

溫室與溫室效應

1. 請說明什麼是溫室？為什麼需要溫室？

答：溫室是由荷蘭人發明的。溫室，又稱玻璃溫室或暖房，是一座專用作種植植物的建築物。它的建造物料是玻璃或塑料，溫室會因太陽發出的電磁輻射而加熱，使溫室內的植物、泥土、空氣等變暖。玻璃被用做為溫室的建造物料是因為它是不同光學頻譜的其中一種可選性的傳輸媒介，而它的另一個作用是可以集中抓住能量，使溫室內的植物、空氣變暖。溫室裏的密封環境會自然會有獨特的設備，與室外種植的相比。害蟲、疾病、熱量、濕度等完全受到控制，使用灌溉用水代替天然雨水。溫室裏擁有重要的條件設備就是光和熱量，特別是在冬天時溫室所種植的熱帶蔬菜。

因為每塊土地所能提供的種植條件不同，所以人們開始懂得利用溫室。溫室在高緯度國家食物供應中的重要性逐漸增加，全球最大的合成溫室就是位於高緯度地帶的加拿大安大略省南部，該地有大約200英畝（0.8平方公里）的番茄都是在溫室下種植的。溫室能保護農作物免受過熱或過冷的影響，又可以庇護植物免受沙塵暴和暴風雪的威脅、免受害蟲的侵害。透過溫室裏光和溫度的控制可使一些非耕地變成可耕地，所以溫室的需求性不容忽視。

2. 溫室的設計是讓植物有比較溫暖的環境，是怎樣辦到的？

答：溫室是一整合許多相關硬軟件的系統，這些硬軟件包括結構、結構下的環境、作物生長設備、物料運搬設備、環控儀器、策略、資訊處理軟硬體、管理及人工等。

溫室內環境調節設施包括通風、降溫、保溫、加溫、光照、濕度、二氧化碳施用等調節設施。近年來在溫帶地區，溫室之環境調節技術進步，溫室之室溫、濕度、二氧化碳、通風等複合環境，利用電腦操作控制，藉以節省能源與省工，並使作物獲得最適生育條件達到高而穩定生產目的。

一、溫室的通風問題：

由通風可防止溫度過高，使室內濕度低，補充二氧化碳，並提高作業之效率。

(1) 自然通風法：設天窗、側窗，或腰部全部按裝不鏽鋼網及尼龍鐵絲網，以達與室外之自然通風。側窗設置宜與側壁等高，其通風窗面積愈大效果愈好。連棟式除設側窗外，最好於兩屋頂連接之各部也設通風窗。

(2) 設通風扇：以風扇強制室內空氣排出，並吸入室外空氣。通常從一端吸入空氣，而從另一端排出之方式。得注意其設置之關係位置與通風之適當風速（0.4 公尺／每秒）以不影響作物之蒸散和光合作用。

二、溫室的降溫問題：

在夏季溫室內空氣不流動，擴散係數小，入射熱擴散慢，蒸發散量也少，易引起高溫現象。為使其溫度降低，如以冷凍機並不經濟合算，應以設施費、維護費較低方式行降溫。

噴霧和風扇系統：與上述方法類似，將墊層以噴霧室取代。在吸氣口之外側以每 50 公分間隔設噴霧之噴頭一個，使水向外噴，為防止該微水滴因通風扇而吸入溫室內，得另設一除滴裝置。因該噴霧室與除滴裝置之設備費較貴，很少使用。

上述兩種方式皆以水蒸發時，利用其氣化熱，將空氣冷卻送入溫室內。其冷卻之效果在於流入空氣，也就是外氣之濕球溫度有密切關係。在夏季高溫又多濕的台灣，因為外氣之乾球溫度和濕球溫度之差很小，以此氣化熱之冷卻效果似不大。

3. 建設溫室需要使用特別的玻璃嗎？或者任何的玻璃材料都可以？

答：溫室之覆蓋材料以玻璃為主，其厚度 3 厘米。最早所用的玻璃面積較小，現在因材料及建造技術越來越進步，故玻璃的大小也有越來越大的趨勢。如美國由原來 16 吋×18 吋，放大到 20 吋×24 吋或 20 吋×36 吋。荷蘭之威諾型溫室，因屋頂不高，則採用大片玻璃，及 1 公尺×1.65 公尺，厚 4 厘米。又為節省能源，歐洲國家多採用雙層玻璃覆蓋，並有中間填充二氧化碳者。

為什麼喜歡使用玻璃？一般人認為有下列優點：

①. 玻璃的透光性良好，故可收集更多的太陽熱能。這種特性在緯度較高的地區尤為重要。這些地區在冬季的外界溫度常在零度以下，其

他秋冬季節，室外的溫度亦甚低，因此需要較多的陽光，以保持溫室內之光照及溫度。

②. 玻璃溫室之使用壽命長較長，有時可達十年以上。而玻璃在使用過程中，沒有老化或黃化的問題，故其透光性可常保如新。

③. 容易加裝控制系統，其骨架較為堅固。一般玻璃的溫室結構必須要有較為堅強的結構方可以維持其強度。故在建造上亦較為講究，也需要較高的建築技術。

④. 較無環境污染的問題。玻璃材料之再使用性較高，其處理亦較為容易，不會造成公害問題。

但是，另一方面，使用玻璃亦有下面之缺點存在：

①. 價格高，每坪建造費用約為 300 荷幣以上。

②. 容易受颱風侵襲，破碎後會與室內作物纏雜，不易處理。日本盛行使用塑膠布，有 PE 及 PVC 兩種型式，在台灣也使用很多。主要其價格便宜，容易彎曲成拱形外觀。但這種材質容易黃化，也易受風吹襲而破裂，故其壽命約僅兩年，更換次數頻繁。硬質的塑膠板類覆蓋材料亦漸被採用，其抗風能力比玻璃及塑膠布強。硬質塑料有壓克力板、PVC 板、FRP 浪板及聚碳酸酯板。美國溫室業者喜用 FRP，台灣蘭園業者以前也採用 FRP，但由於品質不佳，現在已不採用，多改用價格低廉 PE 塑膠布，或較貴之 PC 板。壓克力和 PC 板，則是新近產品，其透光度佳，製成雙層，保溫效果極佳。近年歐洲不少溫室採用此種覆蓋材料，但價格較貴。

【附】溫室內的光環境問題：除遮光及補光外，幾由溫室構造（包括形態）及溫室的方位決定。溫室架構之設計儘量避免遮光，可使用透光性良好之材質。依室外自然日照的光度強弱、由光度計控制遮光網的移動，達到不同程度的遮光效果。亦可在設施內裝設有同化功用之光照系統，來加強日照不足時之光照量，如以 3.2X5 公尺的距離安裝，大約可增加溫室內 2,000 Lux 的輻射量。

溫室的設施結構問題：荷蘭的溫室設施的結構以玻璃溫室為主，故必須具有相當堅固的支撐。但整體施工時應考慮地基的承受度會因地區性之不同而有顯著差異，雖溫室之固定荷重小，不需太高之地耐力，但在強風時，地基會承受相當大之壓力。在承受度不足的地區，則必須在基礎面予以補強。

溫室的遮蔭問題：一般的溫室裡，常見保溫簾(或遮陰簾)的使用。據研究指出，使用保溫簾可使能源節約達 40%。保溫簾在夜間展

開，可防止輻射熱之散失。使白天收集到的熱能侷限於保溫簾下方，並分佈於作物生長空間。在夏天，保溫簾則可當遮蔭簾使用，使熱量被擋於外，降低溫室內之溫度。傳統上此種布簾可濾掉 50%的可見光 (PAR，或謂光合作用有效光)。這種遮蔭的功能在作業管理上亦佔相當重要的地位。活動遮蔭簾亦是最常用之方式。這是在溫室之內部上方或側面受光的部份以繩索拉動簾幕的方式達到遮蔭的效果。

4. 請你動手做一個小型的溫室，並進行對照實驗(至少持續一週以上，例如分別以實驗組、對照組方式種豆芽菜，別忘記測量溫度、製作記錄、照相)，比較溫室的效果。

綠豆的種植觀察



5月1日(30°C)溫室中的綠豆發芽了!



5月1日(30°C)對照組(一般室溫)的綠豆也長出小芽



5月3日(31°C)溫室中的綠豆



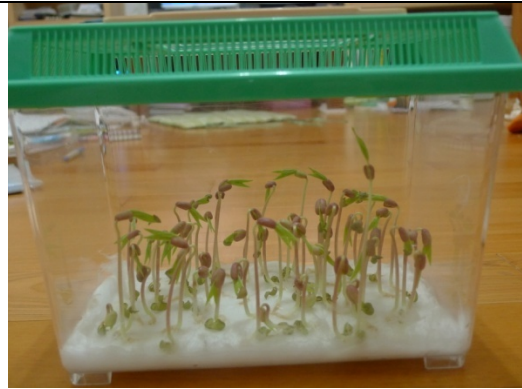
5月5日(31°C)對照組綠豆



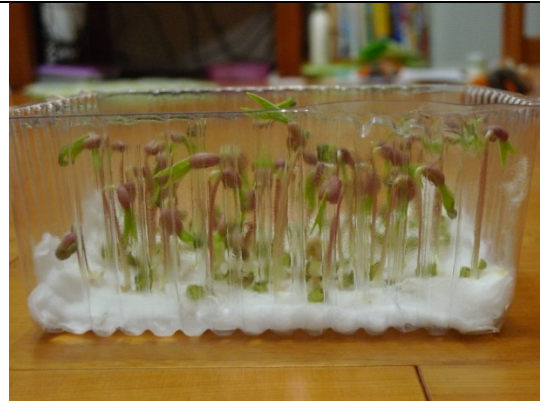
5月7日(28°C)溫室照光中的綠豆



5月7日(28°C)一般室溫成長的綠豆



5月9日(29°C)溫室中的綠豆



5月9日(29°C)對照組的綠豆



同時觀察的結果顯示：1. 在溫室中的綠豆較容易發芽。2. 而持續照光的溫室環境，和現在這個季節一般室溫的暖濕氣候比較起來，生長速度的差異並不大；但遇到連續陰雨的日子，溫室中的綠豆成長速度就一路領先，越長越高，所以證明溫室在寒冷氣候區確有其需要。3. 溫室中的水分和光線容易維持恆定，所以豆芽長得壯而挺直。4. 一般室溫的綠豆則須注意趨光性和風向的問題，要隨時作調整，才不會東倒西歪。

5. 溫室和溫室效應有什麼關係，為什麼要以「溫室」來為這樣的效應命名？

答：地球溫暖化的原理，就如同溫室(Greenhouse)，大氣吸收來自地球表面所釋放之長波輻射，再反射回地面，藉著此種自然的溫室效應，維持地表之溫度。溫室效應是一自然現象，自盤古開天以來，就存在於地球。如果地球沒有大氣，在輻射平衡狀態下，地球表面的平均溫度約為 -18°C ，比目前地表的全球平均氣溫 15°C 低了許多。大氣的存在使地表氣溫上升了約 33°C ，溫室效應是造成此一溫度差距的主要原因。地球大氣中的許多氣體幾乎不吸收可見光，但專門吸收地球放射出去的輻射。這些氣體，允許約 50% 的太陽輻射穿越大氣為地表吸收，但卻攔截幾乎所有的地表及大氣輻射出的能量，減少能量的損失，並且再將之放射出來，使得地表及對流層溫度升高。大氣放射出的輻射不但暖化地表溫度，而且在夜晚繼續放射，使地表不致於因缺乏太陽輻射而變得太冷。這些氣體的影響類似農業用溫室的暖化作用，因此稱為溫室氣體，它們的影響則稱為溫室效應。溫室效應不只發生在地球，金星及火星的主要大氣成份為二氧化碳。金星大氣的溫室效應高達 523°C ，火星則因為大氣太單薄，溫室效應只有 10°C 。地球大氣的溫室效應，創造了適合生物生存的環境。但是，如果大氣中的溫室氣體含量過高，將攔截過多的地球輻射使得地表氣溫逐漸上升。

這種由「溫室」同樣原理而產生的效果及影響，就稱為「溫室效應」。

6. 請你用較簡明易懂的方式來說明什麼是溫室效應？

答：所謂的「溫室效應」，就是熱量進得來，但是出不去。好像農家的溫室一樣，用透明塑膠把整個溫室包起來，讓陽光進入，水氣與熱氣卻不會散失，以促進植物的生長。地球表面係由大氣層所包圍，這層大氣有如溫室的透明塑膠，在陽光照射地面時，發揮防止地面濕度、溫度散失的功能，使地面溫度不會下降得太快，地表平均溫度保

持在攝氏十五度左右。

地球的熱能來自於太陽，不過真正到達地球的太陽能有 30% 經由大氣、雲和地球表面反射回太空中，其餘的都被地球表面吸收，然後再以紅外線的形式將熱放射出去；而大氣中的二氧化碳、水蒸氣、臭氧都有吸收紅外線的性質，所以熱能被保留在大氣中再反射回地表使地球溫暖，科學家稱這種作用為「大氣圈效應」或是「溫室效應」。但是，一旦大氣中的二氧化碳增加時，原本要輻射到太空中的紅外線卻被二氧化碳吸收轉為熱能，使得地球的氣溫越來越高。

近年來，生活在台灣的人，一定都感受得到：「夏天越來越難受。」的確，近年來台灣各月的最高氣溫紛紛打破以往的紀錄而往上攀升。其實不只台灣，全球的溫度都逐年上升中。據推測，到西元 2050 年，地球平均溫度將上升攝氏 2 度；或許你會覺得才 2 度而已，但請注意，在過去一萬年中，地球平均溫度只不過上升攝氏 2 度。

近年來由於人類經濟活動的快速成長，所製造之化學品及產生之空氣污染，正以空前未有之速度，改變大氣結構。其中特別是化石燃料燃燒後所產生之 CO₂ 氣體，大量排放進入大氣後，吸收地表之長波輻射，造成之人為溫室效應使地表溫度逐漸增加。西元 2100 年時，地表溫度將較目前增加 1°C 至 3.5°C，海平面將上升 15 至 95 公分，此種溫室效應對於整個生態環境(包括地球、海洋與人類的經濟、社會等)及全球氣候，將有深遠而不可知的影響。

7. 為什麼大氣中極普通的汙染，會引發無法控制的溫室效應？

答：從 18 世紀後葉至 1990 年代，二氧化碳含量增加了 30%。這些增加量主要是來自燃燒化石燃料、水泥製造及土地利用。煤及石油中的炭在燃燒過程中被氧化成二氧化碳；石灰岩被製成水泥的過程中也產生二氧化碳；土地的開發利用不但減少了植物吸收二氧化碳的的數量，也加速殘枝敗葉的腐壞而產生二氧化碳。我們現在所使用的煤大多是泥炭紀(三億多年前)的樹木因某種原因被掩埋在地層之中，逐漸形成的化石。三億多年前植物吸收太陽輻射所遺留下來的能量，近代人類卻在一、二百年之間就將之消耗殆盡。

除了二氧化碳，甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物(CFC)等皆因人類人口的增加、經濟活動日趨活絡，而迅速增加。比如，從工業革命之前到 1994 年，甲烷含量由 700ppbv (part per billion by volume, 十億分之一)增加到 1721ppbv；氧化亞氮由 275ppbv 增加到

311ppbv。氟氯碳化物為人造化學物質在 1950 年代才大量出現，而後迅速增加。最近由於蒙特婁公約禁用氟氯碳化物，其含量在 1990 年代已不再增加。

如果與二氧化碳相比，甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化物的溫室效應更高。比如，一個甲烷分子的溫室效應是一個二氧化碳分子的 21 倍，氧化亞氮為 206 倍，氟氯碳化物則為數千倍到一萬多倍。不過由於二氧化碳含量遠大於其他氣體含量，因此二氧化碳的溫室效應仍是最大的。從 1980 年到 1990 年，各種人造溫室氣體增加，大氣中的輻射量也跟著升高。其中，二氧化碳的效應佔了 55%，甲烷 15%，氧化亞氮 6%，氟氯碳化物則佔了 24%。

上述的溫室氣體的另一個特性是它們在大氣中停留的時間（亦即，生命期）相當的長。二氧化碳的生命期為 50～200 年，甲烷 12～17 年，氧化亞氮為 120 年，氟氯碳化物（CFC-12）為 102 年。這些氣體一旦進入大氣，幾乎無法回收，只有靠自然的過程讓它們逐漸消失。由於它們在大氣中的長生命期，溫室氣體的影響是長久的而且是全球性的。從地球任何一角落排放至大氣的二氧化碳分，在它長達 100 年的生命期中，有機會遨遊世界各地，影響各地的氣候。即使人類立刻停止所有的人造溫室氣體的排放，從工業革命之後，累積下來的溫室氣體仍將繼續發揮它們的溫室效應，影響地球的氣候。

8. 請說明溫室效應值得或不值得你擔心的理由。

答：這是一個值得全人類去關注和反省的問題。

如果大氣層中溫室氣體的成分增加，便會促使地球的總體溫度上升。溫度的上升，有可能造成下列結果：

1. 北半球冬季將縮短，並更冷更濕，而夏季則變長且更乾更熱，亞熱帶地區則將更乾，而熱帶地區則更濕。
- 2 由於氣溫增高水汽蒸發加速。全球雨量每年將減少，各地區降水型態將會改變。
- 3 改變植物、農作物之分佈及生長力，並加快生長速度，造成土壤貧瘠，作物生長終將受限制，且間接破壞生態環境，改變生態平衡。
- 4 海洋變暖、海平面將於 2100 年上升 15—95 公分，導致低窪地區海水倒灌，全世界三分之一居住於海岸邊緣的人口將遭受威脅。
- 5 改變地區資源分佈，導致糧食、水源、漁獲量等的供應不平衡，引發國際間之經濟、社會問題。

最後，對人類生活將造成下列影響及改變：

i) 經濟的影響：全球有超過一半人口居住在沿海 100 公里的範圍以內，其中大部份住在海港 附近的城市區域。所以，海平面的顯著上升對沿岸低窪地區及海島會造成嚴重的經濟損失，例如：加速沿岸沙灘被海水的沖蝕、 地下淡水被上升的海水推向更遠的內陸地方。

ii) 農業的影響：實驗證明在 CO₂ 高濃度的環境下，植物會生長得更快速和高大。但是，「全球變暖」的結果可會影響大氣環流，繼而改變全球的雨量分佈與及各大洲表面土壤的含水量。

iii) 海洋生態的影響：沿岸沼澤地區消失肯定會令魚類，尤其是貝殼類的數量減少。河口水質變鹹可會減少淡水魚的品種數目，相反該地區海洋魚類的品種也可能相對增多。

iv) 水循環的影響：全球降雨量可能會增加。但是，地區性降雨量的改變則仍未知道。某些地區可有更多雨量，但有些地區的雨量可能會減少。此外，溫度的提高會增加水份的蒸發，這對地面上水源的運用帶來壓力。

所以，「溫室效應」的存在和影響當然值得擔心，且不容小覷。

9. 舉出例子，說明你自己能做哪些事情來減少溫室效應的加速惡化？

答：1. 少吃肉，讓畜牧業者減少動物排泄物，甲烷的排放量自然降低，對溫室氣體的減少不無小補。

2. 削減二氧化碳的排放量，使溫室效應氣體不再增加，以防止全球持續變暖。在溫室氣體排放的時候，再將其消除。過去，硫磺和煙混雜在一起從工廠的煙囪排放出來，造成公害。後來在煙囪上加裝控硫裝置之後，問題就得到了解決了。

3. 阻止森林被破壞。一方面是要阻止以熱帶雨林為中心而進行的森林破壞，另一方面是要展開大規模的植樹造林。

4. 汽車等燃料消費的改進。就日本汽車而言，這方面的技術也不斷的在改進，正在製造省油的汽車，所以對於燃料消費會有很大的改善。

5. 政府可以考慮提出對於使用化石燃料的生產和消費展開徵稅，這樣一來，人們就會妥善的利用，而這一筆收入也可以用在森林的保

護或者是替代能源方面的開發。

6. 大力促成把不太放出二氧化碳的天然氣作為能源，雖然效果不大，不過慢慢累積也是改善許多。
7. 限制汽車的排氣，多搭乘大眾交通工具。其實在汽車排氣中含有大量的氮氧化合物和一氧化碳，減少其排放量，雖然不能直接減少二氧化碳，不過還是可以抑制其他溫室氣體增加的效果。
8. 日光計畫等正在推行的太陽能利用。他可以順便減少化石燃料的使用量，可以直接減少溫室氣體的產生。
9. 生物能的利用。像利用植物光合作用所生成的有機物來代替石油作為燃料，雖然同樣會排放二氧化碳，不過原料可以不斷的從大自然中得到補充，可以為再生的能源。
10. 落實資源回收，外出購物攜帶環保袋，自己的餐盒、餐具。少買包裝飲用水，冷氣機的溫度設定在 28°C，並輔以窗簾或電扇。多爬樓梯、少用電梯。

根據以上幾點我歸納出來的結果，了解出影響溫室效應最主要的因素是產生過多的二氧化碳，我認為最有效可以直接改善的方法是減少汽車的排氣量，多搭乘大眾交通工具，這是可以由自己去做改變的。其次，限制工廠的廢氣排放量也是一個主要的改善方式。畢竟，經濟的繁榮只是一時的，地球的永續經營才是我們最終追求的目標。