

臺灣地區霜日頻率與霜期分析及其 在農作物霜害預防之應用

The Analysis of Frost Day Frequency and Frost Period in Taiwan and Its Application to Frost Protection for Crops

楊 之 遠

Chea- Yuan Young

ABSTRACT

Frost damage is one the main meteorological disasters for crops in Taiwan. The protective methods are general used by most of the farmers, such as heating, wind machine, covering, etc. By using the temperature data of 120 observation stations, this reseach analyzed the frequency of frost day and frost period throughout the island. With a view to assisting farmers in determining suitable planting dates, location and varieties as to minimize the frost damage.

If the frost day is defined by the daily absolute temperature equal to or less than 0°C . there is no obvious first (last) frost date in plain areas. But in mountain areas, the first frost date comes early with increase in altitude, and the last frost date late with increase in altitude. If the frequency of frost day in plain areas is based upon the frequency of minimum temperture between 0°C and 5°C , the frequency of frost day in January is the highest. The frost occured in the plain area of Taichung, Changhwa, Yunlin, and Nantou over 2 times. If the first (last) frost date is based upon the first (last) occurrence of 5°C , the earliest first frost late appears approximately on December 25 in Shaukung of Kaohsiung, between January 31 and February 10 in central region, and between January 31 and February 10 in northern region.

There were six frosts caused serious damage in period of 1960-1978 in Taiwan. All of these damages were in January and February. The damage areas usually covered Taichung, Changhwa, Yunlin, Nantou, and the kinds of damaged crops included sweetpotato, banana, pineapple, corn, and paddy rice. The frost damage in the mentioned areas were caused by cultivated system as well as topography. So the winter crop in these areas should select frost-resistant species. In the area where the frequency of frost over 2 days in January, crops of low production cost should be selected so as to reduce the loss of frost damage. For the spring crops which are planted after the first decade of February, the risk of frost damage will decrease.

摘 要

霜害是本省農作物主要氣象災害之一，一般農民平時均採用積極性之預防方法，諸如加熱法、吹風法、覆蓋法等，本研究則以農業氣象學之觀點，根據 120 所測站溫度資料，將本省各地之霜日頻率及霜期作一初步之分析，希望能提供農民參考，根據各地霜日頻率及霜期，選擇合適之種植時期、地點及作物，以減少霜害之發生。

如以當日絕對最低氣溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 時定義為霜日，則臺灣平原地區無明顯之始(終)霜期，山坡地區之始霜期隨高度增加而提早，終霜期隨高度增加而延後，如以介於 0°C 與 5°C 間之最低氣溫出現頻率及 5°C 之始(終)期來估算平原地區之霜日頻率及始(終)霜期，則平地以一月份之霜日頻率最高，彰化、臺中、雲林、南投等縣之內陸平原均超過二次(日)；始霜期以高雄縣小港及屏東縣九如、里港等地區為最晚，約 12 月 25 日，中部地區及嘉南平原約為 12 月 20 日，北部地區約在 12 月 10~20 日，終霜期以南部高雄地區最早，約在 1 月 10 日，中部地區約在 1 月 20~31 日，北部地區約在 1 月 31 日~2 月 10 日之間。

本省歷年(1960-1978)發生六次較為嚴重之霜害，發生時間多在一、二月，受害地區以中部地區之臺中、彰化、雲林、南投等縣較多，受害作物以甘藷、香蕉、鳳梨、玉米、水稻等作物較多，其原因除受耕作制度影響外，亦受地形因素之影響，因此上述地區進行秋(裡)作栽培時，應選擇耐寒，早熟之作物或品種，一月份霜日頻率超過 2 次(日)以上之地區，應選擇生產成本低之作物，以減少發生霜害時之損失，春植作物如在二月上旬以後種植，其遭受霜害之危險性亦會減低。

一、前 言

霜(Frost)之種類可依發生原因分成下列兩種：(1)由於低於 0°C 之冷空氣流入所造成的平流霜(advection frost)。(2)由於地面或物體表面輻射散熱，導致溫度低至 0°C 時所造成的輻射霜(radiation frost)。Biel 氏⁽¹⁾(1961)認為二者差異在後者較易受地方性因素之影響，結霜強度隨當地之地形及周圍地物不同而異；再者當輻射霜形成時風力較弱，空氣與較冷之輻射體表面接觸時，即形成逆溫(inversion temperature)，而平流霜則必要有風力輸送冷空氣，因此無明顯

之逆溫發生，但事實上要嚴格地區分輻射霜與平流霜往往失之武斷，因為乾冷空氣流入一地區，會使當地土壤及植物之熱量輻射散失，同時輻射亦能造成平流空氣之熱量交換，使溫度下降。

結霜對於農作物所造成之傷害，往往給各地農人帶來很大的損失，因此霜日與霜期在農業上具有很重要之意義，霜日頻率及始(終)霜期除可供給農友作為霜害預防參考外，亦可為農作物適栽區域規劃之依據，通常對於霜日之定義有許多種，狹義而言，係指觀測到地表物體有結霜現象發生；廣義言之，以觀測坪之百葉箱內最低氣溫低達 0°C (32°F) 時，乃算霜日⁽⁸⁾。

本省地處亞熱帶，一般農地所推廣種植之農作物如玉米、水稻、香蕉、甘藷、甘蔗等，對於低溫或霜甚為敏感，每年秋末至翌年初春期間，大陸寒潮爆發，極地冷氣團籠罩之下，於晴朗無風之夜，地面因輻射甚強而溫度迅速降低，常常發生結霜，對於中部及嘉南地區之上述各種農作物及山坡地之果樹常造成嚴重霜害。通常農民所採取之霜害預防方法，諸如(1)加熱法(2)吹風法(3)灌溉法(4)覆蓋法(5)噴水法等⁽⁸⁾⁽⁴⁾⁽¹⁰⁾，均係積極性之做法，對於為期短暫之寒潮所可能造成之霜害確有效果，但是對於低溫持續三天以上時，則防霜之效果減低，此等方法往往因農作物之種類，生育階段及地形不同，使用效果差異亦大；同時本省農家多屬小家農場經營形式，如採用加熱法或吹風法所使用燃料、機械裝置等所需之費用，亦無負擔能力，因此如能分析本省各地之霜期及霜日頻率，藉以瞭解本省霜害危險性高之地區及時期，提供農友及有關單位參考，以避免在霜害機率較大的時期或地區種植不適合之果樹或作物，應不失為一種長期有效之預防方法。郭文鑠等氏(1978)⁽¹¹⁾，蔣丙然氏(1954)⁽⁶⁾、陳正祥氏(1948)⁽¹²⁾等雖然曾對臺灣之農業氣候做詳細之分析，尚缺各地之霜日及霜期分析資料，因此，根據中央氣象局所屬測站及有關單位之農業氣象站之溫度資料，分析各地之霜日頻率及始(終)霜期，繪製成圖，同時根據歷年各地農作物霜害紀錄，分析各地發生霜害之次數及受害農作物之種類，闡明本省各地霜期與農作物霜害之關係，提供參考。

二、研究 方 法

本研究計算始(終)霜期及霜日頻率步驟如下：
(一)選擇測站：根據中央氣象局與農復會合作之「農

業氣候區域研究」計畫所整理之歷年觀測紀錄（民國50-64年）選出102所測站，並配合中央氣象局18所測站資料，合計120所測站，分析各地溫度。測站分布見（圖一）。

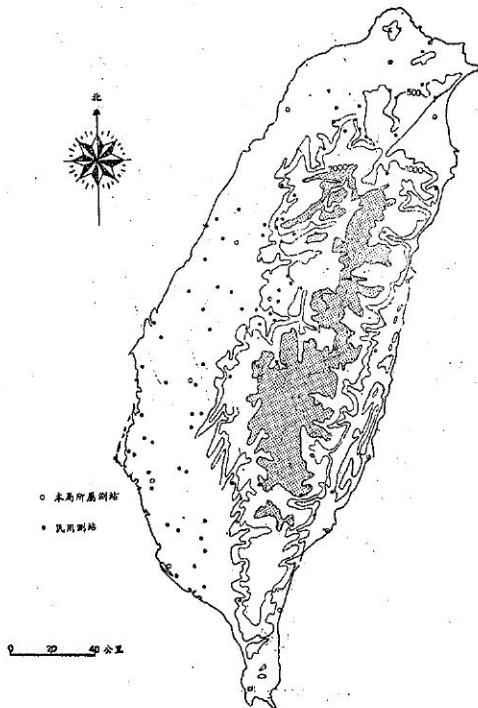
(二)計算始（終）霜期及霜日頻率：根據氣溫紀錄，以當日絕對最低溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 時，視為霜日，每年八月至十二月間 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 最早出現之日期為始霜日（ T 表絕對最低溫），一月至七月間 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 最後出現日期為終霜日，霜日頻率乃根據各測站15年逐月 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之霜日發生次（日）數，計算各地逐月平均霜日發生次數，並利用同樣方法，計算 5°C 始（終）期及15年逐月發生 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率。

(三)繪製始（終）霜期分布圖：根據各測站15年始（終）霜日，計算平均始（終）霜期，繪製始（終）霜期分布圖。

(四)繪製霜日頻率分布圖：根據各測站15年逐月平均霜日發生次數，繪製逐月霜日頻率分布圖。

(五)繪製 5°C 始（終）期及 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布圖，方法與(三)(四)相同。

(六)根據歷年農業年報之霜害資料(1960~1978年)。計算各縣各種農作物發生霜害之次數。



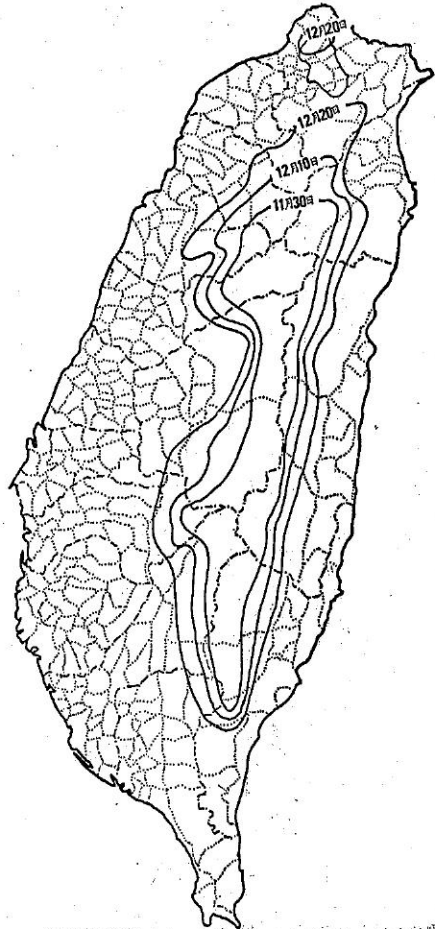
圖一 選定測站分布圖

三、研究結果

一、始（終）霜期：

如以當日絕對最低溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 視為霜日，則臺灣平原地區，並無明顯之始（終）霜期，但是山坡地區始（終）霜期分布與海拔高度有密切關係，高度愈高則始霜期愈早，分布形式大致與臺灣山脈走向符合，呈封閉之曲線，內環較高處如中央山脈，雪高山脈山脊附近，海拔高度均超過 2,000 公尺，始霜期可提早至 11 月 30 日，阿里山測站海拔高度為 2,400 公尺，始霜期約在 11 月中旬，玉山測站海拔高度為 3,850 公尺，為本省最高峰，始霜期約為 10 月 20 日（6. 7. 8 月偶有 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 發生，但機會甚小），理論上應是本省始霜期最早之地點，其餘海拔高度在 1,000 ~ 2,000 公尺之山地，始霜期約在 12 月上旬至中旬，參見（圖二）。

終霜期之分布形狀與始霜期略同，與山脈走向有相同趨勢，呈封閉曲線，海拔高度愈高處，終霜



圖二 始霜期分布

期愈晚，玉山測站終霜期往往遲至5月上旬，阿里山測站則為3月中旬至下旬，高度愈低則終霜期亦愈早，淺山坡地區之終霜期則往往早至1月下旬，參見(圖三)。

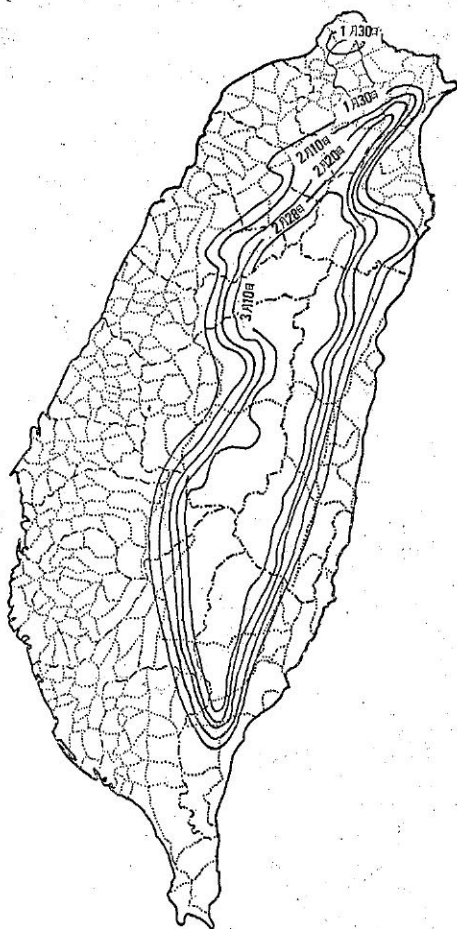
二、霜日頻率：

臺灣各地霜日頻率以十二、一、二等三個月份較高，山地多於平地，以十五年平均值而言，一月份平原地區除臺中市、彰化縣溪州、萬合、雲林縣同安、虎尾、嘉義縣蒜頭等地發生 0.1~0.4 次霜日，臺南及高雄縣部分平原發生 0.1 次霜日以外，其餘平原地區均無發生 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之紀錄，淺山坡地區(100~500公尺)至少有0.1次霜日，地勢愈高則霜日發生次數亦愈多，臺東縣海瑞沙姑山(1349公尺)有6次*，宜蘭縣太平山(1930公尺)發生9~10次**，阿里山(2400公尺)達12~

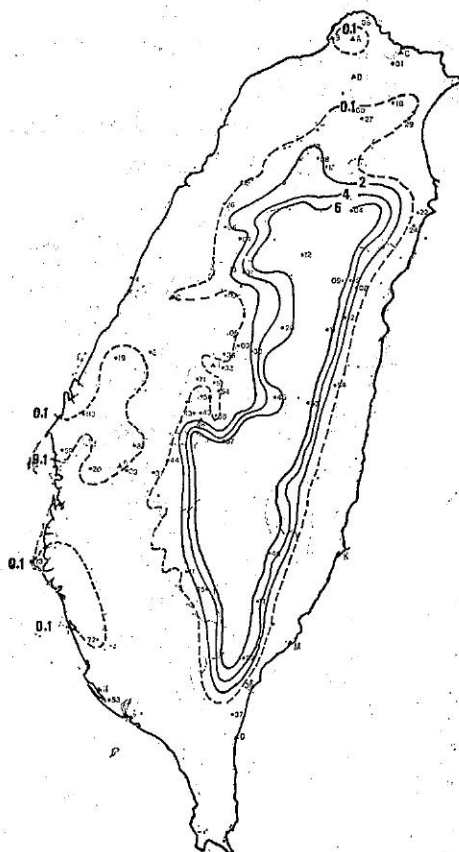
13次；二月份除彰化縣萬合，溪州及高雄縣北滾水等地發生 0.1 次霜日外，其餘平原地區尚無發生 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之紀錄，山坡地區在500公尺以上始有發生 0.1 次以上之霜日，太平山有 6~7 次，阿里山有 7~8 次；三月份霜日僅出現於山地高度達1500公尺以上者，平均霜日約為 2~4 次；四月份以後各地霜日次數甚少，僅高山地區有 0.1~0.5 次，其餘地區無 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之紀錄；五月至九月各山地測站除玉山測站偶有 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之紀錄外，其餘測站均無；十月至十一月僅高山部分有 0.1~1 次霜日；十二月起發生霜日之範圍逐漸增加，北部淺山坡地區有 0.1 次，太平山有 6~7 次，阿里山有 9 次。參見(圖四)。

三、 5°C 始(終)期：

5°C 始期以南部高雄縣小港、屏東縣九如、里港等地最晚，約在 12 月 25 日才有發生 $T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 之可能，中、北部平原地區及南部靠山坡



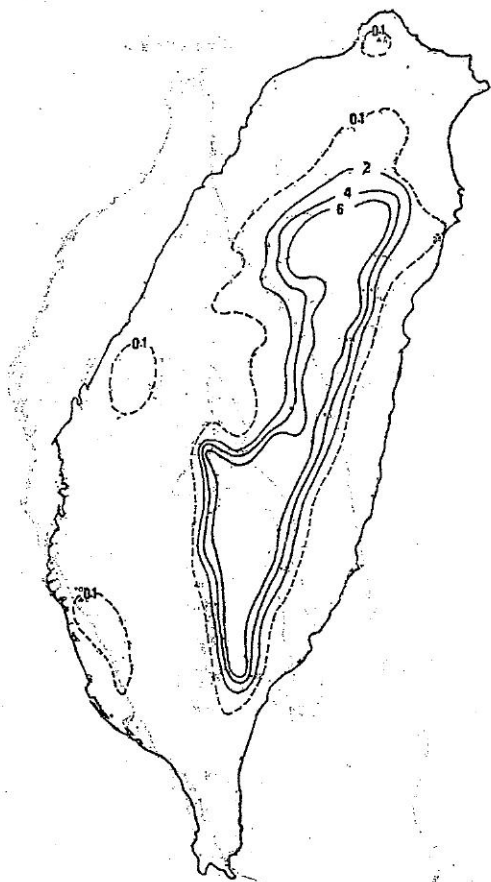
圖三 終霜期分布



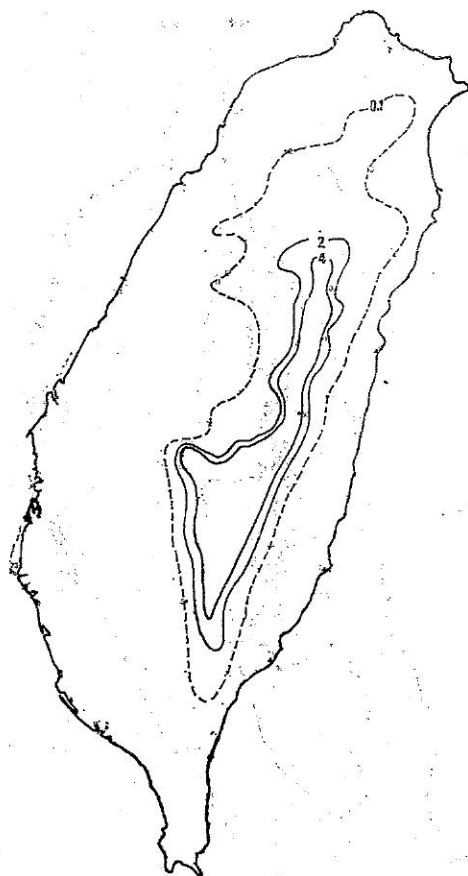
一月霜日頻率分布

圖四

* 林務局關山林管處里壠十三林班農業氣象站
 ** 林務局蘭陽林管處太平山農業氣象站



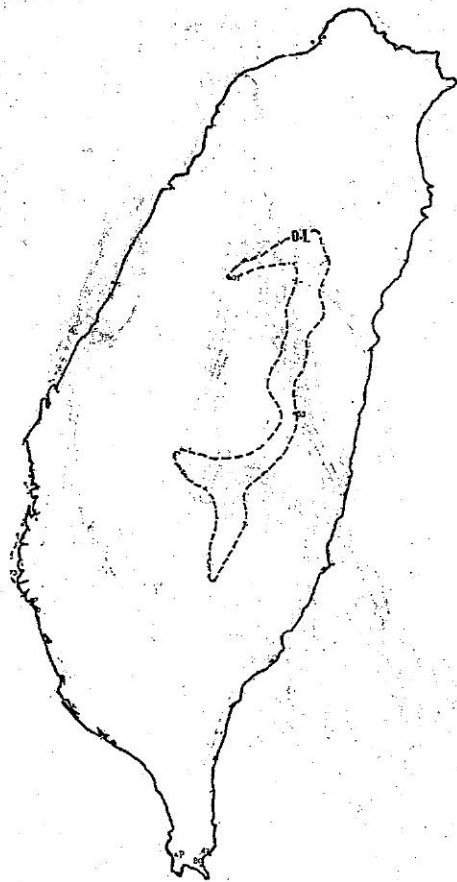
二月 rainfall frequency



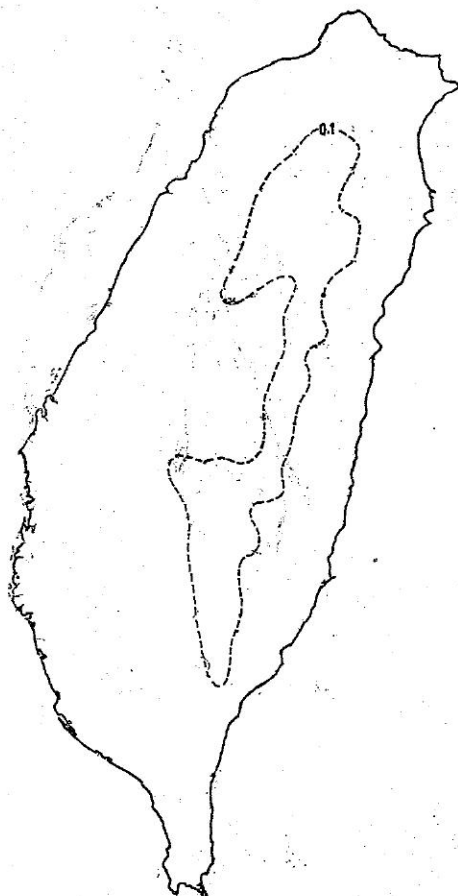
三月 rainfall frequency



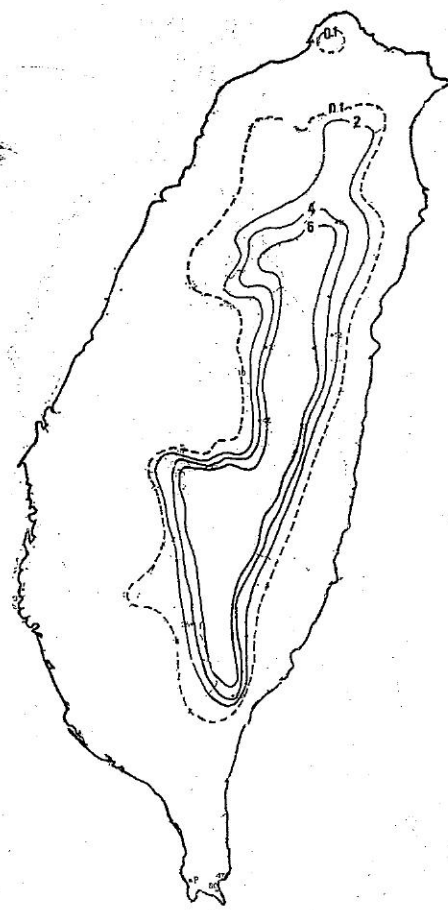
四月 rainfall frequency



十月每日频率分布



十一月每日频率分布



十二月每日频率分布

附近稍早，約在 12 月 20 日左右，中部山坡地區 5°C 始期分布則隨山地高度遞增而提前，淺山坡地區 5°C 始期約在 12 月 10 日，地勢較高處，5°C 始期可提早至 11 月上旬，參見（圖五）。

5°C 終期以高雄沿海地區最早，約在 1 月上至中旬，中北部平原地區及南部靠山地區 5°C 終期約在 1 月下旬，山坡地區 5°C 終期隨高度增加而延緩，淺山坡地區 5°C 終期約在 2 月上旬，阿里山測站約在 5 月上旬，參見（圖六）。

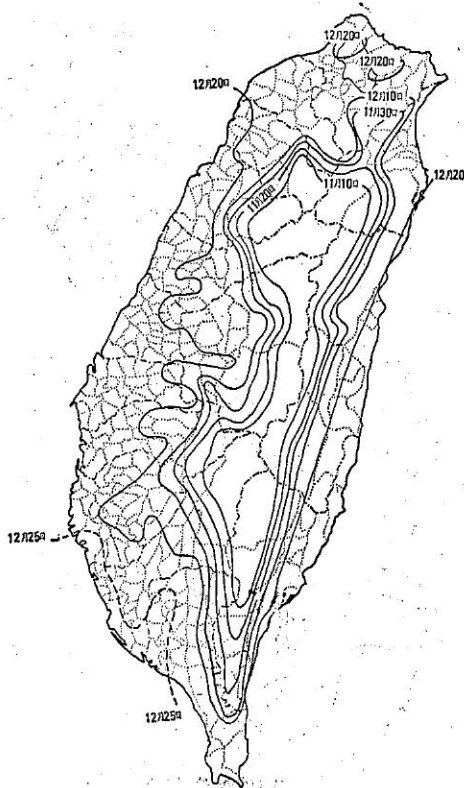
四、0°C < T ≤ 5°C 之出現頻率：

臺灣各地介於 0°C 與 5°C 間之低溫出現頻率（十五年平均值），以十二、一、二、三月份較多，其中以一月份最多，平原地區除屏東縣南端恒春及東部地區無 T ≤ 5°C 之紀錄外，其餘各地均有 0.1~1 次，彰化、臺中、雲林縣之內陸平原均超過 2 次，淺山坡地區平均至少有 2~4 次，地勢愈高則次數愈多，海拔高度超過 1500 公尺以上地區均有 15 次；而於二、三月份除西部平原之沿海地區僅有 0.1 次外，其餘地區仍有 0.2~1 次，山

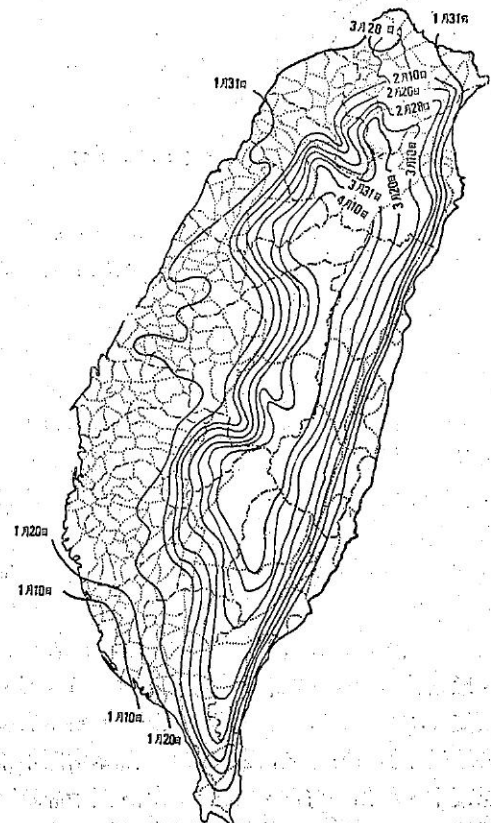
坡地區隨高度增加而增多，海拔高度達 1500 公尺以上的地區，一般約有 10~15 次；四月份時平地已無發生 T ≤ 5°C 之可能，惟北部淺山坡地有 0.1 次，中南部地區超過 1000 公尺者，始有 0.1 次；五月份除中央山脈及雪山山脈山脊附近高度超過 2000 公尺以上者，始有 0.1 次；六、七、八月除玉山偶有 T ≤ 5°C 發生外，其餘測站甚少有 T ≤ 5°C 之紀錄；九月份起僅高山地區發生 0.1~2 次；十至十一月份發生 0.1~2 次之範圍逐漸增加，但是平地尚無發生 T ≤ 5°C 紀錄；十二月份除臺中、彰化縣沿海地區及高雄縣小港、屏東縣里港等地僅發生 0.1 次外，其餘平原地區平均有 0.1~2 次，淺山坡地區亦至少發生 1~2 次。參見（圖七）。

五、本省近二十年各地農作物之霜害次數：

根據 1960~1978 年間農業災害調查，本省發生六次較為嚴重之霜害*，發生時間依次為 1962 年 1 月 27 日、1963 年 1 月 8 日、1970 年 2 月 1 日、1971 年 1 月 9 日、1972 年 2 月 10 日、1974 年 1 月 1 日，其中以 1963 年 1 月 8 日所發生寒潮持續時間較長（3~4 天），溫度特別低，臺南測站

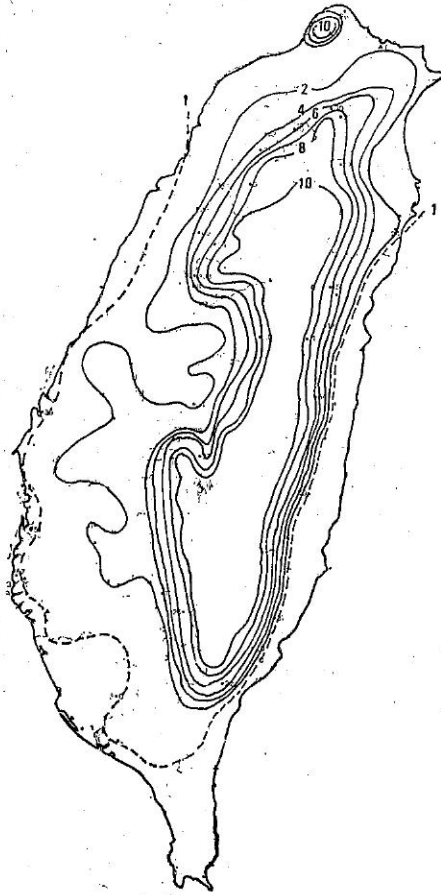


圖五 5°C 始期分布



圖六 5°C 終期分布

* 係 T ≤ 0°C 時所造成之災害。如在 T > 0°C 時，對農作物造成之低溫傷害謂之寒害，



一月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布 (T: 絕對最低溫度)

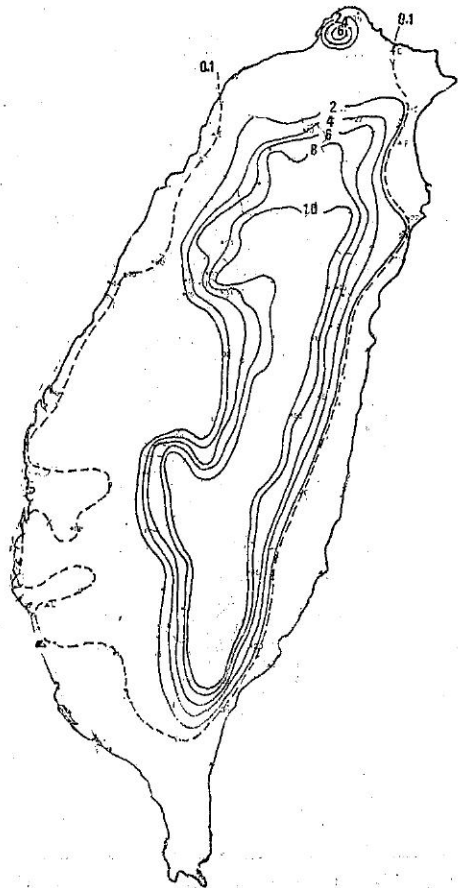
圖 七

之最低草溫為 -0.4°C ，臺中測站之最低草溫竟低達 -8.4°C ，因此所造成之霜害亦最嚴重，受害區域包括臺南、嘉義、雲林、彰化、南投、臺中、高雄、屏東、臺北等縣，其中以臺南縣受害面積最多，達38,557公頃，僅該縣之損失即達一億九千萬元之鉅，受害農作物種類包括水稻、玉米、甘藷、菸草、甘蔗、香蕉、鳳梨等，而以甘藷、甘蔗、玉米、香蕉受害較為嚴重。其次為1970年2月1日寒潮所引起之霜害，受害區域多集中於中部地區，包括臺中、彰化、南投、雲林、嘉義、苗栗等地區，其中以南投、彰化兩縣之受害面積最多，受害之農作物種類則以甘藷、玉米、大豆、甘蔗、香蕉、鳳梨較多，各地之最低草溫臺中為 -1.0°C ，臺南為 0.1°C ，嘉義 -1.7°C 。(表一)為本省歷年各地農作物所發生之霜害次數，可知本省歷年霜害以臺中、彰化、南投、雲林、嘉義、臺中等地區最為嚴重，農作物則以甘藷最易受霜害，其次為玉米、香蕉、菸草、鳳梨。

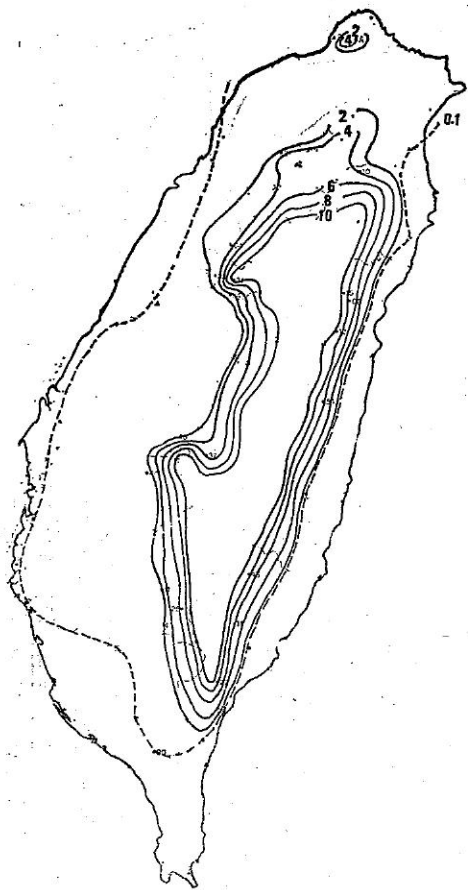
表一 本省歷年各地農作物罹受霜害次數

縣別	作物別	水	甘	豆	玉	香	菸	鳳	甘	蔬	西	馬	木	落
		稻	藷	類	米	蕉	草	梨	蔗	菜	瓜	鈴	薯	
臺	北	1							1				1	1
桃	園	1												
新	竹	1			1									
苗	栗	2							1					
臺	中	2	3	2	3	3	2		1			1		
彰	化	2	4	2	3	3	2	4	1	1				1
南	投	1	5	2	1	3	3	2						
雲	林	1	3		2		1							
嘉	義	1	3	1	2	1	1		1	1	2			
臺	南	1	5		2				1	1				
高	雄	2	2			1				1				
屏	東	1	1	1		1				1				
宜	蘭		1	1		1				1				
花	蓮	1												

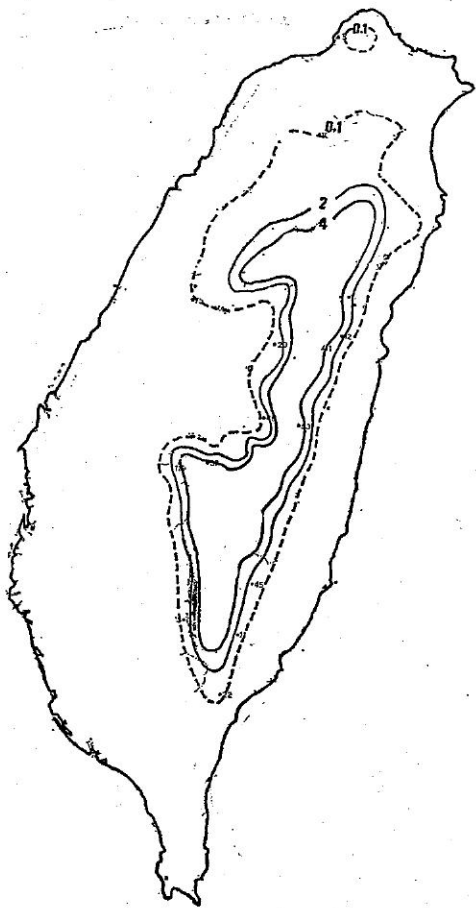
註：本資料係根據農業年報 (1960-1978年)



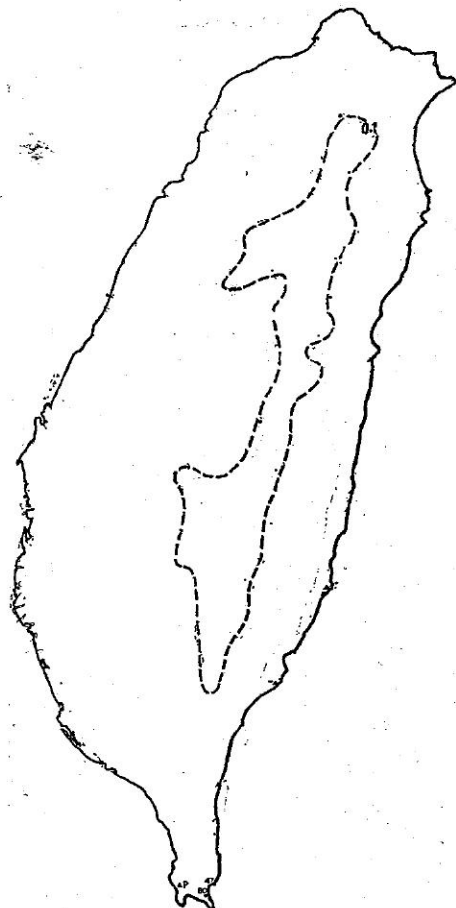
二月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



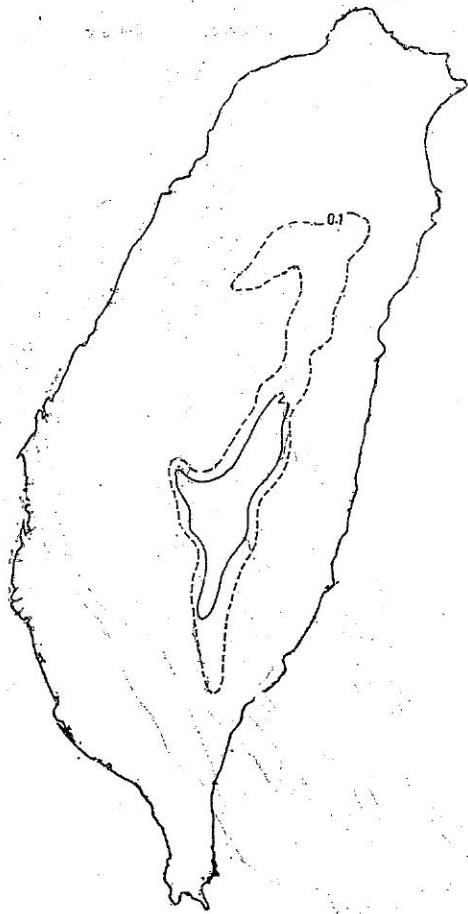
三月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



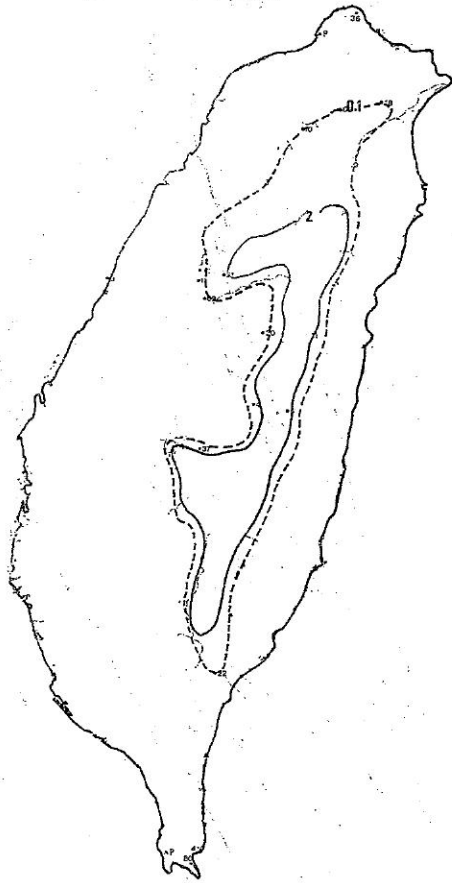
四月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



五月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



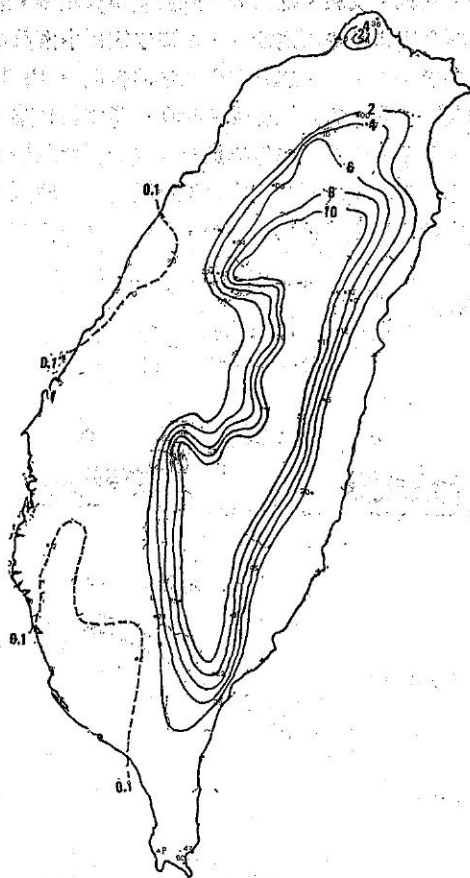
九月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



十月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



十一月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率分布



十二月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 等溫線圖

四、討 論

吾人對霜日之計算，就理論而言，應以實際觀測到地面結霜時為最理想，但是由於結霜之發生多在清晨，尤其本省地處亞熱帶，在平原地區所發生之輻射霜均屬輕霜，形成時間很短，但對作物所產生之霜害却很大，一般民用測站於正常觀測時間，往往無法觀測到結霜現象，各民用測站亦缺乏霜之觀測紀錄，因此本研究計算始(終)霜期及霜日頻率，係以百葉箱內絕對最低氣溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 時定為霜日，而加以估算，但是當百葉箱內氣溫為 $+3\sim+4^{\circ}\text{C}$ 時，地面氣溫即有接近 0°C 之可能，因此上述估算方法所獲之結果，往往較地面實際開始發生結霜時間為落後，所估算之終霜期亦較實際發生為提前，所估算之霜日頻率理論上應較實際所發生者少，(表二)係 1970 年 2 月 1 日臺中、嘉義、臺

表二 臺中、嘉義、臺南測站最低氣溫與最低草溫差值比較

地 點	臺 中	嘉 義	臺 南
最低氣溫	1.7	2.6	4.5
最低草溫	-1.0	-1.7	0.1
絕對差值	2.7	4.3	4.4

南等地所觀測之最低氣溫(百葉箱 120cm 高)與最低草溫(地表面)之溫度比較**，由上表可知當強烈寒潮侵襲臺灣，雖然臺中、嘉義、臺南發生 $T \leq 0^{\circ}\text{C}$ 之機會甚少，但是如於晴空無雲夜晚，地面輻射增強時，百葉箱內溫度低於 5°C 時，地表面即有結霜之可能，因此本研究之估算方法對於中部平原地區之霜日頻率有偏低之趨勢，因此另行計算 5°C 之始(終)期，繪製成圖，藉以作為平原地區，始(終)霜期參考外，並另行計算各月 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 之頻率，以間接作為平原地區霜日頻率之估算依據。

如以 5°C 始(終)期來估算平原地區之始(終)霜期，由(圖五)、(圖六)可知，臺灣平原地區自東部之臺東縱谷(包括花蓮市、壽豐、玉里、池上、臺東鎮)至屏東縣恒春地區一帶無霜期，北部平原地區始霜期稍早，約在 12 月 10~20 日之間，由新竹沿海地區至嘉南平原及高屏山麓一帶為 12 月 20 日左右，歷年發生頻率約在 0.2~1 次，而臺南市、高雄縣小港、屏東縣里港、九如等地始霜期最晚約在 12 月 25 日，發生頻率 0.1 次，終霜期以高雄縣沿海地區最早，約在 1 月 10 日~20 日，由新竹沿海至嘉南平原約在 1 月 20~31 日，北部平原地區較晚，約在 1 月 31 日~2 月 10 日，所發生之頻率亦較多，約 1~2 次。由上述可知，本省除東部平原及屏東縣恒春地區無霜期以外，以高雄沿海地區之霜期最短，約 10~15 天，嘉南平原約 30 天，臺中、南投、彰化地區約 40~45 天，北部地區則在 50~60 天。

本研究係以氣溫 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 定義霜日，依照氣溫直減率(lapse rate)，山地高度愈高氣溫愈低，所估算之霜日頻率有隨高度增加之趨勢，但是霜日多少未必與海拔高度成絕對之比例關係，因為冷空氣比較重，常常沈滯於山谷底，形成冷氣湖(cold air lake)，因此谷底之氣溫特別低，發生結霜所造成霜害之機會較大，在山腰斜坡地帶如無樹木、

**最低氣溫發生時間臺中為清晨 6:43，臺南 6:35，嘉義 6:35

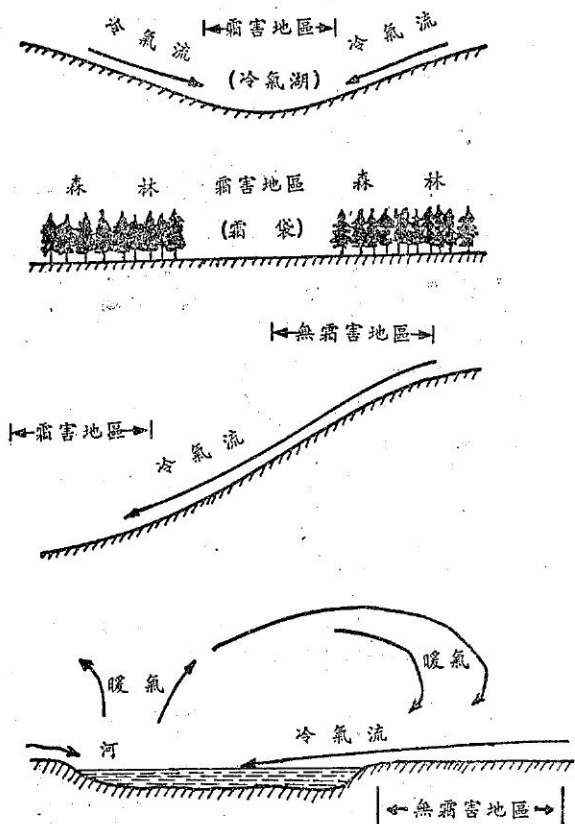
草叢等隔阻，冷空氣無法滯留，沿地面流向低處，所以發生結霜機會亦少；同時在比較暴露的位置諸如山頂，晚間空氣不穩定，亦不容易結霜；在森林內之空地，由於四周皆有樹林導致空氣不易流動，往往使冷空氣滯留於空地，形成所謂霜袋 (Frost pocket)，結霜的機會倍增，⁽⁵⁾湖邊或海濱陸地，夜晚水面溫度較高於陸地，產生溫度差，因之陸地上冷空氣不易滯留結霜機會甚低。由上述可知結霜受地形及周圍地物之影響很大，(圖八)係霜害及無霜害地區之地形說明。

根據戚啓勳氏 (1969)⁽⁹⁾ 之調查，本省主要山地及鄰近測站各月之平均霜日如 (表三)。由上表可知阿里山及麓林山之全年霜日最多，約有 63 天，對高岳次之，約 54 天，玉山則僅有 31 天，可能係風速太大所致，由此可知在山地之結霜頻率除受海拔高度之影響以外，亦受地形之影響，如高度愈高而地形適合冷空氣滯留，則霜日頻度會更多。

本研究使用之 120 所測站，其高度分布如下：0~100 公尺者 52 所，100~500 公尺者 26 所，500~1000 公尺者 23 所，1000~2000 公尺者 13 所，2000 公尺以上者 6 所，平地測站 (1000 公尺以下者) 較具代表性，支配範圍較廣，惟山地之地形變化很大，故山地測站並無特殊代表性，本研究採用之山地測站，於 2000 公尺以上者僅有 6 所，其分布密度過小，因此僅能根據有限之測站資料，按山地高度趨勢，勾劃出概略性的輪廓。

一般而言，北部地區之霜期較長，霜日頻率亦較多，但是由 (表二) 所列各地 1960~1978 年各種農作物遭受霜害次數比較，可知以臺中、彰化、南

投、雲林、嘉義、臺南等六縣遭受損失較多，北部地區之霜害紀錄反而較少，主要原因係中南部地區在冬季十二、一、二月之平均氣溫較高，約 16~18°C，農友爲了有效利用土地，習慣將甘藷、玉米、菸草、大豆等農作物進行秋 (裡) 作栽培，栽培面積很多，所遭受霜害之機會較大，同時臺中地區在地形學上屬於構造盆地，東側有雪山山脈，西



圖八 霜害地區及無霜害地區與地形、地物之關係

表三 臺灣山地及鄰近測站各月平均有霜日數

站名	高度 (公尺)	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
陽明山鞍部	836	1.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.4
南投日月潭	1015	1.5	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	2.0
南投對高岳	2270	17.0	10.3	5.4	0.7	0.1	0	0	0	0.1	2.9	4.6	12.7	53.8
嘉義玉山	3850	3.0	2.3	3.2	2.1	1.0	0	0.4	0.9	0.8	3.4	6.2	7.9	31.2
嘉義鹿林山	2780	10.0	10.5	7.7	2.0	0.2	0.1	0	0	0.9	6.3	12.9	12.5	63.1
嘉義阿里山	2460	15.0	9.1	6.8	1.5	0.3	0.2	0	0	0.5	4.5	10.2	14.9	63.4

註：各測站資料係 1956 年~1965 年統計結果。

該霜日紀錄係爲實際觀測結霜現象。

南方有大肚臺地，在冬季每當寒潮發生時，於適合輻射霜形成之條件下，冷空氣亦不斷會沿雪高山脈自東北方流入盆地，對農作物所造成之霜害程度更嚴重，南投縣埔里盆地位於羣山之中，往往形成冷空氣之集中處⁽⁷⁾，因此水稻、菸草、甘藷等農作物及香蕉、鳳梨、枇杷、葡萄等果樹發生霜害之機會較多。北部地區因冬季平均氣溫較低，約 $14\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，多數農地於二期稻作收穫後，即予休閒，等到農曆春節過後再進行耕種，除零隙地偶有栽培甘藷、蔬菜以外，很少以大豆、玉米等雜糧進行秋（裡）作栽培，所以遭受霜害之機會少，同時在大安溪以北地區很少栽培甘蔗、鳳梨、香蕉等熱帶作物，發生霜害之紀錄自然較少。

五、結 論

本省耕地有限，由於土地利用時序較為密集，霜害成為本省農作物重要農業氣象災害之一，此項初步分析資料，可提供農友及有關單位參考，根據各地霜日頻率（霜險率）及霜期，選擇適合之品種，栽培季節或種植時期，以減少霜害之發生，同時為求長期預防之道，特綜合為下列諸點：

1. 臺灣歷年農作物霜害多發生於一、二月，而且以中部地區受害次數較多，因此中部地區秋（裡）作栽培，應選擇耐寒、早熟之作物或品種，而且一月份之霜日頻率（以 $0^{\circ}\text{C} < T \leq 5^{\circ}\text{C}$ 頻率所估算者）超過2次（日）以上，二月份超過1次（日）以上地區，應選擇生產成本低之作物，如甘藷，以減少霜害發生時之損失。
2. 高屏地區之一期水稻秧苗及春植作物如在1月20日以後種植，即無罹受霜害之危險性；中部地區之春植作物如在2月上旬以後種植，幼苗罹受霜害之機會降低甚多；北部地區之春植作物如在2月中旬以後種植，其罹受霜害之機會亦會降低。
3. 在終霜期超過三月下旬及四月份且霜日頻率超過二次（日）之山坡地區種植溫帶果樹如桃、梨，應注意預防晚霜對開花期之影響，以免全年無所收穫。
4. 在山坡地區種植成本較高、利潤多之果樹，如蘋果、水蜜桃等，應考慮地形因素，選擇霜害機會較少之地點，諸如避免在山谷底部或森林內之空地冷空氣容易滯留處種植，而選擇斜坡山腰較為理想，

並就冷空氣流動方向，設置適當之阻擋籬牆，可減少每年霜害之損失。

5. 配合地形選擇適合之品種，例如在山谷底部種植果樹例如香蕉，應選擇高莖品種，可減少低層冷空氣對上部花芽或果實造成之霜害。

6. 建立完整之農業氣象預報制度，配合農情，強化氣象單位之農業氣象預報方式，藉新聞傳播工具，適時發布霜害警報，使霜日頻率較高地區之農友於寒潮來臨前，能有充分時間預做準備，以減少結霜對農作物所造成之損失。

誌 謝

本研究承中央氣象局資料處理科蕭科長長庚設計有關程式，農業氣象科鄭淑賢小姐協助整理資料始得順利完成，謹此致謝。

參 考 文 獻

1. Biel, E. R. 1961. Microclimate, Bioclimatology and note on Comparative dynamic climatology. *Amer. Scientist* 49:327-357
2. Hocevar A. & J. D. Martsof 1971 "Temperature distribution under radiation frost conditions in a central Pennsylvania Valley" *Agr. Meteorol.* Vol. 8, p. 371-383
3. JEN-HU CHANG 1968 "Climate and Agriculture" p. 100-108.
4. World Meteorological Organization 1963 "Protection against frost damage" *Technical Note No. 51*
5. 大後美保 1951 農業氣象學 朝倉農業選書 p. 120-126.
6. 蔣丙然 1954 臺灣氣候誌 p. 28-30.
7. 謝覺民 1964 臺灣寶島 p. 42-43.
8. 小沢行雄、吉野正 1965 小氣候調查法 p. 85-94
9. 戚啓勳 1969 臺灣之山地氣候 臺灣銀行季刊第二十卷第四期 p. 155-206.
10. 楊之遠 1975 冬季寒潮對臺灣地區水稻栽培之影響 氣象學報 第二十一卷第四期 p. 49-60.
11. 郭文鏞 1978 臺灣農業氣候區域研究
12. 陳正祥 (1948) 臺灣農業氣候，臺大農學院研究報告第二卷一號
13. 農業年報 (1960-1978) 臺灣省政府農林廳編印