

灌漑による地象の調節について

第1報 農村施設の気象環境改善に関する研究

中原 孫吉・中山 敬一

(第二工作研究室)

M. NAKAHARA and K. NAKAYAMA : On the Soil Temperature and Moisture Controls by Field Irrigation.

(1) Studies on the Control and Improvement of Microclimate in the Farm Field.

まえがき

われわれは営農にあたり、作物の生育を良好な環境条件におくために、微気候をいろいろと調節したり、あるいは改善する試みを行っているが、これらに関する調査や研究も行われ、多くの報告も公にされている。

筆者らが行った畑地かんがいも微気候の改善に関する事項に属するから、こういう立脚点から昭和32年度の試験を考察してみたいが、紙数の限定があるため、生産された果実を中心とした考照に止めた。

実験方法

実験は千葉県我孫子町農電研究所圃場で、供試作物として茄子(品種へた紫)を用い、昭和32年5月中旬より10月初旬まで実施したが、その概要は次のようである。

1. 圃場条件

一区画は3坪で、コンクリート枠で隣区と境をし、枠は地下約50cm埋没、地表に10cm位出した。

試験区の割当ては第1図のとおりである。土壤条件は火山灰土と砂質土区とし砂質区は西側6区に設け、表土30cmの深さを砂質土(川砂)に置き換えた。試験区以外に対照区を設けたが、これは木枠で囲んだものである。灌水条件は夜間区と昼間区、無処理区及び敷藁区を設けた。これを表示すれば次のようであるが、今後本文では第1表に掲げるような記号を使用する。

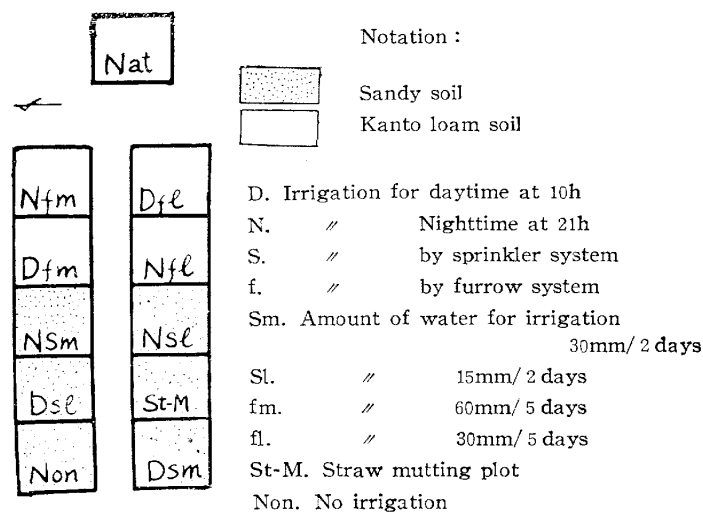


Fig. 1. Design of plots in our experiment.

第 1 表 試 験 圃 場

土壤名	か ん が い					記 号	備 考
	撒水方法	1日当り灌溉水量	間断日数	1回の灌溉水量	時 間		
砂 質 土	ス プ リ ン ク ラ ー 水	15mm	日	30mm	時 10	Dsm	
		7.5		15		Dsl	
		15	2	30	21	Nsm	
		7.5		15		Nsl	
	敷薬をし, 無灌溉					St-M	枯死寸前に
	無 灌 溉					Non	灌水する
火 山 灰 土	畦 間 灌 溉	12mm	日	60mm	時 10	Dfm	
		6		30		Dfl	
		12	5	60	21	Nfm	
		6		30		Nfl	
	対照区として設けたもの 自然状態で放任					Nat	

2. 耕 種 条 件

a. 耕作関係

2月上旬苗床播種, 5月16日本植(畦間3尺, 株間2尺で1区10本植)

b. 施 肥

元肥(1区当り)

味の素粕 0.24貫, 魚粕 0.05貫, 硫安 0.1貫, 過石 0.17貫, 硫加 0.1貫

追肥(1区当り)

第1回 5月30日 硫安 0.1貫

第2回 6月20日 味の素粕 0.08貫, 過石 0.05貫

第3回 7月16日 魚粕 0.05貫, 硫安 0.05貫, 硫加 0.05貫

第4回 8月10日 味の素粕 0.08貫, 硫安 0.05貫, 硫加 0.05貫

第5回 9月7日 硫安 0.1貫

c. 生育調査 草丈及び茎の太さの測定を行う

V月19, 30日 VIII月3, 14, 25日

VI月9, 19, 30日 IX月5, 15, 26日

VII月11, 22日

d. 収 穫

7月3日より毎朝適当と思われるものを採り, 重量と容積を測定した。生育及び収量調査は各区より両端各列2本ずつを除外した6本につき, 各測定値の平均或は合計値を算出した。

e. 灌水日及び灌水時間

灌水は火山灰土区と砂質土区によってちがう。火山灰土区は第1回灌水を7月15日に行ない, 以後9月3日までの間5日間断灌溉を11回に亘り実施したが, 一方砂質土区は7月15日第1回灌水後, 隔

日に灌水し，9月5日まで27回灌水を実施した。

灌水時刻は昼間区は10時，夜間区は21時に，1回の灌水量は砂質土区のm区は1回30mm，1区は1回15mm，火山灰土区のm区は1回60mm，1区は1回30mmで，1日当りの灌水量は砂質土区は15mm，火山灰土区は12mmを基準としたもの（m区）とその半量（1区）を灌水した。なお，7月15日より8月31日までの間処理区は降雨時には千農式ビニールハウスの枠を利用してビニール被覆をし，雨による灌水を避けた。対照区は自然の降雨状態に放任し，人工的な灌水を行わず，無処理区及び敷薬区も枯死にひんすと思われた時のみ灌水した。

3. 土壌水分及び気象測定

土壌水分の測定は石膏プラグを使用し，毎日9時1回プラグの重量の増減より土壌の含水率を測ったが，測定部位は次の通りである。

第2表 土 壌 の 含 水 率 測 定 部 位

区名	部位	地下	地下	地下	区名	部位	地下	地下	地下
Dsm	地表	10cm	20cm	30cm	Dfm	地表	10cm	cm	cm
Nsm	地表	10			Dfl	地表	10		
Dsl	地表	10			Nfl	地表	10		
Nsl	地表	10			Non	地表	10	20	30
Nat	地表	10	20	30	St-M	地表	10	20	30

気象及び地象状況は試験圃場の隣接西側にある露場の測定値を利用し，地温は6月2日より7月16日までと，8月1日より10月11日までの各期間に亘り砂質土区及び火山灰土区において，地表，地下15cm及び地下30cmの各地点で6点式電子管温度計によって測温した。

実験結果及び考察

第2図は7月11日より10月9日まで10日毎に，採果された果実の個数と，その重量の変化を，実験区中7区について示したものである。7区中，Dfm, Nfm及びNat区は火山灰土区で，残りの4区は砂質土区である。

今対照区であるNat区を除外して考察を進める。灌水試験処理前の7月11日までと処理中の9月上旬まで並に処理後の3つの期間の採果数に分けて考えると，火山灰土区よりも砂質土区の方が常に収果個数も多く，従って全重量も多くなっている。

DsmとNsm, DfmとNfm及びDsmとDfm区の相互間では危険率1%で有意差が認められているので，同じ量の同じ灌漑方法では昼間区よりも夜間区の方が収果は多いことが考えられる。砂質土区の方が火山灰土区よりも一般的に見ても収果数も多く，収果

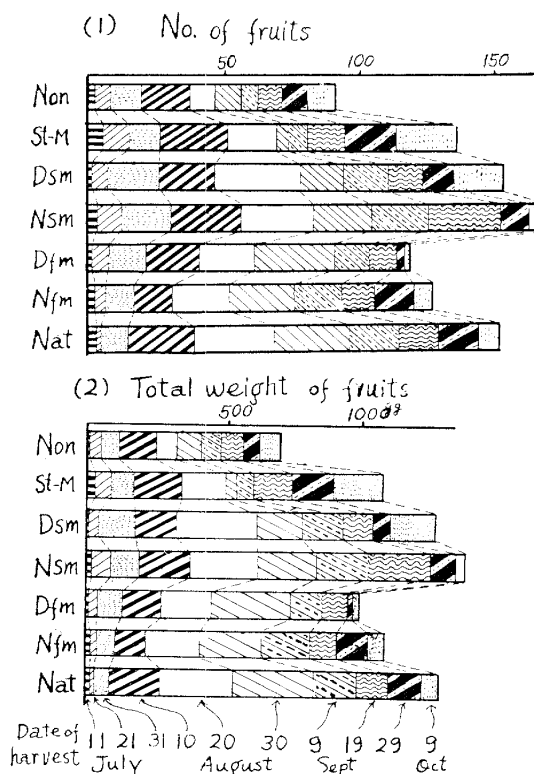


Fig. 2. Total yields of egg plant in each plot by every 10 days.

数の変動状態からみても採果の最多の山は砂質土区の方が1旬早く出現している。この傾向は無処理区や敷藁区にも適用され、対照区の場合は同一に取扱えないが、大体の傾向だけは火山灰土区と通ずるものがある。

このような処理別の結果は収穫された果実にも現われており、形状及び比重においても次表のような差異が現われている。

第3表 果実の形状及び比重
(8月中旬採果のもので測定)

項 目	Dfm	Nfm	Dsm	Nsm	St-M	Non	Nat
横径 (cm)	4.8	4.8	4.95	4.8	5.0	4.8	4.7
縦径 (cm)	13.0	12.8	12.6	12.9	11.6	11.6	13.4
縦/横	2.7	2.7	2.5	2.6	2.3	2.4	2.8
比 重	0.68	0.70	0.69	0.69	0.68	0.64	0.67

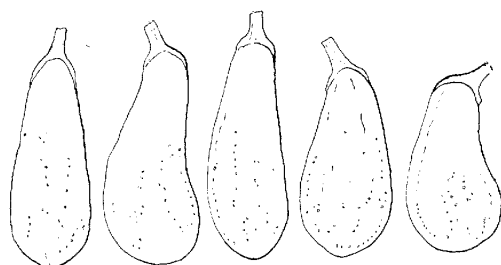


Fig. 3. Longitudinal sections of the fruits.

第4表 1日当りの収果数 (dN/dt)

月	旬	火山灰上			砂質土			
		Dfm	Nfm	Nat	Dsm	Nsm	St-M	Non
7月	上	0.1	0.2	0.3	0.1	0.3	0.5	0.2
	中	0.6	0.4	0.2	0.6	1.2	1.0	0.6
	下	1.4	1.0	0.9	1.9	1.5	1.2	1.1
8月	上	2.0	1.5	2.5	2.1	2.6	2.5	1.9
	中	2.0	2.1	3.0	3.1	2.7	1.8	0.9
	下	3.0	2.4	2.8	1.7	2.2	0.4	1.0
9月	上	1.3	1.8	1.8	1.6	2.0	0.7	0.6
	中	1.0	1.2	1.4	1.2	2.7	1.5	0.9
	下	0.3	1.4	1.5	1.2	1.1	1.8	0.9
10月	上	0.2	0.7	0.8	1.8	0.5	2.2	1.0

月近くになっている。このことは第4表の数値によっても知られるが、砂質土区では採果の最盛期が早まることの証拠であろう。

以上は数字に示された成果であるが、実際圃場においては一層これが明瞭に示されている。草丈、茎の太さその他のものによってもこれが証明されており、土壌環境ことに地象状況の差異がこれをもたらしたものと推定される。従って筆者等は地象条件について考察してみよう。

照射された太陽エネルギーが大地面で熱に変えられる効率には土壌の色によってちがう。これがため地表

* Nは総個数、tは日数で本報では10日とした。

果実の形状はこのように無灌水区と灌水区との間に差異が認められるので、その一斑を示すために第3図を掲げる。これを見ると灌水区は何れも狭長な形状を示しているが、無灌水区は短小な形状をとっている。

果実の1日当りの収果数 (dN/dt)* を第4表に掲げる。採果は10日毎に行ったからその日が当る旬名をつけた。

表によれば、最大値は対照区を除けば大体砂質土の灌水区が1旬早くっており、無灌水区がさらにそれより1旬早い。対照区も大体8月中下旬に最大が現れているので、多少砂質区よりも遅れるか殆んど同じ位であるが、重量の方からみると下旬に最大が現れている。このように砂質土区は同じような耕種の管理状況でありながら採果の最盛期が早くなっている。さらに第4表の傾向を見易くするために、 d^2N/dt^2 、すなわち1日当りの収果率を示すと第4図を得る。砂質土区の無灌水の St-M 及び Non の両区では8月上旬まで正を示しているがそれ以後負である。しかし9月になると正にもどる。他の砂質土区でも傾向は同様であるが火山灰土区では、負を示す時期が9

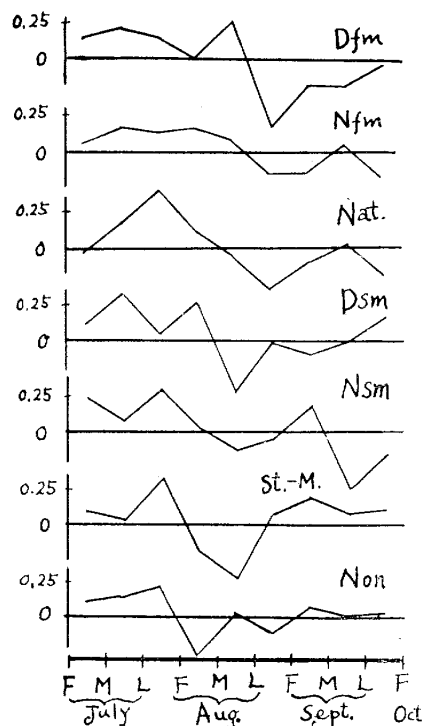


Fig. 4. Course of d^2N/dt^2 by ten-days.

同じ期間について地温の毎月の最高温度と最低温度の変化状況を砂質土区(Nsm)と火山灰土区(Dfm)について示すと第6図のようである。

これによると砂質土区では火山灰土区よりも晴天の日は高温となるが、雨天の際にはそれ程の開きはない。一方最低温度については最高温度程の開きは認められない。

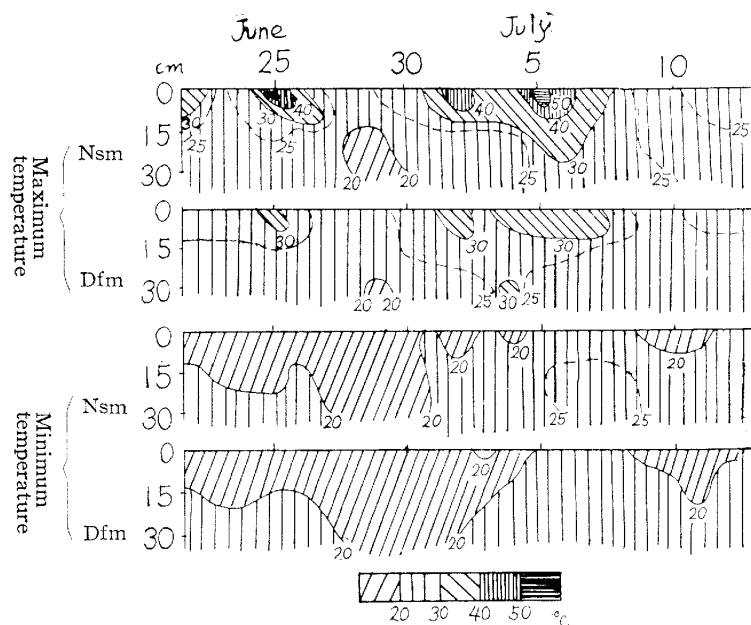


Fig. 6. Daily course of ground temperature in each plot.

このため観測資料がある8月1日より14日までの期間について調べてみよう。無灌漑区と砂質土区および同じくらいの灌水量があるDsm区とDfm区について、地表及び地下10cmの部位の最高及び最低温度を取上げて、それぞれのちがいを算出し第5表に掲げた。なおそれぞれの区と各部位の最高温度の差及び最低温度の差を第7図に示した

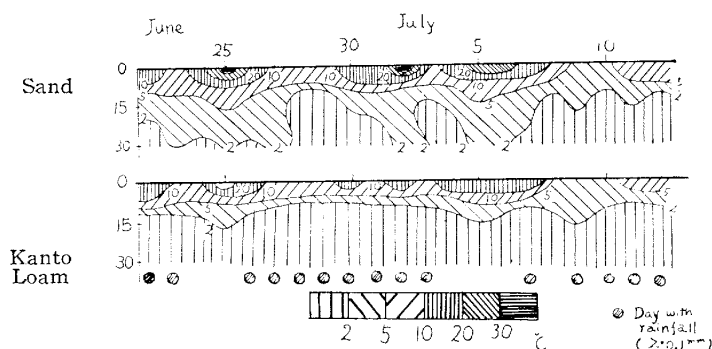


Fig. 5. Course of daily ranges of soil temperature ($^{\circ}C$) at Sandy soil and Kanto loam soil.

温の昇温及び降温にいろいろの粉末が利用されていることは多くの報告(1,2,3)によって知られる事実である。地表面の砂と火山灰の2つの土壌の差異による地温の変動状況を知るため、第5図を掲げる。これは6月末より7月上旬にかけての砂質土区と火山灰土区における地下30cmまでの地温の日較差を示したものであって、地表面近くの砂質区での日較差は火山灰土区よりも大きく、また天気状態によつての差異も判明する。

これらから、当然のことであろうけれど、地表附近の地温は砂質土区の方が火山灰土区よりも高温を表しているが、日較差も晴天程大きいことが判り、これが茄子の生育及び収果に影響を与えていることであろう。

そこで灌水の地温に及ぼす影響、また同じくらいの灌水量の場合、土壌のちがいによる地温の状況及び土壌中の水分状態などを調べる必要がある。

このため観測資料がある8月1

が、図中の数字は第5表の温度の差にある欄の数字と同じものを示している。

第 5 表

処理区 部位 温度 月 日	Non — Dsm				Dsm — Dfm			
	地 表		地 下 10cm		地 表		地 下 10cm	
	1 最高温度 の 差	2 最低温度 の 差	3 最高温度 の 差	4 最低温度 の 差	5 最高温度 の 差	6 最低温度 の 差	7 最高温度 の 差	8 最低温度 の 差
8月1月	4.0	1.5	1.5	0.5	9.5	1.5	6.0	2.0
2	13.0	2.0	2.0	-0.5	5.0	0.5	5.5	2.5
3	4.0	1.0	0	4.0	13.5	1.0	7.0	0
4	16.5	1.0	9.0	1.5	1.5	1.0	2.0	1.0
5	4.5	1.0	0	3.5	20.5	0.5	6.0	-0.5
6	12.0	-1.0	9.0	1.5	-1.0	1.0	1.5	0.5
7	7.0	1.0	2.5	-2.0	13.0	0	4.5	-1.0
8	0	0.5	1.0	0	0.5	0	1.0	1.0
9	1.5	0	1.5	0.5	4.5	1.5	4.0	-0.5
10	3.0	0	1.5	1.0	-1.0	1.0	2.0	0.5
11	3.0	0	1.5	5.0	0	0.5	2.0	0
12	5.5	1.5	4.0	1.0	8.0	1.0	4.5	0
13	2.5	1.5	1.5	2.0	2.0	1.5	6.5	0
14	10.0	0.5	13.0	1.5	6.0	1.5	4.0	0.5
平均	6.2	0.6	2.3	1.4	5.9	0.9	4.0	0.4

第7図には最下部に降雨状態の図示を附加してある。砂地の無灌漑と灌漑による地表及び地下10cmの毎日の最高及び最低の温度の差は表及び図のようであるが、14日間の平均では第5表の値のように地表においては灌漑区は無灌漑区よりも最高温度で6.2°C低温で、最低温度も平均して0.6°C低い。地下10cmでも灌漑区の方が最高及び最低温度でそれぞれ低温を示している。これは灌漑することによって地温が低下することを意味している。

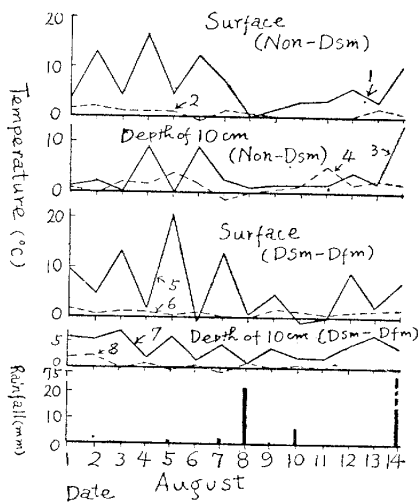


Fig. 7. Difference of the soil temperatures both maximum and minimum at a surface and a depth of 10 cm.

図中曲線についている1~8の数字は第5表の1~8欄までのものを示した。

土壌のちがいによる地温の差異もやはり第5表の右側の (Dsm — Dfm) の値より判るが、砂質土区の方が火山灰土区よりも

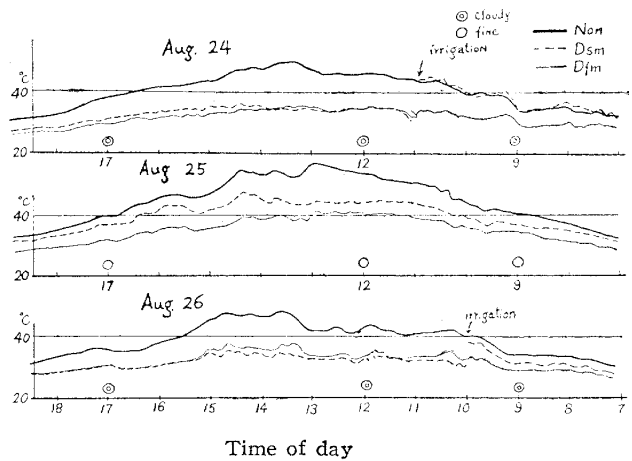


Fig. 8. Daily course of surface temperature at Sandy soil and Kanto loam soil.

高温を示している。

以上は14日間の平均値を問題にしてのことであるがさらに時間的变化を考えてみよう。その一例として第8図を掲げた。8月24日から3日間の主として日中の地表温度の変化を示したもので、8月24日は Dsm 及び Dfm の灌漑日であるが、灌水前までは、砂質土区の地表では無灌漑区も灌漑区も同じような温度変化を示しているが、一度灌漑をすれば急に温度も低下し大体火山灰土区と同じくらいの温度変化の曲線状況を現出する。翌25日は Dsm と Dfm とは温度変化でもちがってくるが、まだ Dsm 区は Non 区程には昇温しない。8月26日は Dsm は Non 区に近い変化状態であるが、灌漑することによって再び低温となる。しかしながらこの日は Dfm 区は灌漑日ではないので温度変化も Dsm 区よりはやや高温を示したわけである。

このようにして灌漑することによって温度低下の効果が認められるが、砂質土区では2日位経過すればすぐに再び無灌漑区の変化状態に近づこうとすることが認められるわけである。無灌漑と灌漑両区の温度変化の開きは晴天程大きいことが判る。

灌漑については水温のことも問題になる。今回の実験では7月中は日中25.5°Cより夜間は24°Cの間に含まれ、8月は29°Cより27°Cの間を変動していた。

温度について土壌水分のことを取上げねばならない。土壌水分はその測定方法について一応問題はあるが、一般的な傾向だけは充分つかみ得ることが出来よう。灌漑前からの土壌水分の変動をみるため7月10日より8月31日までの期間、地下30cmまでの無灌水区、敷藁区、Dsm及びNsmの4区について図示した。火山灰土区(Nsm)では保水力は良いが、砂質土区では保水力は悪い。そのため2日間断撒水灌漑を行ったが、それでも火山灰土区よりは含水率も少ない。敷藁区は案外無灌漑区と比べて多い。従って敷藁による保水効果が認められるわけである。敷藁をすることによって蒸発防止の効果のほか、有機質分の供給という作用もするので、無灌漑の場合は敷草が敷藁を実施すると効果があがるということが理解出来よう。

結論として灌漑することによって地温を適度に保持する可能性が判ったが、火山灰土地でも地表数cmぐらいを砂質土で覆えば砂地と同様な温度的効果をあげうるわけである。また敷草の効果も充分判明したわけである。敷草の代りにビニールで地表を被覆することも考えられる。白墨、石灰、炭素粉末などの地表撒布によって地表温の変化も可能であり、いろいろの実験報告もあるが、これと同じくらいの効果が畑地灌漑によってもたらされることを強調したい。

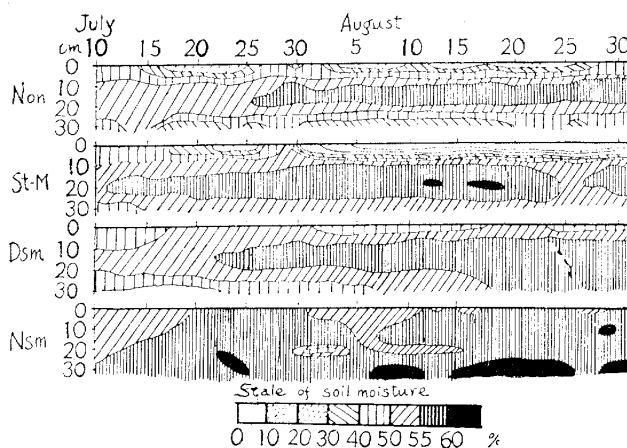


Fig. 9. Daily course of soil moisture content in each plot.

あ と が き

畑地灌漑は地中に湿り気を与える以外に、同時に地象状況を調節していることが判った。これを上手に利用して地象環境の改善に役立てることが出来る。その1例として本報告を纏めあげたものであって、気

象環境改善にはこの外いろいろのものがあるので、今後機会に恵まれるれば研究を続行したいと考えている。利用者に一助ともなれば幸甚である。

参 考 文 献

- 1) FRANKLIN, T.B.; *Climates in Miniature*. Philosophical Library, 1955.
- 2) MALIK, A.K.; The control of the microclimate for given practical purpose, *Ind, Jour. of Met. and Geo.* Vol. 2, No. 3,4, 1951
- 3) RAMDAS, L.A.; Natural and artificial modification of microclimate, *Weather*. 1957
- 4) RAMDAS, L.A.; Micro-Climatological Investigation in Indian *Archiv fur Met. Geo. und Bioklimatologie*, Series B. Band III, 1951
- 5) 鈴木, 中原, 渡辺, 中山; 畑地灌漑の農業気象並作物学的研究 (第2報). 農電研究所報告, 昭和33年8月

Summary

Field irrigation has a purpose of modification of soil temperature near the ground besides a function of control for soil moisture.

We have made a experiment concerning to the control of temperature by irrigation by means of egg plants culture in 11 plots and 2 kinds of soil available shown in Fig. 1, and obtained the results as follows.

- 1) Numbers of fruits harvested and their total weights were different by plots as well as their forms of appearance which were shown in Fig. 2 and 3.
- 2) The harvest time for plants cultivated in sandy soil were much earlier than that of Kanto loam by 10 days or more in our experiment.
- 3) By temperature diagrams shown in Fig. 5—8, we could appreciate the features of daily range of soil temperatures and the courses of hourly change of surface temperatures by each plot.
- 4) Daily courses of soil moisture content of plots were shown in Fig. 9.
- 5) We could recognize by our experiment the effect of temperature control by irrigation from Fig. 7 and Fig. 8 and also the influences of straw mutting for control of soil moisture which has an effect for moisture control as in field irrigation.