

蔗田灌溉對於地溫及根系分佈之影響

Influence of Irrigation Treatments on Soil Temperature and Root Development in Upland Sugarcane Field

張 玉 鑽*

Yu-Tsuan Chang

This is to report the influence of irrigation to soil temperature and root development in upland sugarcane field.

The experiment was conducted from Sept. 1960 to Feb. 1962 on the farm of Taiwan Sugar Experiment Station. The soil texture of the field is sandy loam in surface soil and sand in subsoil. The data obtained are summarized as follows:

- 1. The decrease of soil temperature in the irrigated area is 1.41°C (average) (Max. 4.1°C , Min. 0.6°C) larger than the non-irrigated area.*
- 2. The rate of decreasing temperature in the area with irrigation before earthing-up was higher than that of in the area with irrigation after earthing-up*
- 3. During the growing period, irrigation enhanced the roots greatly.*
- 4. As to the point of root zone, the distribution of roots was seen deeper and broader in the non-irrigated blocks than in the irrigated blocks.*

一、引 言

旱地之適時適量灌溉在消極方面不但能防止作物之旱害，於積極方面能增加作物收量，惟其灌溉效果之高低尚可於當時之氣象或植株性狀左右之，因此欲求合理灌溉及灌溉效果之提高，必須要明瞭兩方面之互相關係才能達到。筆者為探明是項問題起見，特就蔗田灌溉與否對於地中溫度之垂直分佈狀態，灌溉後逐日變化趨勢及甘蔗根系分佈情形之關係在實地研究之，俾供旱地合理灌溉參考之用，懇冀明達不吝指正，無任感幸。

二、供試材料及方法

本試驗自1960年9月至1962年2月止，於臺灣糖業試驗所臺南農場北一東一號蔗田實地研究試驗之，試驗區之質地表土為砂壤土，底土為砂土，土層之共境線在地面下40公分左右處。測定畦之田間規格為行長5.5公尺，行距1.37公尺，株距0.4公尺，三行區，不設重複，在精密管理下，以單區比較，品種為F147，田區之一切作業管理除灌溉處理以外，均照本所之甘蔗栽培一般規定行之。甘蔗種植日期為1960年9月

13日，收穫日期為1962年2月24日。試驗處理分為有灌溉區及無灌溉區兩種，前者即為根據水面蒸發量並配合降雨量（設某日如有蒸發量又有雨量者，就蒸發量減掉降雨量，餘者為實得蒸發量）做為實施灌溉標準之依據，以實得蒸發量合計達60公厘時即行灌溉一次，而每次灌溉水量不分甘蔗生育階段一律灌溉60公厘，後者之處理一律未行灌溉。試驗區每一小區中間一行，在植溝之中心位置中，自1961年2月1日，就不同深度土層中埋置離地面5、10、20、30、40、50公分深度各一支地中溫度計，並於每日上午九時，按時觀測處理間不同地溫之變化值。至於收穫時，將甘蔗地上部之各種性狀調查以外，尙就處理間之蔗畦掘剖面到2公尺深度，調查根系之分佈情形，以探明灌溉與否對於根系之分佈性狀。

三、試驗結果

1. 灌溉與否對於地溫之影響情形

自1961年2月起至1962年2月止，一年中曾實施10次之灌溉後，看其處理間之不同深度及逐日之地中溫度變化，每一數字均以無灌溉區數值減去有灌溉區之

* 臺灣糖業試驗所種藝系灌溉排水研究室

數值結果，分爲培土前（2—4月），培土後（5—2月）及總平均（2—2月）結果列如第1、2、3表，並就總平均值之5、10、20公分深度之降低地溫數值繪成曲線列如第1圖。

第1表：灌溉後不同土層之地溫降低數值（2—4月平均值 $^{\circ}\text{C}$ ）

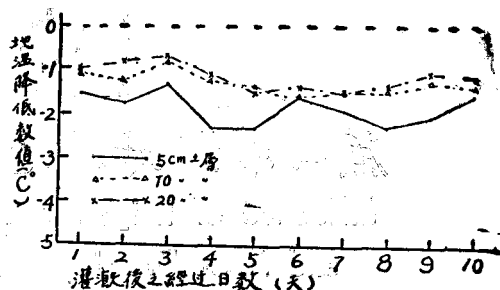
深度 灌溉後 經過日數	5cm	10	20	30	40	50	平均
1 天	2.0	1.1	0.8	0.8	2.1	1.7	1.41
2	2.4	1.3	0.6	1.1	1.9	1.7	1.50
3	1.9	1.1	0.9	0.7	1.2	1.8	1.26
4	3.4	1.9	1.5	1.8	1.5	2.4	2.08
5	3.2	1.7	2.1	1.8	2.4	1.2	2.06
6	2.0	1.4	2.0	1.4	1.6	1.5	1.65
7	2.8	1.9	1.8	1.3	2.1	1.8	1.95
8	4.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.2	2.51
9	3.2	1.7	1.1	1.8	1.9	2.1	1.96
10	2.4	1.7	1.5	1.5	1.8	2.2	1.85
平 均	2.74	1.59	1.45	1.44	1.88	1.86	1.82

第2表：灌溉後不同土層之地溫降低數值（5月以後之平均值 $^{\circ}\text{C}$ ）

深度 灌溉後 經過日數	5cm	10	20	30	40	50	平均
1 天	0.9	1.0	1.1	0.7	0.8	0.7	0.86
2	0.9	1.0	1.0	0.7	1.4	1.4	1.06
3	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	0.9	0.58
4	1.1	0.7	0.7	0.7	0.8	1.1	0.85
5	1.3	1.1	0.8	0.9	0.9	0.9	0.98
6	1.1	1.1	0.8	0.9	1.0	0.9	0.96
7	0.9	1.1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.18
8	0.5	0.8	0.6	0.6	1.1	1.2	0.80
9	1.0	0.9	1.0	1.1	1.2	0.9	1.01
10	0.8	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.91
平 均	0.91	0.91	0.84	0.83	1.01	1.04	0.92

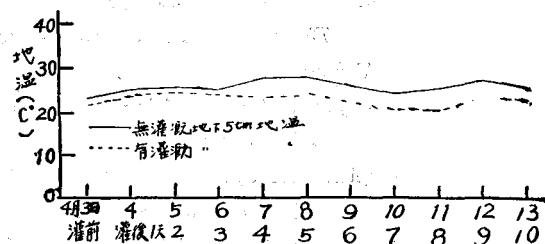
第3表：灌溉後不同土層之地溫降低數值（總平均值 $^{\circ}\text{C}$ ）

深度 灌溉後 經過日數	5cm	10	20	30	40	50	平均
1 天	1.5	1.1	1.0	0.8	1.5	1.2	1.18
2	1.7	1.2	0.8	0.9	1.7	1.6	1.31
3	1.3	0.8	0.7	0.7	0.9	1.4	0.96
4	2.3	1.3	1.1	1.3	1.2	1.8	1.50
5	2.3	1.4	1.5	1.4	1.7	1.1	1.56
6	1.6	1.6	1.4	1.2	1.3	1.2	1.38
7	1.9	1.5	1.5	1.3	1.8	1.6	1.60
8	2.3	1.5	1.4	1.4	1.7	1.7	1.66
9	2.1	1.3	1.1	1.5	1.6	1.5	1.51
10	1.6	1.4	1.2	1.2	1.4	1.6	1.40
平 均	1.86	1.31	1.17	1.17	1.48	1.47	1.41



第1圖：灌溉後地溫降低曲線（總平均值）

又4月3日至4月13日之兩處理間5公分深度地溫實測值列如第2圖。



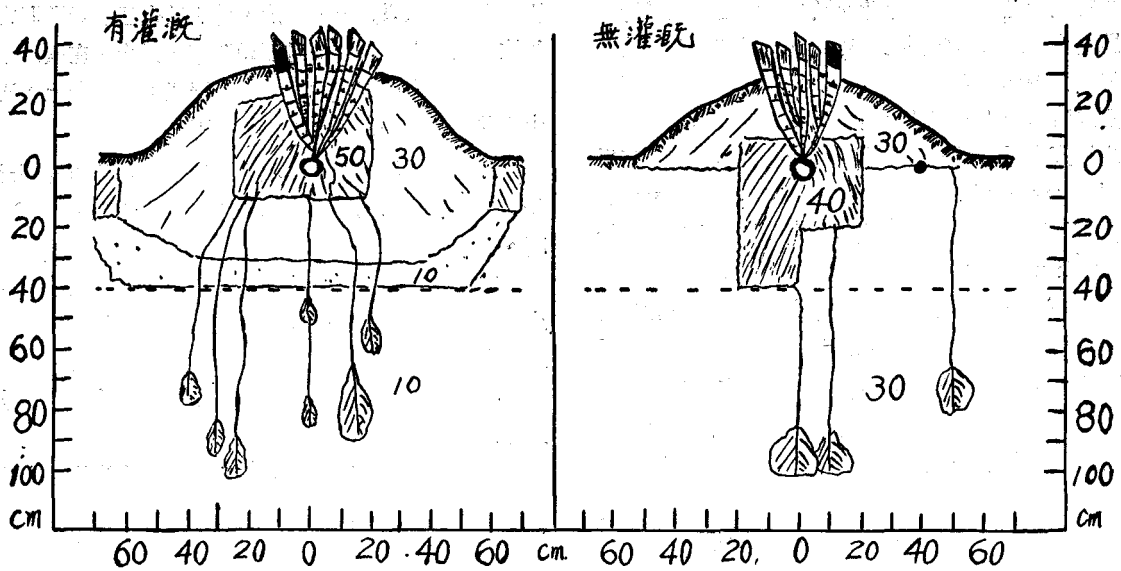
第2圖：處理間逐日地溫變化實測值（5cm深度）

根據上列三表及第2圖結果可知，無論任何灌溉時期，實施灌溉區之地溫均較無灌溉區地溫爲低，平均達攝氏1.41度最多達4.1度，最少也在0.6度，且大培土以前之二月至四月間之降低數值比較爲大，尤其在土表面者愈大，5公分深度者較10公分深度，相差1倍左右，灌溉後經過4~5天或8天後之地溫，略有降到最低數值之趨勢，惟培土以後之五月至翌年二月間之影響數值較少，且土層差異，灌溉後經過之不同日數間之差異也不明顯。

2. 灌溉與否對於甘蔗根系分佈情形之關係

甘蔗收穫後掘蔗畦剖面調查不同土層部位之根系分佈情形，並就處理別以圖示及照相實況列如第3圖及相片1、2。

由下列相片實況及圖中之根系分佈情形可看出，生育期間中有實施灌溉之甘蔗根系之分佈面積廣且發達尤甚旺盛，反之無灌溉之甘蔗根系少，面積不大，但比率言，分佈位置在深層之根系較前者爲多。根系之主要部位，灌溉區以蔗苗爲中心向上26公分，向下10公分，左右20~25公分之範圍內，而無灌溉區則在以蔗苗爲中心向上10公分，向下45公分，左右20公分之範圍內者，根系量兩處理間均佔總根系量之40~50%左右。在底土之砂層中之根系量，雖然灌溉區較無灌溉區爲多，但以處理間之總根量看，無灌溉區則佔



第3圖：灌溉與否對於甘蔗根系之分佈情形圖（圖內各數字為該部份之根系量比率）



相片 1. 有灌溉對於根系分佈之實況



相片 2. 無灌溉對於根系分佈之實況

30%左右，而灌溉區僅佔為10%左右，是項根系雖然位置都在蔗苗下1公尺深之土層中，但甚為粗大而根毛尤為特多，一見就可知為吸收力甚強之根系，故無灌溉區之表土層土壤水分，經常在甚乾燥之環境下，仍未發見枯死之主要原因，絕對與此項根系之吸水功效有密切之關聯，是不可否認之事。

3. 灌溉與否對於甘蔗收穫成績之關係

就1961年2月至1962年2月止就蒸發量配合降雨

第4表灌溉與否對於甘蔗原料產重關係

處理	項目	莖長 (公尺)	莖徑 (公分)	原料莖數 (支/公頃)	原料產量 (公斤/公頃)指數
無灌溉區		2.74	2.52	50,426	65,620 (100)
有灌溉區		3.27	2.93	82,274	111,402 (170)

量標準下，實施蔗田灌溉與否對於甘蔗收穫成績之結果列如第4表。

根據上述各項結果，顯示灌溉無論對於原料莖長，莖數及產量都有甚佳之幫助。

四、討 論

蔗田之適時適量灌溉能對於甘蔗生育及產量有利益，不外因灌溉以後可幫助土壤中之各種要素易溶解，利於甘蔗之利用，並促進甘蔗之吸收能力所致，是項必須要有內外因素之配合，方能達到最佳之目的。其外在因素中以水分，溫度最為主要，田口(1962)⁸⁾，小田(1961)⁷⁾指摘土壤濕度甚佳之環境中，地溫奇低時，土壤水分增加粘稠度，減少蒸發壓而減少水分移動，且根之細胞原形質粘稠度也增加，

終之細胞生理滲透作用因此而減少，惟溫度上昇時，有關於生育之體內各種化學變化及生長速度隨溫度而上昇，但超過適宜溫度後，體內之蛋白質因以高溫而變質或酵素發生不活性化而阻害生長，其變化可因溫度之增高愈為嚴重，故作物生育環境之適宜與否甚為重要。Ryker 及 Edgerton (1931)²⁾ 於夏威夷指出甘蔗最低溫度約為攝氏 12 度，Halais (1935)³⁾ 於 Mauritius 謂之甘蔗基本溫度為攝氏 15 度，玉井 (1956)⁶⁾，玉井，池畑 (1943)⁵⁾ 於臺灣指出甘蔗之開始凋萎地溫為攝氏 8 度，適宜溫度在攝氏 30 度附近。因此張、劉 (1962、1963)^{11、12)} 就臺南蔗田灌溉試驗結果，獲得生育初期之灌溉效果很差，除此時之甘蔗需水量較少外，因低溫時期再行灌溉後更為降低地溫，發生灌溉有害於甘蔗之吸水所致，由本試驗結果推想到生育旺盛期之灌溉效果特大，除本身之需水量較大外，甘蔗在此時受到高溫及乾燥之二種惡劣條件下，因為行灌溉不但能補充水分，降低較高之地溫終之促進吸收之效果，以本文灌溉能降低地溫之事實言，甚符合理論及實情。中川 (1962)⁹⁾ 在日本試驗結果指出旱地灌溉後較無灌溉可增加土壤熱容量，提高熱傳導度，溫度傳導率及因蒸發增大而增加熱損失，隨之不容易提高地溫上昇及能防止地溫之上昇均符合本文灌溉區之地溫較無灌溉區為低之結論。

甘蔗之各項養料及水分之吸收完全依賴於根系，其發達及分佈之良好與否直接可左右地上部之生育，張 (1962)¹⁰⁾ 曾就五種甘蔗品種在鉢植中做不同灌溉處理之比較試驗結果，證實蔗莖重量與根系重量之關係為正相關，而適宜灌溉處理無論何種品種，其根系量及蔗莖重量都較不適宜灌溉處理為多。夏威夷 Lee (1926)¹⁾ 就 H109 研究所得之結果，謂蔗田實施適宜灌溉後，甘蔗根系總量佔 50% 以上均分佈在 20 公分表土層中，較深土層內者其減少程度尤為顯著，均於本文灌溉與否對於根系分佈情形或根系與產量關係甚為符合，也進一步證實本文之田間試驗結果甚符合前文¹⁰⁾ 鉢植試驗結果。

五、摘 要

本文報告蔗田灌溉對於地溫及甘蔗根系分佈情形之關係，其目的為探明蔗田實施灌溉後，能對於不同土層深度及逐日地溫之變化，或於栽培期間中有否實

施灌溉對於根系之分佈情形，俾能供合理灌溉準則之依據。試驗自 1960 年 9 月至 1962 年 2 月止，在臺灣糖業試驗所臺南農場進行，田區土壤表土為砂壤土，底土為砂土，茲將調查結果摘要如下：

1. 實施灌溉區較無灌溉區之地溫平均可降低攝氏 1.41 度，最多降低達攝氏 4.1 度，最少降低在攝氏 0.6 度。
2. 甘蔗大培土前實施灌溉後之地溫降低數字較培土後之數字為大，且最淺層之 5 公分處之降低數字尤為最大。
3. 生育期間中實施灌溉者，較無灌溉甘蔗之根系分佈面積為寬且多。
4. 以主要根系範圍言，無灌溉區之分佈位置較灌溉區為深，且下層根系量所佔之比率，無灌溉區也較灌溉區為多。

六、參考文獻

1. Lee, H.A. 1926. Progress report on the distribution of cane roots in the soil under plantation conditions. Haw. Plant. Rec. 30:511-519. (Ref. Dillewijn, C.V. 1952)
2. Ryker, T. C. and Edgerton, C. W. 1931. Studies on sugarcane roots. Louis. Agric. Exp. Sta., Bull. 223: 36. (Ref. Dillewijn, C.V. 1952)
3. Halais, P. 1935. Un nouvel indice de climatologie agricole. Rev. Agric. Mauricie, 80:44-49. (Ref. Dillewijn, C.V. 1952)
4. Dillewijn, C. V. 1952. Botany of Sugarcane. P.118 Chronica Botanica Co. U.S.A.
5. 玉井虎太郎，池畑勇作，1943，甘蔗の伸長生長と溫度關係曲線，臺灣蔗作研究會報 21(6): 181—
6. 玉井虎太郎，1956，果樹の水の收支關係について，果樹研究 1: 80—87。
7. 小田桂三郎，1961，根系と環境要素，戶荊他編作物生理講座 3: 23—24。朝倉，東京。
8. 田口亮平，1962，作物生理學 P. 116, P. 475。養賢堂，東京。
9. 中川行夫，1962，畑地灌溉と微氣象，畑地灌溉 46: 9-11。
10. 張玉鑽，1962，甘蔗灌溉實施標準之商榷，水利通訊 9(4): 2—4。
11. 張玉鑽，劉步達，1962，蔗作經濟灌溉方式之研究，臺灣糖業試驗所研究試驗報告 50—51 年期，PP.52—56。
12. 張玉鑽，劉步達，1963，蔗作經濟灌溉方式之研究臺灣糖業試驗所研究試驗報告 51—52 年期，PP.