

# 地表土壤溫度日變化之探討

高中組地球科學科第三名

台北市建國高級中學

作者：謝孟翰

指導教師：曾世彬

## 一、研究動機

第一次聽到「地中溫」這個名詞是在高一的時候，那時只對各層地中溫變化的相互關係有一點粗淺的認識。之後由於幫忙學長從事地中溫年變化資料的處理，得以接觸到 1981~1989 年台灣大部分氣象測站的地中溫資料，過程中對這個主題發生興趣，經過一個學期相關文獻的蒐集，自去年暑假開始從事土壤溫度的觀測。

## 二、研究目的

土壤溫度反映經過土壤表層所發生之輻射能、熱能及潛能交換過程之變化。此類現象的效應，以複雜的輸送過程，而深入土壤培面中，其速率受因時空變異的土壤性質之影響。因此定量的公式與土壤溫度的預測為不可或缺之工作，甚至可由此超越預測面積的控制或改變土壤溫度，但我們必須先對土壤溫度變化的基本模式及其參數有明確之認識。

本研究是以 35 個觀測日，每日一小時為間隔的連續觀測數據為基礎，分析深度 0~30cm 各層土壤溫度的日變化，找出土壤溫度日變化的基本模式，最後配合年變化的資料得出完整的地中溫變化模式。

## 三、研究設備

(一)曲管溫度計二組

每組有 0cm、5cm、10cm、20cm、30cm 各一支。

(二)放大鏡（估計溫度計讀數之用）。

(三)十六位元電腦。

## 四、研究過程

(一)1. 選取一塊空曠且通風良好的草地作觀測場所。

2. 在草地上劃定二塊一公尺見方的範圍，為了使將要埋設的二組溫度計處於

相同的氣象條件之下，兩塊區域相距20cm。

3. 分別埋設曲管溫度計於兩區域，定為（甲）、（乙）。
4. 每日由早晨七時開始，以一小時為間隔，連續紀錄（甲）（乙）兩組溫度計之讀數，至當日二十四時結束。
5. 第一階段之觀測於7月11日結束。

△第一階段之觀測主要是確定（甲）（乙）兩組區域在相同的氣象條件下，會有相同的觀測結果，以進行控制變因的實驗。

- (二)1. 7月16日除去（甲）組區域上之草皮，使之露出裸露的土壤。
  2. 5日之後於7月21日開始觀測。
  3. 每日由早晨七時開始，以一小時為間隔，連續紀錄（甲）、（乙）兩組溫度計之讀數，至當日二十四小時結束。
  4. 第二階段之觀測於8月16日結束。
- 第二階段觀測主要是比較有無植被對土壤溫度日變化的影響。

- (三)1. 將所有的觀測數據以電腦建立檔案。
2. 由電腦輔助，將所有資料予以分析。
3. 由分析所得結果，找出地中溫變化的基本模式。

- (四)1. 取1985~1989年氣象局的逐日地中溫資料，依深度分組，求其月平均溫，以電腦將所有資料建立檔案。
2. 以電腦分析5年的數據。
3. 由分析結果，找出地中溫年變化的基本模式。

(五)綜合地中溫日變化及年變化的模式，以電腦模擬地中溫之完整變化。

## 五、觀測數據

所有的觀測日如表3-1所列。

所有觀測數據見附錄(-)

1985~1989年的台北、台中、恆春測站的地中溫月均溫氣象資料見附錄

(二)。

第一階段		第二階段			
月份	日期	月份	日期	月份	日期
7	4	7	21	8	12
	5		22		13
	6		23		14
	7		24		15
	8		25		16
	9		26		
	10		27	8	25
	11		28		26
					27
		8	2		28
			3		29
			4		30
			5		31
			6		
			7		
			8		

表 3-1 本研究的所有觀測日

## 六、數據分析

### (一) 土壤深度和溫度變化幅度的關係

觀察各深度的溫度與時間曲線圖，可見溫度的變幅以表層為最，隨深度的增加，變幅漸減，而且變幅都落在其上各深度的變動之間。以 8 月 2 日至 8 月 8 日（甲）組的各深度溫度曲線圖為例，見圖 3-1-3。

爲了找出溫度日變幅和深度的關係，必須假設各深度的土壤溫度，不論增溫或降溫都是以日平均溫爲基準，且各深度之平均溫相同。

取紀錄中每日 30cm 深度的平均溫作爲基準，以當日各深度的最高溫度分別減去平均溫度得到標準差，5 個深度的標準差分先爲  $\Delta T_0$ 、 $\Delta T_5$ 、 $\Delta T_{10}$ 、 $\Delta T_{20}$ 、 $\Delta T_{30}$ 。此爲各層當日的溫度變化幅度。

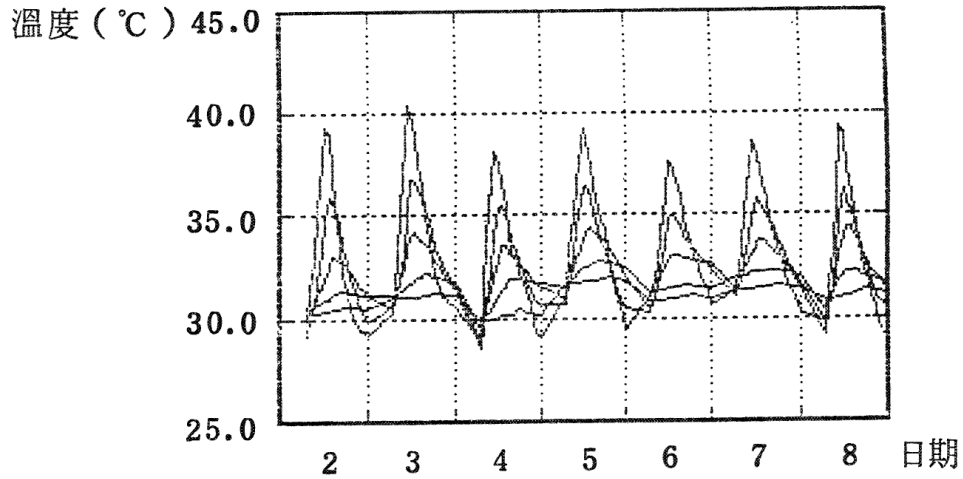


圖3-1-3 8月2日至8月8日(甲)組之各深度溫度曲線圖

由於各層溫度的變化都受表層傳導之影響，因此我們要探討各深度的標準差和 $\Delta T_0$ 的關係。以各層之 $\Delta T$ 為基準，我們分別求出： $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_0}$ 、 $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_5}$ 、 $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_{10}}$ 、 $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_{20}}$ 、 $\frac{\Delta T_0}{\Delta T_{30}}$ 。以7月26日為例見表3-2-1。

表3-2-1 各層標準差和 $\Delta T_0$ 相除求值

	深 度 (cm)				
	0	5	10	20	30
當日最高溫度	38.9	36.0	34.0	32.2	31.5
30cm平均溫度	31.26	31.26	31.26	31.26	31.26
標準差	7.64	4.74	2.74	0.94	0.24
$\Delta T_x / \Delta T_0$	1.00	1.61	2.79	8.09	31.27

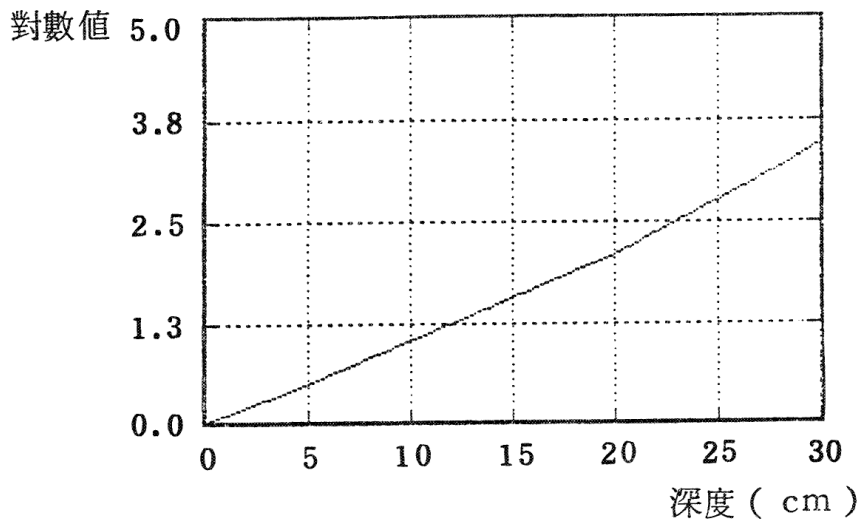


圖3-1-5 深度和比值之對數值作圖

以上的 $\Delta T_0 / \Delta T_x$  的值，在曲線上有指數函數圖形的樣子，再將其以  $e$  為底求自然對數值。以深度和對數值作圖，見圖 3-1-5，得出其值和深度成正比。所有觀測日的紀錄都可由此法得出正比關係，見附錄(三)。

由此推論，表層溫度的變化幅度和深度有以自然對數為底的指數關係，即

$$\Delta T_0 / \Delta T_x = e^{\alpha x}$$

$$\rightarrow T = \Delta T_x / e^{\alpha x}$$

### (二) 土壤深度和溫度變化延遲的關係

土壤熱量的首要來源當推太陽輻射。各深度的溫度變化皆受表層傳導的影響而延遲。我們由觀測數據找出延遲和深度的關係。

我們假設同日各深度最高溫度到達時間的遲差，就是溫度變化的遲差。由紀錄中取出各深度當日最高溫度到達的時間，並以時間和深度作圖，見圖 3-3-1、圖 3-3-2。

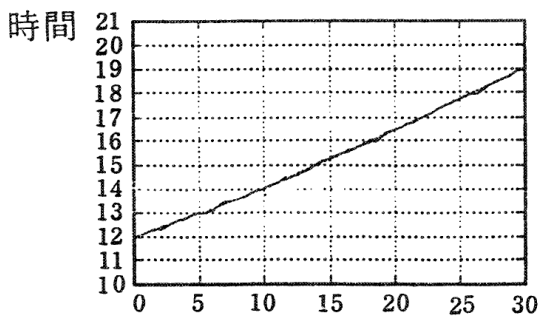


圖 3-3-1 7月24日的最高溫度延遲曲線圖

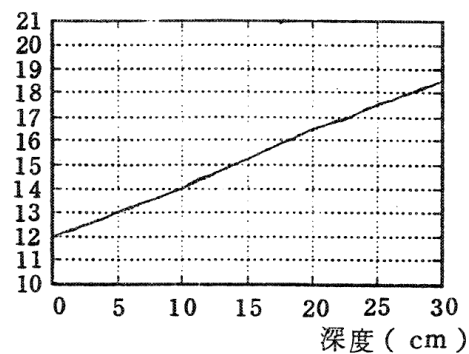


圖 3-3-2 7月25日的最高溫度延遲曲線圖

我們可以看出，延遲的時間和深度有正比的關係，即

$$\Delta T_x = \beta x$$

### (三) 土壤溫度變化受植被覆蓋的影響

比較有無植被覆蓋的(甲)(乙)兩組之觀測值，發現同一日的紀錄中，兩組同深度到達最高溫度的時間相同，即升降的趨勢是一樣的。

(乙)組有植被覆蓋，因此其地中溫變化不若(甲)組劇烈，且起伏也落在(甲)組的溫度變幅之間。

要找出(甲)(乙)兩組溫度變化的關係，我們各取同日兩組 30cm 深度的平均溫度為基準，以當日各深度最高溫減之得標準差，以 8 月 7 日為例見表 3-4-1、表 3-4-2。

	深 度 (cm)				
	0	5	10	20	30
當日最高溫度	38.9	35.8	33.8	32.2	31.6
30cm平均溫度	31.43	31.43	31.43	31.43	31.43
標準差( $\Delta T_x$ )	7.07	4.37	2.37	0.77	0.17

表 3-4-1 8 月 7 日甲組的標準差計算

	深 度 (cm)				
	0	5	10	20	30
當日最高溫度	36.1	34.3	33.0	31.9	31.5
30cm平均溫度	31.38	31.38	31.38	31.38	31.38
標準差( $\Delta T_x$ )	4.72	2.92	1.62	0.52	0.12

表 3-4-2 8 月 7 日乙組的標準差計算

以 (甲)、(乙) 兩組之標準差相除求  $\Delta T_{甲} / \Delta T_{乙}$  之值，見表 3-4-3。

		深 度 (cm)				
		0	5	10	20	30
標準差	甲組	7.07	4.37	2.37	0.77	0.17
	乙組	4.72	2.92	1.62	0.52	0.12
比比值		1.5	1.5	1.5	1.5	1.4

表 3-4-3 (甲)(乙) 兩組標準差比值

得到的結果是，同一日中 (甲) 組各深度的溫度日變化幅度與 (乙) 組各深度之變幅比成一定值，即

$$\Delta T_{甲} / \Delta T_{乙} = k$$

所有的觀測值得到的 k 值介於 1.5~1.7 之間。

#### (四) 土壤溫度的年變化模式

為了使土壤溫度年變化的分析更具代表性，我取台灣北、中、南部各一個氣象測站的資料來進行分析，此三測站為台北、台中及恆春測站。

氣象局逐日地中溫資料紀錄的是每日各深度的平均溫度，共有 10 組，分別是 0、5、10、20、30、50、100、200、300、500cm，將台北、台中及恆春

測站 1985~1989 年的地中溫氣象資料以電腦處理，求得各深度每年 12 個月的平均溫度，每年各深度將以此 12 個資料來分析其變化模式。

### 1. 土壤深度和年溫度變化幅度的關係

隨深度的增加，年溫度變化幅度會減少，而且其變幅都介於上層土壤溫度的變動之間。以台北測站 1985~1989 年各深度的溫度曲線圖為例，見圖 3-5-2。

溫度 (°C)

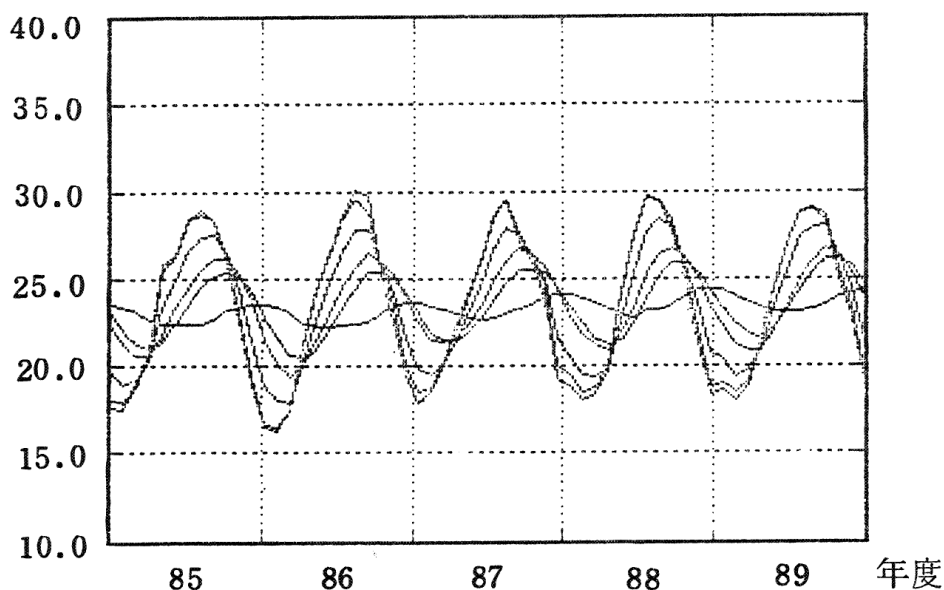


圖 3-5-2 臺北測站 1985 ~ 1989 年各深度月均溫曲線

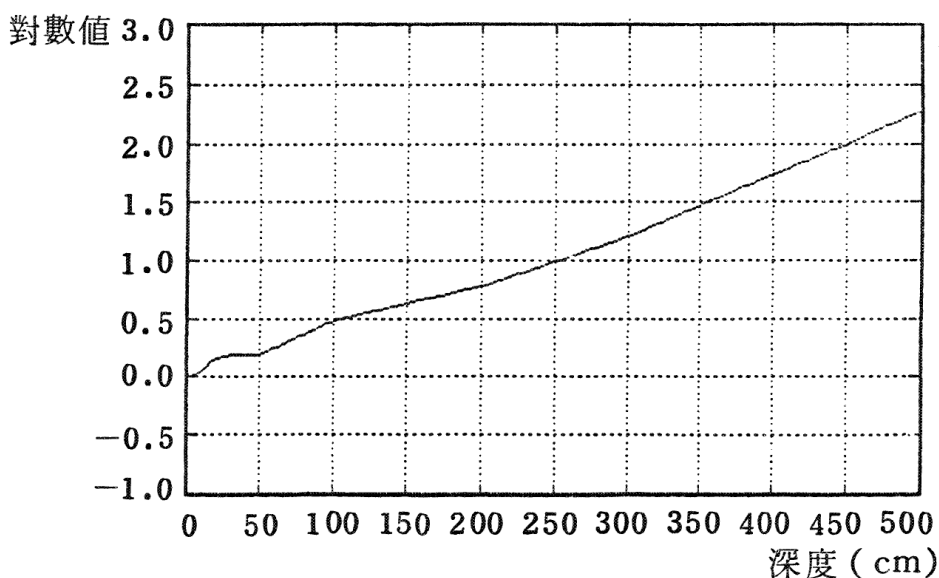


圖 3-5-3 1987 年臺北測站深度和對數值作圖月份

取紀錄中 500cm 深度的年平均溫作為基準，仿照分析 0~30cm 土壤溫度日變幅的方法，將資料予以處理。以台北測站 1987 年的資料為例，見圖 3-5-3。

由圖可看出有正比關係。由此推論，表層溫度的年變化幅度和各深度的變幅有以自然對數為底的指數關係，即

$$\Delta T_0 / \Delta T_x = e^{\alpha + x}$$

## 2. 土壤深度和溫度年變化延遲的關係

因為是以月平均溫來處理，表層到 50cm 深度之間土壤溫度變化的延遲無法顯示，所以取 0、100、200、300、500cm 深度，是延遲能在圖形中顯現的，來作為分析的對象。

仿照分析日變化延遲的方法，由圖形中讀出 3 個測站各年度 5 個深度最高溫到達的月份，並以深度和最高溫度到達的月份作圖，可發現延遲的時間大致和深度成正比關係。

以恆春測站 1986 年為例，見圖 3-5-6。

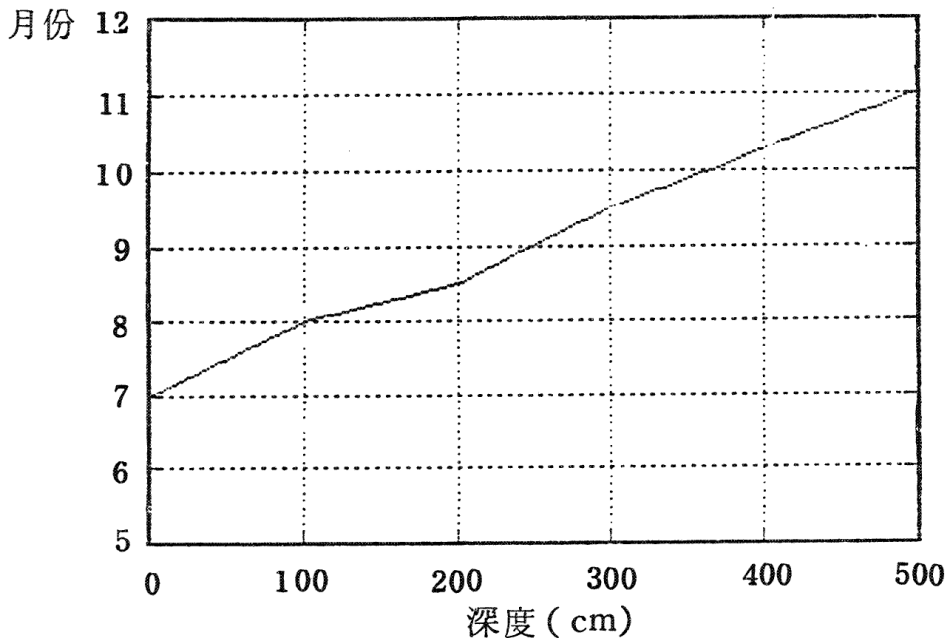


圖 3-5-6 恆春測站 1986 年的溫度延遲曲線圖

## 3. 土壤溫度的變化與緯度的關係

台北、台中及恆春測站分別位於不同的緯度，因此比較三個測站的溫度曲線，可以發現所處緯度不同對土壤溫度變化的影響。

取同一深度 3 個測站的資料來比較，以 5 年為一組，共十組見圖 3-5-8。



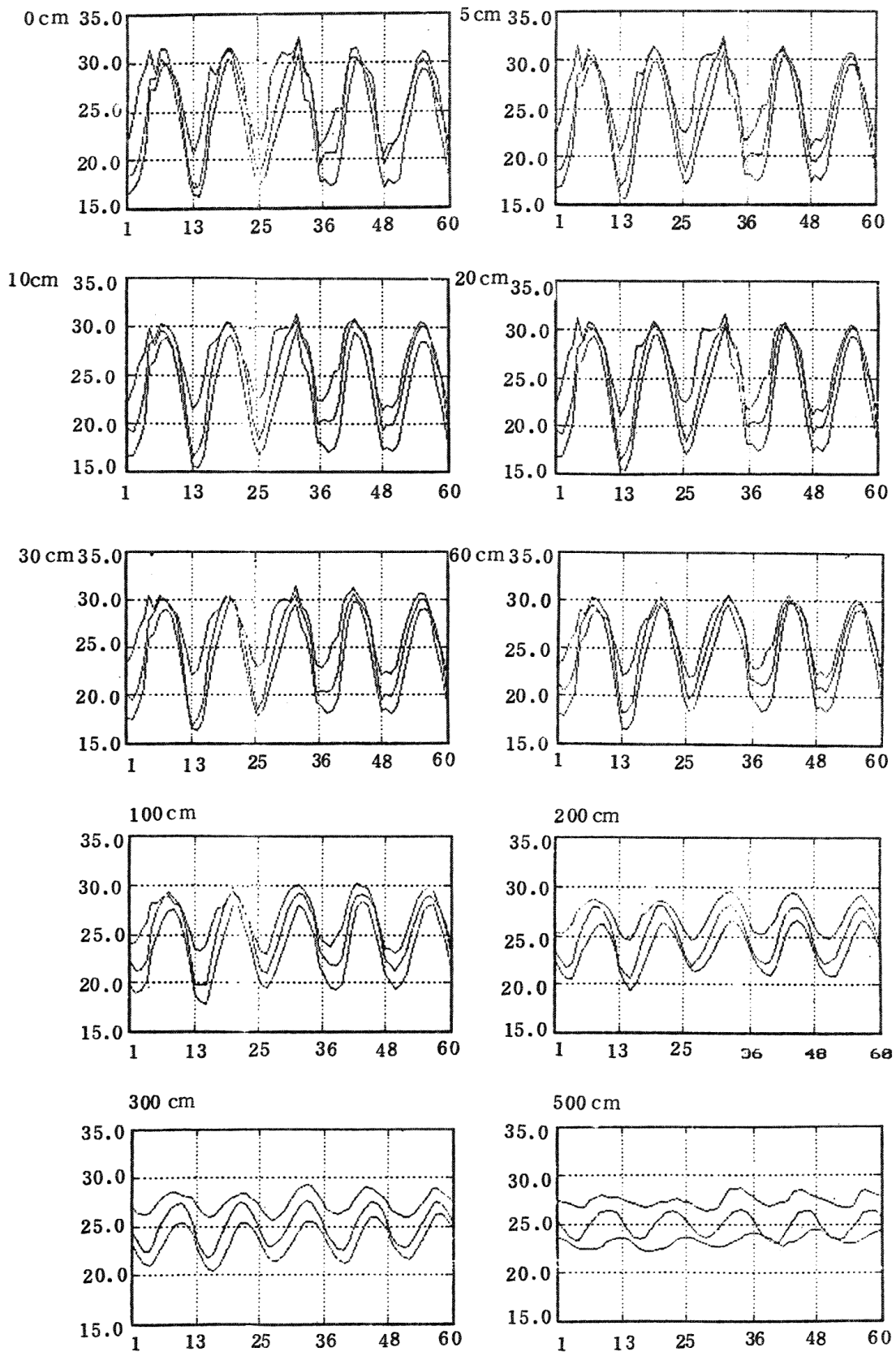


圖 3-5-8 臺北、臺中、恆春測站，同深度土壤的溫度曲線比較

### (1)土壤溫度的變化隨緯度產生的延遲

由圖中的 3 條曲線，我們可以看出月均溫高峯的左側，3 條曲線較疏鬆，右側較密集，這明顯是台北及台中測站的溫度變化延遲所造成。此現象深度愈大愈明顯，在 500cm 深度的溫度曲線比較中，我們甚至可以看出月均溫最高峯的延後。

由此知緯度較低的恆春，在一年之中，較早受到日射的影響，比緯度較高的台北及台中其土壤溫度的變化要提早。

### (二)土壤溫度與緯度的關係

由圖中，我們可以看出 3 個測站的溫度曲線有高低之分，最下方的是台北測站，最上方的是恆春測站。

由 100cm 深度之後的曲線圖中，我們可以看出，受緯度的影響，會使台北及恆春的平均地溫相差 4℃ 以上。

## 七、研究展望

本研究已定量的找到各深度土壤溫度變化受表層的影響，以及植被覆蓋有無對土壤溫度的影響。由此我們可以積極的由表層溫度來控制土壤整體溫度的變化，並可預測其變化。

## 評語

- (一)思考過程縝密，有完整的觀測資料與記錄。
- (二)表達能力很好，富有鍥而不捨的科學態度。
- (三)兼具學術性與實用性的價值，可提供農業作物與生產的參考指標，增進農產品質。
- (四)建議有後續的研究與更長時間的觀測資料。
- (五)推荐參加明（82 學年度）資優生保送大學的甄試。