

氣候變遷和污染

對森林與昆蟲的衝擊

◎蕭祺暉／林務局造林生產組技士

一、緒言

自工業的革命以後超過二個世紀，由於農、工業的快速發展，以及人為活動頻繁，在工業的過程中，引起空氣中的污染物質增加，所產生的溫室效應氣體，如二氧化碳(CO_2)、氧化亞氮(N_2O)、甲烷(CH_4)、氟氯碳化物(CFC_x)，等之大量增加，我們居住環境裡的空氣品質產生變化，因而導致地球表面溫度之增加。大氣污染物質對於環境、樹木與昆蟲之交互作用，所引發之問題亟應加以深入探討以有效的進行昆蟲之控制管理。近年來有許多研究人員，針對污染與溫度變化對昆蟲之行爲和表現進行研究。

本文將分別探討：大氣污染物 SO_2 、 NO_x 、 O_3 和酸沉降物質對於寄主植物及昆蟲的影響，紫外線UV-B增加對於寄主植物及昆蟲的影響， CO_2 與溫度變化的衝擊，污染物質和氣候變化對於自然界昆蟲的影響。

二、大氣污染物 SO_2 、 NO_x 、 O_3 和酸沉降物質的衝擊

環境污染是指自然界中局部的物質能量轉換和人類的的生活及生產活動，使環境狀況發生改變，環境質量惡化，擾亂和破壞了生態的

穩定性及生物正常生活條件。簡言之，環境因受人類活動或自然過程異常現象之影響，改變了原有性質或狀態的現象稱為環境污染。大氣污染係指大氣成分的性質和數量的改變，這是由於人類活動或自然過程引起某些物質介入大氣中，呈現出足夠的濃度、達到了足夠的時間，並因此而危害生物或環境的現象。所謂人類活動不僅包括生產活動，也包括生活活動，如烹飪與交通等；自然過程包括火山活動、森林火災、海嘯、土壤和岩石的風化，以及大氣圈中空氣的運動等(金嵐1991)。大氣污染物質可以分為兩大類：一、一次污染物質，由工廠、汽機車直接排放，包括 SO_2 、 NO_x ，氟化物等；二、二次污染物質，由一次污染物質在大氣中經化學反應所產生，包括臭氧 O_3 及 PAN (Peroxyacetyl nitrate) 等，按其存在狀態可概括分為氣溶膠狀態污染物質(指固體粒子、液體粒子或它們在氣體介質中的懸浮體)和氣體狀態污染物質(以分子狀態存在)。其影響所及範圍可分為局部性、地方性、廣域性和全球性污染。例如在1980年代華盛頓東南方的 Mount St. Helens 火山爆發所產生的大量灰燼，造成昆蟲的表皮受到摩擦，進而使很多昆蟲死亡。另1997年印尼森林大火除了直接危害昆蟲，其

蟲害亦嚴重威脅昆蟲。

大氣污染影響林木的生長，二氧化硫、氟化氫、二氧化氮及氨在水中的溶解度大，容易被植物吸收，毒性強烈。如果污染進入的速度超過細胞本身的解毒能力，植物組織就會受傷害，林木在自然生態中扮演著重要角色，對環境品質的改善有很大的影響，此乃因為林木對污染物具有吸收並改善能力，且不同種樹木其忍受情形與林木個體生理生態的變化亦有所差別。然此亦會影響以此類樹木為食的昆蟲族群產生動態變化、昆蟲行為與表現的變化。

森林受害可以分為四個階段，第一階段由於酸雨增加了硫和氮，樹的生長較為迅速。第二階段，隨著硫和酸的累積，土壤進行離子交換，養分被淋失，致使土壤的中和能力，以及養分的供應能力大大地減弱。第三階段，不穩定的時期，連續的硫酸和二氧化硫的降落活化土壤中的鋁和重金屬，鋁具有毒性，它使樹木的生長受到抑制，此時生態系已經失去恢復能力。第四階段，一株看起來有生命力，實質上將死亡的樹木。其中在第三階段使樹木對外界的影響敏銳，如危害樹木葉子的病蟲害變得敏感起來（龐士銓，1989）。

工業區附近森林地污染物質重金屬沈澱於土壤中，然後由樹木吸收，再由昆蟲食用，接著影響蟲蟲蛹的大小，其重量變化為24-53%，另延遲卵的孵化，甚至造成蟲的死亡。由於人類大量使用煤、石油等石化燃料，燃燒後產生的硫氧化物（ SO_x ）或氮氧化物（ NO_x ），在大氣中經過複雜的化學反應，形成硫酸或硝酸氣懸膠，或為雲、雨、雪、霧捕

捉吸附，降到地面成為酸雨（簡又新，1991）。酸雨污染已成為歐洲森林衰敗的重要作用因子，也是改變昆蟲生活環境的重要部份（Innes, 1987）。酸雨為害與氣候、其他大氣污染等因素一樣，可對森林昆蟲產生直接影響（如作為毒素）和間接影響（如引起寄主植物的某些變化）（Führer, 1985）。由於酸雨的長期危害，生態條件遭到破壞，致使樹木的生長勢衰弱，這樣為次期性害蟲和病原菌的入侵，定居和繁殖創造了有利的條件。由此而加速森林大面積的死亡（楊金寬、姬蘭柱，1991）。

三、紫外線UV-B增加的衝擊

臭氧（ O_3 ）是一種具有刺激性氣味，略帶有淡藍色的氣體，大氣中的臭氧約有90%，存在於離地面約二十至三十公里的大氣中，為臭氧濃度最高的區域。它具有吸收太陽光中大部分的紫外線，以屏蔽地球表面生物不受紫外線侵害的功能。所以臭氧層是地球生物的守護神，如果繼續破壞，地球的臭氧保護層減弱，將無法遏阻紫外線對生物的傷害，三十年後，地球將面臨不可避免的浩劫（簡又新，1991）。因化學物質破壞臭氧層，使北半球紫外線（尤其是紫外線B(315-280nm)增加5到10%之間的暴露，造成輻射強度之增加（IPCC, 1990）。

Tevini(1993)指出提高的UV-B放射線降低了光合作用、葉區域、生物量和植物高度。據McCloud and Berenbaum(1994)研究，提高UV-B放射線則會誘導植物二次代謝產物萜和酚的集中相對增加，但Hatcher和Paul(1994)提出新陳代謝產物增加集中，不一定能使草食性的昆蟲在那些植物上繁殖變差。增加UV-B

對葉結構產生的改變，例如增加的葉厚度、角質層及蠟，也可能影響昆蟲之覓食。(Bomman and Vogelmann, 1991; Berenbawn, 1988)。

四、CO₂增加與溫度變化的衝擊

溫室效應現象是來自大量石化的燃料燃燒，排放過量的CO₂、燃燒石化燃料所排放的氧化亞氮、被大量用於製造各種產品的CFC、水田及垃圾掩埋場所排放的甲烷、以及臭氧等氣體的大量增加。以上種種物質，在大氣中無限量暴增，加速破壞大氣自動調節的能力，使得地球的溫度逐漸上昇，或許大氣的CO₂已超過600 μ l / l。由此可預知導致下個世紀前全球氣候變遷和地球表面溫度上升的變化。如情況不設法改變，按GCMS(General Circulation Models)，估算在下世紀結束前，若二氧化碳在大氣中之濃度較目前倍增下，將可導致地球表面平均溫度增加1.5至4.5℃左右（請注意，在過去一萬年中，地球平均溫度也不過上升攝氏兩度）（簡又新，1991）；全球平均降雨量可能增加3-15%，增溫越大，降雨量增加越多。這些變理所當然會對陸地環境造成重要的衝擊。地球表面暖化現象在高緯度地區將比低緯度地區明顯，冬季較夏季明顯，對季節變化影響幅度可能不大。而其所引起地區性溫度的變化可能加劇(Schneider, 1993)，且地表溫度變化對氣候之變動，如降雨頻度、降雨量與溫度之劇烈變動，相信會有很大影響。

昆蟲是變溫動物的一種，亦即其體溫隨著外界溫度之高低而產生不同的反應，而呈現在昆蟲的新陳代謝強度，生長速率方面，進而影響其體型大小，發生數量、行為變異、全年活動期以及地理上的分佈區域等。當氣候發生變

遷時，各種昆蟲之分佈、發育及繁殖等亦將隨之產生變動；而其寄主植物因受氣候之變遷影響所產生之栽培管理方式的改變，更將衝擊作物生態系而影響昆蟲族群的季節性變動及其豐度。由於氣候變遷對生態系所引起之反應相當複雜，因此很難準確依據一、二個氣象因子預估地面暖化後對昆蟲可能發生之影響；另一方面，由於昆蟲種類繁多，各種昆蟲對各種環境之適應性範圍不一，地球表面暖化及其所引起之氣變遷，可能對某些昆蟲有負面作用，但對某些昆蟲則無影響或反具正面作用，而促使主要昆蟲種類之更替；再者昆蟲亦可經由生理及行為的演化而適應於變遷後的氣候環境。（鄭清煥，1998）。

五、結論

暴露於污染物質下氣孔關閉會增加葉表面的溫度，氣體污染物及CO₂會增加植物材料中之碳氮比而會降低昆蟲食物品質，葉表面黏性增加和藏粉集中，特別是對咀嚼式器昆蟲的影響，故氣候變遷和污染除對樹木造成損害並會影響昆蟲的族群。草食昆蟲食物若含過量化學元素中的氮或食物裡含氨基的之釋放於植物中，昆蟲與植物之交感效應尤為重要。氣候變遷地球暖化冬季更適宜害蟲越冬，春作蟲害之發生可能較目前嚴重，且溫度升高將導致害蟲發生世代重疊現象更嚴重，防治將更趨困難，而夏季由於溫度太高，夏作大部分害蟲之發生可能受到抑制，而害蟲對高溫之影響亦可能藉生理或習性上適應而降低其傷害（Hoffman and Blows, 1993），然氣候變遷對於昆蟲微環境的變化，改變昆蟲與寄主植物的數量和類型之調查試驗並非易事，尚待進一步加以研究。