warburg 發現在粒線體中，要有酵素利用氧才能將食物轉化為能量，獲得 1931 年諾貝爾獎。Corneille Heymans 發現人類頸動脈中的頸動脈體(carotid body) 含有特定細胞，可感測血液中的氧含量，進而影響大腦呼吸中樞調控呼吸頻率，獲得 1938 年諾貝爾獎。Semenza 首先辨識出調節氧依賴反應的缺氧誘導因子 HIF (Hypoxia Inducible Factor)，氧不足時可啟動某些基因，在純化後發現 HIF 由兩部分組成：對氧敏感的 HIF-1 α 及非氧調控蛋白質的 ARNT。Kaelin 發現林道症候群 VHL (von Hippel-Lindau) 病患容易罹患某些特定的癌症，在分離出 VHL 抑癌基因後，發現可抑制 VHL 細胞系腫瘤的生長；Ratcliffe 發現 VHL 會調節 HIF-1 α 轉譯後氧敏感的降解：氧濃度低時，HIF-1 α 受保護免於被降解並積聚在細胞核，與 ARNT 結合後可與缺氧調節基因中特定 DNA 序列 (HRE) 結合。氧濃度正常時，HIF-1 α 被蛋白酶降解，氧透過在 HIF-1 α 增加羥基 (OH) 來調節降解。VHL 蛋白可識別並與 HIF-1 α 形成複合物導致降解。氧感測讓細胞在氧含量低時調整生理機制，或產生新血管、新紅血球，也在胎兒發育時控制血管形成、胎盤發育，在腫瘤中刺激血管形成，為癌細胞增生機制，藉激發或阻擋氧感測機制可用來開發藥物，給未來對抗貧血、癌症等疾病帶來希望。

- 請判斷以下五個敘述是否正確，在下表的對應欄位中填入 T (代表正確) 或 F (代表錯誤)

- (A) 頸動脈體中有主細胞及支持細胞，其中主細胞能偵測血液中氧含量，並分泌神經傳導物質來調控呼吸的頻率。
- (B) 氧含量低時肺臟分泌紅血球生成素 (Erythropoietin, EPO)，能作用在骨髓中的血液幹細胞上，促進紅血球的生成。
- (C) 動物細胞可在基因層面對氧濃度變化做出反應，經由 HIF 轉錄因子的表現，讓細胞能直接並迅速反應氧壓的變化。
- (D) 細胞偵測氧濃度的感測器就是 HIF-1 α ，在氧濃度正常時被降解，氧濃度低時進入細胞核內，結合特殊的轉錄因子 HRE。
- (E) 羥基化後的 HIF-1 α 會發生結構上的改變而被 VHL 結合，被結合的 HIF-1 α 可被泛素 (ubiquitin) 標記的蛋白質降解機制所降解。

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
T 或 F					

題目三：

過去有科學家認為淋巴系統起源於成血管細胞 (angioblast) 的特化幹細胞，也有科學家認為淋巴系統是在胚胎早期由主靜脈衍生的細胞發育而來，再從該處遷移到胚胎其他組織器官中。西班牙心血管研究中心最近的研究顯示，心臟淋巴管發育並非單一起源，而是來自不同組織的細胞共同參與形成的。對維持心臟功能不可或缺的，除了冠狀動靜脈系統外，也應包括心臟的淋巴管，心臟淋巴管的功能包括保護心臟不受感染、防止心肌水腫、梗塞後心臟功能的恢復等。他們以小鼠胚胎心臟的形成過程來研究心臟淋巴系統起源，顯示在心臟發育後期，會有另一個淋巴細胞群被召集，其起源是來自第二心區 (second heart field, SHF) 而不是來自主靜脈。第二心區由多功能的細胞群組成，能產生不同類型的心臟細胞，包括心肌細胞、平滑肌細胞、動脈和靜脈的內皮細胞等，也包括淋巴管內皮細胞。第二心區產生的淋巴細胞會與來源不同的淋巴細胞混合，這兩群細胞共同形成心臟腹側的淋巴管。第二心區貢獻淋巴管細胞的 50%，但若阻斷其形成，就完全阻止心臟淋巴管的形成。結果顯示這個新發現的細胞群不僅貢獻心臟淋巴系統的大部分細胞，且在心臟淋巴系統的形成上扮演不可替代的角色。

- 請判斷以下四個敘述是否正確，在下表的對應欄位中填入 T (代表正確) 或 F (代表錯誤)

- (A) 由於第二心區的細胞能產生動脈、靜脈、淋巴管的內皮細胞，故第二心區應該是由胚胎的內胚層而來。
- (B) 一般器官的發生會涉及不同類型細胞間的協調作用，淋巴管周圍細胞所造成的化學微環境對其生成極為重要。
- (C) 在不同細胞亞群中，如果出現調控上的錯誤，會影響細胞的分化、特化、遷移，進而導致形態發育上的缺陷。
- (D) 心血管系統是由心臟先驅細胞發育而成，是胚胎發育中最早形成的器官系統，心臟淋巴管是由第二心區來的成血管細胞發育而成。

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)
T 或 F				

題目四：

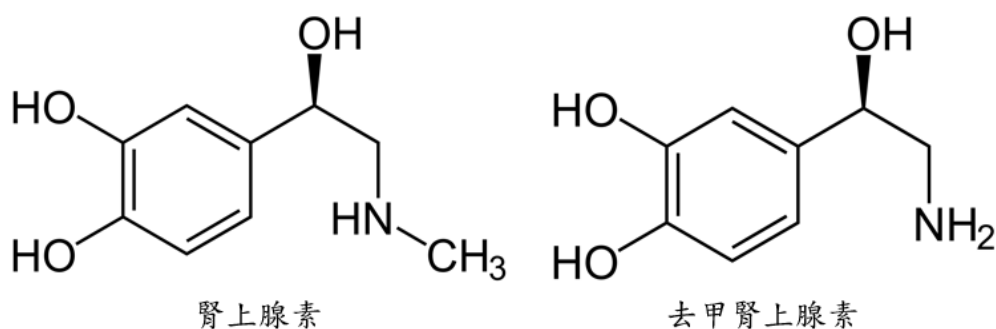
血管收縮素轉化酶 (angiotensin converting enzyme, ACE) 可轉化血管收縮素 (angiotensin, Ang) I 為具有活性的 Ang II，使血管收縮、血壓上升，當作用完畢，則需要 ACE2 來切除 Ang I 和 Ang II 的 C 端 1 個胺基酸使之失去功能。ACE2 最早發現於心臟和腎臟，後來發現在肺中也有，主要分佈於第 II 型肺泡細胞，少量分佈於第 I 型肺泡細胞、氣管上皮細胞、成纖維細胞、內皮細胞和巨噬細胞。四個多月以來新冠狀病毒肺炎 (Covid-19) 疫情兇猛，超越 2003 年 SARS-CoV 引起的嚴重急性呼吸道症候群 (SARS)，主要症狀包括發燒、咳嗽、呼吸急促，國際病毒命名委員會將病原體命名為 SARS-CoV-2。SARS-CoV 及 SARS-CoV-2 一般均以其外套膜上突起的棘蛋白 (spike protein) 來與宿主細胞表面的受體蛋白結合，經過胞吞作用後，冠狀病毒的外套膜與囊泡外膜融合，使其 RNA 釋出於宿主細胞內進而增殖。SARS-CoV-2 的棘蛋白也藉細胞表面的 ACE2 為受體感染細胞。ACE2 原為一種跨膜蛋白酶，在大量失血或血壓下降時，會啟動包含 ACE 及 ACE2 的腎素-血管收縮素系統 (renin angiotensin system, RAS)，ACE2 通常位於細胞表面，但在 SARS-CoV 通過表面 ACE2 進入細胞增殖後，細胞內會出現許多 SARS-CoV 的棘蛋白，這些棘蛋白會和細胞內游離的 ACE2 結合，進而降低細胞表面 ACE2 的表現數量。當細胞表面 ACE2 的數量減少，Ang II 就無法順利被代謝，堆積的 Ang II 會讓肺部血管通透性增加，導致發炎物質流入肺泡，造成急性肺炎的傷害。

- 判斷以下四個敘述是否正確，在下表的對應欄位中填入 T (代表正確) 或 F (代表錯誤)
 - (A) SARS-CoV 以 ACE2 為受體侵入細胞，所以新藥開發方向要抑制 ACE2 合成或抑制將 ACE2 送到細胞膜的藥物，避免 SARS-CoV 的感染。
 - (B) 由感染 SARS 而得到的免疫力可以有效抵抗新冠病毒肺炎；能與 SARS-CoV 棘蛋白結合的抗體可以有效阻斷 SARS-CoV-2 與 ACE2 的結合。
 - (C) 2012 年流行的中東呼吸症候群 (MERS) 主要症狀也包括發燒、咳嗽與呼吸急促，病原體也是冠狀病毒，也具有外套膜及單股正鏈 RNA。
 - (D) 肺泡細胞上 ACE2 的減少會導致 Ang II 的濃度增高，使肺部血管通透性增加，讓發炎物質流入肺組織，引發過度的發炎反應而造成器官損傷。

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)
T 或 F				

二、是非題(每格 2.5 分，共 10 分)

兒茶酚胺(Catecholamine)是具有兒茶酚的胺類化合物的統稱，是由腎上腺髓質(Adrenal medulla)產生的一類應激擬交感「戰或逃」(fight-or-flight)激素。人體中的腎上腺素受體(Adrenergic receptors)是一類接受兒茶酚胺類物質刺激的 G 蛋白偶聯受體(G Protein-Coupled Receptor, GPCR)，所接受的兒茶酚胺類主要是腎上腺素(Epinephrine, Ad)與去甲腎上腺素(Norepinephrine, NAd)。腎上腺素受體大致上分為 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 及 $\beta 3$ 。 $\alpha 1$ 受體主要位於血管平滑肌上， $\alpha 2$ 受體位於突觸前， $\beta 1$ 受體位於心臟， $\beta 2$ 受體位於支氣管平滑肌， $\beta 3$ 受體位於膀胱。由於心肌細胞(cardiac muscle cells)具有 $\beta 1$ 腎上腺素受體，因此當兒茶酚胺類物質存在時，能促進心肌收縮性並增加心率，因此心臟的血液輸出量會增加，一些被稱為 β 腎上腺素受體阻滯劑(beta blocker)的藥物透過阻斷 $\beta 1$ 腎上腺素受體的作用，達到舒緩心率的功效。而平滑肌細胞(smooth muscle cells)具有 $\beta 2$ 腎上腺素受體，當兒茶酚胺類物質存在時，能造成平滑肌的舒張，針對 $\beta 2$ 腎上腺素受體的促進劑(agonist)能用於氣喘(asthma)的治療。



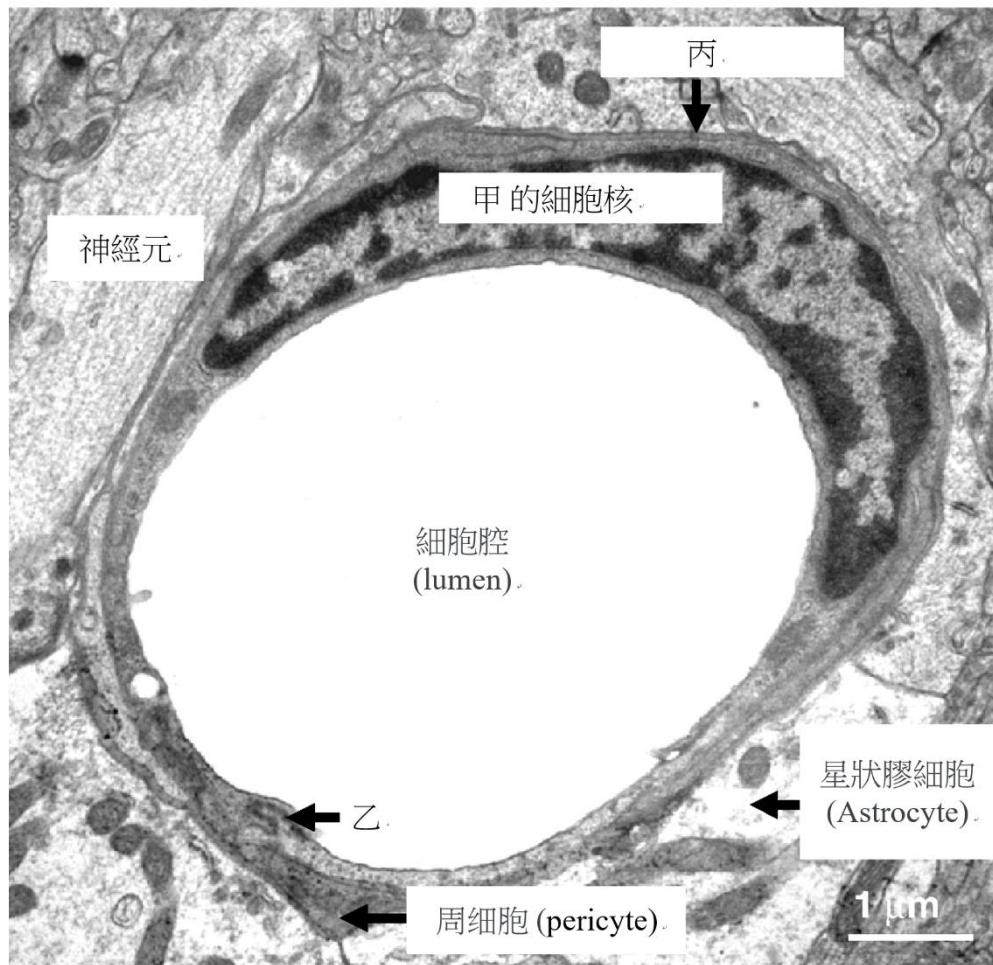
● 基於以上的描述說明，下列何者為對(T)，何者為錯(F)？

- (A) 藥物對某類型的受體起作用並不代表會對另一種類型的受體起相同作用
- (B) β 腎上腺素受體阻滯劑可有效用於任何類型的肌肉
- (C) β 腎上腺素受體(beta adrenergic receptor)必須在細胞質(cytosol)中才能影響收縮和鬆弛
- (D) $\beta 1$ 及 $\beta 2$ 腎上腺素受體的蛋白質化學結構必須有相同的活性位點(active site)

敘述	(A)	(B)	(C)	(D)
T 或 F				

三、 選擇題(共 7 分)

1. 多發性硬化症 (Multiple Sclerosis; MS) 是一種中樞神經系統的疾病，也就是說它的病變位於腦部或脊髓。一般認為這是一種自體免疫疾病，意思是個體的免疫系統攻擊自己的組織。在多發性硬化症，免疫系統攻擊髓鞘質。但是，當一個人突然病發時，用磁共振影像掃描卻發現部份的腦或脊椎的腦血管障壁 (blood-brain-barrier, BBB) 受到破壞，使 T 細胞能夠進入，並破壞髓鞘。下圖為腦血管障壁處的穿透式電子顯微鏡照片。



(1) 指標甲處，最可能是下列何種細胞？(2 分)

- (A) 外皮細胞 (epithelium)
- (B) 內皮細胞 (endothelium)
- (C) 許旺細胞 (Schwann cell)
- (D) 神經膠質細胞 (glial cells)

(2) 指標乙處，最可能是下列何種構造？(2 分)

- (A) 間隙連接 (gap junctions)
- (B) 緊密連接 (tight junctions)
- (C) 橋粒 (desmosomes)
- (D) 半橋粒 (semi-desmosomes)

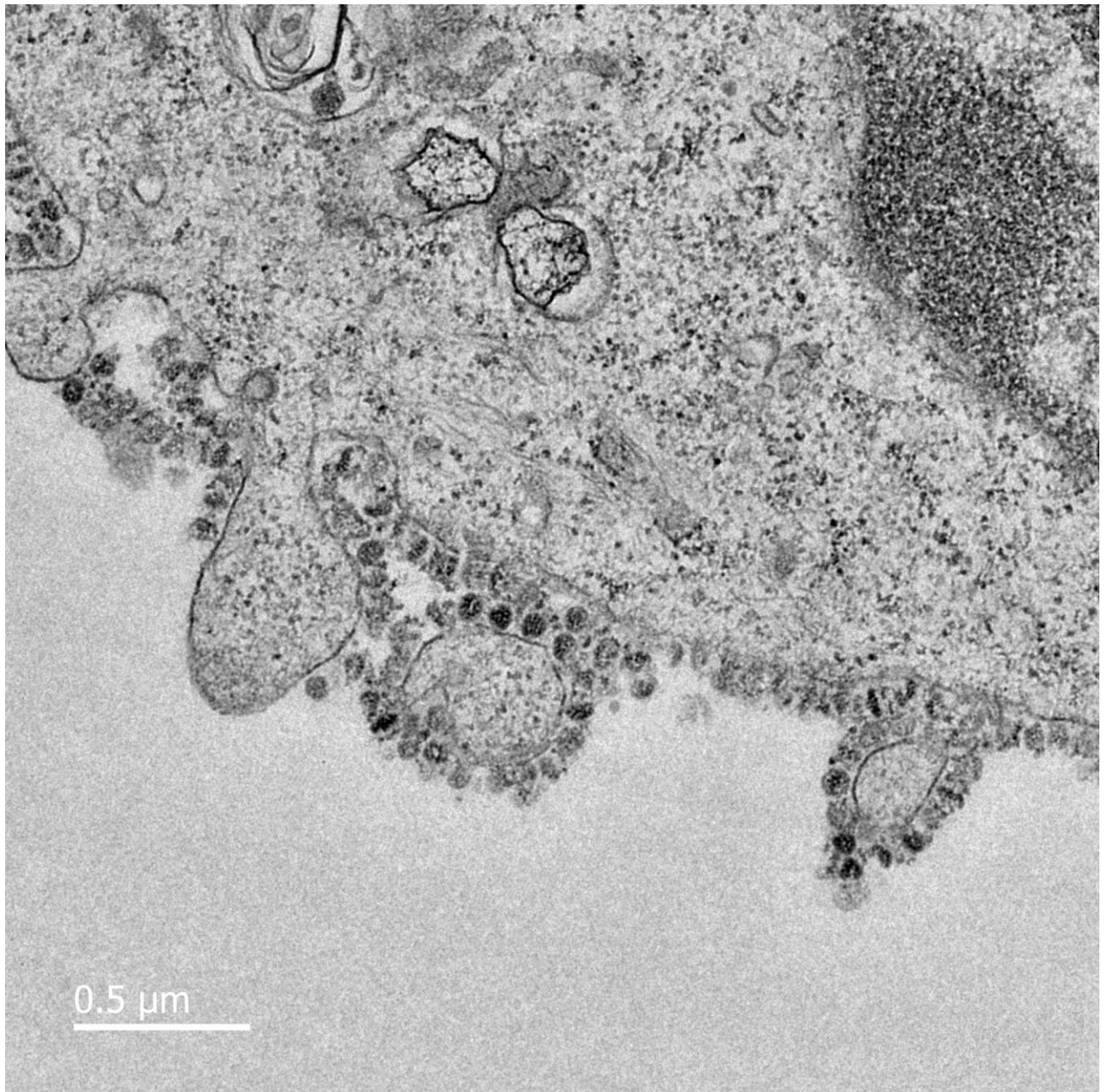
(3) 指標丙處，最不可能出現下列成分構成？(3 分)

- (A) 板素 (laminin)
- (B) 插入素 (integrins)
- (C) 膠原蛋白 (collagen)
- (D) 角蛋白 (keratin)

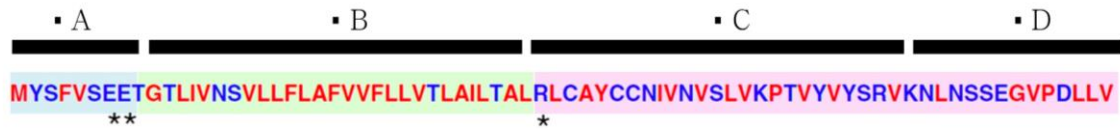
三、題組(共 10 分)

1. 下圖為病毒的薄層電子顯微照片，圖中顯示了在培養物中生長的被感染細胞的一部分，病毒顆粒從細胞表面釋放出來。請問最可能為下列何種病毒？(2 分)

- (A) 腺病毒 (Adenovirus)
- (B) 諾魯病毒 (Norovirus)
- (C) 冠狀病毒 (Coronavirus)
- (D) 水痘病毒 (Aquamavirus)



2. 小明將上述病毒其中一種蛋白質的結構解碼出來，並得到以下的序列圖，請回答下列問題。(在答案處填入最正確的區域位置，如 A,B, C 或 D) (每格 2 分，共 8 分)



氨基酸性質：疏水性（紅色），親水性（藍色），極性，帶電（星號）。

題號	問題	答案
(1)	N 端 (N-terminal)	
(2)	C 端 (C-terminal)	
(3)	穿膜蛋白區域 (transmembrane region)	
(4)	病毒受體接合區域 (receptor binding region)	

四、配合題(共 23 分)

1. 將以下內容與其定義匹配：(每格 2.5 分，共 15 分)

- 生殖而沒有配子(gametes)融合之生殖方式(不需要父母)
- 隨著生長和分裂，細胞所經歷的一系列事件
- 一個細胞分裂成兩個新的“子細胞”的過程
- 每個染色體由兩個相同的“姊妹股”組成
- 每對染色單體附著的區域
- 長而緊密纏繞的連續 DNA 片段，其遺傳信息代代相傳

專有名詞	定義 (請填入代號)
1. 細胞分裂(cell division)	
2. 無性生殖(asexual reproduction)	
3. 染色體(chromosome)	
4. 著絲點(centromere)	
5. 染色單體(chromatid)	
6. 細胞週期(cell cycle)	

2. T 細胞：是淋巴細胞的一種，主要有細胞毒性 T 細胞 (cytotoxic T cell)、輔助 T 細胞 (helper T cell) 和調節/抑制 T 細胞(regulatory/suppressor T cell)、記憶 T 細胞 (memory T cell) 4 種。分化簇（也被稱為分化群，Cluster of differentiation, CD）指的是用來辨識那些用作免疫抗原辨識的細胞表面分子。人類的 CD 分子總數為 371。請正確配對下列四種 T 細胞的 CD 分子。(每格 2 分，共 8 分)

題號	T 細胞種類	答案	選項	CD 分子種類
範例	B 細胞	A、G	A	IgM
			B	CD3
(1)	細胞毒性 T 細胞 (cytotoxic T cell)		C	CD4
			D	CD8
(2)	輔助 T 細胞 (helper T cell)		E	CD25
			F	CD45
(3)	調節 / 抑制 T 細胞 (regulatory / suppressor T cell)		G	CD61
			H	CD117
(4)	記憶 T 細胞 (memory T cell)			

五、問答題(共 25 分)

1. 請比較原核細胞發酵作用(fermentation)、有氧呼吸(aerobic respiration)與無氧呼吸(anaerobic respiration)的異同。(10 分)

	發酵作用	有氧呼吸	無氧呼吸
產能效率 (請填高或低)			
電子傳遞鏈之有無			
電子最終接受者			
進行作用部位			
除了 ATP 之外的終產物(請任舉一例即可，多填答錯扣分)			

- 10

2020 年中華民國生物奧林匹亞競賽

國手選拔營

理論評量試題

第二部分

Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 6 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面確定號碼是否和你的考號相同。
4. 請在試題卷上用藍（黑）筆作答，並請保持試卷的整潔。
5. 試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

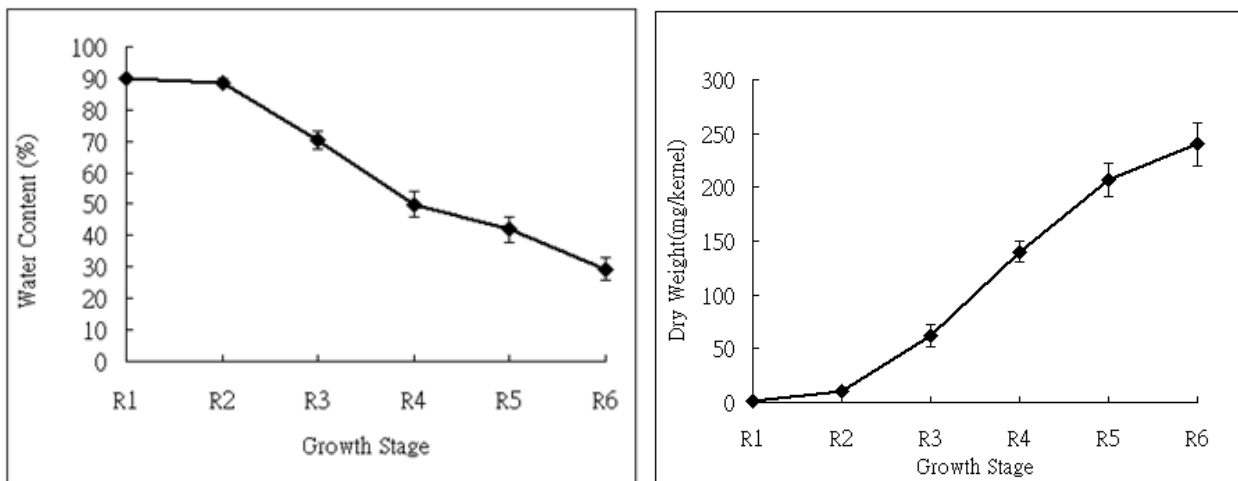
第二部分: (100 分)

以下為植物生理相關主題，請依各主題說明回答問題。

一、作物學者將玉米子粒(種子)發育過程分為 R1-R6 階段(Richie & Hanway, 1989)，如下表：

發育階段	子粒發育狀況
R1	silking (抽絲期)
R2	blister (子粒形成期，胚乳呈清漿狀)
R3	milk (乳熟期，胚乳呈乳狀後至糊狀)
R4	dough (蠟熟期，胚乳呈蠟狀)
R5	dent (齒熟期，子粒頂端表面呈現小凹陷狀)
R6	physiological maturity (完熟期，收穫期)

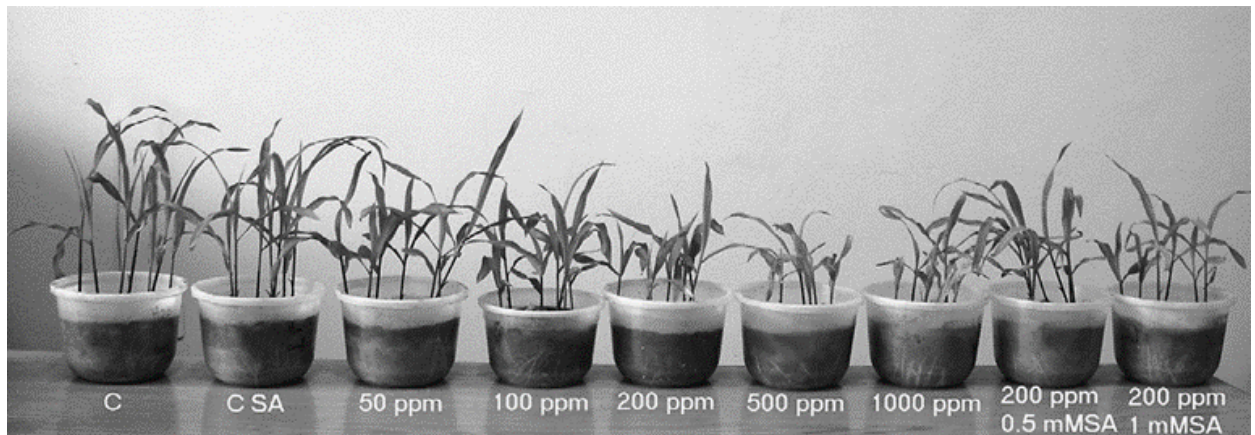
小明測試各發育期(growth stage)子粒的水分含量(water content)與乾物重(dry weight) 如下圖：



據此回答下列問題：

- 玉米子粒在 R3 期與 R5 期的 (1)碳水化合物填充能力與 (2)澱粉含量 分別何時期較高？理由是什麼？(10 分)
- 玉米子粒的(1)植物荷爾蒙 ABA 在 R3 期與 R5 期的含量何者較高？理由是什麼？(2) 水勢與基質勢在 R3 期與 R5 期的絕對值何者較高？理由是什麼？(10 分)

二、下圖為玉米幼苗在殺草劑(Clethodim herbicide) 50-1000 ppm 處理下的生長概況，SA 為水楊酸處理(註：水楊酸分子量為 138)，C 為控制組。



下表為小明以殺草劑及水楊酸處理對葉片脂質過氧化的穩定之中間產物 MDA 與 H_2O_2 的試驗結果：

處 理	MDA%	H_2O_2 %
C	100	100
C+SA	111	112
殺草劑 50 ppm	144	101
100 ppm	93	123※
200 ppm	169 ※※	136※※
500 ppm	220 ※※	150※※
1000 ppm	272 ※※	163※※
殺草劑 200 ppm + SA	100	102

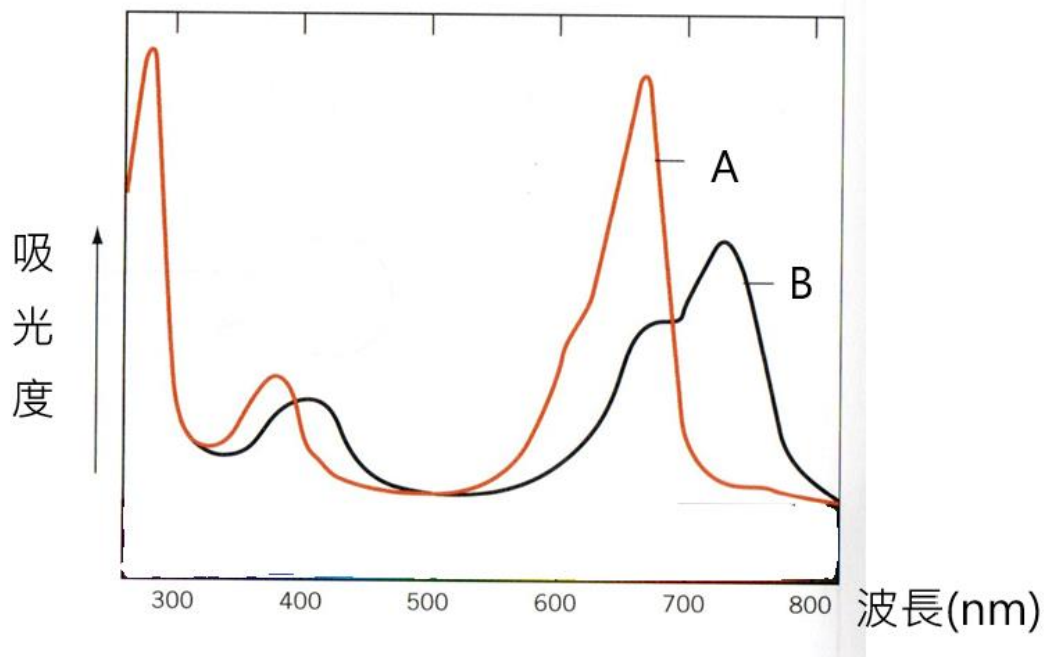
註：與控制組的顯著差異機率， ※: $p < 0.05$ ， ※※: $p < 0.01$

據此回答下列問題：

1. 殺草劑 1000 ppm 要如何配製？1.0 mM 的 SA 要如何配製？(10 分)

2. 在這實驗中，推測(1)殺草劑對玉米的主要傷害是什麼？理由是什麼？(2)SA 的功能為何？理由是什麼？(10 分)

三、下圖為光敏素的吸收光譜圖(10 分)

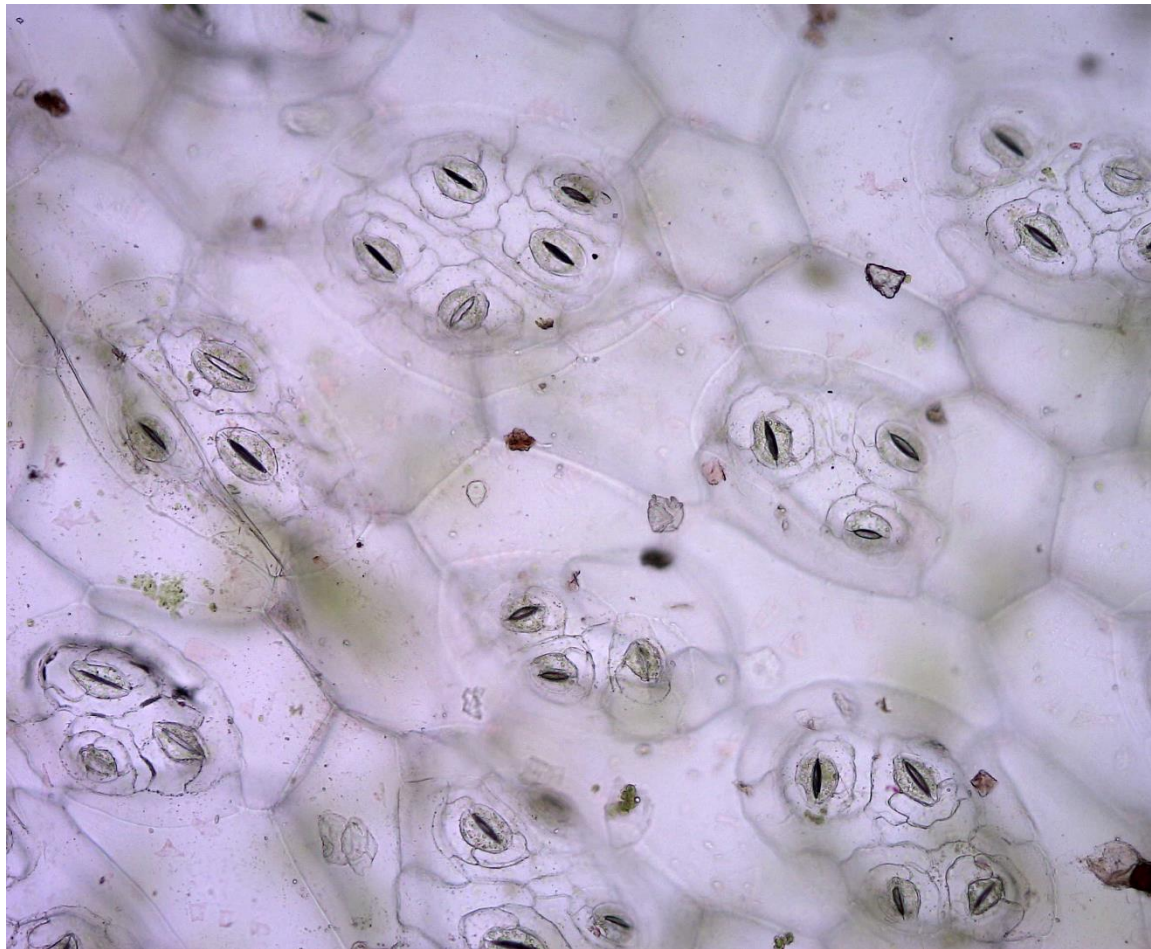


1. 圖中 A, B 分別為何物？判別理由為何？

2. A, B 兩者生理功能是什麼？

四、以下為植物形態相關主題，請依各主題說明回答問題。

1. 四季海棠的下表皮中，氣孔分布會 3-5 個成群，如下圖所示。



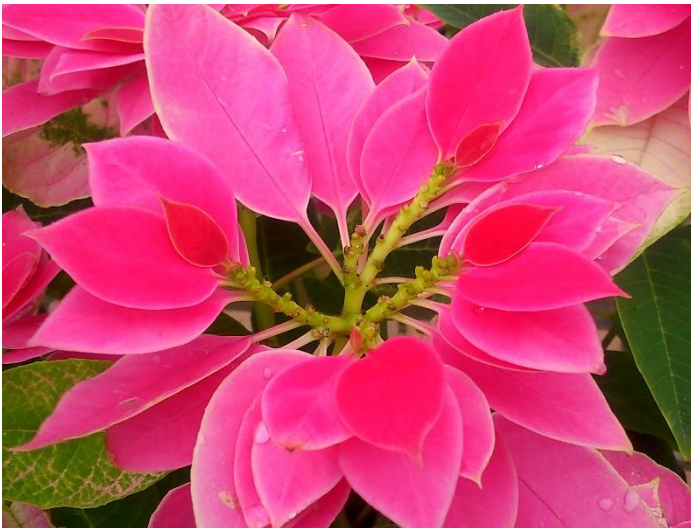
(1) 根據此觀察，推測此分布模式對四季海棠有何生態適應上的優點？(10 分)

(2) 根據以上推測，請設計實驗證實或推翻該推測。(15 分)

2. 聖誕紅的品種相當多，下圖是常見的(A)與另一品種(B)的花器官形態。



(圖 A) 常見的聖誕紅及其中央的局部放大



(圖 B) 聖誕紅的另一品種(桃喜)

(1) 分別描述以上兩個品種的花器官形態特性。(10 分)

(圖 A) _____

(圖 B) _____

(2) 推測圖 B 品種是以何種花器官形態為選培重點(5 分)其可能根據的操作原理為何？(10 分)

選培重點:_____

選培操作原理:_____

2020 年中華民國生物奧林匹亞競賽
國手選拔營

理論評量試題

第三部分

Student Code :



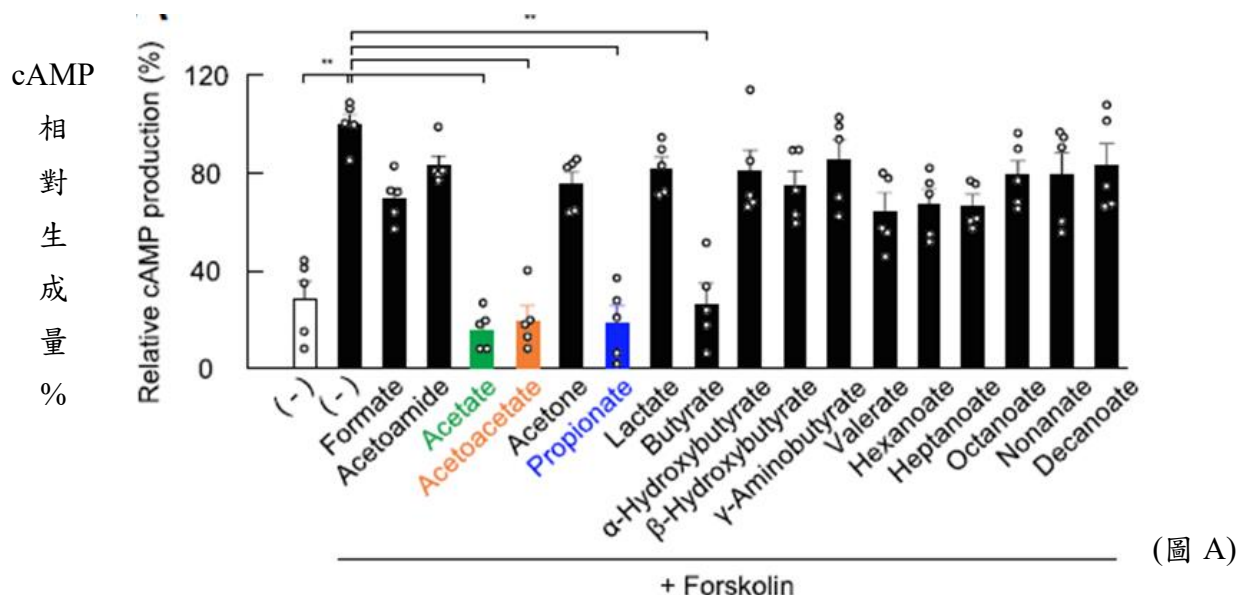
注意事項：

1. 本部分試題共 12 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請確認試卷封面是否和你的考號相同。
4. 請在試題卷上用藍(黑)筆作答，並請保持試卷的整潔。
5. 試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第三部分: (100 分)

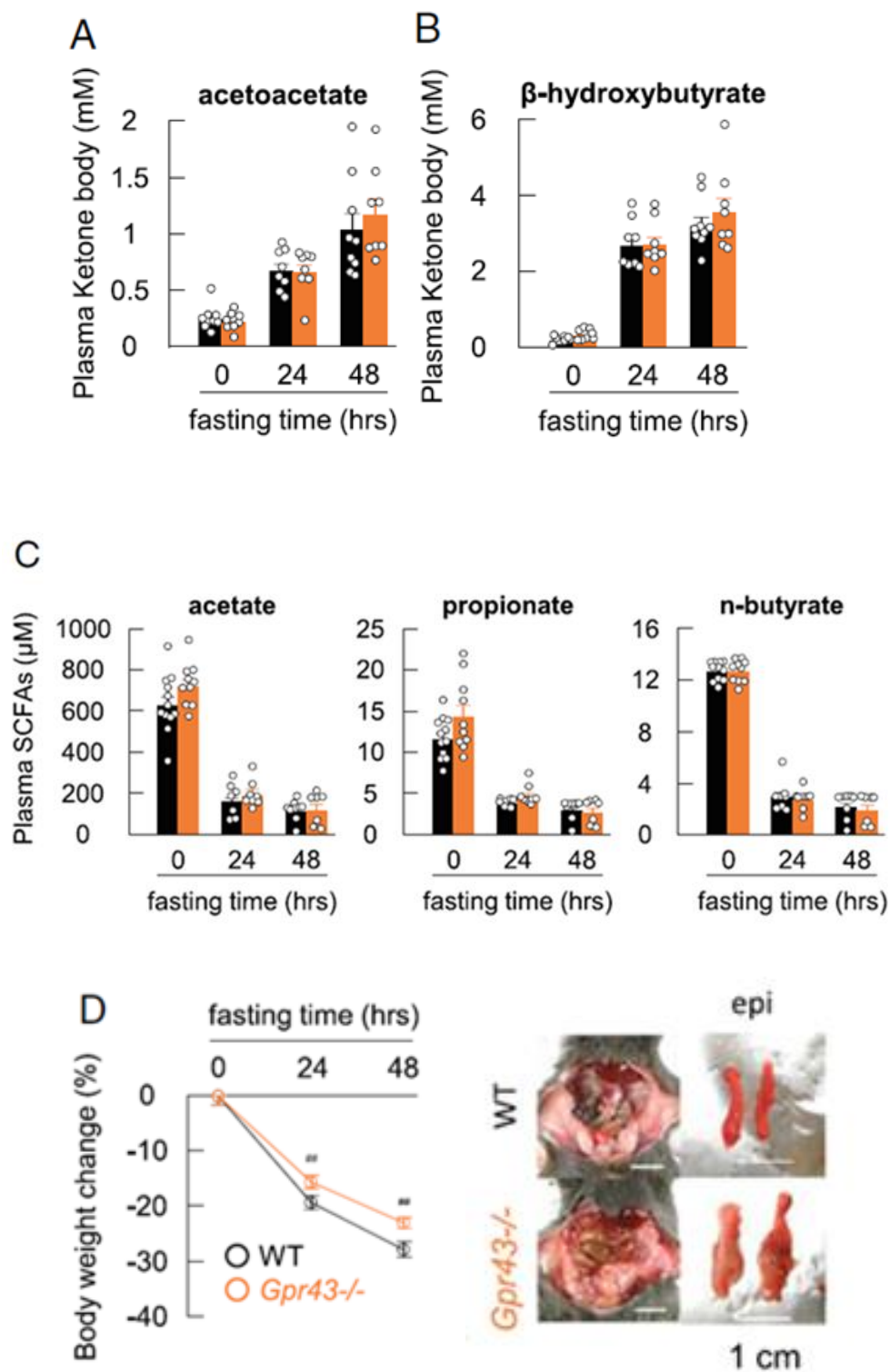
- 一、聽過生酮飲食(ketogenic diet)嗎? 近來生酮飲食是鎂光燈的焦點, 許多人使用這種飲食方法減重, 但真的 OK 嗎? 生酮飲食是一種高脂肪, 充足蛋白質, 低碳水化合物化的飲食方式, 藉此強迫身體燃燒脂肪而非碳水化合物。但大腦中的神經細胞僅可使用葡萄糖為能量來源, 所以在缺乏葡萄糖時, 大腦中的神經細胞需有替代能源, 而身體會將脂肪, 蛋白質在肝臟中氧化生成的小分子乙醯輔酶 A, 用來生成大量酮體(ketone body), 包括 β -羥基乙酸酯(β -hydroxybutyrate)和乙醯醋酸(acetoacetate)。這些於肝臟產生的 acetoacetate 和 β -hydroxybutyrate 就能經血液運送到大腦中神經細胞進行代謝。此外, 目前證實 β -hydroxybutyrate 可通過特定的 G 蛋白耦合受體(G protein-coupled receptors; GPRs), 例如 GPR41 或 GPR109 活化一連串細胞內的訊息傳遞路徑; 然而, 對於 acetoacetate 的受體及其代謝運作或調節仍待進一步研究。以下為 Miyamoto 等學者在 2019 年美國國家科學院院刊所發表的文章 (Miyamoto et al., 2019. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 116, 23813–23821), 他們認為 GPR-43 可能在過程中扮演重要角色, 請根據所提供的圖表回答下列問題。

A 圖顯示大量表現 GPR-43 (Flp-in GPR43 T-REx HEK293)之細胞在不同處理後, 細胞內 cAMP 的含量。這些細胞在給藥前先投與 IBMX, 一種磷酸二酯酶抑制劑 (phosphodiesterase inhibitor)處理 24 小時, 再加入各種單羧酸(monocarboxylic acid)後, 利用 ELISA 測定細胞內 cAMP 的濃度。



1. 請說明為何要先投與 IBMX 處理 24 小時 (3 分)
2. 請說明 forskolin 在此實驗之作用 (3 分)
3. G 耦合蛋白可因所產生的後續作用分成 Gs 或 Gi，GPR-43 是哪一種？並說明原因 (3 分)
4. 請用一句話來說明本圖所提示的主要研究所得(中文，10 個字內，一個單羧酸英文名稱視為一個字，多一個字扣一分) (6 分)

- 二、作者接下來利用 GPR43 基因剔除鼠(*Gpr43*^{-/-})，分析在正常及禁食(fasting)不同時間後，老鼠血液內酮體(plasma ketone body)及短鏈脂肪酸(plasma SCFA)的含量，淺色為 GPR43 基因剔除鼠(*Gpr43*^{-/-})，深色為野生型老鼠(wild type)，試依據下圖，回答下列問題。



1. 在禁食狀態下，GPR43 主要與酮體或短鏈脂肪酸作用？(2 分)為什麼？(3 分)

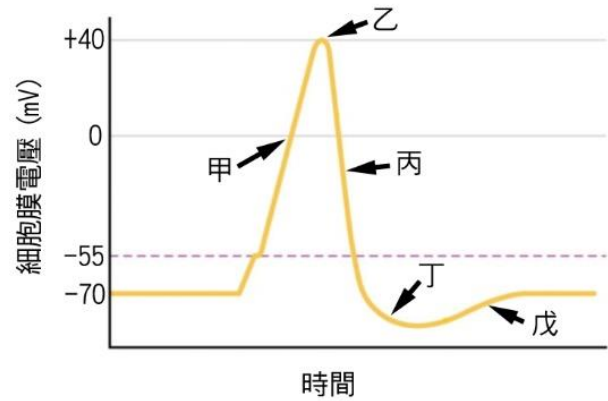
2. 請用一句話說明本圖 D 的結論(中文，22 個字內，多一個字扣一分) (5 分)

三、進行動物解剖時，只是照本宣科、按圖索驥、走馬看花對照講義內容是不夠的。

更重要的是根據所觀察到的線索來判斷、推測和驗證。

1. 請列出動物的所有體制對稱性，並分別以一個「門」的動物為例，說明在解剖過程中如何判斷其對稱性 (10 分)
2. 請說明如何在解剖過程中判斷動物的頭尾 (5 分)
3. 請說明如何在解剖過程中判斷動物的性別以及性成熟與否，並且以脊椎動物和無脊椎動物各舉一例說明 (10 分)

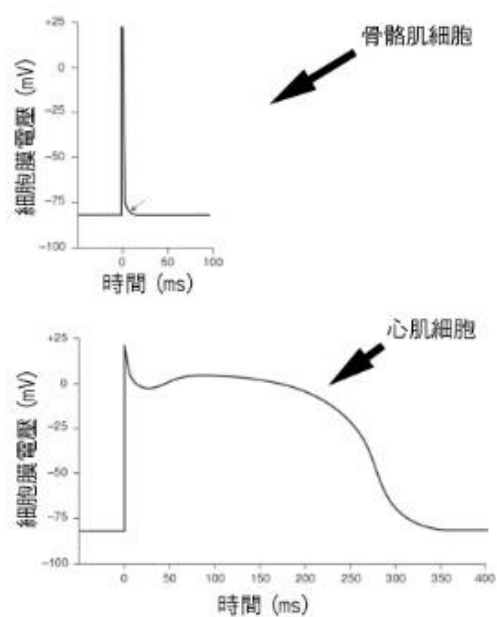
四、右圖為坐骨神經(sciatic nerve)受刺激後產生動作電位之圖形(產生動作電位的閾值是 -55mV)，動作電位主要與電壓敏感型鈉離子通道(voltage-dependent Na^+ channel; 以下作答請以 VNa 代替)以及電壓敏感型鉀離子通道有關(voltage-dependent K^+ channel; 以下作答請以 VK 代替)，請分別回答以下問題：



1. 為何在動作電位去極化階段，細胞膜電壓的上升不會停留在 0 (圖中”甲”的位置)而是持續上升呢？(5 分)
2. 如果 VNa 會因為細胞膜電壓超過閾值而打開，為何在”乙”的地方電壓會反轉向下呢？(3 分)
3. 如果 VNa 會因為細胞膜電壓超過閾值而打開，在”丙”的地方 VNa 與 VK 的角色如何？(3 分)
4. 當細胞膜電壓低於 -70mV ，理論上此時候細胞膜電壓已低於活化 VNa 與 VK 的閾值，為何還會有細胞膜電壓超極化(如圖”丁”位置所示)的現象呢？(4 分)

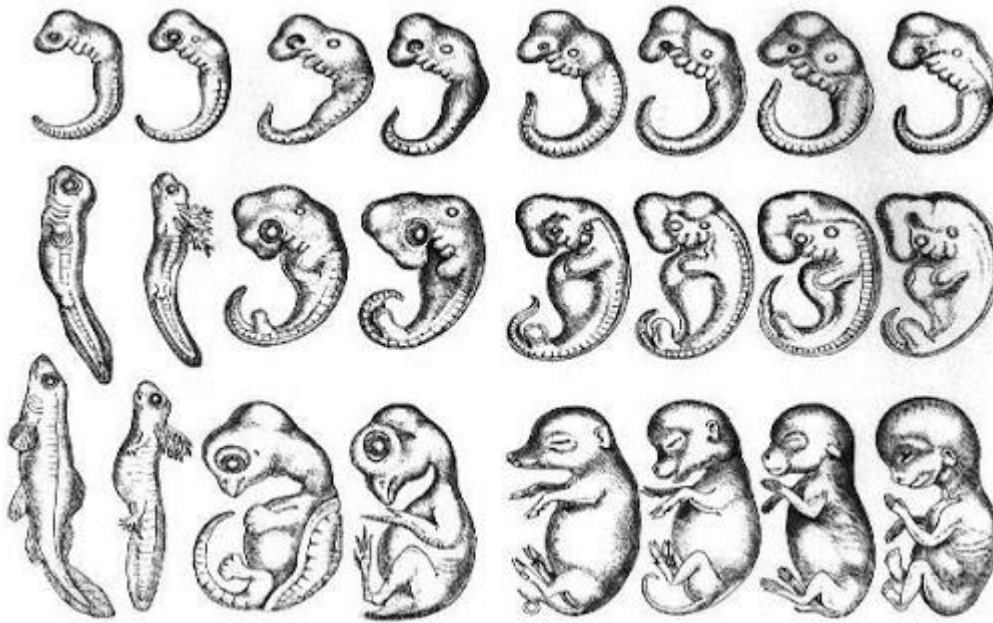
5. 為何細胞膜電壓超極化之後細胞膜電壓會略微上升(如圖”戊”位置所示)回到靜止膜電壓-70mV 呢?(5 分)

五、右圖為骨骼肌肉細胞與心室肌肉細胞動作電位之圖型，請比較其差異?(5 分)



六、問答題

1. 下圖為加拿大演化生物學家 George Romanes 在 1892 年根據德國生物學家 Ernst Haeckel 所繪製的脊椎動物胚胎發育過程比較圖。這個圖經常被拿來作為支持胚胎演化重演論(Recapitulation theory)的論述。所謂的胚胎演化重演論意指「動物從卵到發育為胎兒的過程中所顯示的形態變化，反應了這種動物從祖先到後裔演化的過程」。例如人類的胚胎仍存在著鰓裂，所以人類胚胎發育的過程重建了「脊椎動物演化的歷程」。然而這個理論在現代已經被打臉並否決。根據演化與胚胎發育學的原理，請問你認為這個理論為何會被否決？(12 分)



2. 圖 2-1 為分化(divergence)、演化保守(conservation)、平行演化(parallelism)與趨同演化(convergence)定義的示意圖。而圖 2-2 顯示的一群海膽的親緣關係及其幼體到成體發育的過程。請問根據這兩圖的資訊，具長臂並可自行攝食的海膽幼體在這類海膽中的演化模式屬於 A-D 那一型式？原因為何？(5 分)

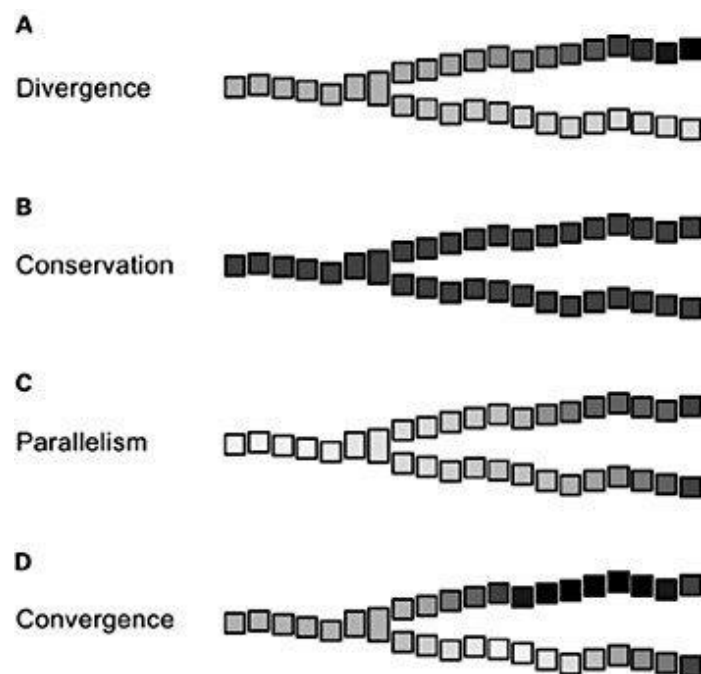


圖 2-1。

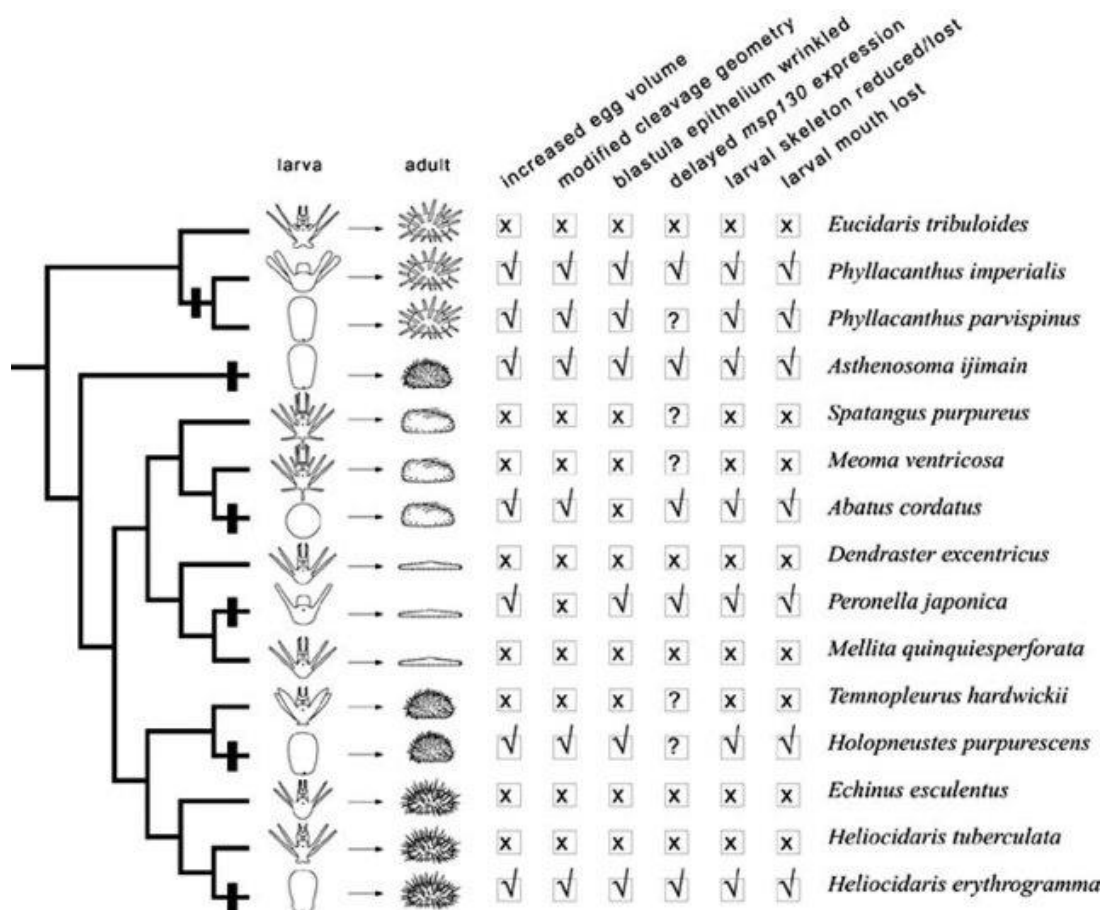


圖 2-2。

3. 在動物界(Animalia)的演化事件中，「幼蟲」這個發育階段究竟在演化上比「成體」先出現，或者「成體」較「幼蟲」更早出現是兩個完全對立的假說。假設你現在想要使用軟體動物門(Mollusca)的成體與擔輪幼蟲(trochophore)來當成研究對象，那麼請問你認為使用以下那種遺傳資訊能夠回應這個議題？原因為何？(8 分)

- (A) 質體(plasmid)
- (B) 粒線體(mitochondira)
- (C) 微衛星體(microsatellite)
- (D) 轉錄體(transcriptome)
- (E) 核糖體(ribosome)

2020 年中華民國生物奧林匹亞競賽 國手選拔營

理論評量試題

第四部分

Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 6 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面是否和你的考號相同。
4. 請在試題卷上用藍（黑）筆作答，並請保持試卷的整潔。
5. 試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第四部分: (100 分)

一、問答題(共 80 分)

- 細胞分裂週期 (cell division cycle) 可分為 4 個時期：G₁、S、G₂ 和 M。在 G₁ 期，細胞生長，體積增加，胞器增加；S 期，進行 DNA 複製；G₂ 期，胞器增加，製造細胞分裂所需蛋白質，準備細胞分裂期；M 期，進行核分裂 (有絲分裂) 和細胞質分裂，細胞一分為二。細胞分裂週期各階段事項的起始和結束，受到週期蛋白依賴型激酶 (cyclin-dependent kinase, CDK) 的調控，CDK 必須要結合週期蛋白 (cyclin) 才会有活性，不同時期有不同的 cyclin 和 CDK 結合，活化了 CDK，同時也決定了 CDK 受質的專一性。CDK 和 S-cyclin 結合後，成為 S-cyclin-CDK；CDK 和 M-cyclin 結合後，成為 M-cyclin-CDK。當各種條件，如：細胞大小、生長因子、養分等條件都符合時，S-cyclin-CDK 會被活化，讓細胞進入 S 期，啟動 DNA 複製。當 DNA 複製順利完成，其他條件也一切正常時，M-cyclin-CDK 會被活化，使細胞進入 M 期，啟動有絲分裂和之後的細胞質分裂 (如下圖)。

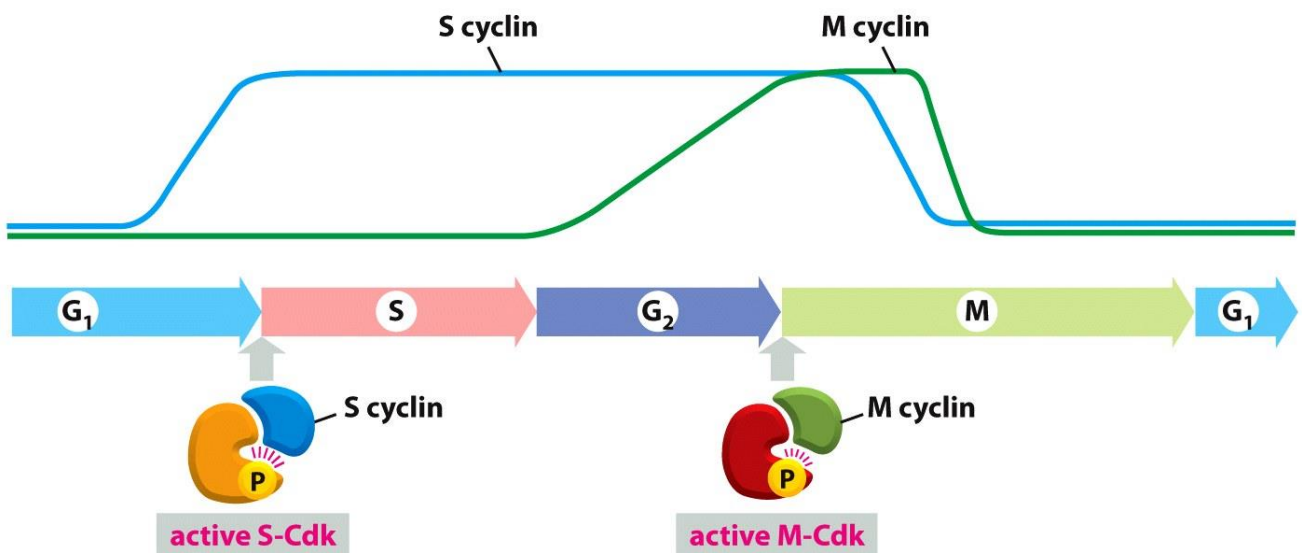


Figure 18-10 Essential Cell Biology 3/e (© Garland Science 2010)

S-cyclin-CDK 和 M-cyclin-CDK 的活性在細胞完成分裂 (M 期) 前會被關閉，細胞才能離開 M 期，重新進入 G₁ 期。所以 CDK 的活性從 S 期持續到 M 期，而 G₁ 期沒有 CDK 的活性，原因是因為沒有 S-cyclin 或 M-cyclin 的合成，同時還有 CDK 抑制蛋白 (CDK inhibitor, CKI) 的存在，可以抑制 S-cyclin-CDK 和 M-cyclin-CDK 的活性。

在 G₁ 期，會有一些特定蛋白與 DNA 複製起點結合，形成「複製前複合體」(pre-replicative complex, pre-RC)，具有 pre-RC 的複製起點才能起始 DNA 複製，一旦開始進行複製，pre-RC 便不復存在，轉化成為「複製後複合體」(post-replicative complex, post-RC)，post-RC 不具有起始 DNA 複製的功能。此外，pre-RC 的形成受到 CDK 的抑制，只要有 S-cyclin-CDK 或 M-cyclin-CDK 的活性存在，複製起點就無法形成 pre-RC。

根據以上的背景資料，請回答以下問題：

- (1) 除了 G1 期外，G2 期是否可以形成 pre-RC？為甚麼？ (10 分)

- (2) 曾有實驗證明，將 G1 期的細胞和 S 期的細胞融合後，G1 期的細胞會立即進入 S 期，為甚麼？ (10 分)

- (3) 如果將 G2 期的細胞和 S 期的細胞融合，G2 期的細胞是否會立即進入 S 期？為甚麼？ (10 分)

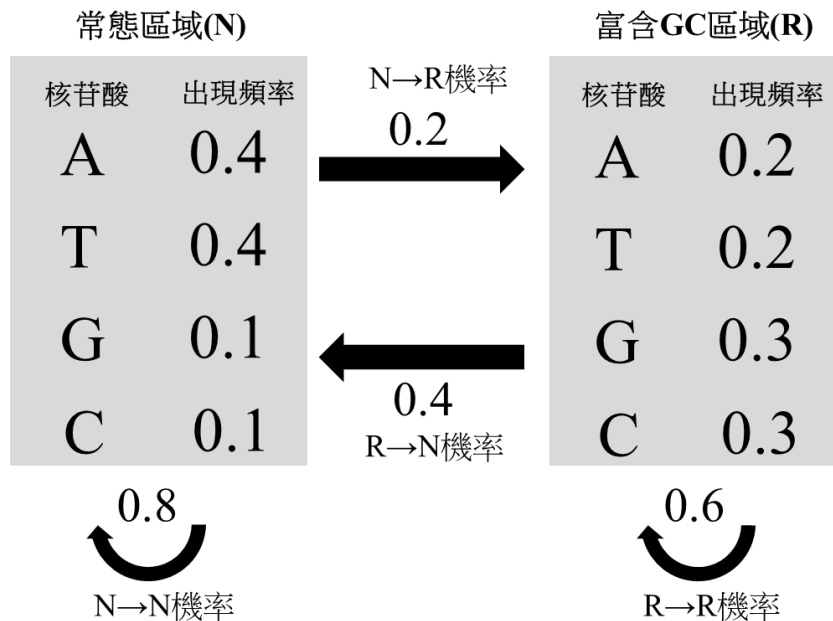
- (4) 細胞分裂期結束前，關閉 S-cyclin-CDK 和 M-cyclin-CDK 的活性對下一個細胞分裂週期有何功用？ (10 分)

- (5) 細胞分裂週期中，pre-RC，post-RC，CDK 和 DNA 複製之間看似複雜的關係，對調控細胞分裂週期有甚麼特殊的功用或生物意義？ (10 分)

2. 隱藏馬可夫模型(HMM, Hidden Markov Model)為目前生物資訊與基因組學領域常用來作為預測序列特徵與基因的**方法之一**，廣泛用於 Ensembl 等各大生物資訊資料庫。HMM 最基礎的原理是假設一段待辨識的 DNA 序列中每個核苷酸都二分為常態區域(N, Normal region)與富含 GC 區域(R, Rich-GC region)，預測計算方式如下：

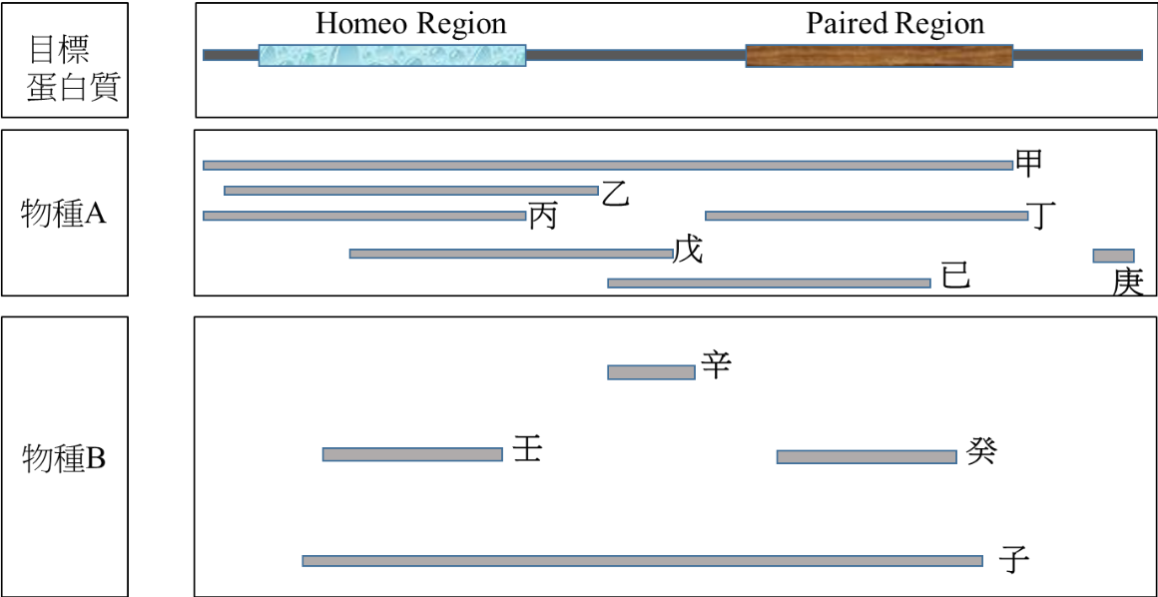
$$\text{Probability(序列)} = [\text{Probability(出現頻率)}] \times [\text{Probability(N-R 之間轉換機率)}]$$

當我們發現一段序列於常態與富含 GC 區域的核苷酸出現頻率為下圖，試回答以下問題。



- (1) 以隱藏馬可夫模型的原理為基礎，請計算 TGC 序列在 NRR 隱藏狀態下的出現機率(四捨五入取至小數點第四位)? (10 分)
- (2) 如果將一段 DNA 序列分為六個區域，當第一個核苷酸在常態區域(N)時，則可能會有多少種隱藏組別? (6 分)

3. NCBI 提供各類序列的排比服務，當我們將一段序列輸入資料庫後，可根據所選之資料庫種類幫助研究人員找尋相似度最高的序列片段。假設我們得到一段未知的目標蛋白質序列，經過資料庫排比後得到下圖結果，試回答以下問題。



- (1) 根據上圖判斷，哪一物種與目標蛋白質相似度相對較高? (3 分)
- (2) 相似度最低的序列為? (3 分)
- (3) 上圖共出現多少條序列與目標蛋白質的 Paired Region 具有相似性? (3 分)
- (4) 物種 A 與 B 比對結果中，與目標蛋白質相似度最高的序列為? (5 分)

二、配合題(共 20 分)

1. DNA 定序法的開端始於 1970 年代，奠定了當代生命科學各領域的發展基礎，大量的序列資料加速了生物資訊演算法的發展。下列關於各種定序方法的描述，請依描述內容配對至對應的定序方法(每個選項可能不只使用一次)。

- (甲) 桑格定序法 (Sanger sequencing)
- (乙) 馬克薩姆-吉爾伯特定序法 (Maxam-Gilbert sequencing)
- (丙) 大規模平行信號定序法 (Massively parallel signature sequencing)
- (丁) 單分子螢光定序法 (Single molecule fluorescence sequencing)
- (戊) 奈米孔定序法 (Nanopore sequencing)
- (己) Illumina 定序法 (Illumina sequencing)
- (庚) 離子半導體定序法 (Ion semiconductor sequencing)
- (辛) DNA 奈米球定序法 (DNA nanoball sequencing)
- (壬) 單分子實時定序法 (Single molecule real time sequencing)

範例：由 Frederick Sanger 博士在西元 1977 年所發展的定序法。 答案： 甲

- (1) 此定序法採用合成式定序，原理是將 100-200 鹼基對長度的 DNA 片段，利用末端脫氧核苷酸轉移酶在 DNA 的 3'端，接上帶有螢光標記的脫氧腺苷三磷酸形成的 poly-A 尾端，進行後續的核苷酸辨識。(5 分)
- (2) 此定序法又稱為化學定序法，定序過程會在 DNA 定序片段的 5'端進行放射性標記，並須進行 DNA 純化步驟。(5 分)
- (3) 此定序法受益於零模波導孔技術(zero-mode waveguide technology)的發展，每個零模波導孔帶有一個 DNA 聚合酶及一條 DNA 片段，進行定序並同時讀取插入鹼基所攜帶的螢光信號。(5 分)
- (4) 此定序法所需的材料為單股 DNA 模板、測序引子、脫氧核糖核苷三磷酸 (dNTP)、雙脫氧核糖核苷三磷酸(ddNTPs)與 DNA 聚合酶，為西元 2000 年以前最廣泛使用的定序方法。(5 分)

2020 年中華民國生物奧林匹亞競賽 國手選拔營

理論評量試題

第五部分

Student Code :



注意事項：

1. 本部分試題共 9 頁(含封面)，共 100 分。
2. 請檢查是否有缺頁，若有缺頁請立即告訴試務人員
3. 作答時請在試題封面是否和你的考號相同。
4. 請在試題卷上用藍(黑)筆作答，並請保持試卷的整潔。
5. 試題答案可寫至題目背面，但請標上題號。

第五部分: (100 分)

一、疾病除了會影響人類的健康外，有些疾病，例如 2003 年出現的嚴重急性呼吸道症候群(SARS)，以及現今流行的新型冠狀病毒肺炎(COVID-19)，也會對人類的社會和經濟活動造成非常大的衝擊。(共 29 分)

- 1. 下列哪些人類的疾病是由病毒所造成的？(複選題，每選項一分，共 5 分)
- (A) 瘧疾(malaria)
 - (B) 麻疹(measles)
 - (C) 肺結核(tuberculosis)
 - (D) 昏睡病(sleeping sickness)
 - (E) 天花(smallpox)
- 2. 許多人類的疾病是由動物傳播給人類，這些疾病被稱作人畜共通疾病(zoonoses)。哪些人類的疾病為人畜共通疾病，包括現在雖然已可在人和人之間傳播，但病原最初是由其他種類的動物而來。(複選題，每選項一分，共 5 分)
- (A) 愛滋病(AIDS)
 - (B) 瘧疾(malaria)
 - (C) 麻疹(measles)
 - (D) 天花(smallpox)
 - (E) 登革熱(dengue fever)
- 3. 許多重要的傳染病起源自蝙蝠所攜帶的病原，下列哪些人類的疾病，據目前所知，是由蝙蝠攜帶的病原所造成的？(複選題，每選項一分，共 5 分)
- (A) 伊波拉(Ebola)
 - (B) 中東呼吸綜合症(MERS)
 - (C) 狂犬病(rabies)
 - (D) 立百腦炎(Nipah virus-causing encephalitis)
 - (E) 漢他病毒出血熱(Hantavirus-causing hemorrhagic fever with renal syndrome)
4. 研究人員會使用數學模型來幫助瞭解，傳染性疾病在人群間傳播的動態，其中一種經常使用的數學模型稱作 *SIR*，其中 *S* 為 susceptible (有機會受感染的個體)，*I* 為 infected (已經受感染的個體)，*R* 為 recovered (遭受過感染，但已不再被感染的個體)。*SIR* 的模型如下圖：



其中 β 為接觸到一位感染者(*I*)後可能被感染的機會， γ 為感染後復原的速

率。若不考慮個體死亡， S 、 I 、 R 的數量隨時間變化可表示為：

$$\frac{dS}{dt} = N - \frac{A}{\quad}$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \frac{B}{\quad}$$

其中 N 為族群數量

A 和 B 應分別填入： _____、_____ (各 2 分，共 4 分)

5. 接續上題，若已經受感染的個體(I)數量維持固定，不隨時間改變，則：

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I = 0$$

$$\beta SI = \gamma I$$

$$S\beta/\gamma = 1$$

其中 $S\beta/\gamma$ 可定義為基本傳染數(R_0 , basic reproduction number)，當 R_0 的數值越高時，病例數越容易增加，而接種疫苗，則是透過降低 S 或 β 的方式來防止疾病擴散。假設所有接種過疫苗的個體均不會被感染，且所有個體彼此間的接觸機會相同，則根據下列情況，計算出一個群體中，至少需要接種多少比例的個體，才能防止病例數增加。

- (1) $R_0 = 4$ ： _____ (5 分)
- (2) 當 R_0 數值越高時，則需要接種疫苗以防止疾病擴散的人口比例也會越高或越低？ _____ (2 分)
- (3) 根據目前所知，下列哪一個疾病的 R_0 數值最高？ _____ (單選題，3 分)
 - (A) 天花(smallpox)
 - (B) 麻疹(measles)
 - (C) 愛滋病(AIDS)
 - (D) 伊波拉(Ebola)
 - (E) 新型冠狀病毒肺炎(COVID-19)

二、下表是四個不同生態系內三個營養階層的活體生物量(standing crop)(kg/m^2)、總生產力(gross productivity)($\text{g/m}^2/\text{year}$)、淨生產力(net productivity)($\text{g/m}^2/\text{year}$)資料。(共 36 分)

A 生態系	活體生物量	總生產力	淨生產力
生產者	45.00	4500	2000
初級消費者	0.50	250	100
次級消費者	0.01	60	12
B 生態系	活體生物量	總生產力	淨生產力
生產者	15.00	6500	2500
初級消費者	3.50	480	200
次級消費者	0.20	40	15
C 生態系	活體生物量	總生產力	淨生產力
生產者	5.00	1700	600
初級消費者	1.50	120	40
次級消費者	0.05	8	3
D 生態系	活體生物量	總生產力	淨生產力
生產者	0.005	300	120
初級消費者	0.008	80	18
次級消費者	0.001	5	2

1. 如果 A 生態系是熱帶雨林，請問 B 生態系最有可能是溫帶草原(temperate grassland)、溫帶針葉林(temperate conifer forest)、凍原(tundra)、熱帶草澤(tropical swamp)、遠海海洋(pelagic ocean)中的哪一個？為什麼？(4 分)
2. 如果 A 生態系是熱帶雨林，請問 C 生態系最有可能是溫帶草原(temperate grassland)、溫帶針葉林(temperate conifer forest)、凍原(tundra)、熱帶草澤(tropical swamp)、遠海海洋(pelagic ocean)中的哪一個？為什麼？(4 分)

3. 如果 A 生態系是熱帶雨林，請問 D 生態系最有可能是溫帶草原 (temperate grassland)、溫帶針葉林 (temperate conifer forest)、凍原 (tundra)、熱帶草澤 (tropical swamp)、遠海海洋 (pelagic ocean) 中的哪一個？為什麼？ (4 分)

4. 在這四個生態系中，哪個生態系的初級生產者會產生最多的死亡有機物 (dead organic matter)？此生態系的初級生產者每年產生多少死亡有機物？ (4 分)

5. 在這四個生態系中，哪個生態系的碎食者食物網，會有最大的能量通量 (energy flux)？如何判斷？ (4 分)

6. 在這四個生態系的各階消費者，哪個生態系的哪個營養階層間擁有最低的營養轉換效率 (trohic transfer efficiency)？其營養轉換效率是多少？ (4 分)

7. 在這四個生態系中，哪個生態系的生產者具有最低的活體生物量周轉時間(turnover time)？其活體生物量的周轉時間是多少？ (4 分)

8. 請繪製 D 生態系的能量塔(能量金字塔)(energy pyramid)。(4 分)

9. 請繪製 D 生態系的生物量塔(生物量金字塔) (biomass pyramid)。(4 分)

三、台灣島嶼雖然不大，卻有著超過兩百座三千公尺以上的高山，複雜的地形與地質條件，加上多樣的氣候變化，讓台灣擁有很高的生物多樣性、以及多樣的植物群落類型。根據台灣森林植群調查總計 3,824 個樣區的調查結果，台灣的森林可以區分成 13 種類型，各森林類型之樣區所屬的氣候環境如圖 1 所示，海拔分布範圍則見(圖 2) (圖片修改自 Lin et al. 2020 Applied Vegetation Science)，請參考(圖 1)、(圖 2)回答下列問題，其中森林類型填寫代碼即可。(共 35 分)

1. 哪一個森林類型的冬季和夏季的溫差最大？

_____ (3 分)

2. 哪一個森林類型其在台灣的分布範圍最南方？

_____ (3 分)

3. 哪一個森林類型主要分布在台灣的東北部？

_____ (3 分)

4. 下列哪一個選項所列的森林類型其所屬氣候環境有最明顯的乾季？

(1) 烏皮茶-槲楠冬季季風林 (2) 石櫟-杜英林
(3) 雅楠-槲楠林 (4) 櫟木雲霧林

_____ (3 分)

5. 哪一個森林類型之植群樣區分布都在海拔 1800 m 以上？

_____ (3 分)

6. 下列哪一個選項所列的森林類型在台灣之潛在分布面積最大？

(1) 玉山圓柏灌叢 (2) 檜木雲霧林 (3) 楠櫟林 (4) 榕楠林

_____ (3 分)

7. 假若森林之初級生產力和溫度呈正相關，請問哪一個森林類型的初級生產力最低？

_____ (3 分)

8. 哪兩個森林類型最容易受到人為干擾破壞？

_____ (4 分)

9. 哪一個森林類型最接近台灣的森林界線 (tree line)？

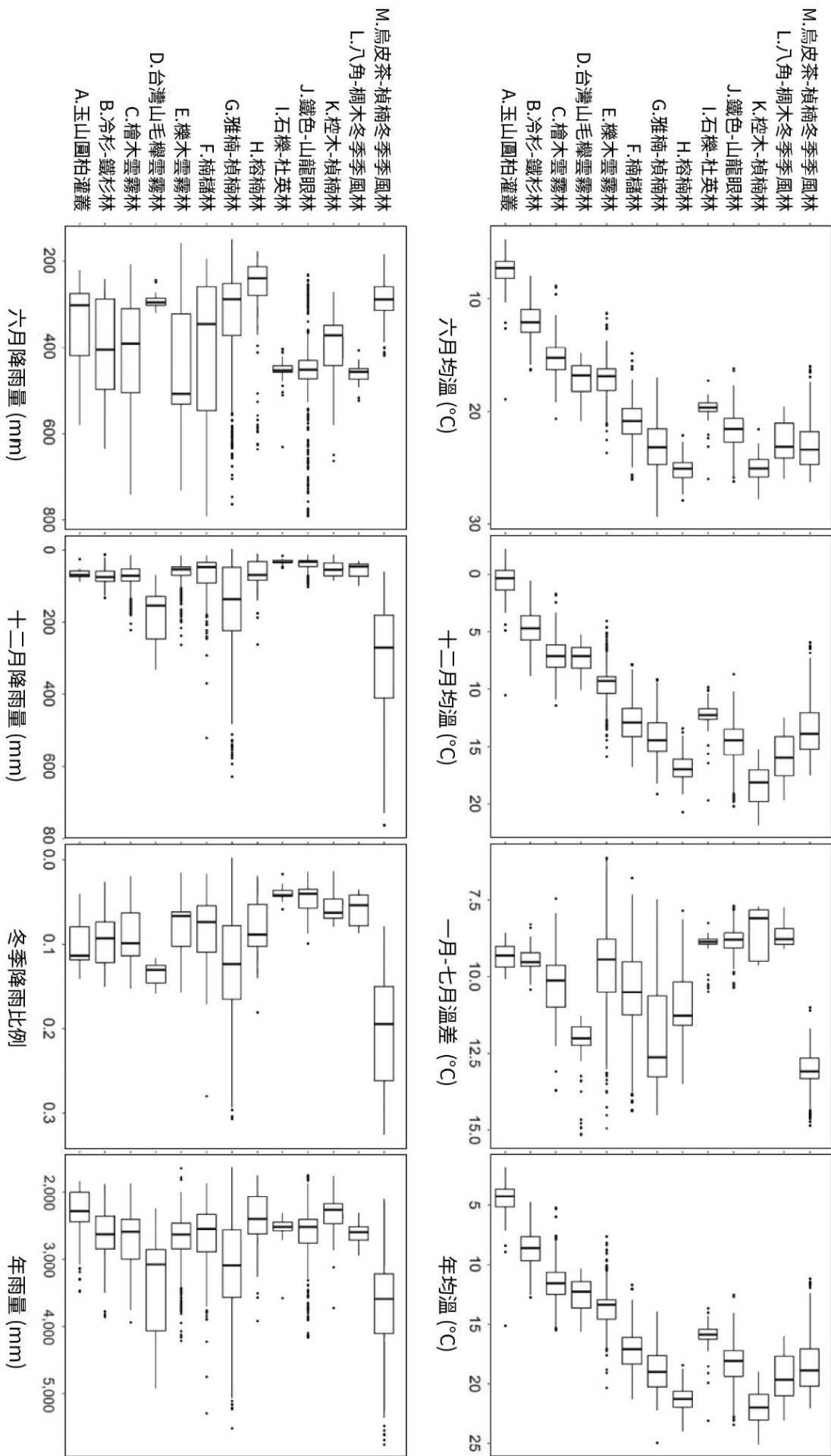
_____ (3 分)

10. 在三種雲霧林中，分布最為侷限的是哪種森林類型？

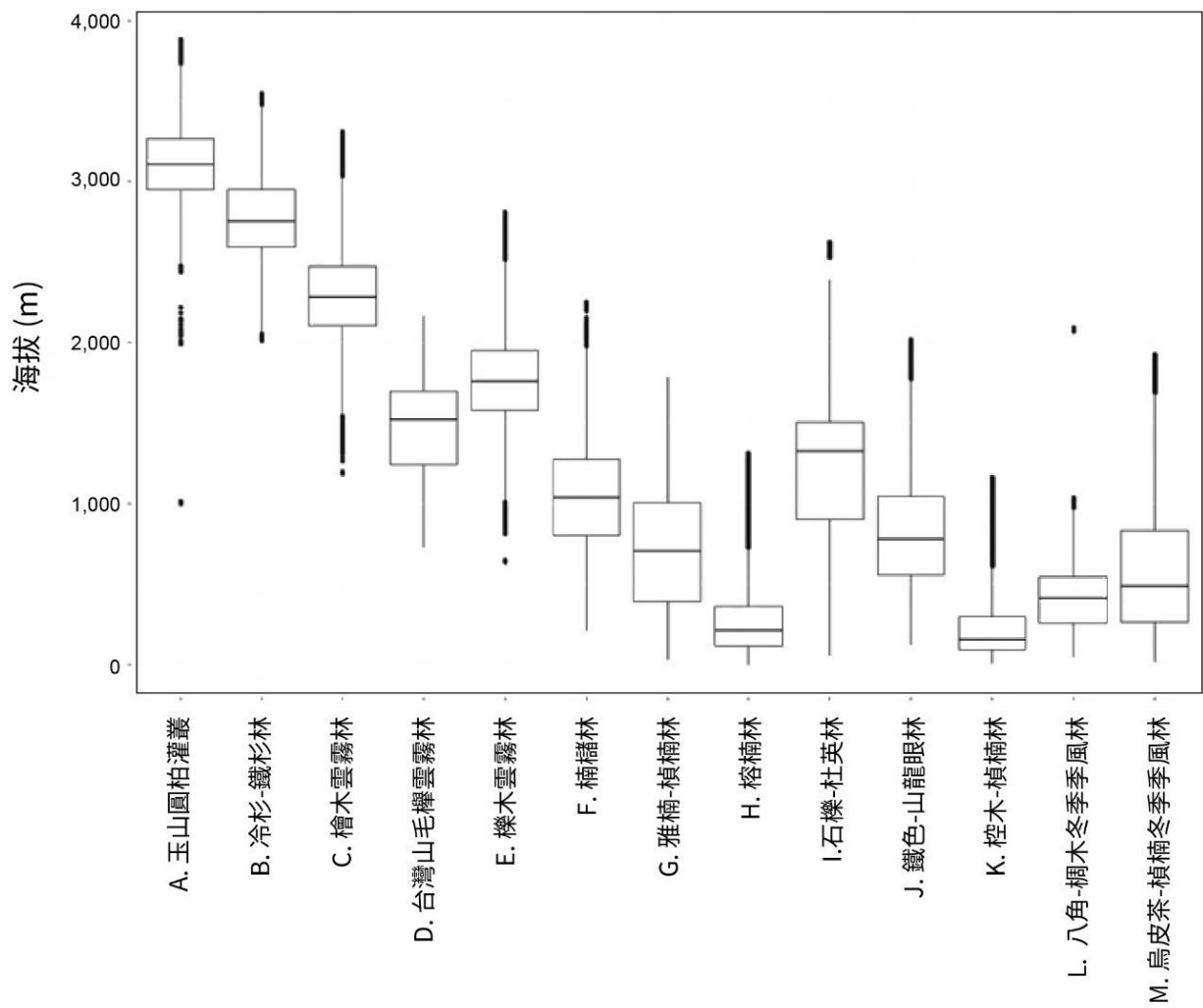
_____ (3 分)

11. 位於北緯 50 度到 70 度間的亞寒帶地區(如西伯利亞)之森林類型會最接近台灣哪兩種森林類型？

_____ (4 分)



(圖 1)台灣 13 種植群型其樣區分布之氣候環境



(圖 2) 台灣 13 種植群型其樣區所分布的海拔範圍