

趨化蕨藻適宜培養條件之探討

李沛珊、黃君毅、何源興

水產試驗所東部漁業生物研究中心

前言

趨化蕨藻 (*Caulerpa chemnitzia*) 舊稱棒形總狀蕨藻 (*C. racemosa* var. *laetevirens*) 或盾葉蕨藻 (*C. peltata*)，隸屬於綠藻植物門 (Chlorophyta)、石蓴綱 (Ulvophycean)、羽藻目 (Bryopsidales)、蕨藻科 (Caulerpaceae) 的蕨藻屬 (*Caulerpa*) (AlgaeBase, 2023)，分布於熱帶及亞熱帶海域，主要產地為日本、中國 (海南島和廈門)、菲律賓、馬來西亞、印尼、索羅門群島、紅海及斯里蘭卡等地，臺灣則產於北部、東北部、東部、恆春半島、

澎湖、小琉球、綠島及蘭嶼等，可作為食用、藥用、餌料用和觀賞用 (黃，2000)。

趨化蕨藻 (圖 1) 藻體呈綠色，具假根部、匍匐枝及直立枝 3 個主要部分，採匍匐蔓生。直立枝頂端圓滑且膨大，周圍密集如棒狀、半球狀或盾盤狀，底部匍匐枝呈圓柱狀，藉由白色纖維狀假根，緊密附著於岩石或其他基質上，主要分布在海岸低潮線以下的水域，臺東以 3 月下旬至 6 月為主要生長季節，每月大退潮時，藻體會露出水面，在臺東縣成功鎮、都歷及都蘭地區之阿美族族人及當地居民皆會採集食用 (張等，2022)。



圖 1 趨化蕨藻的外觀型態



臺灣東海岸阿美族稱趨化蕨藻為海葡萄或 muli (moli) (阿美族語)，是可以生吃的海藻，一般滾水汆燙或直接沾以鹽巴涼拌享用(吳，2022)，顯示此藻很受原住民的青睞，在春季採收趨化蕨藻作為食用或醃漬品保存。新鮮藻體口感有如魚子醬，稱為「素食魚子醬」或「綠色魚子醬」，且因其形態可因環境不同而產生變異，具觀賞價值，也常被用來作為海水水族箱的造景材料(邵，2015)。目前主要為季節性採集野生藻體，並進行挑選汰除和清洗，再將剩餘品質較佳之藻體進行販售，目前市場零售價格約新臺幣250–300 元/台斤。國內海藻一般以人工野外採集為主，利用上多以當地新鮮食用或涼拌為主，較無產量可推廣到非產地的地方。

現今政府提出 2050 淨零碳排的目標，為能減少碳足跡，應提升在地食材品質並穩定其產量。趨化蕨藻雖不像日本的長莖葡萄蕨藻 (*C. lentillifera*) 來的廣被國人所知，但因是臺灣的本地種，或許較適合臺灣的地理水質環境，並且更能代表成為臺灣東部原住民在地特色食材。臺灣目前還沒有適合自己的培養方式，故本研究收集臺東周邊海域的趨化蕨藻種原，進行培養條件建立及粗成分分析，除能保存相關海藻資源外，也可作為未來量產之依據，穩定提供原料供產、官、學及各界後續研究利用，以提高該藻附加價值及利用性。

藻種來源

在臺東縣成功鎮市區南方的麒麟部落和北方的比西里岸部落周邊海域，皆有採集到

趨化蕨藻種原，麒麟部落海域發現該藻的時間主要在 3 月下旬至 5 月上旬之間，採集深度較深且生長較為聚集，小枝皆呈棒狀；而在比西里岸部落海域則從 4 月下旬才發現，到 6 月底還有零星分布，採集深度較淺，生長較為鬆散，且小枝有呈棒狀或盾葉狀。剛採集的藻體先做初步清潔動作，以去除部分附著雜藻及雜質後，放置養殖池流水馴化以適應人工培養環境，並進行相關試驗。

不同培養條件對趨化蕨藻成長影響試驗

本研究探討適合趨化蕨藻成長的水溫與光照強度、培養密度、鹽度及營養鹽等培養條件。試驗於室內植物生長箱中進行，將 $0.50 \pm 0.05\text{ g}$ 趨化蕨藻置入 150 ml 玻璃錐形瓶內(密度試驗例外)，滅菌海水 100 ml，培養時無打氣，光週期為 12 小時光照/12 小時黑暗，第 7 天更換滅菌海水 1 次，第 14 天秤重，並計算日成長率 (specific growth rate, SGR, $\% \text{d}^{-1}$) = $[(\ln \text{海藻平均末重(g)} - \ln \text{海藻平均初重(g)}) / \text{培養天數}] \times 100$ 及增重率 (percentage weight gain, PWG, %) = $[(\text{海藻平均末重(g)} - \text{海藻平均初重(g)}) / \text{海藻平均初重(g)}] \times 100$ ，每組三重複。

水溫及光照強度對趨化蕨藻成長之影響

本研究使用 4 種不同水溫 (15、20、25 及 30°C) 搭配 3 種範圍的光照強度 (1,500–2,500、4,500–5,500 及 9,500–10,500 lux) 進

行趨化蕨藻成長試驗。結果顯示以水溫 20°C 及光照強度 9,500–10,500 lux 培養的組別，有最佳日成長率 $1.58 \pm 0.02\%d^{-1}$ 及增重率 $26.48 \pm 0.33\%$ ，且明顯優於其他組別（圖 2）。因 15°C 在 3 種不同範圍的光照強度皆為負成長，故沒在圖裡呈現。且經由統計分析，因 PR 值皆 < 0.05 ，所以溫度及光照皆會影響趨化蕨藻成長，並且兩個因素也會互相影響。也就是說，在此試驗條件範圍下，趨化蕨藻似乎具有比較適合培養在低溫高光照環境下的趨勢。

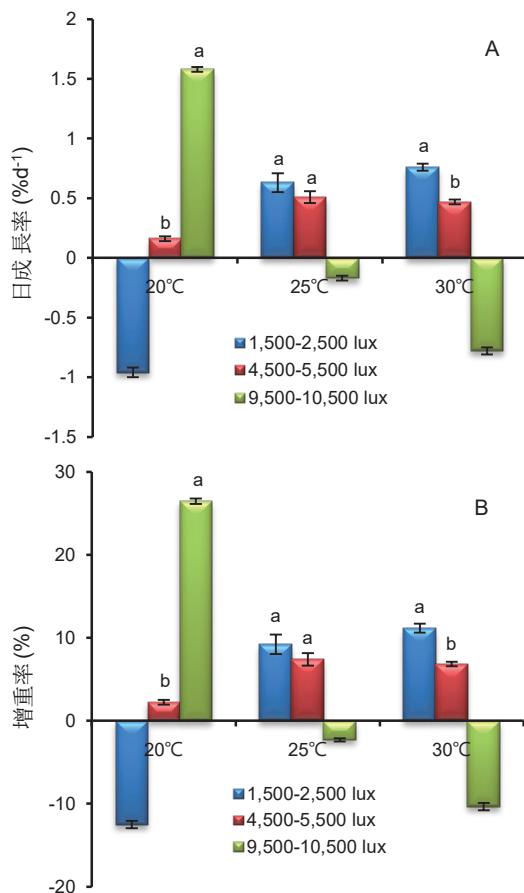


圖 2 不同水溫及光照強度對趨化蕨藻成長之影響
A：日成長率 ($\%d^{-1}$)；B：增重率 (%) (不同英文字母代表在 $p < 0.05$ 的信賴區間下，各組統計值達顯著差異)

培養密度對趨化蕨藻成長之影響

選擇前述最適宜的水溫 (20°C) 及光照強度 (9,500–10,500 lux)，探討 6 種培養密度 (1.25、2.5、5.0、10.0、20.0 及 40.0 g/L) 對該藻成長影響，以下操作模式皆與前項相同。結果顯示，當水溫為 20°C，光照強度為 9,500–10,500 lux 時，以初始培養密度為 5 g/L 的組別，有最佳日成長率 $2.38 \pm 0.05\%d^{-1}$ 及增重率 $39.29 \pm 0.91\%$ ，且明顯優於其他組別（圖 3）。而 40 g/L 試驗結果為負成長。

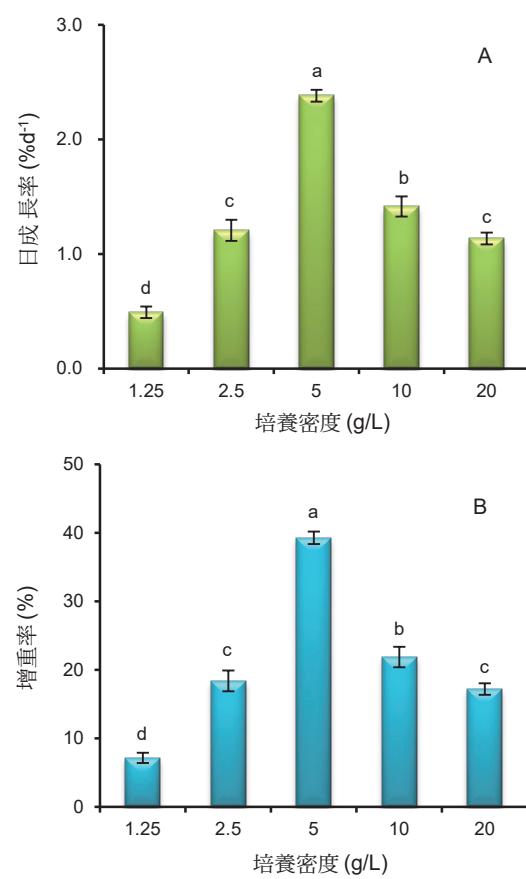


圖 3 不同培養密度對趨化蕨藻成長之影響
A：日成長率 ($\%d^{-1}$)；B：增重率 (%) (不同英文字母代表在 $p < 0.05$ 的信賴區間下，各組統計值達顯著差異)



培養鹽度對趨化蕨藻成長之影響

選擇前述最適宜的水溫 (20°C)、光照強度 ($9,500 - 10,500 \text{ lux}$) 及培養密度 (5 g/L)，探討 9 種不同的培養鹽度 ($0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35$ 及 40 psu) 對該藻成長影響。東部中心種原庫的海水鹽度介於 $34 - 35 \text{ psu}$ ，低於此鹽度者以二次水稀釋到所需鹽度，高於此鹽度則添加海水濃縮液來達到所需鹽度。結果顯示，當水溫 20°C ，光照強度 $9,500 - 10,500 \text{ lux}$ ，培養密度為 5 g/L 時，以鹽度 35 psu 培養的組別，有最佳日成長率 $2.34 \pm 0.02\% \text{d}^{-1}$ 及增重率 $38.71 \pm 0.34\%$ ，且明顯優於其他組別 (圖 4)。而鹽度為 25 psu 以下的組別皆為負成長，甚至有些組別完全白化死亡。

營養鹽配方、不同濃度的銨鹽或磷酸鹽對趨化蕨藻成長之影響

使用 3 種不同營養配方，分別為 PES (Provasoli, 1968)、MSW-III (Chen et al., 1969) 及花寶 (HYPONeX) 4 號；4 種不同銨鹽濃度 ($0.01, 0.1, 1$ 及 10 ppm 銨鹽)；4 種不同磷酸鹽濃度 ($0.01, 0.1, 1$ 及 10 ppm 磷酸鹽) 進行趨化蕨藻成長試驗。結果顯示，當水溫為 20°C ，光照強度為 $9,500 - 10,500 \text{ lux}$ ，初始培養密度為 5 g/L ，鹽度為 35 psu 時，以添加 0.01 ppm 磷酸鹽培養的組別，有最佳日成長率 $2.08 \pm 0.05\% \text{d}^{-1}$ 及增重率 $33.87 \pm 0.93\%$ ，且明顯優於其他組別 (圖 5)。而不論是添加 PES、MSW-III、花寶 4 號及 $0.01, 0.1, 1$ 與 10 ppm 銨鹽的試驗，皆無法使該藻成長。

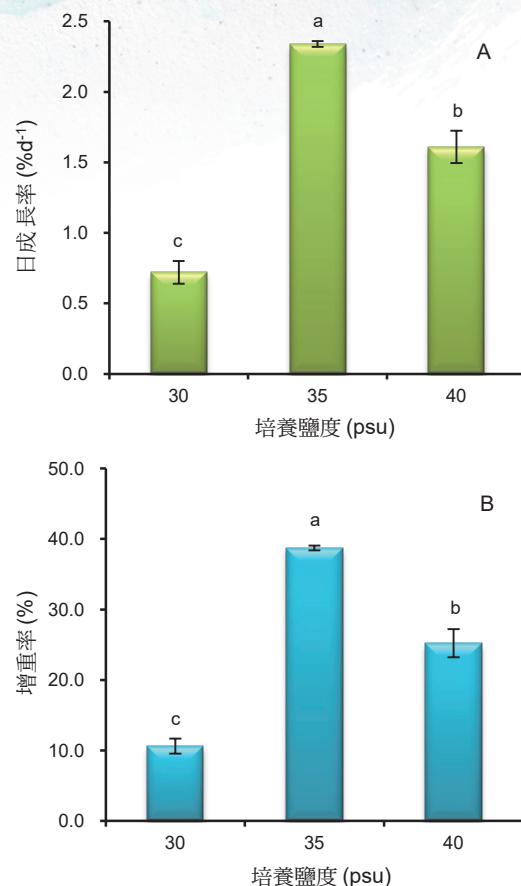


圖 4 不同培養鹽度對趨化蕨藻成長之影響

A : 日成長率 ($\% \text{d}^{-1}$) ; B : 增重率 (%) (不同英文字母代表在 $p < 0.05$ 的信賴區間下，各組統計值達顯著差異)

0.01 ppm 磷酸鹽混合不同濃度的銨鹽對趨化蕨藻成長之影響

使用 0.01 ppm 磷酸鹽分別混合 $0.01, 0.1, 1$ 及 10 ppm 銨鹽，當水溫為 20°C ，光照強度為 $9,500 - 10,500 \text{ lux}$ ，初始培養密度為 5 g/L ，鹽度為 35 psu 時，以同時添加 0.01 ppm 磷酸鹽及 1 ppm 銨鹽培養的組別，趨化蕨藻有最佳日成長率 $2.53 \pm 0.06\% \text{d}^{-1}$ 及增重率 $42.48 \pm 1.17\%$ ，且明顯優於其他組別 (圖 6)。

趨化蕨藻粗成分分析

取新鮮的藻體送台灣檢驗科技股份有限公司 (SGS) 進行粗成分分析，每 100 g 趨化蕨藻含 93.1 g 的水分、4.7 g 的粗灰分、8.8 Kcal 的熱量、0.7 g 的粗蛋白、0.4 g 的粗脂肪、1.1 g 的碳水化合物，另包含 1.0 g 的膳食纖維和 1,038.5 mg 的鈉。而飽和脂肪酸、反式脂肪酸及糖類皆低於偵測極限。若是去除掉水分含量，以佔乾重比表示，其粗蛋白佔 10.1%，粗脂肪佔 5.8% 及碳水化合物佔 15.9% 和之前所分析過的蜈蚣藻 (*Grateloupea filicina*)、長莖葡萄蕨藻、法囊藻 (*Valonia aegagropila*) (李等，2021)、蘇氏海木耳 (*Sarcodia suae*)、葡萄藻 (*Botryocladia leptopoda*) (李等，2020)、滌苔 (*Ulva prolifera*)、錐尖擬紅羽藻 (*Agardhiella subulata*) 及錯綜麒麟菜 (*Eucheuma perplexum*) 相比，趨化蕨藻有最高的粗脂肪含量及最低的碳水化合物含量，其他成分含量皆在 8 種藻之間。若單純和人工培養的長莖葡萄蕨藻 (10.41%) 跟小葉蕨藻 (*C. microphysa*) (11.04%) 比較，粗蛋白含量差不多 (蘇等，2011)。

filicina)、長莖葡萄蕨藻、法囊藻 (*Valonia aegagropila*) (李等，2021)、蘇氏海木耳 (*Sarcodia suae*)、葡萄藻 (*Botryocladia leptopoda*) (李等，2020)、滌苔 (*Ulva prolifera*)、錐尖擬紅羽藻 (*Agardhiella subulata*) 及錯綜麒麟菜 (*Eucheuma perplexum*) 相比，趨化蕨藻有最高的粗脂肪含量及最低的碳水化合物含量，其他成分含量皆在 8 種藻之間。若單純和人工培養的長莖葡萄蕨藻 (10.41%) 跟小葉蕨藻 (*C. microphysa*) (11.04%) 比較，粗蛋白含量差不多 (蘇等，2011)。

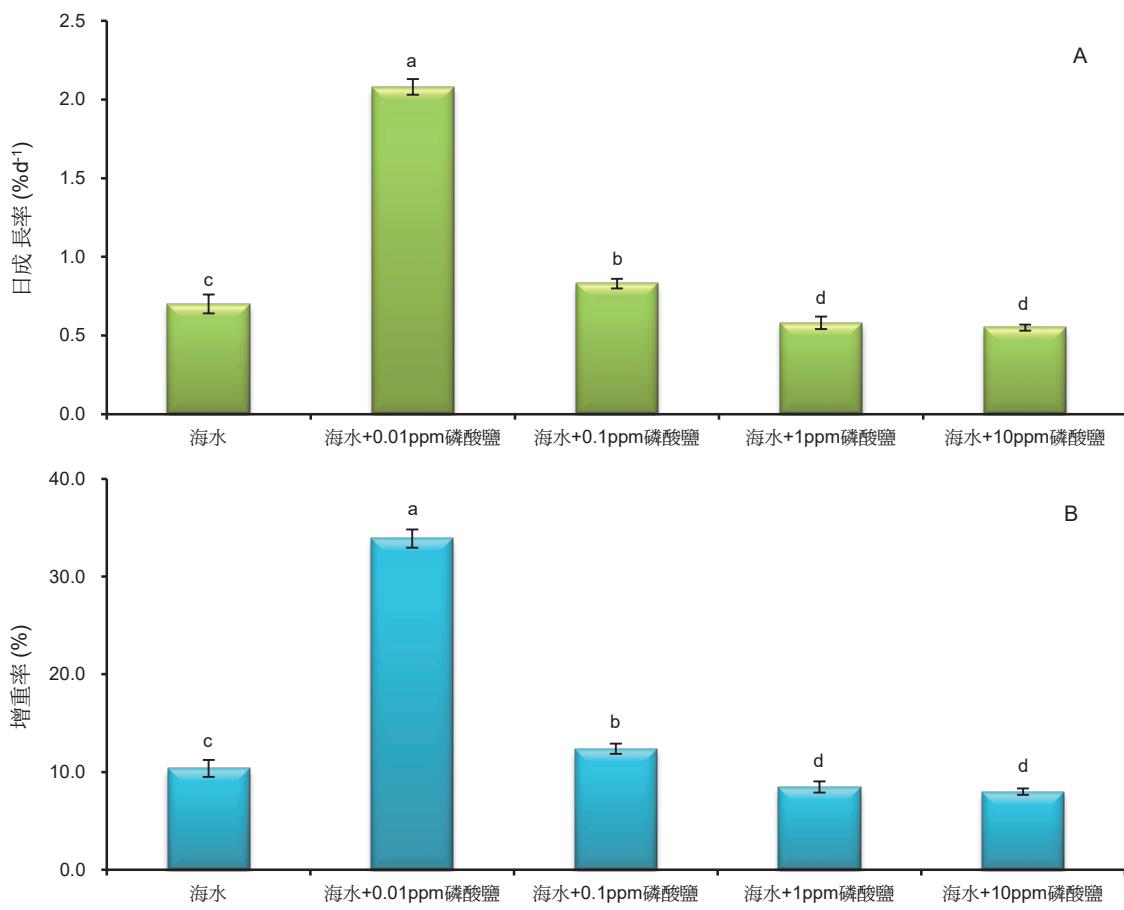


圖 5 不同磷酸鹽濃度對趨化蕨藻成長之影響

A：日成長率 (%d⁻¹)；B：增重率 (%) (不同英文字母代表在 $p < 0.05$ 的信賴區間下，各組統計值達顯著差異)

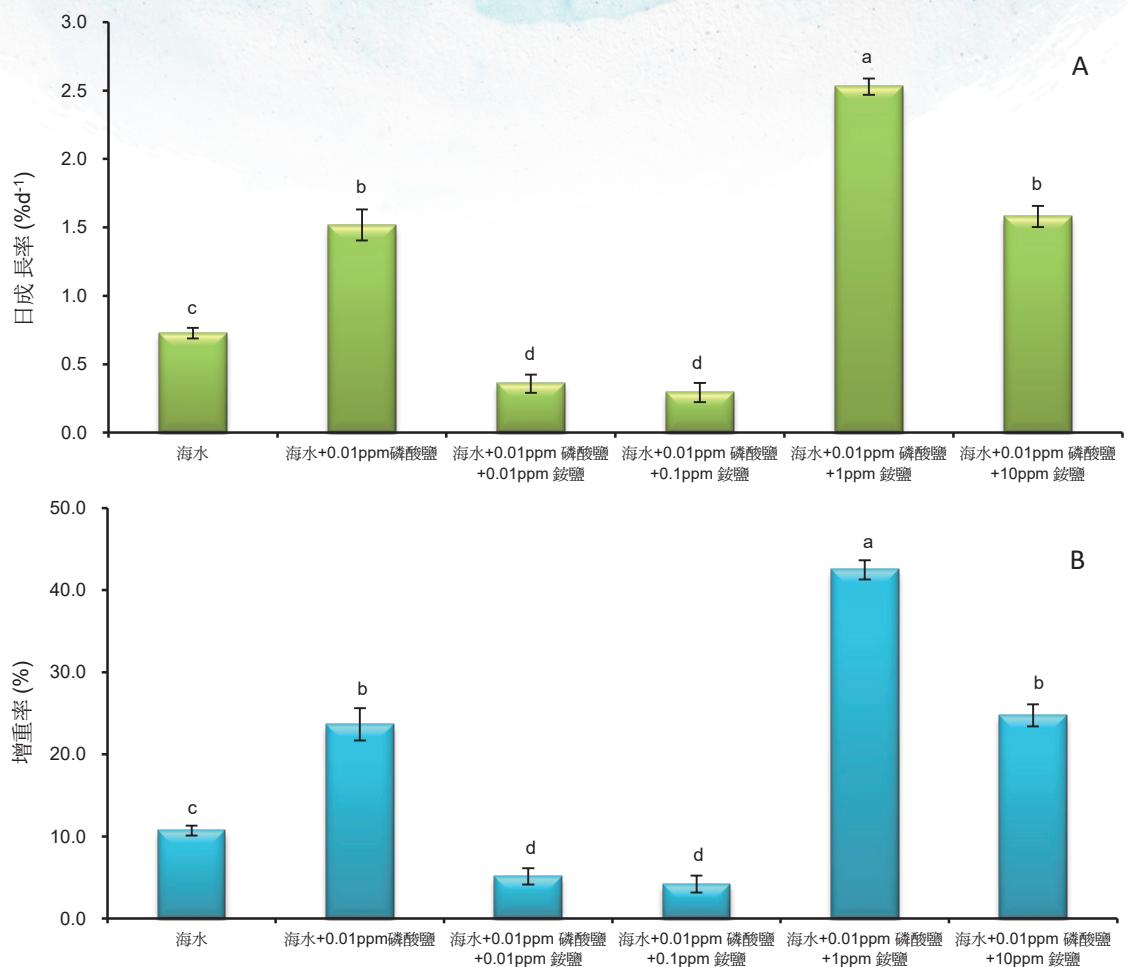


圖 6 0.01 ppm 磷酸鹽濃度和不同銨鹽濃度混合對趨化蕨藻成長之影響

A：日成長率 (%d⁻¹)；B：增重率 (%) (不同英文字母代表在 $p < 0.05$ 的信賴區間下，各組統計值達顯著差異)

結語

綜合上述試驗結果發現，本研究除收集藻種外，並找出趨化蕨藻適宜培養條件，當水溫為 20°C，光照強度為 9,500 – 10,500 lux，初始培養密度為 5 g/L，鹽度為 35 psu 時，每 7 天混合添加 0.01 ppm 磷酸鹽及 1 ppm 銨鹽 1 次，培養 14 天可使趨化蕨藻增重率達 $42.48 \pm 1.17\%$ 。這不僅可保存該物種，避免滅絕外，未來這些相關研究數據可供量產技

術開發參考，並可提供原料供產、官、學界使用，以增加該藻利用度。本研究在進行試驗期間，發生過收集藻種後突然大量死亡情形，因為一般無性生殖（分裂生殖、出芽生殖、斷裂生殖、孢子繁殖和營養器官繁殖等），增殖速度通常都較有性生殖快很多，但這種方式常會因為其後代無法適應新環境而滅絕，這也是無性生殖的缺點之一，所以研發有性生殖操作技術可增加物種基因的歧異度，以適應未來各種極端的氣候。