

油添加物抑制穀物粉塵在本省適用性之初步探討

A Preliminary Study of Reducing Grain Dust with Oil Additives in Taiwan

台灣大學農機系教授

張 漢 聖
H. S. Chang

台灣大學農機系教授

蕭 介 宗
J. T. Shaw

台糖公司小港副產加工廠廠長

陳 介 武
J. W. Chen

台灣大學農機系技正

賈 精 石
C. S. Chia

摘 要

穀物在輸送過程中極易產生粉塵。粉塵污染空氣，危害穀物處理場所之機器設備及工作人員健康。

由於傳統機械式集塵系統運作成本高昂，晚近先進國家已開始試用在穀物中添加微量可食用油以抑制粉塵飛揚。本省高溫多濕，添加物抑制粉塵方法是否適用，有待探討。

本研究添加152ppm~278ppm之大豆油與棕櫚油於玉米上。初步結果顯示，添加物確有一定程度的粉塵抑制效果，且經三個月的貯存發現添加微量大豆油影響玉米品質輕微，安全無虞。而添加棕櫚油的玉米經一個月的貯存發現品質已大受影響。因之，初步認定在本省大豆油適宜於作為抑制粉塵的添加物。

添加物粉塵抑制方法使用成本遠較機械式集塵系統為低，故應作進一步的探討，充分了解，俾能推廣利用。

關鍵詞：抑制穀物粉塵、油添加物、倉儲。

ABSTRACT

During the handling process, grains generate dust easily. Grain dust not only pollutes air, but also causes the damage of handling facilities and the health of workers.

Due to the high cost of traditional mechanical dust collectors, grain dust controlled by a small amount of additives has been adopted recently in some developed countries. Under domestic high temperature and high relative humidity conditions, the dust control method by additives is required for further studying its suitability.

By adding 152-278 ppm soybean oil and plam oil on shelled corn, results show the additives can control the grain dust to some degree. After 3-month storage, the quality of shelled corn with soybean oil additives can be retained. If by plam oil additives, the quality of shell corn is reduced after one month storage. Consequently, Compared soybean oil with plam oil, soybean oil would be more suitable as an additive for controlling shelled corn dust.

Additives used for grain dust control are cheaper than mechanical dust collecting systems. Therefore, further research is required for their application.

Keywords: Reducing grain dust, Oil additives, Storage.

一、前 言

穀物在輸送過程中極易產生粉塵，而粉塵所引起的安全及衛生問題，也一直是穀物業者、麵粉飼料業者共同面臨亟思解決的課題之一。高度集中的粉塵可能會引起可怕的穀倉塵爆，損失不貲，而一般程度的粉塵也會縮短機器設備之壽命，醜化工作場所，尤其嚴重的是，細粒粉塵飄浮空中污染空氣，吸入人體尤有礙健康。

為要消除或減少穀物輸送時所產生的粉塵，較有規模的穀物處理場所，多裝有機械式集塵系統，亦即旋風式分離機或濾袋式集塵機或二者兼用集塵效果良好，惟設備費及作業費高昂，因係需要大馬力才能運作之故。晚近，先進國家已開始試用以添加物來抑制穀物粉塵 (Chang et al., 1980; Lai et al., 1981; Chang et al., 1984; Chang et al., 1985; Anonym, 1990; 張, 1988)。

以添加物來抑制粉塵，即是將極微量（約200 ppm）的可食用油噴灑在輸送中的穀物上，則粉塵與油混合而吸附於穀粒上，並形成一體，從而粉塵不致飛揚飄浮至空氣中，於是達到抑制粉塵之目的。

穀物添加食用油後，不會形成油泥，因為添加量極少，即見不到也感覺不到而且也聞不到。又據試驗結果顯示 (Lai et al., 1986)，對穀物之品質也不會有太大的影響，且有良好的抑制粉塵效果。

噴油設備非常簡單，易於裝設，使用馬力小，且使用可食用油類如黃豆油、礦物油均便

宜。噴灑少量食用油於穀物上後隨同穀出售，並未浪費，因之，總使用成本較機械式集塵系統低廉甚多。

據專家估計（余，1989）而今全世界有成千上萬噸的穀物處理設備是應用這種噴油方式來控制粉塵。在美國已廣泛應用，其他如澳洲、加拿大、歐洲、土耳其、甚至中國大陸也都在試用或研究中。

台灣年需處理為數龐大的穀物必會產生大量粉塵。據調查顯示（蕭等，1990），本省具有規模之穀物處理工廠雖裝有機械式集塵系統，但多備而不用，由於作業費用高昂之故。

本省氣候高溫高濕與美國不盡相同，添加物抑制粉塵方法是否可行，值得研究。本省需要處理的穀物以進口玉米為大宗，故本研究穀物暫以玉米為對象，又添加物以大豆油、棕櫚油容易取得且價廉，故本研究針對玉米添加大豆油或棕櫚油後抑制粉塵效果及添加物對玉米品質之影響加以探討，添加物之添加量盡量接近美國政府所准許之範圍。這是開始的一步，期望所得結果作為進一步探討的參考。

二、文獻回顧

在美國以添加物抑制穀物粉塵的方法發現甚早，但遲至1982年政府食品及藥物管理局 (U. S. Food & Drug Administration)才准許食用穀物上可添加0.02%（重量）之可食用油以及作飼料用的穀物上可添加0.06%之可食用油以控制粉塵飛揚 (Jayas et al., 1992)。

爲了解添加物抑制粉塵的效果，Cocke et al. (1978)曾試以添加礦物油0.04%至貯存的小麥，結果成功地抑制了59%粉塵。增大添加物的添加量至0.07%則抑制粉塵的效果會繼續上升至92%，但添加量超過0.07%之後，抑制粉塵效果不再增加。

Lai et al. (1984)曾進行了一系列的試驗。添加物的種類有水、大豆油、礦物油而穀物的種類有玉米、小麥、大豆。結果顯示，添加可食用油0.03%~0.10%可減少粉塵90%，有效期可達三個月。即使添加0.02%之可食用油亦可有效抑制粉塵量。但是添加水0.17%至0.30%僅有暫時性的抑制粉塵效果。

嗣後，Lai et al. (1986)繼續進行相關研究，研究分成試驗室規模試驗以及有民間穀物處理中心參與的商業規模試驗。對添加可食用油以抑制穀物粉塵方法作了詳盡的探討其分析廣泛含抑制粉塵有效性，對穀物品質之影響，發芽率，蟲害反應，使用成本等，所獲得的結果，要點如下：

(一)試驗室規模試驗(Laboratory-scale applications)

以一次添加200ppm~800ppm之大豆油或礦物油或大豆油與卵磷脂(lecithin)之混合物至大豆、玉米、小麥上，亦有多次累積添加量至6400ppm。所有樣品以常溫(15.6~35°C)貯存，最長時間爲一年。

1.一次添加處理(添加量最大800ppm)

- (1)大豆、小麥、玉米均無異味發現。
- (2)貯存之玉米破碎率會增加且等級下降，但與添加物無關。

2.多次添加處理(添加量累積至6400ppm)

- (1)大豆經添加1200ppm以上大豆油後對其氣味有不良影響。
- (2)添加量超過400ppm，貯存期間超過6個月以上，對小麥之氣味有不良影響。
- (3)添加量累積至6400ppm，貯存期間至12個月，對玉米之氣味有不良影響。

(二)商業規模試驗(Commercial-scale applications)

- 1.玉米、小麥、大豆添加200~400ppm之大豆油或礦物油或大豆油與卵磷脂之混合物後，穀物處理中心廠房內粉塵顯著減少。
- 2.廠房內之設備無任何不良之情況發現。

- 3.粉塵過濾設備未發現有任何油物附積現象發生，同時廠房地板上之粉塵累積量大爲減少。

- 4.未發現對廠房內工作人員健康有任何不良影響。

- 5.有添加物之穀物與無處理之穀物其含水率、氣味，等均無任何差異。

- 6.有添加物之小麥經磨粉做成麵包等其品質與無處理小麥所做成者無差異。

(三)使用成本分析(Economic impact analysis)

比較下列三種情況之使用成本，其一爲穀物處理中心有旋風式及濾袋式集塵設備；其二爲濾袋式集塵設備改以旋風式集塵設備並有添加物粉塵控制系統配合使用；其三爲濾袋式集塵設備全由添加物粉塵控制系統所取代。以上三種情況之固定成本分別爲，第一種4.18cents/bushel，第二種1.84cents/bushel，第三種2.44cents/bushel，而作業成本則分別爲，第一種0.43cents/bushel，第二種0.34cents/bushel，第三種0.26cents/bushel。

三、材料與方法

(一)試驗用設備

- 1.添加物粉塵抑制系統(Liquid dust suppression system)即是將可食用油以定量噴灑於穀物上面之裝置，由下列部份組成(圖1)：

貯油箱(Tank)－貯存待噴灑之油。

泵(Pump)－加壓油使經噴頭向穀物噴灑，1/2馬力。

逆流閥(Check valve)－當泵停止時防止油回流。

濾油器(Filter)－過濾油，除去雜物。

壓力調節器(Pressure regulator)－調整噴油之壓力以微調噴油量。

壓力錶(Pressure gauge)－指示設定之壓力數。

流量計(Flowmeter)－指示油之流量。

自動遮斷器(Electric shut-off switch and limit switch)－當穀物停止移動時，即自動關閉噴油。

噴頭(Nozzle)－油經此形成細霧，有不同規格。

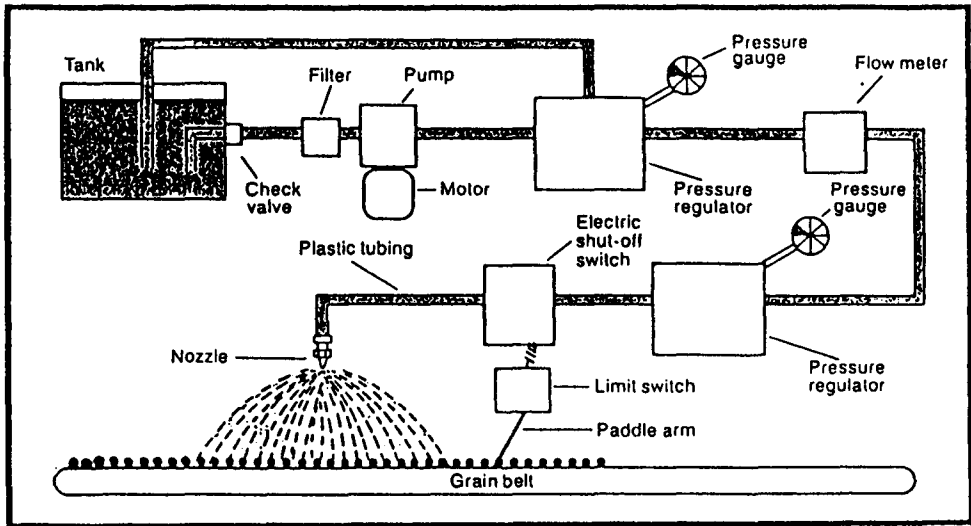


圖 1. 添加物粉塵抑制系統之組成示意圖

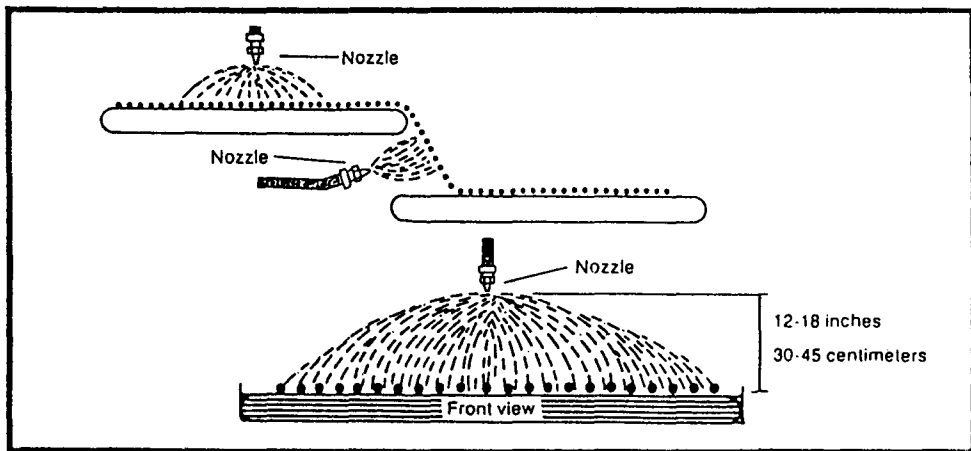


圖 2. 單噴頭與雙噴頭的使用方法

塑膠管(Plastic tubing)－噴頭與自動遮斷器間之連接管子。

此系統有單一噴頭者亦有雙噴頭者，用法情況如圖2所示。安裝噴頭時須注意噴頭與移動中之穀物垂直相距30-45cm。噴頭之噴灑寬度應涵蓋整個移動中穀物之寬度。

本研究購買之添加物粉塵抑制系統由美國George A.Rolfes公司所製造，該公司並提供不同規格噴頭包含液壓與噴灑量關係資料，噴灑量可由噴頭之大小及液壓來決定。

2.精密電子天平乙台，精密度為千分之一克。

3.穀物貯存倉6個，每個倉容量約600公噸。其中3個倉供作貯存有添加物之進口玉米，另外三個倉貯存未加添加物之進口玉米。

(二)試驗進行步驟

1.引進「添加物粉塵抑制系統」乙台。進行基本試驗以了解該系統之特性包含液壓與噴油量、噴油寬度之關係以作為用該系統之重要依據。

2.裝設「添加物粉塵抑制系統」於台糖小港副產加工廠，以進行實地作業試驗(圖3)。

3.選定試驗倉及對照倉各三，每倉容量約600公噸。試驗倉貯存經噴灑大豆油或棕櫚油(簡稱有處理)之玉米，對照倉則貯存未經噴灑大豆油或棕櫚油之玉米(簡稱未處理)。

4.玉米含粉塵率及品質之測定樣品取自試驗倉及對照倉，取樣品位置請參看圖4。計取樣品4

次，第一次為穀物入倉時，其後約每隔一個月取樣一次。玉米貯存三個月後出倉。

5.每次取出之樣品由台糖小港副產加工廠作品質影響分析，由台大農機系作含粉塵量分析，作成記錄供進一步探討。

(三)樣品之分析

1.含粉塵量之測定

本研究所指之粉塵為玉米傾倒時所產生暫時飄浮於空中之微粒，其粒徑大都小於 $125 \mu m$ (Martin and Saucer, 1976)。取得之玉米樣品其含粉塵量定義是以每100克玉米中所含粉塵之克數。含粉塵量之多少利用落下式含粉塵量測定器測定。

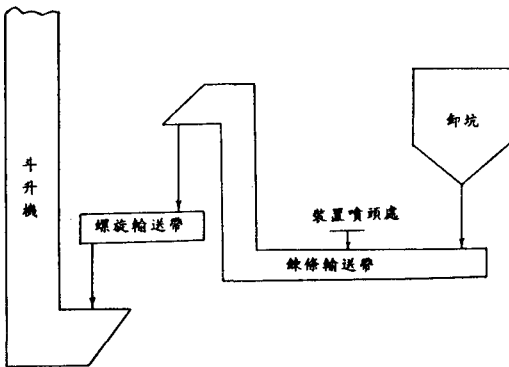
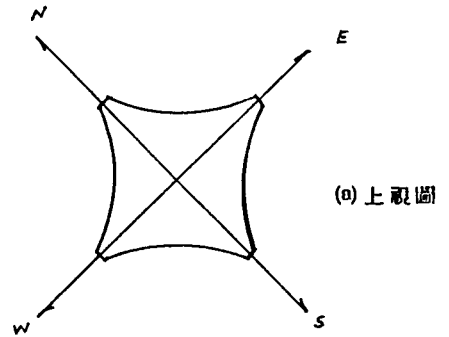
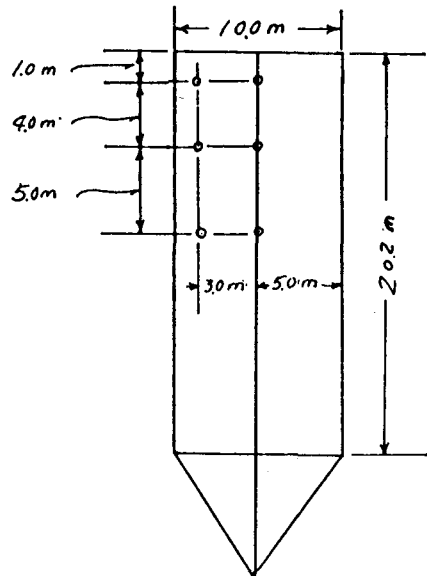


圖 3. 添加物粉塵抑制系統裝設位置



(a) 上視圖



(b) 前視圖

圖 4. 選取玉米樣品位置

落下式含粉塵量測定器係參照美國穀物銷售研究所 (U. S. Grain Marketing Research Laboratory, USDA, Manhattan, Kansas) 所使用者而自行製作 (圖5)。

測定器之主要部份為長50cm直徑5.5cm之垂直圓筒及連接於圓筒上端之瞬時開關漏斗。瞬時開關漏斗底部可以打開或關閉以啟動桿控制之。平時漏斗底部呈關閉狀態，除非按動啟動桿使其瞬時開啓。垂直圓筒底下有一小量杯。除支架外，用材料均為不銹鋼。

使用落下式含粉塵量測定器之步驟如下：

- (1) 以小量杯隨機取玉米樣品約100g或少些以不裝滿小量杯為度，稱其重量 W_i 。
- (2) 傾倒玉米樣品於測定器之漏斗中，而後置已空之量杯於垂直圓筒正下方。
- (3) 以手指快速按下啟動桿使漏斗中之玉米驟失所托，全數一齊落下。
- (4) 一俟玉米全部落入量杯中，快速移去量杯，並稱其重量， W_f 。

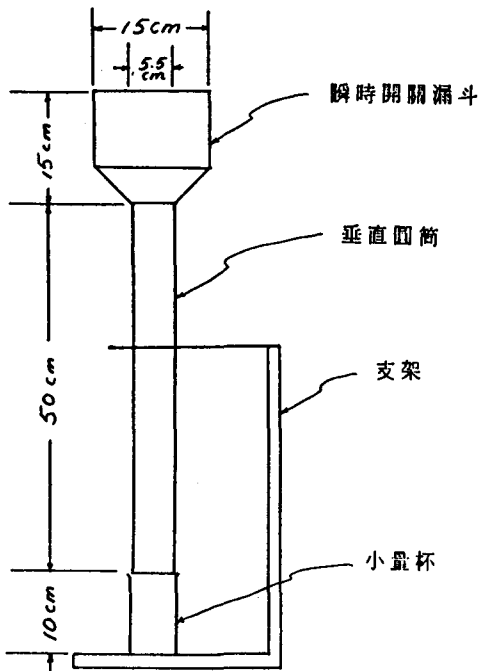


圖 5. 落下式含粉塵量測定器

(5) $W_i - W_f = W_d$ ， W_d 即為樣品中之粉塵含量。因為粉塵在玉米驟然落下時會離開玉米粒暫時飄浮於空氣中而不隨同玉米粒快速落下。

2. 品質變化之測定

測定玉米樣品之品質變化含下列四項：

(1) 含水率 (Moisture Content)

$$m = \frac{W_w}{W_w + W_d} \times 100\%$$

上式中 m = 濕基含水率，%

W_w = 水份重量，g

W_d = 乾物重量，g

(2) 酸度 (Acidity)

mgKOH/100g dry base of corn seed

(3) 油酸價 (Acid value)

中和1g脂質中所含游離脂肪酸 (free fatty acid) 所需之毫克氫氧化鉀 (mg KOH) 中和數，亦即 mg KOH/g sample corn oil。

(4) 油過氧化價 (Peroxide value)

1kg 脂質添加碘化鉀後，於沸水中沸騰3分鐘，所游離出之 I_2 (碘) 之毫當量數 (milli-equivalent)，此值可用於判斷油脂在酸敗初期之酸敗度指標其單位為 meq/kg sample corn oil。

四、結果與討論

(一) 添加物抑制玉米粉塵有效性

本研究共進行了四次試驗，其中三次以大豆油作為添加物，一次以棕櫚油為添加物。四次試驗相關資料請參見表1。

玉米添加微量大豆油後產生抑制粉塵的效果，請參見圖6。圖6未列入第一次試驗結果，緣由第一次試驗於測定玉米添加大豆油後產生之抑制粉塵量之測定粉塵儀器放置位置地點不當，以致所得結果有誤，故略去。

由圖6，第二次試驗結果顯示，玉米添加278 ppm之大豆油後，其含粉塵量由0.0089%降至0.0027%。亦即添加微量大豆油後可以減少玉米含粉塵量約70%。抑制粉塵效果顯著。但是，亦由圖6第三次試驗結果顯示，玉米添加246ppm之大豆油後，玉米含粉塵量由0.021%僅降至0.017%。換言

表 1. 添加物抑制玉米粉塵試驗

次別	第一次	第二次	第三次	第四次
時間	80年8月29日	80年10月16日	80年11月7日	81年1月10日
地點	小港副產加工廠	同 左	同 左	同 左
試驗倉號	B區51倉	B區49倉	B區54倉	B區51倉
試驗倉容量 (公噸)	600	550	537	514
對照倉號 (公噸)	B區52倉 600	B區50倉 550	B區53倉 537	B區52倉 514
添加物種類	台糖大豆沙拉油	同 左	同 左	棕櫚油
添加總量 (公斤)	91	154	132	118
添加率 (ppm)	152	278	246	230

之，添加大豆油僅能減少玉米含粉塵量約15%。效果不顯著。究其原因，此次試驗用之玉米含粉塵較多碎粒亦多。大豆油之所以能產生抑制粉塵效果乃是添加物能黏合粉塵使之不飛揚，而當玉米碎粒多則可能會吸附了添加之大豆油，而降低了黏合粉塵之能力。欲要提高黏合粉塵之能力，添加246ppm顯然太少，有必要增加添加量，究竟添加量須增大多少，有待探討。

又由圖6，第四次試驗結果顯示，玉米添加230ppm之棕櫚油後，玉米含粉塵由0.0162%降至0.0045%。換言之，添加230ppm可使玉米含粉塵減少約70%，其結果與第二次添加275ppm大豆油後玉米呈現之含粉塵量減少情況相似，由此可知，棕櫚油亦具有良好的粉塵抑制效果。

玉米添加大豆油或棕櫚油後貯存於圓筒倉內，定期取出樣本測定其含粉塵量與同時貯存於鄰近倉內無處理玉米之樣本含粉塵量比較結果，請參見圖7~9。

圖7為玉米有無添加152ppm大豆油經1、2、3個月貯存其含粉塵量變化比較情況。圖7顯示，經1、2、3個月之貯存，有添加物之玉米含塵量較無處理者分別減少57%，29%，21%。此項結果顯示，添加物對貯存之玉米持續具有粉塵抑制效果，惟隨著貯存時間之增加，抑制粉塵效果隨之遞減。圖7亦顯示，玉米之含粉塵量隨貯存時間之增加而增大，此種現象亦見於Lai et al. (1986)之研

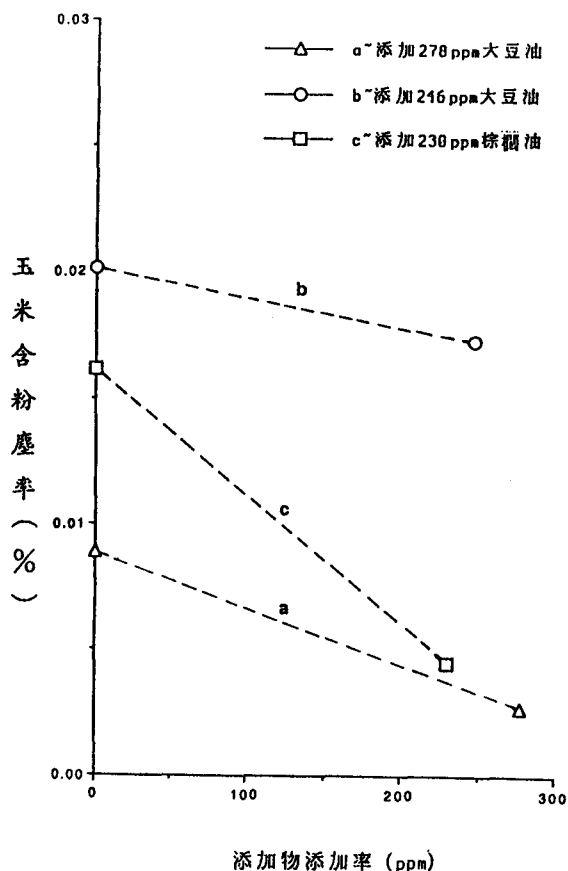


圖 6. 玉米含粉塵率與添加物之關係

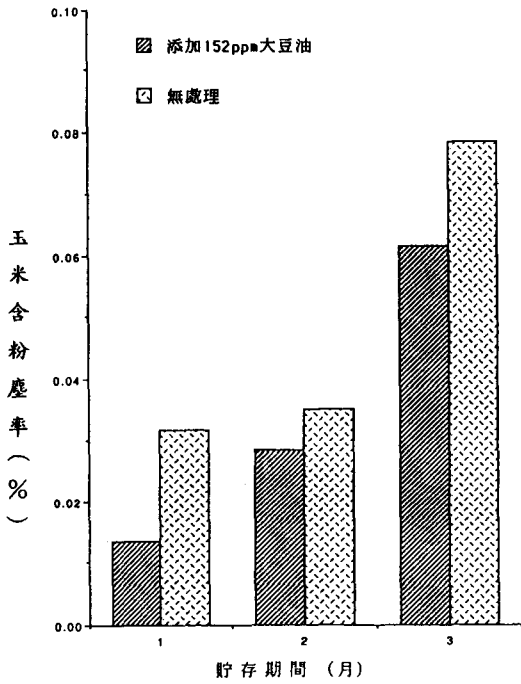


圖 7. 添加152ppm大豆油玉米之含粉塵率與貯存期間之關係

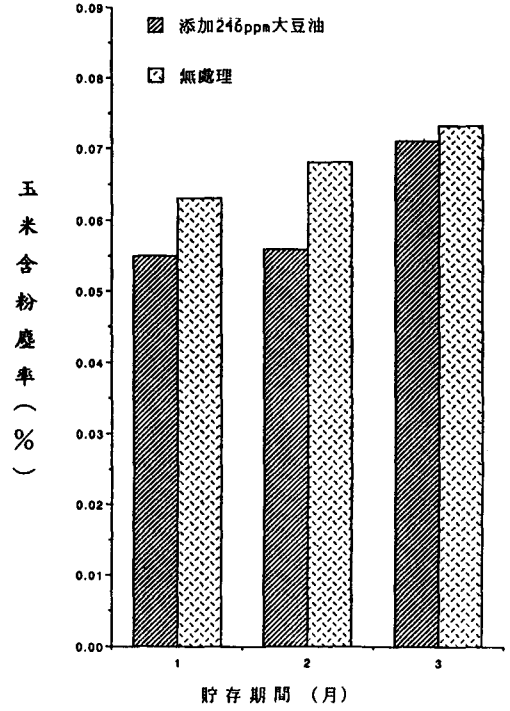


圖 9. 添加246ppm大豆油玉米之含粉塵率與貯存期間之關係

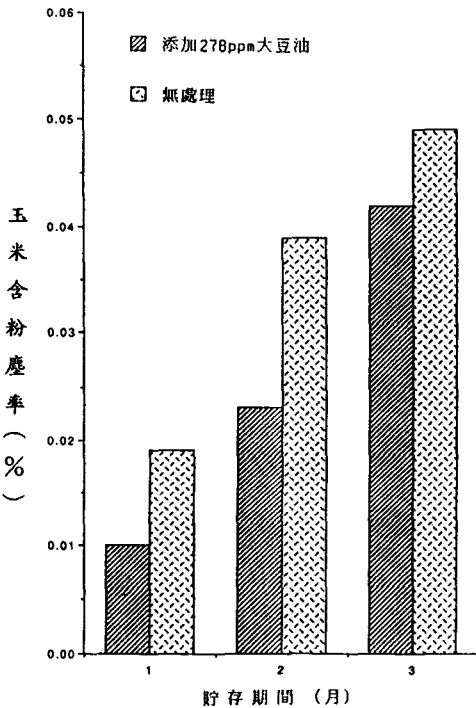


圖 8. 添加278ppm大豆油玉米之含粉塵率與貯存期間之關係

究報告中，並指出貯存之玉米破碎率之增加與添加物無關。筆者認為蟲害亦可能導致玉米含粉塵量增加。添加物抑制粉塵效果隨貯存時間遞減，其原因應是添加物漸漸為玉米所吸收而逐漸失去原有黏合粉塵效果。

圖8為玉米有無添加278ppm大豆油經1、2、3個月貯存其含粉塵量變化之情況。圖8所顯示情況與圖7類似。

圖9為玉米有無添加246ppm大豆油後貯存其含粉塵量之變化情形。因該次試驗用玉米碎粒多含粉塵量多，其有添加物後立即呈現之抑制粉塵效果已低，約15%，故經1、2、3個月貯存後呈現的抑制粉塵效果遞減亦小。

(二) 添加物對玉米品質之影響

添加物對於玉米品質之影響，本研究列出玉米酸度，玉米油酸價，玉米油過氧化價及玉米含水率為查驗品質之項目。上述玉米品質之查驗項目係參考Lai等(1981)及張等(1981)之研究報告及台糖公司小港副產加工廠之經驗而訂定。四次試驗由試驗倉及對照倉取出之樣品其酸度、油酸價、

表 2. 添加152ppm大豆油玉米與
無處理玉米品質之比較

	貯存期間 (月)	有處理	無處理
含水率	0	13.62	13.56
酸度	0	39.24	40.13
油酸價	0	10.00	9.86
油過氧化價	0	14.84	16.95
含水率	1	13.74	13.77
酸度	1	52.90	45.11
油酸價	1	13.65	11.63
油過氧化價	1	18.40	22.79
含水率	2	12.82	13.08
酸度	2	-----	58.67
油酸價	2	21.96	12.93
油過氧化價	2	28.82	36.56
含水率	3	12.95	12.87
酸度	3	65.94	62.12
油酸價	3	17.67	16.44
油過氧化價	3	41.75	37.18

表中所用之單位為：含水率，%
酸度，mgKOH/100g corn
油酸價，mgKOH/g corn oil
油過氧化價，meq/kg corn oil

表 3. 添加278ppm大豆油玉米與
無處理玉米品質之比較

	貯存期間 (月)	有處理	無處理
含水率	0	13.25	13.30
酸度	0	33.48	31.14
油酸價	0	8.91	8.64
油過氧化價	0	22.38	24.69
含水率	1	13.54	13.33
酸度	1	46.12	41.79
油酸價	1	12.53	11.38
油過氧化價	1	24.42	22.90
含水率	2	13.00	13.16
酸度	2	59.42	49.30
油酸價	2	17.18	13.91
油過氧化價	2	33.26	28.86
含水率	3	12.85	12.91
酸度	3	64.86	51.43
油酸價	3	17.83	28.83
油過氧化價	3	29.49	28.83

表中所用之單位為：含水率，%
酸度，mgKOH/100g corn
油酸價，mgKOH/g corn oil
油過氧化價，meq/kg corn oil

表 4. 添加246ppm大豆油玉米與
無處理玉米品質之比較

	貯存期間 (月)	有處理	無處理
含水率	0	14.45	14.41
酸度	0	30.99	32.25
油酸價	0	8.73	8.24
油過氧化價	0	24.56	36.44
含水率	1	14.40	14.36
酸度	1	56.78	39.47
油酸價	1	17.16	13.00
油過氧化價	1	41.48	41.71
含水率	2	13.99	14.23
酸度	2	66.72	48.54
油酸價	2	19.13	12.77
油過氧化價	2	47.33	38.36
含水率	3	12.89	13.04
酸度	3	70.78	56.44
油酸價	3	19.65	15.73
油過氧化價	3	41.62	30.66

表中所用之單位為：含水率，%
酸度，mgKOH/100g corn
油酸價，mgKOH/g corn oil
油過氧化價，meq/kg corn oil

表 5. 添加230ppm棕櫚油玉米與
無處理玉米品質之比較

	貯存期間 (月)	有處理	無處理
含水率	0	14.95	14.81
酸度	0	37.39	31.05
油酸價	0	9.60	8.28
油過氧化價	0	24.72	-----
含水率	1	15.00	14.65
酸度	1	83.96	40.58
油酸價	1	22.76	10.06
油過氧化價	1	27.00	19.82

表中所用之單位為：含水率，%
酸度，mgKOH/100g corn
油酸價，mgKOH/g corn oil
油過氧化價，meq/kg corn oil

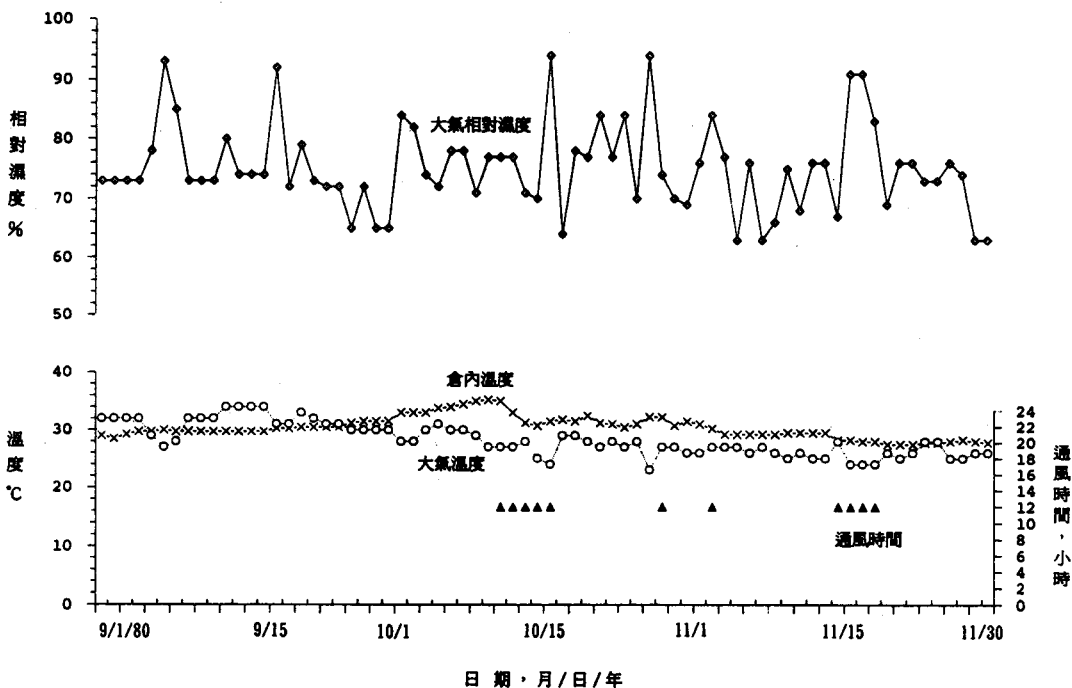


圖 10. 第一次試驗有處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

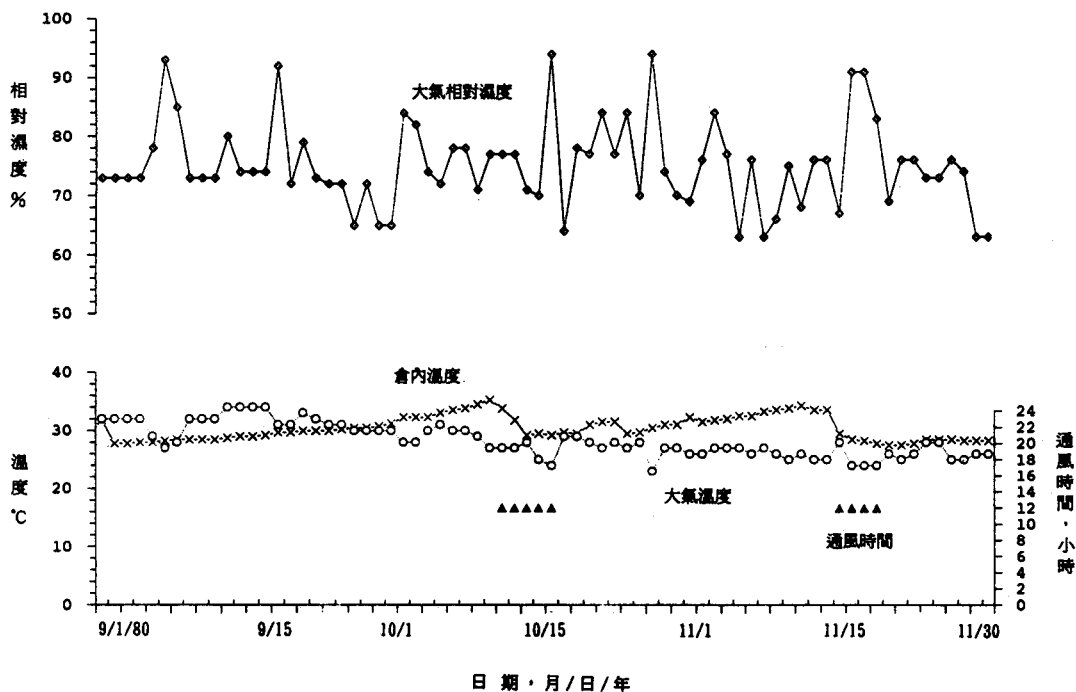


圖 11. 第一次試驗無處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

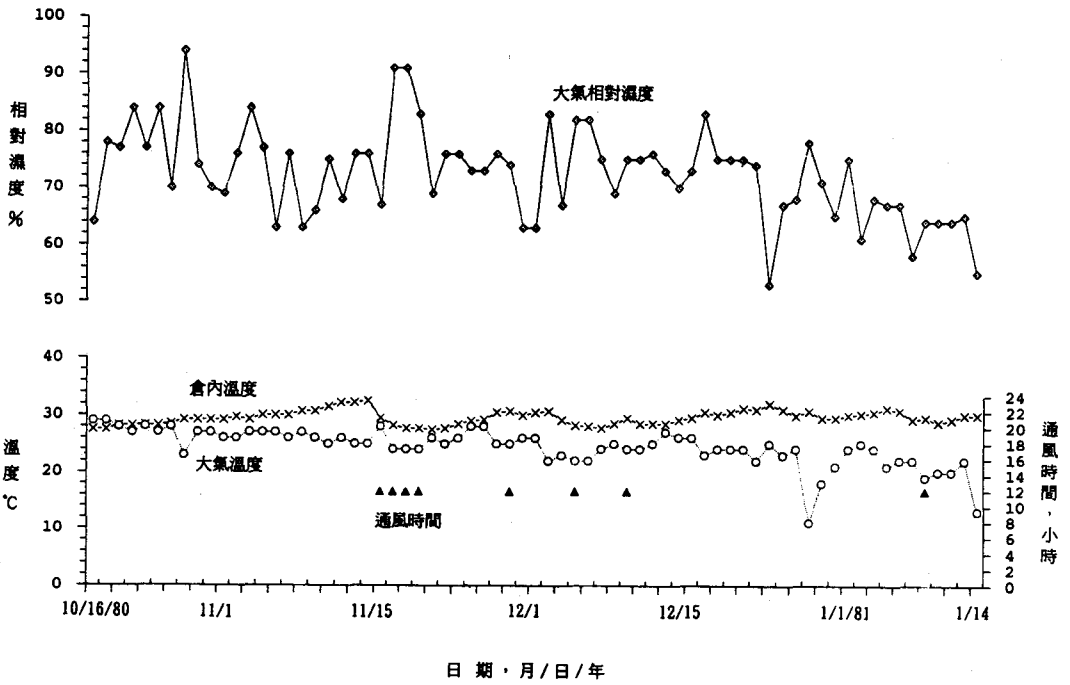


圖 12. 第二次試驗有處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

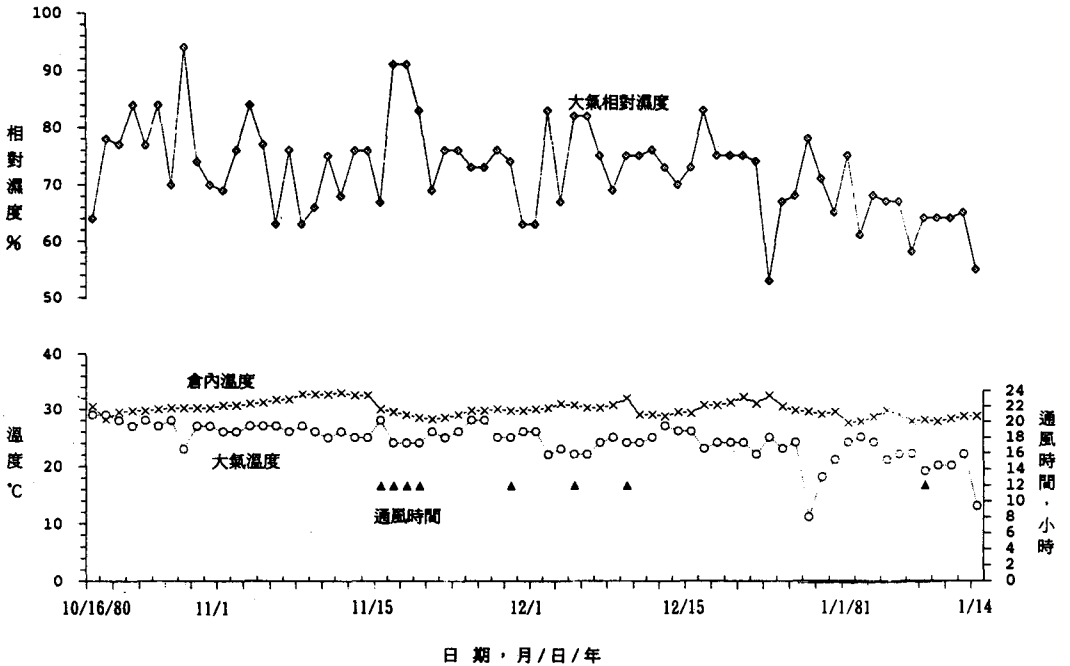


圖 13. 第二次試驗無處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

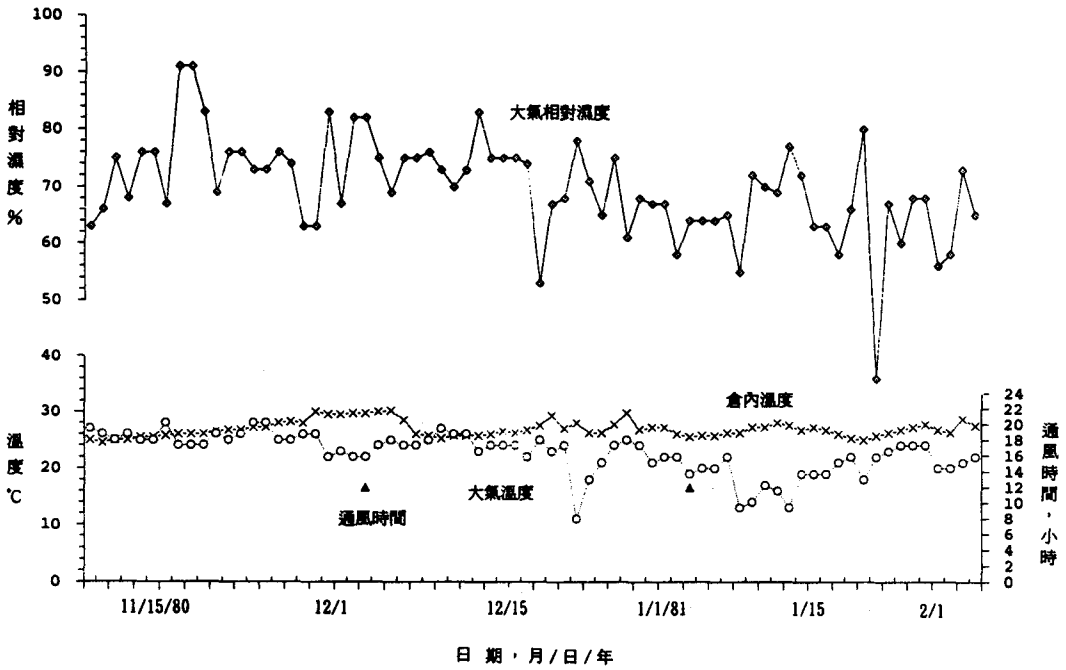


圖 14. 第三次試驗有處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

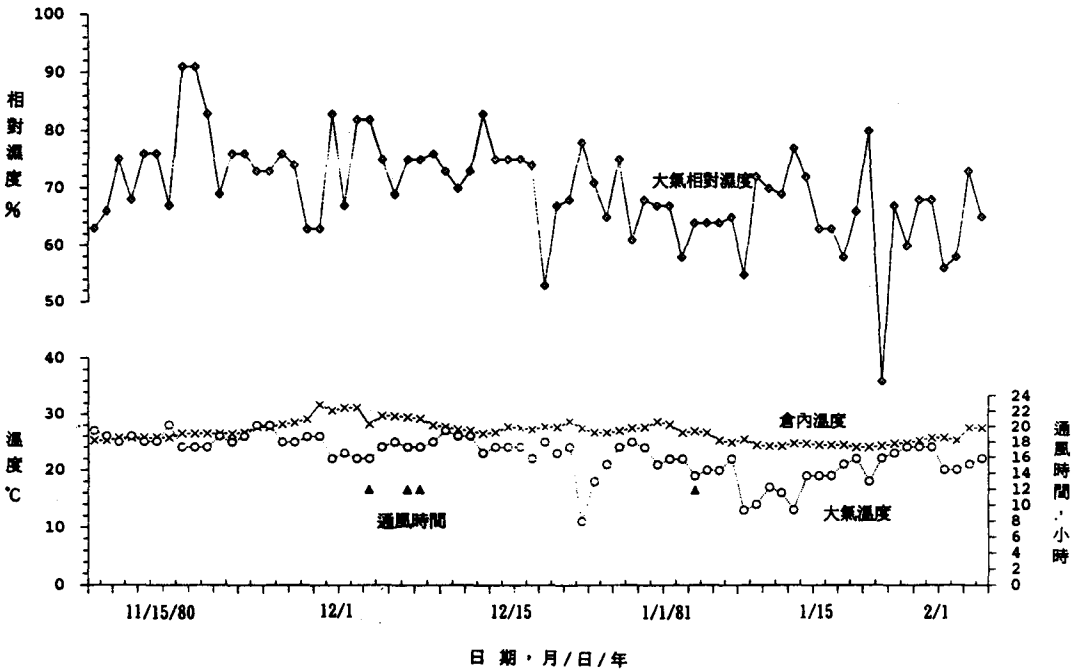


圖 15. 第三次試驗無處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

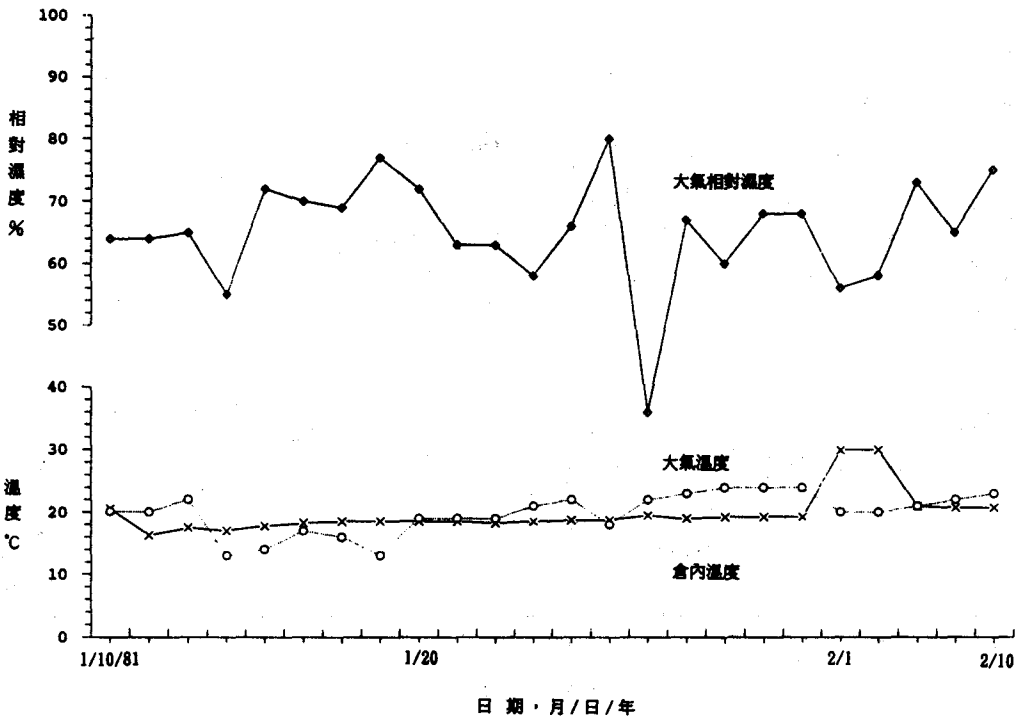


圖 16. 第四次試驗有處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

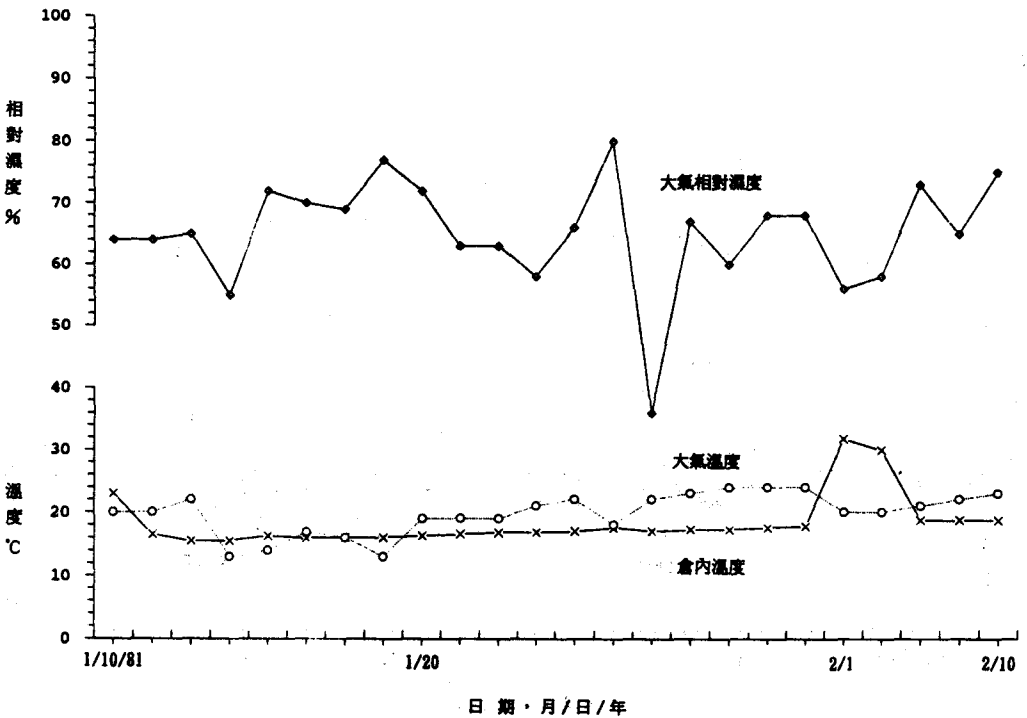


圖 17. 第四次試驗無處理玉米儲存期間倉內溫度、大氣溫濕度變化及通風時數

油過氧化價、含水率等值列於表2~5。上述四表中，貯存期間為0者，表示該樣品未入倉前在倉頂處取出者，用以比較甫經處理玉米與未處理玉米之品質有無差異。貯存期間為1,2,3個月者，表示樣品經貯存1,2,3個月後取出者，用以比較貯存期間之長短對於玉米品質之影響。

玉米入倉後的儲存期，愈短愈佳，往往二、三個星期即出倉，以免資金積壓，並早日回收利潤。依台糖公司小港副產加工廠多年經驗，此次試驗研究玉米貯存期暫定三個月應可初步了解玉米長期貯存後品質變化情形。四次試驗試驗倉與對照倉在貯存期間倉內溫度，倉外大氣溫濕度變化情形及通風時間請參見圖10-17。

由表2，貯存期間為0者，比較有處理與無處理玉米之含水率、酸度、油酸價、油過氧化價，可知添加152ppm大豆油對玉米之品質不會產生立即的影響。此種現象亦見於表3（添加278ppm大豆油）、表4（添加246ppm大豆油）。因之，就以上情況而言，添加微量大豆油對玉米品質不會產生立即影響。而經三個月之貯存，除含水率外，有處理與無處理玉米之酸度、油酸價、油過氧化價均隨貯存之期間增長而增加，且有處理玉米之酸度、油酸價、油過氧化價，大都略高於無處理者。以表示品質最重要指標酸度而言，變化幅度約為10%，此顯示，添加微量152ppm大豆油對長期貯存玉米品質有些微影響，亦即影響的幅度甚小，玉米品質安全未受影響。

由表3，添加278ppm大豆油之玉米經三個月之貯存，其酸度、油酸價、油過氧化價均較無處理者明顯為大。以品質重要指標酸度而言，變化幅度約在20%，顯然比添加152ppm者大。亦即，添加量愈多玉米品質受影響愈大些。所幸玉米添加278ppm大豆油後其品質變化亦尚在安全範圍之內。

表4，為添加246ppm大豆油後玉米經三個月貯存品質變化情況，與表3情況類似。

由表5，除含水率外，添加230ppm棕櫚油玉米經一個月貯存，其酸度、油酸價、油過氧化價較無處理者大甚多，以表示品質重要指標酸度而言，變化幅度大於100%，顯示玉米品質受嚴重影響，故中斷試驗將有處理玉米出倉。

(三) 添加物抑制粉塵之使用成本

添加物粉塵抑制系統已在「材料與方法」中說明，其構成包含下列組件貯油箱、濾油器、壓力調節器、自動遮斷器、噴頭、塑膠管等。此系統是屬於一種機械將液體加壓經由小孔以霧狀微粒向外噴灑，顯然其構造與本省農民常用的動力噴霧機(Power sprayer)類似，不同部份僅在噴頭使噴霧涵蓋面形成線狀而非一般動力噴霧機的圓盤形，以及噴霧的開啓與關閉非手控而是取決於穀物輸送帶所須動力的高低亦即當無穀物加諸於輸送帶上，輸送帶需要之運轉動力小，當有穀物在輸送帶上時則輸送帶須要動力大，以須要動力之差來決定噴灑之開啓或關閉。此項自動控制裝置完全為適應倉貯作業環境下的特殊設計。

動力噴霧機在本省有龐大數量，且自製的亦多，能自製動力噴霧機則製造添加物粉塵抑制系統應無問題。前述及的二項特殊組件即噴頭與自動遮斷裝置經仔細觀察國人亦有能力自製。本研究所購之添加物粉塵抑制系統為20萬元，而國人自製之動力噴霧機價格在數千元至數萬元間。

本省穀物處理場所，一般機械式集塵設備稍具規模者動則百萬元，需要數十馬力之電動機才能運轉，因之其固定設備成本與作業成本十分可觀。而添加物粉塵抑制方式其固定投資小又僅需小馬力即能運作，兩者相較，其使用成本差異甚大，際此國人環保意識高漲，維護賴以生存的空氣品質人人有責，故添加物抑制粉塵方法在本省仍具有進一步探討之價值。

五、結 論

1. 添加微量大豆油，152ppm~278ppm，確有一定程度的玉米抑制粉塵效果，且添加微量大豆油後經三個月的貯存，查驗玉米的品質僅受輕微影響玉米品質的變化都在安全範圍之內。
2. 添加物對貯存的玉米仍持續具有粉塵抑制效果，惟隨貯存時間的增加，其效果逐漸遞減。
3. 添加微量棕櫚油亦有一定粉塵抑制效果，但添加棕櫚油的玉米經一個月的貯存，其品質變化甚大，故初步認定棕櫚油不宜作為添加物。
4. 傳統機械式除塵系統，使用成本高昂，而添加

物抑制粉塵方法成本低，有推廣利用價值，故應作進一步探討，俾能對此項技術有充分了解。

六、誌謝

本研究經費承台灣區雜糧發展基金會資助。在研究進行期間，基金會李濬明先生，台糖公司小港副產加工廠副廠長盧竹根、飼料工廠主任林芳男、股長蕭重明協明尤多，在此敬申謝忱。

七、參考文獻

1. 余肇洋。1989。利用食用油抑制穀物粉塵。雜糧與畜產190:9-12。
2. 張森富。1981。進口玉米儲存方法試驗調查。台灣區雜糧發展基金會倉儲叢書第六輯。
3. 張振盛。1988。倉儲設備之設計與安全。農產品及食品加工機械研討會論文集。台灣大學農業機械工程學系。
4. 蕭介宗、張漢聖、賈精石、陳士根。1990。現有雜糧倉儲設備之工程分析。農業工程學報36(4):49-60。
5. Chang, C. S., C. R. Martin and H. H. Converse. 1985. Grain flow regulator for dust emission control. Transactions of the ASAE28(6):2059-2062.
6. Chang, C. S., and C. R. Martin. 1984. Bulk density characteristics of grain dust. Transactions of the ASAE 27(3):898-902.
7. Chang, C. S., F. S. Lai and B. S. Miller. 1980. Composting of grain dust. Transactions of the ASAE 23(3):709-711.
8. Cocke, J. B., H. H. Perkins, Jr. and N. F. Getchell. 1978. Controlling dust in agricultural products with additives. Cereal Foods World23(9):554-556.
9. Jayas, D. S., N. D. G. White, M. G. Britton and J. T. Mills. 1992. Effects of oil used for dust control on engineering properties of stored wheat. Transactions of the ASAE 35(2):659-664.
10. Lai, F. S., B. S. Miller, C. R. Martin, C. L. Storey, L. Bolte, M. Shogren, K. F. Finney and J. K. Quinlan. 1981. Reducing grain dust with oil additives, Transactions of the ASAE 24(6):1626-1631.
11. Lai, F. S., C. R. Martin and B. S. Miller. 1984. Examining the use of additives to control dust in a commercial grain elevator. ASAE Paper No. 84-3575. St. Joseph, MI, ASAE.
12. Lai, F. S., C. R. Martin, Y. Pomeranz, T. L. Mounts, K. Warner, W. E. Burkholder, A. J. Peplinski, A. R. Class, K. H. Mansour, L. E. Lahman and C. W. Davis, 1986. Oils and lecithin as dust suppression additives in commercially handled corn, soybean, and wheat: efficacy of treatments and effects on grain quality. American Soybean Association.
13. Martin, C. R. and D. B. Saucer. 1976. Physical and biological characteristics of grain dust. Transactions of the ASAE 19(4):720-723.

收稿日期：民國83年2月24日

修正日期：民國83年8月2日

接受日期：民國83年9月21日