

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※

※ 環境中乙烯及丙烯濃度之監測及其參與光化污染危害植物之研究(2) ※

※ Measurement of Ethylene and Propylene in Ambient Air and ※

※ Determination of Their Role in Plant Injuries Caused by Photochemical ※

※ Pollutants (2) ※

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：  個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC89-2313-B-002-202

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

計畫主持人：孫岩章

共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位： 台灣大學植物病理學系

中華民國90年12月25日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告  
環境中乙烯及丙烯濃度之監測及其參與光化污染危害植物  
之研究(2)

計畫編號：NSC 89-2313-B-002-202

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：孫岩章 執行機構及單位名稱：台灣大學植物病理學系

計畫參與人員：鄭及昉

## 一、摘要

本研究計畫的目的，在進行台灣地區環境中乙烯及丙烯濃度之量測，並了解其對植物之影響。在丙烯量測技術方面，利用 HP6890 氣相層析儀量測之結果證實丙烯濃度的測量可使用原分析乙烯之氣相層析管柱，且二者有相近之偵測極限。對台北市交通繁忙地點進行採樣測定，結果發現空氣中乙烯在交通繁忙時確定有較高之濃度，其高值平均為 80-120 ppb。在丙烯方面，則一般濃度在偵測極限(15 ppb) 以下。由於對植物的影響力乙烯比丙烯大 10 倍，而依據量測結果丙烯濃度一般約為乙烯的 1/5 左右。故可確定丙烯的重要性約為乙烯的 1/50 左右。另對機動車輛進行排氣檢測，結果可知二行程機車排氣中常有較高濃度的乙烯及丙烯，這是大量使用二行程機車之我國極需注意的事項。本年續對特定工業廢氣測定乙烯及丙烯之濃度，其中主要為垃圾焚化之廢氣。量測結果發現一般完全燃燒之垃圾焚化爐廢氣中之乙烯及丙烯皆在偵測極限(15 ppb)以下。

關鍵詞：乙烯；丙烯；大氣污染

## Abstract

The purpose of this study is to determine the ambient concentrations of ethylene( $C_2H_4$ ) and propylene( $C_3H_6$ ) in urban areas in Taiwan and to evaluate their effects on plants. Results showed that we can use the same equipments especially the same PLOTQ (Divinylbenzene/Styrene polymer) column to measure propylene when measure ethylene simultaneously. The detection limits of both gases

were about the same as of 15 ppb. The measurement of ethylene in urban area of Taipei showed that the high levels were 80-120 ppb, while the propylene was usually not detectable. As the toxicity of ethylene was 10 times higher than that of propylene, the importance of propylene was evaluated to be 1/50 of that of ethylene. The pollution sources of both gases were primarily the vehicle exhausts, especially the 2-stroke motorcycle in Taiwan. This suggests that we need to pay more attention when our people used a lot of 2-stroke motorcycle as transportation tools. The detection of ethylene and propylene in industrial emission showed a result that the tail gases from a complete combustion garbage incinerator did not emit detectable amount of ethylene and propylene.

Keywords: Ethylene; Propylene; Urban air pollution

## 二、緣由與目的

### (一) 緣由

乙烯是石油化學工業最具代表性的分子，因為輕油裂解工業最主要的製程是把輕石油瀝，在 750-900 度 C 下裂解成小分子，其中乙烯約佔 25-32%，丙烯約佔 13-18%。由此乙烯及丙烯石化工業方可產製大量的塑膠、橡膠、人造纖維、塗料等下游產品。故一般評估一國石化工業之產能係以乙烯年產量為指標，例如台灣地區之年乙烯產能在雲林麥寮六輕廠完工後，可達 100 萬噸以

上。然而乙烯的毒性在人體健康上因較低，故常受忽略，雖然有人認為乙烯丙烯進入人體會產生 Ethylene oxide 及 Propylene oxide，進一步造成毒害<sup>(21)</sup>。問題是乙烯是一種植物的環境荷爾蒙 (Environmental hormone)，一般估計在空氣含 5-80 或 10-100 ppb 的濃度下即對最敏感的植物群有害<sup>(26, 31)</sup>，100-1000 ppb 為半最大反應濃度 (Half maximal response concentration)、1000-10000 ppb 為最大反應濃度 (Maximal response concentration)，在 5-10 ppb 以下是無害濃度<sup>(26, 31)</sup>。所以乙烯的污染有其環境及生態上特殊的意義，這是本研究所以選擇此一題材之原因。

唯在一般都市地區、乙烯的來源卻非石化工業。一般大氣中的乙烯生命期只有 2-4 天<sup>(26)</sup>，因為乙烯的雙鍵使其較易與氫氧自由基(OH·)及臭氧反應，估計大氣中乙烯最終有 89 % 毀於與氫氧自由基之反應，而有 8 % 毀於與臭氧之反應<sup>(26)</sup>，所以石化工業區尾氣或管線洩露等之排放一般只危害工業區附近之植物<sup>(31)</sup>，難以傳送到數十或數百公里外的其他鄉村或都會地區。但另一方面，都會區機動車輛的燃油內燃機卻扮演著製造乙烯污染的重要角色，原因無他，因為燃燒不完全的內燃機其實宛如迷你的輕油裂解設備，汽油分子恰好可被裂解，產出乙烯及丙烯<sup>(2)</sup>。

在人類日常生活中，乙烯則與人們朝夕相處著，因為植物在逆境中或成熟時會分泌乙烯，人們在點火燃燒香菸、線香、木材等碳氫化物時，一樣有類似輕油裂解之反應，釋放少量的乙烯及丙烯<sup>(2)</sup>。因此根據本研究室先前之論文報告，台北地區交通繁忙路口空氣中的乙烯濃度一般常可達數十 ppb，遠超過對最敏感的植物群有害之濃度<sup>(1)</sup>。而乙烯在都會區之首要污染源為何？實際影響如何？皆有待進一步之研究與釐清，這是本研究之首要目的之所在。

乙烯已知的作用，目前被證實可造成植物之葉片下垂 (Epinasty)、花器消蕾 (flower bud abscission)、葉片早落、葉片黃化、果實早落等病情<sup>(2, 5, 31, 34, 35)</sup>。一般植物中葉片對乙烯較敏感者有四季豆、棉花、番茄、萬壽菊、胡瓜、豇豆、

*Euphorbia pseudoacacia*、*Solanum pseudocapsicum* 等。而一般植物花器對乙烯較敏感之植物有蝴蝶蘭、康乃馨、秋海棠、*Fuschia* spp、*Campanula isophylla*、*Streptocarpus* spp 等<sup>(31)</sup>。

## (二) 目的

1. 詳細了解測量台灣都會區乙烯及丙烯之發生情況。
2. 探討都會區乙烯及丙烯為害植物之可能情況。
3. 探討研發可供監測乙烯丙烯之指標植物。

## (三) 重要性

1. 若能詳細了解都會區及郊區乙烯及丙烯為害植物之情況，包括可見性為危害及不可見性為危害，將對問題之解決大有幫助。
2. 國內空氣污染有關環境中乙烯及丙烯之資料甚少，本研究計畫將有助於提供此一資訊，提供環保或農政單位之參考及管制之根據。
3. 本研究可應用於進一步研發空氣污染指標植物，頗具有應用價值。

## 三、研究結果與討論

1. 乙烯及丙烯共用氣相層析管柱之研究：本研究計畫主要任務在進行大氣中乙烯及丙烯在濃度的偵測，及其對植物所造成之影響，故首先要建立兩種氣體之測量技術。有關乙烯的測量技術在本研究室 1999 年之論文報告中已建立完成，主要係使用惠普公司的 HP 6890 型氣相層析儀 (gas chromatography)，配合之偵檢器為火燄游離偵檢器 (Flame Ionization Detector，簡稱 FID)，層析管柱為 30 m 長，內徑為 0.53mm，膜厚為 40um 的 PLOTQ (Divinylbenzene/Styrene Polymer) 管柱。但丙烯者則在本計畫中加以建立及測試。經上一年及本年之測試，發現先前使用之 PLOTQ (Divinylbenzene/Styrene polymer) Column，可同時測試乙烯及丙烯兩種氣體，其差異只為

滯留時間(Retention time)之不同而已。此種 Column 可適用於 C1-C3 碳氫化合物之分析，其優點為分析速度快，解析度及最高偵測極限適中。當注入 1000 ppb 的乙烯時，其波峰訊號約為雜訊訊號的 200 倍，若根據訊號和雜訊比為三倍所定義出來的偵測極限<sup>(1, 23)</sup>，可估算對於乙烯的偵測極限約為 15 ppb。當注入丙烯時，亦可取其波峰訊號為雜訊三倍為偵測極限，其值亦約為 15 ppb。因此本研究使用此 Column 為研究乙烯及丙烯的主要設備。在本研究中發現乙烯及丙烯在採樣空氣袋中的穩定性皆甚高，濃度約 50ppb 之乙烯氣體在空氣袋中，24 小時內無濃度變化，48 小時後，濃度衰減為 90 %。丙烯的變化亦大致相同。

2. 都會區大氣中乙烯及丙烯之分析結果：本年續對台北市交通繁忙地點，利用已對都會區數個特定地點進行採樣測定，結果發現空氣中乙烯在交通繁忙時確定有較高之濃度，其高值平均為 80-120 ppb。在丙烯方面，則一般濃度在偵測極限(15 ppb) 以下。由於對植物的影響力乙烯比丙烯大 10 倍，而依據量測結果丙烯濃度一般約為乙烯的 1/5 左右。故可確定丙烯的重要性約為乙烯的 1/50 左右。因此建議今後之研究仍應以乙烯為主要對象。由於。結果顯示其中所含的丙烯甚微，即在偵測極限以下。比較台北都會區測得之乙烯濃度與 Abeles 等人<sup>(9)</sup> 在 Washington.D.C. 市區測得乙烯濃度 39 到 700 ppb 之數值相比，應屬十分接近。又一般估計空氣中 5-80 或 10-100 ppb 的乙烯濃度即對最敏感的植物群有害<sup>(26, 31)</sup>，故台北地區之大氣乙烯對敏感植物如康乃馨、蘭花等之花卉應有不利之影響。
3. 汽機車排氣中乙烯丙烯濃度之測定及比較：本年續對車輛排氣測定乙烯及丙烯之濃度，並與封袋兩種果實排放之乙烯丙烯濃度相比較，結果如表一。

表一、汽機車排氣中乙烯丙烯濃度和成熟果實排放濃度之比較

氣體濃度 (PPM)	乙烯	丙烯
二行程機車排氣濃度(50 cc)	38.0	7.9
二行程機車排放濃度(125 cc)	3.3	Nd*
無鉛汽油汽車排放濃度(1100 cc)	0.78	Nd
香蕉果實套袋中排放濃度	48.4	0.36
木瓜果實套袋中排放濃度	5.2	0.15

\*Nd = Non-detectible.

由表一可知二行程機車排氣中常有較高濃度的乙烯及丙烯，這是大量使用二行程機車之我國極需注意的事項。又比較兩種果實排放情形，可知其變異甚大，由於屬密封狀態，故其累積之乙烯及丙烯皆較高，這些乙烯及丙烯對大氣環境之影響應甚微，但只對封袋內其他未成熟果實具有催熟作用。

4. 工業廢氣中乙烯丙烯濃度之測定及比較：本年續對特定工業廢氣測定乙烯及丙烯之濃度，其中主要為垃圾焚化之廢氣。經三批次量測之結果，發現一般完全燃燒之垃圾焚化爐廢氣中之乙烯及丙烯皆在偵測極限(15 ppb)以下。

#### 四、計畫成果自評

本研究計劃旨在探討都會區乙烯和丙烯氣體濃度是否已達危害植物的程度。本年之研究結果整體而言，已完成大部份預期之目標。本年繼續測定發現空氣中乙烯在交通繁忙時確定有較高之濃度，其高值平均為 80-120 ppb。因一般估計空氣中 5-80 或 10-100 ppb 的乙烯濃度即對最敏感的植物群有害<sup>(26, 31)</sup>，故台北地區之大氣乙烯對敏感植物如康乃馨、蘭花等之花卉應有不利之影響。此些都會區的丙烯和乙烯也證明最大來源是燃燒汽油的機動車輛，特別是二行程機車，這是大量使用二行程機車之我國極需注意的事項。

## 五、參考文獻

1. 左台利、張世易、廖聖茹 1993 台灣背景大氣研究(八): C2~C5NMHC、CO 及溫室效應氣體研究分析。行政院國家科學委員會專題研究報告。
2. 孫岩章 2001 環境污染與公害鑑定。科技圖書公司。
3. 孫岩章 1995 台灣地區空氣污染對植物之影響。科學農業 41(7,8): 141-156.
4. 鄭及昉 1999 台灣地區空氣中乙烯濃度及其對植物的影響。國立台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
5. Abeles, F. B. and Heggestad, H. E. 1973. Ethylene: An urban air pollutant. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 23:517-521.
6. Abeles, F. B., Morgan, P. W., and Saltveit, M. E. 1992. Ethylene. In *Plant Biology*, 2nd ed., Academic Press, New York.
7. Barlow, A., Moss, O., Parker, E., Schroer, T., Holdren, M., and Adams, K. 1997. Development of emission factors for ethylene-vinyl acetate and ethylene-methyl acrylate copolymer processing. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 47: 1111-1118.
8. Chan, C. C., Nien, C. K., Tsai, C. Y., Her, G. R. 1995. Comparison of tail-pipe emissions from motorcycles and passenger cars. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 45:116-124.
9. Cunningham, J. L. and Staby, G. L. 1975. Ethylene and defoliation of ornamental lime plants in transit. *HortScience* 10:174-175.
10. Davidson, O. W. 1949. Effects of ethylene on orchid flowers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 53:440-446.
11. Davis, D. D. 1977. Response of Ponderosa pine primary needles to separate and simultaneous ozone and PAN exposures. *Plant Dis. Repr.* 61: 640-644.
12. Esperanza, M. M., Font, R., and Garcia, A. N. 2000. Toxic byproducts from the combustion of varnish wastes based on polyurethane in a laboratory furnace. *J. Hazardous Materials* 77: 107-121.
13. Goh, C. J., Halevy, A. H., Engel, R., and Kofranek, A. M. 1985. Ethylene evolution and sensitivity in cut orchid flowers. *Scientia Hort.* 26:57-67.
14. Hann, J. J. 1973. Ethylene dosages in Denver and marketability of cut-flower carnations. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.* 23: 522-524.
15. Høyer, H. 1985. Bud and flower drop in *Begonia elatior* 'Sirene' caused by ethylene and darkness. *Acta Hort.* 167: 387-391.
16. Kleindienst, T. E., Smith, D. F., and Hudgens, E. E. 1992. Generation of mutagenic transformation products during the irradiation of simulated urban atmospheres. *Environ. Sci. Technol.* 26: 320-329.
17. Kuo, M. L., Jee, S. H., Chou, M. H., and Ueng, T. H. 1998. Involvement of oxidative stress in motorcycle exhaust particle-induced DNA damage and inhibition of intercellular communication. *Mutation Res.* 413: 143-150.
18. Lonnemann, W. A., Seila, R. L. and Buffalini, J. J. 1978. Ambient air hydrocarbon concentrations in Florida. *Environ. Sci. Technol.* 12:459-463.
19. Lonnemann, W. A., Seila, R. L. and Meeks, S. A. 1986. Non-methane organic composition in the Loncoln Tunnel. *Environ. Sci. Technol.* 20: 790-796.
20. Marousky, F. J. 1979. Effects of ethylene in combination with light, temperature, and carbon dioxide on leaf abscission in *Fittonia verschaffeltii* (Lem) Coem. Var. *Argyroneura* (Coem.) Nichols. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 92:320-321.
21. Marousky, F. J. and Harbaugh, B. K. 1979a. Interactions of ethylene, temperature, light, and CO<sub>2</sub> on leaf and stipule abscission and

- chlorosis in *Philodendron scandens* subsp. *oxycardium*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 104:876-880.
22. Marousky, F. J. and Harbaugh, B. K. 1979b. Ethylene-induced floret sleepiness in *Kalanchoë blossfeldiana* Polln. *HortScience* 14:505-507.
  23. Nassar, J. and Goldbach, J. 1979. Sources and time-variations of reactive hydrocarbon emissions in the atmosphere of different industrial and rural areas. *International J. Environ. Analyt. Chem.* 6: 145-159.
  24. Reid, M. S., Mor, Y., and Kofranek, A. M. 1981. Epinasty of poinsettias – the role of auxin and ethylene. *Plant Physiol.* 67:950-952.
  25. Sawada, S., Hazama, Y., Hayakawa, T., and Totsuka, T. 1989. Simulation of effects of atmospheric ethylene on tree leaf shedding. *Environ. Pollut.* 61: 173-185.
  26. Sawada, S., and Totsuka, T. 1986. Natural and anthropogenic sources and fate of atmospheric ethylene. *Atmosph. Environ.* 20: 821-832.
  27. Sun, E. J. 1994. Ozone injury to leafy sweet potato and spinach in northern Taiwan. *Bot. Bull. Academia Sinica.* 35(3): 165-170.
  28. Sun, E. J. 1994. Air pollution injuries to vegetation in Taiwan. *Plant Dis.* 78: 436-440.
  29. Sun, E. J. and Huang, M. H. 1995. Detection of peroxyacetyl nitrate at phytotoxic levels and its effects on vegetation in Taiwan. *Atmos. Environ.* 29:2899-2904.
  30. Tanner, R. L., Miguel, A. H., de Andrade, J. B., Gaffney, J. S. and Streit, G. E. 1988. Atmospheric chemistry of aldehydes : Enhanced peroxyacetyl nitrate formation from ethanol-fueled vehicular emissions. *Environ. Sci. Technol.* 22:1026-1034.
  31. Temple, P. J., Sun, E. J., and Krause, G. H. M. 1998. Peroxyacetyl nitrates (PANs) and other minor pollutants. pp 6-1 ~ 6-10 in Flagler, R. B. (ed.) *Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas*. 2nd ed. Air & Waste Manage. Assoc. Pittsburg, U.S.A.
  32. Tornqvist, M., Kautiainen, A., Gatz, R. N., and Ehrenberg, L., 1988. Hemoglobin adducts in animals exposed to gasoline and diesel exhausts 1. Alkenes. *J. Applied Toxicol.* 8: 159-170.
  33. Tsai, J. H., Liang, C. P., Lee, D. Z., Sheu, Y. C., and Lin, S. J. 1997. Characteristics of airborne volatile aromatics in Tainan, Taiwan. *J. Environ. Eng.* 123: 406-409.
  34. Woltering, E. L. 1986. Sensitivity of various foliage and flowering potted plants to ethylene. *Acta Hortic.* 191:489-192.
  35. Woltering, E. L. 1987. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. *Sciencia Hortic.* 31:283-294.
  36. Wood, F. A. 1968. The influence of smoke from the combustion of PVC insulation on northern hardwood forest species. *Phytopathology* 58:1073.