

臺灣之寒害

顏俊士

A Report on the Study of Cold Injury in Taiwan

Abstract

C. S. Yen

The cold injury in subtropical belt was rare, but sometimes it happens in the districts of high relief lands in Taiwan. The damage of cold injury was not serious, yet the loss of farming products under cold injury still takes considerable importance on the economy of forms. The writer therefore took this subject as his study during last winter. The essential points of this paper are listed in the following paragraphs:

1. The number of days with minimum air temperature below 10°C in northern and middle part of Taiwan during winter and spring months had more than 15 days. Number of days with minimum air temperature below 5°C during last 63 years was relatively higher at Taichung than Taipei. The date of occurrence generally happened during the period from 11 to 15th February in both Taipei and Taichung.
2. The appearance of minimum air temperature over the bare ground was always earlier than readings recorded in the thermometer shelter. The period of minimum temperature below 5°C was also comparatively longer over the bare ground than at the observation yard if they are not to be influenced by the hedges.
3. The minimum grass internal temperature was higher than the surface of the east-west ridge, south-north ridge, drains, bare ground and air temperature at the observation yard.
4. The minimum surface temperature of the drains running east-west and south-north are relatively higher than the surface of bare ground. The difference of minimum surface temperature between the drains of different directions was mainly influenced by the wind directions.
5. The average minimum of surface temperature of east-west ridge was relatively higher than the south-north ridge during winter but the minimum surface temperature of both directions of the ridges were higher than the bare ground when it is calm but lower than the bare ground when it is windy. The difference entirely depend upon the influence of wind direction and wind velocity.
6. The severity of cold injury on crops mainly depends upon their species and varieties. According to the result of our experiment, the withering ratio of sweet potato on east-west ridges was comparatively higher than south-north ridges.

一、前言

由氣溫顯著減低至作物生育界限以下時所發生之災害，即稱寒害；而所謂凍害、霜害、冷風害亦均包括在內。本省位於低緯度，屈處於亞熱帶。從氣溫資料考察，年平均氣溫均在 21.0°C 以上，月最低氣溫平均亦位高於 15.0°C 以上，均在各種作物生育最低溫度限外，冬季之寒害雖不普遍發生，但亦常聞有局地寒害之消息。然因不是主要作物災害，未引起有關人士之關切。但在人口劇增，耕地有限，在十年來耕地面積僅增百分之一下的情況下，為解決糧食問題，除在擴大耕地面積，農業技術方面作進一步改進外，如何研究預防，減少氣象災害以免數個月之勞力與金錢毀於一旦，此亦刻不容緩的一件急事。筆者基於此一觀點，偶而作若干關於寒害方面的調查，提供參考。

二、本省發生寒害的可能性

所謂寒害就是冬季農作物受低於該作物生育溫度以下之低冷溫度時呈枯死、凋萎、生育不良等現象。在臺灣冬季，適於二期作與一期作水稻之間，田間較少栽培作物，僅有蔬菜、菸草、麥類、甘藷等有限種類，因此發生寒害的普遍較少，但為推行輪作，有效地利用耕地時，冬季亦須利用耕地之故，栽培種類，面積因之大增，冬季受寒害之機會，普遍性亦可能增加。而由各種作物的最低生育溫度之不同，其耐寒性均有差異，相同種類作物亦以其品種，同一品種亦以其生育時期如發芽、生長、生殖、成熟等各階段對於低溫之反應相差亦不一致。低溫時間之長短，發生低溫前後之天氣情形如何，其受害程度亦有差異。據 Haberland 氏研究各種作物生育最低溫度如表一所示，其中種類，

表一：作物之最低溫度
(據 Haberlandt 氏)

作物名	最低溫度
小麥	3-4.5°C
裸麥	1-2
大麥	3-4.5
燕麥	4-5
玉 米	8-10
稻	10-12
菸草	13-14
大麻	1-2
甜菜	4-5
豌豆	1-2
胡 瓜	12

菸草之最低溫度較高，事實上常聞一期作幼苗受害，再舉行補植或菸草受霜害等消息。各種作物之耐霜性、耐凍性據小宮氏及安田氏調查結果如表二及表三，可見各種作物之受害程度定有差異，各種果樹類之生育時期則耐寒溫度情況，據美國農務省長年調查結果如表四。

綜合上述前人研究結果以果樹類之耐寒性較強，一般作物如氣溫減低至 10.0°C 以下時，生育已甚緩慢，甚至可能發生損害，如以 10.0°C 為危險溫度界限論之，請參照表五（本省各地 10.0°C 以下日數表），除了位於較高之竹子湖，日月潭等例外，平地以臺中為最多天，最低氣溫曾減至 10.0°C 以下年有 21.9 天，新竹次之，就有 17.9 天。而臺北有 17.7 天等均有過半個月，而南部之臺南亦有 13.8 天之多，可見

表二：作物之耐霜性表（據小宮氏）

耐霜性程度	作物種類
弱	馬鈴薯、大豆、小豆、菜豆、粟、南瓜、西瓜、胡瓜、番茄、茄子、桑、葡萄
中	玉米、蘋果
較強	陸稻、燕麥
強	甘藍、山東菜、牧草類、大麻、黃麻、亞麻

表三：各種作物耐凍性表（據安田氏）

耐凍性	作物種類
最弱	胡瓜、南瓜、大豆、桑、茶、馬鈴薯、茄子、鳳仙花、柑橘、無花果、枇杷
稍強	桃、梨、蘋果、葡萄
強	豌豆、油菜、蠶豆、大麥、小麥、菠薐菜

表四：各種果樹在卅分以內無發生災害溫度表

果樹種類	有顏色蕾	開花中	尚呈綠色小果
蘋果	-3.9	-2.2	-1.7
洋梨	-3.9	-2.2	-1.1
桃	-3.9	-2.2	-1.1
李(義大利種)	-4.2	-2.7	-1.1
櫻桃	-2.2	-2.2	-1.1
梅	-3.9	-2.2	-1.1
杏	-3.9	-2.2	-0.6
巴丹杏	-3.3	-2.8	-1.1
葡萄	-1.1	-1.7	-1.7
胡桃	-1.1	-1.1	-1.1

表五：本省各地 10°C 以下日數

地名	月	1	2	3	4	11	12	計
基隆	36	3.3	2.9	1.0	0.1	0.1	0.9	8.3
竹子湖	6	18.2	16.5	12.8	3.7	2.8	10.8	64.8
淡水	10	6.4	5.6	1.8	0.2	—	2.5	16.5
臺北	56	5.8	5.9	2.1	0.2	0.6	3.1	17.7
新竹	15	7.0	5.5	1.9	0.5	0.1	2.9	17.9
宜蘭	17	3.5	3.3	1.0	0.2	0.1	1.7	9.7
金六結	6	6.3	3.0	1.5	—	—	2.0	12.8
臺中	56	8.3	6.5	1.8	0.1	0.7	4.5	21.9
花蓮	41	1.1	0.6	0.2	0.0	0.1	0.6	2.6
日月潭	11	12.5	9.0	3.0	0.4	0.5	6.1	31.5
臺南	56	5.3	4.5	1.0	0.1	0.2	2.7	13.8
臺東	52	0.3	0.2	0.0	—	0.0	0.1	0.6
高雄	20	0.9	0.4	0.2	—	—	0.3	1.8

本省寒害發生之威脅日期不短，而東部及高雄等地區僅有 3 天以下低於 10.0°C 日數，寒害發生可能性甚微。歷年有霜日數統計如表六，因為測候所大部份位於都市內，降霜較郊外為少。其有霜紀錄雖與田間有異，但亦可知大略之偏向，就是說，北部之有霜次數為本省之冠，而發生於 2 月者尤多，臺中次之，而一、二月次數相等，新竹僅可能發生於一月間，但臺南有

表六：測候所有霜日數紀錄（歷年平均）

地名紀錄年數	1	2	3	11	12	計
臺北 56	0.1	0.3	0.1	0.0	0.2	0.7
新竹 5	0.2	—	—	—	—	0.2
臺中 56	0.2	0.2	—	0.0	0.1	0.5
臺南 56	0.0	0.0	—	—	0.0	0.1

霜之機會甚微，換句話說，即無霜害發生之可能性，因為縱有降霜亦不一定引起霜害。

三、本省發生寒害之時期及頻度

在日本寒害尤其是霜害，因為是較大農作物災害之一種，經諸人士研究結果已獲相當的成果，譬如研究桑樹之發生霜害時期的結果，認為每年四月廿一日至廿五日間前後五天為發生霜害危險期間，因之在此時期均採取防備對策，在冬季期間降霜預報亦受農業界之重視。在臺灣因寒害並不普遍，限於局地且不是每年發生，未受重視，故除了零碎紀錄或若干有霜日

數紀錄外，尚鮮研究報告。

茲假設氣溫呈 5.0°C 以下為寒害發生日期，而從歷年氣象紀錄統計列舉臺北及臺中兩地，最低氣溫 5.0°C 以下日數表如表七及表八。其自 1897 年至 1959 年共 63 年間，所發生之年數及日數統計結果如表九，表示臺中較臺北呈低於 5.0°C 以下最低氣溫之年數、日數為多。各月發生次數兩地均以一月為

表八：歷年最低氣溫 5.0°C 以下發生日數

臺北 1897 年至 1959 年

年度	1	2	3	11	12	計
1897		1				1
1898	1	2				3
1901		5				6
1902		2			1	2
1903	1					1
1904		1				1
1906		1			2	3
1907					1	1
1908		1				1
1909					1	1
1910	1					1
1914	5					5
1915					1	1
1917	2	5			3	10
1918	7	2				9
1919	1	2			3	6
1920	6					6
1921		1				1
1922				2		2
1923		1			1	2
1924					1	1
1925					6	7
1926		1			4	4
1930		1				1
1932	4		1		2	7
1933					1	1
1934	2				1	3
1935		3				3
1942					2	2
1945	2					2
1948	1					1
1949	2					2
1952	1					1
1953	1	3				4
1955	1					1
1956	1					1
1957	1					1
1958		3				3
1959	3					3
計39年	43	35	1	2	30	111

表七：歷年最低氣溫 5.0°C 以下發生日數

臺北 1897 年至 1959 年

年度	1	2	3	4	11	12	計
1897		1					1
1898		2					2
1901		6					6
1902		1					1
1903	2						2
1906		2	2				4
1914	2	1					3
1917		2				4	6
1918	3	2	1				6
1919		3				2	5
1920	3						3
1922					3		3
1923		1				1	2
1924						1	1
1925						2	2
1926						3	3
1928	1						1
1931	3						3
1932	3	3	1				7
1934	1						1
1935		2					2
1940	1						1
1942	1						1
1943				1			1
1945	1					1	2
1949	2						2
1950						1	1
1951	2						2
1953	2						2
1955	2	2					4
1956	1						1
1958		3					3
1959	3						3
計33年	33	31	4	1	3	15	87

表九：月別最低氣溫低於 5.0°C 日數及年數

地區	月 年日數	1		2		3		4		11		12		一 年	
		年數	日數	年數	日數	年數	日數	年數	日數	年數	日數	年數	日數	年數	日數
臺 北		17	33	14	31	3	4	1	1	1	3	8	15	33	87
臺 中		19	43	17	35	1	1	—	—	1	2	15	30	39	111

表十：同一年間同月中平均發生次數及發生百分比

地區	月	1		2		3		4		11		12		一 年	
		平均	百分比	平均	百分比	平均	百分比	平均	百分比	平均	百分比	平均	百分比	平均	百分比
臺 北		1.94日	26.56	2.21日	20.97	13.6日	4.68	1.00日	1.56	3.00日	1.56	1.87日	12.50	2.63日	51.56
臺 中		2.26日	29.78	2.06日	26.56	1.00日	1.56	—	—	2.00日	1.56	2.00日	23.43	2.85日	60.93

表十一：低於 5.0°C 半旬別發生頻度 (臺中及臺北)

臺 中	半旬別 月別	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-31	計	臺 北	半旬別 月別	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-31	計
	1 月	8	9	7	11	4	4	43		1 月	5	12	5	7	2	2	33
	2 月	6	5	16	4	4	—	35		2 月	5	5	13	4	2	2	31
	3 月	1	—	—	—	—	—	1		3 月	1	2	—	1	—	—	4
	4 月	—	—	—	—	—	—	—		4 月	—	—	—	—	—	—	—
	11 月	—	—	—	—	—	—	2		11 月	—	—	—	—	—	3	3
	12 月	3	6	1	1	6	2	30		12 月	—	2	1	—	3	9	15
計 111									計 87								

多，次為二月而在十二月間發生者亦不少。而一旦發生，平均有幾天則見表十，臺中較臺北為多些，有 285 天在同一年內發生。各月發生日數平均，除四及十一月在 67 年中僅有一次發生例外，臺北以二月為發生日數較多，有 2.21 天，次為一月、十二月之順序，但臺北以一月之發生日數為多，二月、十二月隨之。其平均發生日數亦在二天左右。就是說，如該年該月有發生低於 5.0°C 以下時可能有二天左右。但統計其各月發生機會即不一致，以臺中 29.78% 之一月為頻度最高，換句話說，每三年約有一年在一月間發生低於 5.0°C 以下之機會。且一有發生即有二天左右之可能性，次為臺北之一月及臺中之二月，其發生率亦較高，均佔 26.56%，即每四年有一年在該月中減低於 5.0°C 以下之機會，臺中在十二月亦有每四年中有一年之發生頻率，臺北於二月之發生率為 20.97% 即每五年有一年，十二月間之發生率為 12.50%，每八年就有一年發生。而其餘三月、四月、十一月間發生率則微不足道。姑不論任何月間發生，單從年發生率考慮，臺北 51.56%，臺中 60.93%，以臺中之發生率為較高，大體說，每二年中有一年發生氣溫減低至 5.0°C 以下之日子。以上可見臺灣之氣溫減低在 5.0°C 以下，對於農作物發生影響之機會相當高。再查歷年發生日期有無特異性，以半旬為期，統計其發生次數結果列如表十一，以臺中二月十一日至十五日為發生最多，曾發生十六次，臺北是時及臺中十二月最末半旬居次，即發生十三次，臺北年初

第二半旬（一月六日至十日間）為十二次，臺中在一月十六至廿日間為發生十一次，臺北十二月最末半旬有九次等有集中性之傾向，但其散佈度尚大。如調查

表十二：同一日期發生頻度
(二次以上日期)

臺 北		臺 中		臺 中	
日 期	次 數	日 期	次 數	日 期	次 數
2月12日	5	2月14日	5	1月19日	2
1月7日	4	1月17日	4	1月21日	2
1月10日	4	2月12日	4	1月26日	2
1月18日	3	2月13日	4	2月11日	2
2月11日	3	1月4日	3	2月19日	2
2月13日	3	1月8日	3	2月20日	2
12月30日	3	1月10日	3	12月5日	2
1月2日	2	1月18日	3	12月6日	2
1月8日	2	2月5日	3	12月22日	2
1月11日	2	2月10日	3	12月23日	2
1月17日	2	2月22日	3	12月26日	2
2月2日	2	12月29日	3	12月27日	2
2月4日	2	12月30日	3	12月31日	2
2月6日	2	1月1日	2		
2月14日	2	1月3日	2		
2月18日	2	1月5日	2		
12月26日	2	1月9日	2		
12月27日	2	1月11日	2		
12月29日	2	1月15日	2		

同一日期內發生次數，即因其散佈性大，愈難得其集中性。其結果列舉如表十二，臺北以二月十二日，臺中二月十四日之發生次數較多均有五次在該日發生，發生四次者，臺北在一月七日，十日兩天，臺中即在一月十七日，二月十二日及十三日等三天雖有集中傾向，但均不顯著，再有詳細分析之心要。以上綜合分析結果，臺北地區之寒害發生機會以二月十一至十四日間為最多，次為一月七至十一日間，十二月廿六至卅日間為第三，一月十六日至十九日，二月十九日間為第四，臺中同樣地以二月九日至十四日為發生機會最多。次為二月十五日至廿一日之間，第三為十二月廿五日至卅一日間，第四為一月一日至五日及一月七日至十一日間，第五為二月十九日至廿二日間為發生頻度較多時期。其呈低溫時之高低程度之平均除三月及十一月發生次數特少外，臺北以二月之低溫平均為

低，為 3.5°C ，而十二月次之，為 3.8°C ，而一月間者為 4.1°C ，臺中一月及二月平均均為 3.6°C 而十二月為 4.0°C 。比較之下仍以臺北較低些。(如表十三)。

表十三：最低氣溫 5.0°C 以下平均

(臺北及臺中)

地區	月別	1 月	2 月	3 月	11 月	12 月
臺 北		4.1	3.5	3.7	3.1	3.8
臺 中		3.6	3.6	4.3	2.8	4.0

四、發生寒害當天之氣象

冬季本省氣溫顯著地減低，天氣嚴寒。由於本省受移動性高氣壓勢力控制的結果。因該高氣壓來自低溫的發生地區，溫度甚低之故，其低溫度影響所及，

表十四：氣溫減低於 5.0°C 以下當天氣象情況

☆ 日間係 09-14-17 時三次平均值 夜間係 18-06 時每時平均值

要 素 發 生 日 期	平 均 氣 壓		平 均 氣 溫		最高最低氣溫極端值			水 蒸 汽 張 力		雲 量		風 速	
	日 間		日 間		最 高			日 間		日 間		日 間	
	mm	mm	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	mm	mm			m/sec	m/sec
1960年12月30日	767.7	768.6	9.8	4.6	12.6	4.0	8.6	6.30	5.23	5	0	3.2	3.1
1961年1月17日	770.1	771.4	11.0	5.8	13.8	3.3	10.5	7.50	6.56	7	2	4.2	0.8
1961年2月1日	770.3	769.4	7.2	5.3	8.0	4.0	4.0	7.03	5.65	10	6	2.6	2.3
1959年1月16日	771.8	773.1	10.6	3.7	14.0	1.2	12.8	6.26	5.33	2	0	3.3	0.0

圖 1：1961年1月18日8時天氣圖

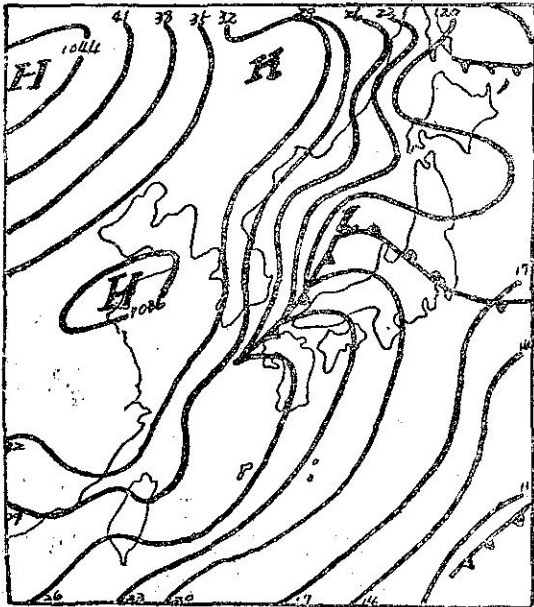
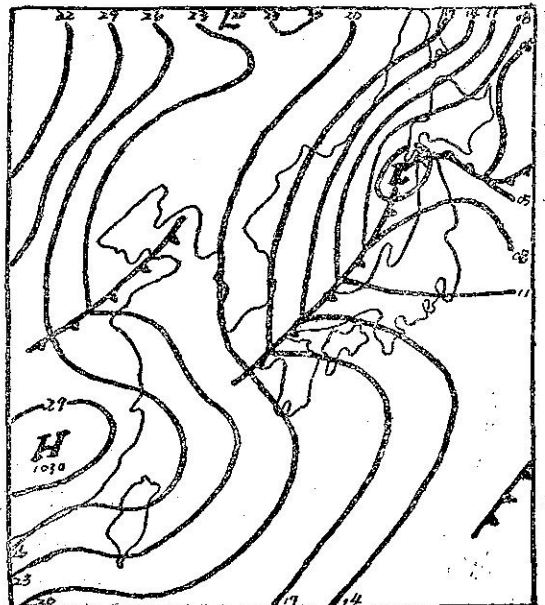


圖 2：1961年2月2日8時天氣圖



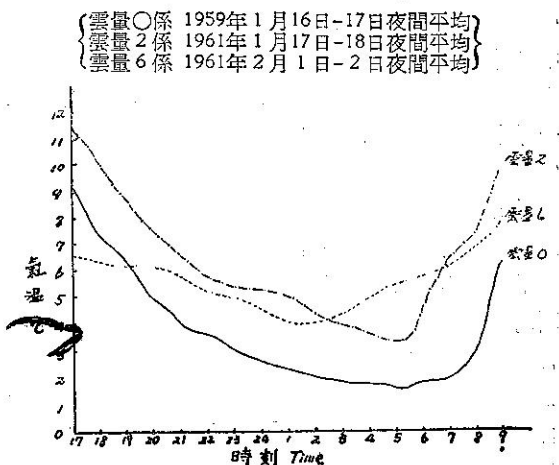
使本省之氣溫急激低降。去年十二月卅一日，本年一月十八日及二月二日共三天所發生減低於 5.0°C 以下時及前年一月十七日所發生之低溫當天之氣象情況如表十四。亦以本年一月十八日及二月二日之天氣圖（如圖 1 及圖 2），該二日之高氣壓中心均移駐於華中而其勢力相當旺盛結果，本省各地均在該氣團勢力範圍內而呈高氣壓，其氣壓之高低程度與歷年平均氣壓，歷年月平均氣壓及發生該月之平均氣壓比較，如表十五均較高，而在是時平均氣壓之間爭第一二，其

表十五：氣壓比較 (01~24時平均氣壓mm.)

日期	平均發生當天日平均氣壓	發生該月日平均氣壓	歷年平均月氣壓	歷年平均氣壓
1960年 12月30日	767.96	765.22	764.8	759.6
1961年 1月17日	770.69	766.49	765.2	759.6
1961年 2月1日	770.21	735.25	764.2	759.6
1959年 1月16日	772.17	766.83	765.2	759.6

變異之程度尙待查，可見其高氣壓之特殊性。發生低溫現象之前與該夜間之氣壓比較，除二月一日之夜間氣壓較日間氣壓為低外，其餘三次均增高，就是說，低溫現象在高氣壓增強中易於發生。日間(07時至17時)平均氣溫與夜間(18時至06時)平均氣溫之較差，除二月二日以外均差 5.0°C 以上，最高與最低氣溫極端值之較差更為顯著，其變動之大小與作物寒害之大小可能成比例，在見有降霜之前年一月十七日及本年嚴寒之一月十八日之最高與最低氣溫則均有 10.0°C 以上之較差。水蒸氣張力雖在呈低溫之夜較白天為小的現象，惟其相差與一般日變化之差異尙待差，但尙可稱該夜之水蒸氣張力較小，換句話說，是夜較白天為乾燥。雲量在該夜間均較白天減少而氣溫急減之去年十二月卅日夜及前年一月十六日夜間均減為無雲，但減溫不甚顯著之二月一日夜間則尙有一半以上之雲量，即表示雲量之多寡與溫度幅射間關係密切，因為地面之幅射為在 $270\text{--}300\text{\AA}$ 範圍內之長波幅射之故，易被雲、水蒸氣或二氧化碳吸收後再接受其幅射同時透過水蒸氣層所消失之熱量小之故，其減溫速度較為緩慢，由圖 3，雲量之多寡與氣溫變化圖可清楚地看出其顯著的差異。風速亦呈低溫之該夜較日間為減弱，尤其減溫甚劇烈之本年一月十七日夜及前年一月十六日夜間至翌晨之風速平均僅 1.0m/sec 以下，甚至整夜無風而有降霜，與相同地夜間無雲且有若干風之去年十二月卅日夜相較，雖是時侵襲之高

圖 3：雲量之多寡與氣溫變化



氣壓勢力不同，後者之氣壓較高且為有風之故，渦傳導旺盛進行熱混合結果，減溫速度較緩而其最低極端值相差甚顯著。本省有優勢高氣壓侵襲時定有冷鋒之通過關係，發生嚴寒之前降有陣雨，此自表十六，可資證明。嚴寒當天之相對濕度平均與是月平均相對濕度比較如表十七，除本年二月一日因雨後不久濕度較高外，其餘均較乾燥。

表十六：低溫發生前之降雨

開始降雨日時	停雨日時	低溫發生時
1月31日18時25分	2月1日11時40分	2月1日夜至翌晨
1月16日1時40分	1月17日19時50分	1月17日夜至翌晨
12月28日18時00分	12月29日19時30分	12月30日夜至翌晨

表十七：發生低濕時之平均濕度

日期	平均相對濕度	該月平均相對濕度
1961年2月1日	92.3	84.7
1961年1月17日	74.0	79.0
1960年12月30日	76.0	81.2
1959年1月16日	80.0	83.0

夜間之冷卻速度(減溫速度)在觀測坪百葉箱內，自十七時至呈最低氣溫極值時之速度，除了去年十二月卅日夜因受特殊地形風向影響，冷卻迅速，每小時竟減 1.31°C 之大為例外外(本文後詳述)，其餘三次均以每小時 0.6°C 至 0.7°C 之減溫速度進行。但自十七時減至 5.0°C 間之減溫速度在無雲之前年一月十六日及去年十二月卅日夜間均以每小時減 1.3 至 1.4°C 之快速度進行，而有雲時與雲量之多寡略成比例，即平均雲量二之本年一月十七日夜為每小時

減 0.8°C 而雲量六之本年二月一日夜間則僅每小時 減 0.3°C。(請參照表十八)。

表十八：最低氣溫發生時間與減溫速度 (觀測坪內)

日期	17時氣溫	最低氣溫		17時與最低差	減溫時間	每小時減溫速度	至5°C時間	減溫所須時間	每小時減溫速度	夜間平均	
		溫度	發生時間							雲量	風速
1959年1月16日	9.2	1.2	17日05時30分	8.0	12 30	0.64	20 00	3 00	1.40	0	00
1960年12月30日	8.6	4.0	30日20時30分	4.6	3 30	1.31	19 40	2 40	1.38	0	3.1
1961年1月17日	11.5	3.3	18日05時00分	8.2	12 00	0.58	01 10	8 10	0.79	2	0.8
1961年2月1日	6.7	4.0	2日01時30分	5.5	8 30	0.65	23 00	6 00	0.28	6	23

五、寒害之微氣象

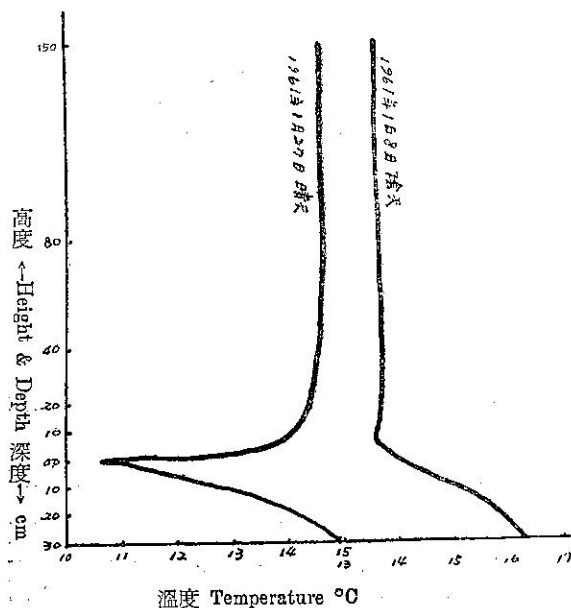
(一) 溫度剖面

受寒害的作物在一般情形之下均以低處較高處為嚴重，此種現象尤以受霜害時甚為明顯，果樹受霜害時如圖4，Comice Pear 梨樹為例，靠地面之低處毫無收穫，

圖4：Comice Pear 受霜害情形圖



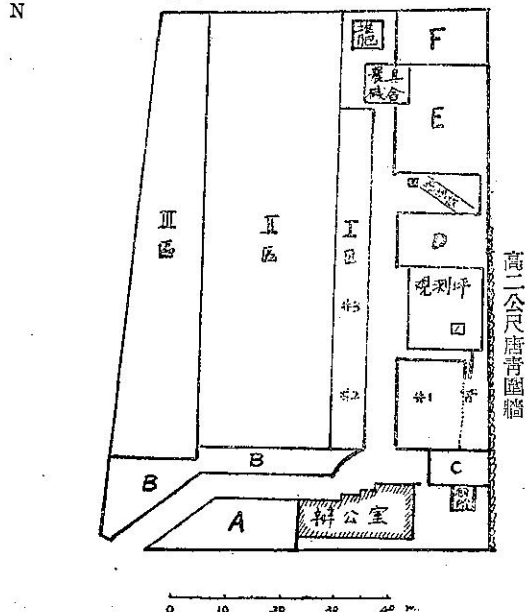
圖5：裸地夜間溫度剖面圖



地面氣層較高處氣溫為低之故。茲以本站冬季微氣象觀測紀錄為例，如圖5，左線為本年一月廿七日無雲時及右線為一月八日多雲時各晨之裸地溫度剖面圖，在天晴時靠地面之十公分高與地面間之溫度相差甚大，因無雲，自地面向天空之輻射如前項，未被雲吸收抑制結果溫度傾度大，明顯地呈蓋格教授之所謂放熱型（或出射型），自地中溫度輻射之情形亦可自其溫度傾度明顯地看出。而其溫度傾度隨高度逐次減小，但陰天多雲時不僅是溫度傾度甚微，且地表面溫度亦較近地氣層為高，前者就是發生寒害時的溫度剖面型態，如果天晴無雲但有風時由上下熱交流旺盛結果，無法維持其逆轉型態，使後者如右線之溫度剖面型態。無雲時明顯地呈溫度逆轉現象，為夜間自地面向天空之長波長輻射易透過之故，地表面之冷卻甚顯著，其

圖6：安坑站場地概略圖

I、II、III區均為試驗區，A、B為物候果樹區。
#1、#2、#3均氣溫、地溫剖面觀測地點。
□ 設百葉箱地點。



接近地面之氣層亦以渦傳導作用次第地被冷却。因低溫之空氣較重的關係，如無風時難於與較輕之高溫空氣置換，頗為安定。有風即發生擾亂，熱交換結果溫度傾度小。

(二) 低溫之地面情形差異

發生寒害時之低溫程度，受地形、土壤乾濕，附近有無阻礙物，地面上有無種植植物、覆蓋物，其覆蓋物或植物之疎密等均有影響，本站在觀測坪附近南

方種有唐青圍牆，在調查分析上必須考慮風向之影響，請參照圖 6 概略圖討論調查結果。

1. 最低氣溫極端值以觀測坪上百葉箱內氣溫較裸地上百葉箱內氣溫為低。本來裸地上氣溫之冷却較密生草皮，地面長波長輻射被抑制之觀測坪上氣溫之冷却為甚，但是日發生低溫時之夜間均有若干之風，而觀測坪上之最低溫度發生時之風向均如表十九，吹南風，西北西或南南西風有唐青遮障，風速減弱，

表十九：發生低溫時之時間及氣象要素
(風向在 8.0 公尺高處風速在無遮風物裸地 1.5 公尺高處觀測值)

日期	類 項 目	裸 地 上 百 葉 箱					觀 測 坪 草 皮 上 百 葉 箱				
		最低溫	發生時間	風 向	風 速	雲 量	最低溫	發生時間	風 向	風 速	雲 量
1960年12月30日		4.4	19 30	ENE	0.2	0	4.0	20 30	S	0.9	0
1961年1月18日		3.7	03 00	NNE WNW	0.4 0.9	0 0	3.3	05 00	WNW	0.9	0
1961年2月2日		4.6	01 40	S	1.3	3	4.0	01 30	SSW	1.3	3

不受由風所引起之擾亂作用，可繼續冷却，同時裸地上百葉箱較觀測坪上為小，通風較難，最低氣溫極端值反以裸地上百葉箱內者為高。

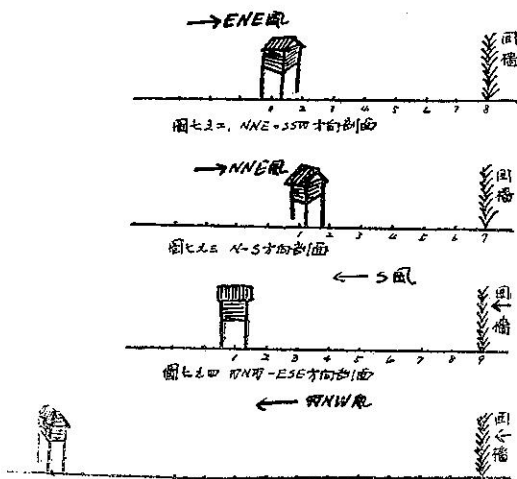
2. 最低氣溫發生時間之遲早。最低氣溫發生時間雖裸地上為觀測坪上各有高低之差，但在不受遮障之同一條件下，如本站吹東北東風或北北東風時（請參照圖 7 之一及之二剖面圖），均不受唐青圍牆之影響，由於裸地地面向天空輻射較有密生草皮之觀測坪為甚之故，裸地之近地面氣層之冷却較快，其發生時間如表十九，在去年十二月卅日夜及本年一月十八日晨為例，裸地上之最低氣溫發生時觀測坪上尚未出現最低氣溫，而繼續減低氣溫，此由表廿，裸地上氣

表廿：裸地上發生最低溫時觀測坪上之溫度

日期	項 目	裸 地 發 生 最 低 溫		同時間觀測 坪上溫度	風 速	風 地
		時 間	溫 度			
1960年 12月30日		19 30	4.4	5.2	0.2	ENE
1961年 1月18日		03 00	3.8	4.0	0.4	NNE

溫已呈最低氣溫時，觀測坪上之氣溫仍高於裸地上氣溫可為佐證。但風向呈西北西，南或南南西且風速不大時，由觀測坪旁有較密，高達二公尺之唐青圍牆遮住風向之故（如圖 7 之 3 及之 4），觀測坪上與裸地上之最低氣溫出現時間略同，但如風較大時，如本

圖 7 之一：ENE~WSW 方向剖面



年二月一日夜間吹 1.3m/sec 時則裸地上有風之擾亂，熱交換迅速，冷却作用較難，同時觀測坪上氣溫之最低極端值之出現亦較裸地上者為早。

3. 最低氣溫保持時間之長短。如表廿一，最低溫度保持時間以觀測坪為長。觀測坪因密生草皮，自地表輻射之長波長輻射均被草皮抑制，草皮有蒸散作用，其空氣濕度亦較裸地為濕，此由表廿二，發生低溫是夜平均絕對濕度均以觀測坪上濕度為高可知其梗概。因此夜間冷却進行較裸地緩慢。但一旦冷却，因

表廿一：最低氣溫滯留時間

日期	觀測坪上	裸地上
1960年12月30日	120分	10分
1961年1月18日	30	10
1961年2月2日	60	10

表廿二：絕對濕度

發生日	觀測坪上箱	裸地上箱
1960年12月30日17時至31日9時平均	5.23 mm	5.22 mm
1961年1月17日17時至18日9時平均	6.56	6.22
1961年2月1日17時至18日9時平均	5.65	5.09

比熱大，減溫亦較緩慢，且受遮障之影響，減速結果以渦亂而熱交換較小，低溫保持時間均較之裸地上者為長。保持 5.0°C 以下時間亦相同地以觀測坪上者為長，且其時間較長，如表廿三，而保持時期之長短

表廿三：氣溫低於 5.0°C 下保持時間

日期	觀測坪內	裸地
1960年12月30日	750分	280分
1961年1月18日	445	355
1961年2月2日	120	10

亦與風速及風向有密切的關係。如夜間平均風速僅 0.8m/sec 時，不受任何影響之裸地上亦有 355 分之長（本年一月十八日），但去年十二月卅日夜，其風速平均雖有 3.1m/sec ，相當大，但因是日夜間無雲，自地面之長波輻射甚強，冷卻快之故，雖有渦亂而熱交換大，且保持 5.0°C 以下時間亦較長。本年二月二日不僅風較大且雲量亦多，結果，不但是長波長輻射受抑制，且受熱交換大之影響，僅能保持十分間。

（三）地形與最低地面溫度。

發生低溫之三天中，最低地面溫度之極端值，如表廿四。茲述其地面溫度極端值之差異。

表廿四：地表面及草溫最低溫度極端值 單位： $^{\circ}\text{C}$

	最低草溫	諸葉覆 東西畦	諸葉覆 南北畦	裸地 地面溫	東西溝 地面溫	南北溝 地面溫	風向	風速
1960年12月30日	4.3	3.9	3.7	3.7	4.1	4.0	ENE	0.2
1961年1月18日	4.7	2.9	2.5	2.8	4.4	4.1	NNE WNW	0.4 0.9
1961年2月2日	4.4	3.0	2.6	3.6	4.1	4.2	WNS	1.3

1. 最低草間溫度比任何地面溫度為高。因觀測坪內草皮密生，形成特殊情形之空間，在日間太陽輻射無法到達地面而均由草皮本身吸收，雖然夜間再由草皮葉面向空中輻射而冷卻，但其輻射量尚較自地面輻射為小，草皮間由其蒸散作用之故，濕度較高難冷卻，且過分密生的關係，草間間隙甚擠，難與外面冷而重的空氣相交換，結果其最低極端值不僅比任何地面溫度為高，甚至較離地一公尺半之百葉箱內氣溫為高。

2. 未有任何覆蓋物之裸地與畦溝地面溫度比較，其最低極端值，無論東西畦溝，南北畦溝均較裸地為高，請參照表廿四，其相差達 $0.3\sim 1.6^{\circ}\text{C}$ 之大。即因畦溝接近甘藷，有其蒸散作用影響，空中濕度高且畦溝排水較裸地為差，土壤濕度亦高，同時裸地觀測地點較畦溝觀測地點接近於圍牆及房屋，有其遮風影響結果，由冷卻較難與熱交換大，因此畦溝最低地

面溫度極端值高於裸地地面溫度。其中以風之影響較大，在 0.2m/sec ，風向 ENE 因相同地無遮障影響，相差僅 $0.3\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ ，但裸地有顯著地遮障減弱作用之 NNE 或 WNW 風，且風速有 $0.4\sim 0.9\text{m/sec}$ 時，有旺盛熱交換作用之畦溝地面溫度極端值與裸地相差即達 $1.3\sim 1.6^{\circ}\text{C}$ ，而風速更大，有 1.3m/sec 時，雖裸地有遮障，但尚有若干之風，結果其相差較小，為 $0.5\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 。

3. 東西、南北兩畦溝間之溫度差在風速小於 0.9m/sec 以下時，東西畦溝之地面溫度極端值較高，其相差在 0.9m/sec 風速內，風速愈大相差越大，此因 ENE 或 WNW 風時，南北畦溝之減風效果為大，熱混合較東西畦溝為小，而南風較大，風速有 1.3m/sec 時沿南北畦溝吹走，其熱交換大之故，南北畦溝為較高。

4. 甘藷栽培中之東西與南北畦上之地面溫度最低極端值之平均較裸地地面溫度最低極端值如表廿五，風速僅 0.2m/sec 時，在受地上之畦及藷莖葉之摩

表廿五：畦上平均與裸地地面

溫度最低極端值

單位：°C

日期	東西畦地面溫度	南北畦地面溫度	畦上平均地溫	裸地地面溫度
1960年12月31日	3.9	3.7	3.8	3.7
1961年1月18日	2.9	2.5	2.7	2.8
1961年2月2日	3.0	2.6	2.8	3.6

擦，顯著地減風，藷葉間濕度亦有蒸散作用，故較高，自畦上地面所輻射之長波長被藷葉抑制，同時再逆輻射等結果，其最低極端值以無抑制長波長輻射作用，濕度較低之裸地為低，但稍有風即 0.4~0.9m/sec 時，相反地以畦上地面最低極端值為低，而風較大，有 1.3m/sec 時，其相差更顯著，達 0.8°C 之大。因有風時畦上地面溫度在正風面均有遮障物之存在，風速顯著地減弱結果，較無任何影響之裸地，其熱交換小之故，以畦上地面溫度極端值為低。

5. 東西畦與南北畦上兩地面溫度最低極端值比較，以東西畦上為高，此因日間到達於東西畦之日射量較大於南北畦約半倍（以福井氏之日射量計算式計算）之故，東西畦之地面溫度較高。

6. 東西畦與裸地地面溫度最低極端值比較，風速在 0.9m/sec 以下，而風向為 ENE 或 WNW 時，因東西畦較有遮障影響之畦地通風較好，其熱交換大之故，東西畦較高，但風向為 S 並且風大有 1.3m/sec 時，即東西畦在正風面有遮風效果，較有熱交換之畦地低 0.6°C。

7. 南北畦與裸地地面溫度最低值比較，風甚弱，有 0.2m/sec 時，其溫度略同；而風稍大，為 0.4~0.9 m/sec 或 1.3m/sec 時則較低，此係因白天日射量到達於南北畦為少，故地面溫度較低，但風甚微，0.2m/sec 且風向 ENE 時，裸地區因受房屋之遮風影響與南北畦正風面之遮障效果加高濕環境總和相等結果，其最低值相同。但風向 WNW 風速為 0.4~0.9m/sec 時，雖與南北畦相同地有遮障之減風效果，但南北畦尚有多濕及日射量較少等條件影響，即其最低溫度低些。如風大有 1.3m/sec 並有沿南北方向吹之 S 風時，因裸地之通風較南北畦藷葉間為好，熱擴散（或熱混合）大之故，兩區之相差達 1.0°C。

六、發生寒害情況

（一）受害作物種類及品種

入冬後接連三次嚴寒，本站內栽培之作物除了微氣象觀測用甘藷臺農 57 號品種外，尚有汕頭種及紅心尾二品種。蔬菜類有蘿蔔、結頭菜、豌豆、油菜、甘藍、白菜及花菜等多種。其中受寒害嚴重者為臺農 57 號甘藷（後述）外，紅心尾、汕頭種二品種因耐寒性較強，為頗適於北部普遍栽培之品種，自入冬以來，雖生育不甚理想，但歷三次嚴寒未見任何寒害現象。蔬菜類中豌豆臨開花期，花蕾無法結實及凋落者亦不少，收量頗受影響。果樹類中橫山梨未見任何異常現象，番石榴之葉片間忽見一些褐斑是否其影響不敢斷定，柿子類入冬以來逐漸落葉中而經三次寒冷後不留一片葉子，全部落盡。

（二）遮障之有無與寒害

試驗用品種之臺農 57 號除了栽植於本站場地中央試驗區 I 以外尚有供補植用者，該補植區在唐青圍牆 5 公尺範圍內，三次發生嚴寒時由其遮障之存在，冷氣被阻止之關係，可能該補植區氣溫較試驗區一帶為高，一片綠色未見凋落或變色。

（三）臺農 57 號甘藷發生寒害情況：

1 嘉義農林改良場育成之臺農 57 號甘藷，因其耐寒性較差，入冬以來生育情形欠佳，且接一連三受低溫侵襲結果，綠葉漸趨凋萎。在受害後之二月五日以目測調查全試驗區結果如表廿六，其位置如圖 6 之 I 區內，觀測區較近辦公房屋，即愈接近有遮障物之小區之藷葉枯萎率較無任何影響物之小區為輕。南北畦與東西畦區之平均枯萎率亦成 36.15 比 37.40，有東西畦區之枯萎率較大之傾向。

表廿六：臺農 57 號受寒害枯萎率表

微氣象觀測區		生育調查區	
南北畦	東西畦	南北畦	東西畦
35.91%	36.18%	36.38%	38.62%

2. 受害前後之生育調查結果如表廿七，雖各區僅採取各五株，其調查結果有差異頗大之嫌，但尚可略知其傾向。即插植後經 100 天之地地上部份及地下塊根重量均以東西畦區為良好，但經三次嚴寒受害後之調查，東西畦區之葉數，葉面積均甚顯著地減少，其枯萎率較南北畦區大 24%，葉面積減少率相差 17%，其餘因受害後經十天調查之關係在作物之恢復體制

表廿七：受寒害前後之生育情形

	葉 數				葉 面 積 cm^2				小 葉 數				芽 數				每 塊 根 重 gr			
	南	北	東	西	南	北	東	西	南	北	東	西	南	北	東	西	南	北	東	西
受 害 前		126		158	3098.0		4007.1		26		36		213		326		31.0		35.1	
受 害 後		49		23	915.7		506.0		96		50		506		364		50.1		44.0	
增減百分比	—	61.1	—	85.4	—	70.4	—	87.4	+269.2	+	38.9	+	137.6	+	11.7	+	61.6	+	25.1	+

上，小葉、幼芽之增加旺盛之故，小葉數及芽數均較受害前增加，且其增加率以南北畦區為大，此因南北畦之小葉、芽數之受害較東西畦區者為輕之故，其增加率竟有一倍多。塊根重量之受害前後之增加因該貯藏同化物質自葉片受害凋落，減少其合成能力之故，自生育 100 天至 150 天間之 50 天中，南北畦區僅增加 19 克而東西畦區由其受害較重結果僅增 9 克左右，其增加率南北畦區較東西畦區多 36 %。

3. 以上目測調查及拔株生育調查結果，均相同地顯示東西畦區甘藷較南北畦區甘藷之受害為重，此傾向與最低溫度極端值呈相反現象。因作物之溫度災害不僅與低溫之高低程度有關，其變溫亦有甚大的影響，如表廿八，即發生嚴寒後氣溫開始回升時由南北畦區之東邊之日射量為多，其昇溫較東西畦區為迅速、急激，加重其被害程度，故此其受害率較大。

表廿八：東西南北畦地面溫度差

調 查 日	最低地面溫度				最低地面溫度差	9 時地面溫度				較 差	昇 溫				昇溫差
	南	北	東	西		南	北	東	西		南	北	東	西	
12月31日	3.7		3.9		— 0.2	8.5		8.5		± 0	4.8		4.6		+ 0.2
1月18日	2.5		2.9		— 0.4	8.2		7.8		+ 0.4	5.7		4.9		+ 0.8
2月2日	2.6		3.0		— 0.4	7.5		6.9		+ 0.6	4.9		3.9		+ 1.0

七、結 論

寒害在本省雖不是一種普遍嚴重之氣象災害，但易把農家長期之辛苦結果毀於一朝一夕之間。這不僅是一農家的損失對於國家之農業生產亦有甚大之影響。臺灣在冬季田間尚少重要作物，但今後從提高土地利用效率，增加冬作可能之增產。因此在確立預防災害對策上，有調查寒害發生情形之必要，去年冬季偶然接連三次發生嚴寒，臨時作全面調查，其結果約如下述。

(一) 本省各地氣溫減至 10.0°C 以下之日數，自臺中以北之西部，年有半個月以上，其中以臺中為最多，有 22 日，臺北、新竹次之，臺南尚未達半個月，而其餘僅有三天左右，較寒冷的日數亦不短，影響農作物生長不小。

(二) 最低氣溫極端值呈 5.0°C 以下，嚴寒日之發生頻度，臺中高於臺北且兩地均以一月為最多，二月、十二月均次之。如有發生，自歷年平均值觀察，有接連二至三日發生之傾向。從發生之有無，平均

每二年中有一年發生，且以臺中之發生百分比為高。各月發生率以臺中之一月為最高，每三年一次，臺北一月、臺中二月居次，每四年有一年發生於該月，臺中十二月間略同，臺北二月為每五年，十二月則為每八年發生一次。

(三) 發生時期之集中性，以半旬別統計時，為臺中，二月十一日至二月十五日，十二月廿六日至卅一日，一月十六日至廿日之順序；臺北二月十一日至十五日，一月六日至十日，十二月廿六日至卅一日之順序較易發生。又發生日期之統計結果，臺中以二月十四日為最多，一月十七日、二月十二日、十三日繼之。臺北以二月十二日為最多、一月七日及一月十日為繼續發生次數較多之日期，但其分散度相當大。總之以集中發生於臺北二月十一日至十四日間為多。一月十七日至十一日，十二月廿六日至卅日，一月十六日至十九日及二月四日至二月六日等，臺中即二月九日至二月十四日間、二月十五日至廿一日、十二月廿五日至

卅一日，一月一日至五日，一月七日至十一日而二月十九日至廿二日亦有較多發生之傾向。如發生嚴寒時平均以臺北之最低值較臺中為稍低，而臺北以二月發生者為低，十二月次之，臺中一二月均略同溫。上述傾向與歷年降霜紀錄略同。

(四) 冬季臺灣，氣溫減至 5.0°C 以下時受移動性高氣壓勢力的控制，氣壓相當高，其一般現象如下：

1. 日間平均氣溫與夜間平均氣溫較差在 5.0°C 以上，最高與最低氣溫較差如天晴無雲時在 10.0°C 以上。
2. 夜間較日間為乾燥。
3. 密雲量或自日間漸漸減少，風速亦相同。
4. 減溫速度自十七時氣溫減至 5.0°C 之速度，在天晴寡雲時以每小時減 1.3 至 1.4°C 且在上半夜可減到 5.0°C 以下，而因其 5.0°C 以下之保持時間甚長。

(五) 無雲無風時之氣溫剖面，由溫度逆轉甚為安定，故上下溫度傾度大，多雲或有風時溫度傾度小。

(六) 最低氣溫極端值在本站因有地形影響，有草皮覆蓋之觀測坪上氣溫較裸地上為低。

(七) 最低氣溫發生時間在相同地點不受遮障影響時以裸地較快，觀測坪有遮障影響時，風速 0.8 m/sec 時發生時間略同。風速較大至 1.3 m/sec 時

，以觀測坪上氣溫為快。

(八) 最低氣溫， 5.0°C 以下等保持時間，以觀測坪為長。

(九) 最低草間溫度極端值均較東西、南北走向畦上，畦溝裸地等地表面溫度及百葉箱內最低氣溫為高。

(十) 裸地地表面最低溫度較有甘藷栽培之畦溝地表面溫度為低，其相差大小，視風速、風向而異。

(十一) 東西、南北走向畦溝最低地表溫度極端值受風向之有否沿走向吹而異，有沿走向時即較高。

(十二) 東西畦、南北畦之畦上最低地表溫度比較以東西畦為高。

(十三) 畦上地表溫度最低極端值南北、東西畦平均在微風時較裸地為高，而有風時較低。

(十四) 東西畦與裸地，南北畦與裸地地表溫度比較均受風向及風速之影響，相差不一。

(十五) 作物受寒害情形因作物種類、品種各相差一，本次臺農 57 號甘藷，受嚴重之災害，葉片之枯萎甚大，同一品種在有遮障之地區，均不受任何損失。

(十六) 受害情形據目測及拔株調查結果，均以東西畦之枯萎率為大，受害前後之塊根重量之增加甚小。

以上為本次調查的概要，其間尚有許多問題尚有待詳細檢討，容今後再行研究分析。