畑地の土壤乾燥型態*

山中 罔 利

(中央氣象臺産業氣象課)

1. 緒 言

先に大和田に於ける土壤水分の減少について 8 月の状況を一部報告したが、冬期及び秋期の資料を得たからとりまとめて土壤の水分減少の型態を報告する。

2. 測定の方法

a. 採土地の位地：埼玉縣北足立郡大和田町中央氣象臺出張所内圃場。

b. 土性及び土壤の狀態：火山灰土質の輕鬆な埴壤土で深さ約 20 cm に耕耘し表面を極めて平坦にする。土の粗密の程度は次に記述するような状況にする。

c. 地下水位：地表よりの深さ約 20 m。

d. 測定方法：乾燥法による (105~110°C)

e. 採土の方法：0, 5, 10 cm は圓筒形の罐を用い、それ以上の深さは檢土杖を使用した。特に細部の採土には特殊な小手を用いて詳細に採土した。測定の時刻は特に記述するものを除き 10 時である。

3. 観測期の氣象狀況

無降水日の持續に依る畑地の土壤の乾燥は、土面蒸發量と之を補う下部よりの水分の移動量によつて決定されるが、自然狀態の土面蒸發を直接測定することは出来ないから、こゝには水面蒸發量を蒸發に關係する氣象要素として参照しておく。

第 1 表 昭和 22 年 8 月の狀況

日	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
氣象要素																					
天氣持續數			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
天氣	⊗	⊙	①	①	○	○	○	○	○	○	⊙	①	①	①	⊙	①	○	○	⊙	①	○
降水量 mm	3.3	47.4	*6.7											0.1			0.4				
水面蒸發量 mm	(1.8)	(1.1)	(3.2)	2.5	2.8	2.8	2.7	2.5	3.2	2.3	2.4	2.1	(3.0)	2.5	2.8	2.9	(2.0)	2.8	3.0	2.8	3.5
水分觀測值	地表 29.6	39.3	37.4	32.9	28.3	22.4	24.6	14.2	19.1	22.3	20.7	(11.7)	18.5	22.0	18.3	15.4	15.5	14.3	16.2	9.8	10.7
(含重水量 5 厘)	29.1	41.1	40.0	37.3	34.6	34.7	35.9	33.6	35.9	35.3	35.9	33.0	36.2	37.4	32.8	35.2	35.7	34.4	35.9	32.2	32.3
(含重水量 10 厘)	32.9	41.9	40.1	38.5	36.9	35.2	35.1	37.1	37.9	36.9	34.7	37.9	38.0	36.5	36.7	37.2	35.7	36.8	34.1	32.7	

註 * 降水 9 日 0 時 47 分止む。天氣は 10 時の観測、土壤水分中 () の數字は計算上省略した。

第 2 表 昭和 22 年 10 月の狀況

氣象要素	日																								
天氣持續數	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
天氣							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
降水量 mm	☉	☉	☒	☉	☉	☒	☒	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☒	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉	☉		
水面蒸發量 mm	(0.8)	(0.8)	(1.6)	(1.2)	(1.3)	(0.3)	(0.5)	1.8	1.4	1.4	1.5	0.5	2.0	1.5	1.2	0.5	2.9	5.0	3.6	4.0	4.1	2.3	2.7	2.2	
水分觀測值 (含重水量%)	地表	37.9	37.4	37.2	41.2	39.8	38.9	39.5	40.1	38.1	37.4	36.7	36.4	33.4	34.2	35.0	33.1	34.2	28.0	30.8	27.8	29.6	32.0	28.8	30.3
	5 厘	38.1	40.4	38.9	42.4	41.2	39.8	41.1	42.6	39.8	39.1	37.8	38.7	39.7	37.5	37.6	37.2	37.1	36.2	36.0	35.2	34.6	36.5	31.3	35.4
	10 厘	37.9	40.6	39.6	41.2	40.9	39.9	41.3	42.0	40.7	39.5	38.4	39.3	39.3	38.5	37.7	37.8	37.6	36.8	37.1	36.3	36.7	37.3	37.2	36.0

註 * 降水 23 日 1 時 35 分止む。

* 昭和 24 年 8 月 6 日 日本農業氣象學會夏季例會にて發表

第3表 昭和23年2月の状況

日	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
氣象要素	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
天氣持續日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
天氣	⊖	⊕	⊖	⊕	○	○	⊕	○	○	*⊗
降水量 mm	4.8*			0.0						
水面蒸發量 (1.3) mm	3.9	2.0	2.2	2.7	2.9	3.0	3.5	2.7	2.4	
水分(含重) 地 表	41.8	34.4	34.7	26.3	23.7	25.2	24.0	28.8	24.7	18.9
水分(含重) 5 厘	41.2	39.3	38.1	37.6	37.9	36.7	37.3	37.6	37.1	37.4
水分(含重) 10 厘	40.9	39.6	38.7	37.4	38.4	37.9	37.3	37.9	38.5	38.1
水分(含重) 測率% 值										

註 * 降水6時20分止む。全期間霜柱が発生した。

4. 第1日目の水分含量

降水が止んだ第1日目の10時の観測値は、その間の氣象状況及び時間の長短に左右されるが、上記測定値は夜間降水が止んだもので、減少曲線を求める場合の第1日目の水分含量は、各測定期のそれぞれの月の降水中止後の第1日目の測定値を平均して求めた。各期の平均測定値は第4表のようである。

第4表 第1日目の水分含量。
2月は各深さ共霜柱の発生による氣象的影響により大きな値を示している。

深さ	地表	5 cm	10 cm
8 月	38.6%	39.6%	40.1%
10 月	39.3	40.8	40.9
2 月	42.5	42.2	42.7

第1日目の水分含量は圃場容水量に近い値を示すもので以下本報告中この値を圃場容水量とよぶ。

5. 採土地の土壤の粗密度

採土地は約20cmの深さに耕耘し、その後約20日間放置し土壤の安定後測定に使用した。毎日の水分の變化は主として土壤の水分保有力と水分の移動の遲速により左右されるこゝが大であるから、土壤の粗密の程度を測定する必要がある。筆者は次のような方法で粗密の程度を測定した。粗密度は次の式で求めるこゝとし、一定容の土壤を地表より5cm迄の深さについて測定した。

$$\text{粗密度} = \frac{\text{一定容の土の重量} - \text{一定容の水の重量}}{\text{一定容の土の重量}} \times \frac{\text{水分\%}}{100} \times 100$$

上記の方法により測定した採土地の粗密度は霜柱の發生する期間は55.5~48.1 その他の期間は60.1となつてゐる。なお採土地の土壤の容積比重測定値は、密80.1、粗67.1、眞比重2.1である。

6. 水分減少率

降水により土壤が圃場の容水量にたつし、その後無降水日が持續すると土壤が土面蒸發により次第に乾燥してゆく。今 y を土壤の水分含量、 X を無降水日持續日数とすると、或る深さに於ける水分の減少率 $\frac{dy}{dx}$ は圃場容水量になつた日を第1日目として起算した日数でその時の水分量を除したものに比例する。

$$\text{即ち } \frac{dy}{dx} = -a \frac{y}{X} \dots \dots \dots (1) \quad a \text{ は比例常数}$$

$$\text{この微分方程式を解くと } y = ce^{-a \log X} \dots \dots \dots (2)$$

然るに $X=1$ 即ち圃場容水量は地表では8月—38.6 10月—39.3、2月—42.5 であるから

$$8 \text{ 月の地表では } y = 38.6 = ce^{-a \log 1} \quad \therefore c = 38.6$$

同様に 10月 39.3 2月 42.5

5 cm では 8月 $c=39.6$ 10月 40.8 2月 42.2

第1圖 地表の水分減少曲線

10 cm では 8 月 $c=40.1$ 10 月 40.9 2 月 42.7

(2) 式より $\log y = -a \log x + \log c$ となり

最小自乗法により a を求める

地表 8 月 $a=0.3089 \therefore y=38.6e^{-0.3089 \log x}$
 10 月 $a=0.0801 \therefore y=39.3e^{-0.0801 \log x}$
 2 月 $a=0.2867 \therefore y=42.5e^{-0.2867 \log x}$
 5 cm 8 月 $a=0.0579 \therefore y=39.6e^{-0.0579 \log x}$
 10 月 $a=0.044 \therefore y=40.8e^{-0.044 \log x}$

第 2 圖 5 cm の水分減少曲線

第 3 圖 10 cm の水分減少曲線

第 4 圖 等水分線圖 (8 月)

2 月 $a=0.0694 \therefore y=42.2e^{-0.0694 \log x}$
 10 cm 8 月 $a=0.0461 \therefore y=40.1e^{-0.0461 \log x}$
 10 月 $a=0.0329 \therefore y=40.9e^{-0.0329 \log x}$
 2 月 $a=0.0693 \therefore y=42.7e^{-0.0693 \log x}$

實驗値と計算値は第 1, 2, 3 圖のようである。

各月の地表, 5 cm, 10 cm の減少率 $\left(\frac{dy}{dx}\right)$ を 8 月の地表を 100 として算出すると第 5 表のようである。

第 5 表 各期の減少率の割合

深さ (cm)	第日目	割合 (%)		
		1	5	10
8 月	0	100.00	62.50	50.51
	5	19.77	18.03	17.32
	10	15.95	14.82	14.35
10 月	0	28.18	23.89	22.59
	5	15.50	14.42	14.00
	10	11.58	10.98	10.74
2 月	0	105.20	66.32	54.36
	5	25.29	22.61	21.55
	10	25.55	22.84	21.77

減少率は 2 月に於て各深さとも最大を示している。この期は水面蒸発の積算量も大きく、霜柱の発生による影響も大きいと思われる。又水の移動の速さの問題もあると思われる。10 月が最小である。各期とも深さとも急激に減少率が低下している。即ち地表では乾燥が急激に進行するが深さとも著しく乾燥の進行が遅くなる。2 月の 10 cm に於て 5 cm より減少率の大きくなっているのは霜柱の影響と思われる。本問題については後に研究したい。

7. 等水分線圖

8, 10, 2 月の等水分線圖を畫いて水分の變化を追跡して見ると第 4, 5, 6 圖のようである。8, 2 月では地表附近の水分の急激に減少してゆく状況が見られるが、10 月は減少が緩慢である。地表附近で急激な減少を示す 8 月に於ても深さ 10 cm 附近では氣象状況により時々下部よりの水分の補給が含水量の増加をもたらしている。全期を通じて水分の減少の顯著な部分は地表より 5 cm 附近までであつた。

第5圖 等水分線圖(10月)

第6圖 (2月)

8. 土壤水分の垂直的變化

昭和22年7月の早魃期の地表より1mに到る水分變化の觀測結果を見ると第7圖のようである。6月17

第7圖 早魃時の水分變化

日降水により濕潤な状態(A)にあつた土壤がその後降水が殆どなく、晴天の持續とともに次第に乾燥の状況が見られ(B)7月10日、(C)7月30日に到り地表がほぼ風乾状態になり(D)、8月6日では地表水分が30日と變らないが乾燥が深部に及んでいる。この期を通じて垂直土層

の水分變化が地表

9. 結 び

各期を通じて水分の急激な變化は主に6~7cm附近迄

の淺い地表附近で行われていることがわかる。このことは M. Carbery 氏の實驗* と一致している。水分の減少は濕潤時に於て大きく、又地表に於て最大を示している。深さと共に又乾燥が進むにつれ小さなる。早魃期に於ても6~7cm附近に於て水分が急激に増加している。本圃場に於ては又40~50cm附近の土層の變化と共に水分の激増を見る。早魃期に於て降水がなく水分の移動蒸發中ですら10cm附近では時々下部より水分が移動増加している。

終りに臨み、觀測資料中連續觀測値は大和田接地氣候掛の方々が觀測にあたられたものである。こゝに深甚の謝意を表す。

Resume

On the state of decrease of soil-moisture on natural naked soil.

Kunitoshi Yamanaka

I The decrease of soil-moisture is shown by the following formula.

$$y = ae^{-\log X} \quad \begin{array}{l} y: \text{percent of soil-moisture content} \\ a: \text{field water capacity} \\ X: \text{number of days with no-rain} \\ b: \text{constant} \end{array}$$

II The ratio of decrease of soil-water was calculated for the 1st, 5th and the 10th of every month. In a result of the calculation, it was found that the ratio of the decrease was maximum in February and minimum in October, and that it was maximum at the surface of the soil (0 cm level on the ground, and a remarkable decrease did not exist near the layer with 5 cm level under ground.

III The diagram of Isohyric line shows that the decrease of soil-water is remarkable near the surface of the soil and sometime the soil-moisture at the depth of 10 cm under ground increase due to the movement of water contained in the deeper layer.

IV. In the diagram with vertical section for dry-season the decrease of soil-water during the dry season is remarkable at layer between the surface and 6~7 cm under ground.

* M. Carbery, Indian Jour, Agric, Sci 6, 1201~15 (1936).