

砂丘地土壤の水分の保留を高める一方法について

十 川 博 (土壤肥料学研究室)

HIROSI SOGAWA : A method to raise the preservation of surface soil moisture on sand-dune soil.

1) 緒 言

砂丘地土壤の最も大きな欠点は、養水分の保持力が弱いことであり、その欠点は正のために、粘土や堆肥の耕土層への施用が各地で行われている。特に堆肥については、反当 500~1000メの施用で可成りの効果が見られている。しかしその消耗も甚だしく、安定腐植して残留する量は僅少であり、腐植の増加には役立つていない。従つて年々多量の堆肥が要求されており、経済的には引合つていないと考えられる。一方近時ハンガリアに於て、砂土 (粘土含量、約10%)の改良法として、底土に堆肥を 1cmの薄層に埋設することによつて表土の水分保留を高めようとする方法が、EGERSZEGIの方法と称して

普及しつゝあるようである。⁽¹⁾我が国の砂丘地土壤の粘土含量は大略 1~4%にして、前記ハンガリアの砂土のそれより可成り少く、その理学的性質も異なると思われるので、先づ本学神西農場の砂丘地土壤(粘土含量1.6%)を用いて、EGERSZEGIの方法を室内実験的に検討した。

2) 実験材料及び方法

砂丘地土壤としては、本学神西農場の砂土を用いた。尙比較検討のため、粘土含量41.5%の河底土、及び上記2種土壤を混合して粘土含量6.6%、7.6%の土壤を作製し実験に供した。埋設材料としては、上記4種の土壤の外、礫(8~18mesh)、細切ワラ(18mesh以上のものと以下のもの)を用いた。土壤及び礫の理学的性質は第1表の通りである。

第1表 供試土壤と礫の理学的性質

理学的性質 土壤の種類	略 記 号	粘 土 含 量 %	真 比 重	仮 比 重 (密 状 態)	水 分 (乾土%)			容 積 区 分			
					風乾時	水分当量	含水量 (密状態)	土の占め る容積	水の占め る最大容 積	空気の占 める最小 容積	孔隙率
砂丘地土壤	S	1.6	2.62	1.48	0.46	4.57	23.08	56.5	34.2	9.3	43.5
砂丘地土壤と河 底土を混合した 土壤	C ₁	6.6	2.61	1.48	0.83	6.58	21.00	56.8	31.0	12.2	43.2
	C ₂	9.6	2.60	1.45	1.22	7.30	21.40	55.8	31.0	13.2	44.2
	C ₃	17.6	2.54	1.34	1.86	13.47	24.50	52.8	32.9	14.3	47.2
	C ₄	25.5	2.54	1.25	3.14	22.31	34.50	49.2	43.2	7.6	50.8
河 底 土	C ₅	41.5	2.48	1.14	4.58	34.93	43.30	46.0	49.3	4.7	54.0
礫(8~18mesh)	G	0.0	2.66	1.36	0.05	4.09	8.70	51.1	11.8	37.1	48.9

尚以下の文に各種土壤及び礫については、第1表の左辺の略号を使つて表示することとする。又細切ワラの細い部分をM₁、粗い部分をM₂の略号を使つて表示することとする。

長さ25cm、直径3.8cmのガラス管の下部に厚手の布をあてがい、上記風乾土壤を約3cmの厚さ毎に机上で30回叩いて充填した。土壤水分の時間的推移の実験では、埋設位置は下部から6cm、厚さ1cm(M₁、M₂の薄層の場合)、又は2cm(各種土壤及びGの薄層)、埋設材料を含めての全層の厚さは14cmとし、上部から100ccの水を添加し、表土上の湛水がなくなつてから約1時間放置したも

の、5日間、10日間放置したもの、について各層別に水分を測定した。透湿度は、同様にして上部から100ccの水を添加して、単位距離の減水減に要する時間をもつて示した。毛管上昇の実験では、埋設位置は下部から6cmと10cm、厚さは1cm(各種土壤、G、M₁、M₂の薄層の場合)又は2cm(各種土壤及びGの薄層の場合)、埋設材料を含めての全層の厚さは24cmとし、水深0.5cmの水中に直立させて、水の昇高を目測した。

3) 実験結果及び考察

A) 土壤水分の時間的推移について(第2表)

1) Sを基本土柱とする場合……Gの薄層があると、

その上層の水分の保持性は著しく高まる。M₂の薄層のある時も略同様な傾向が見られる。M₁の薄層のある時には、保持性の高まりが、見られるが、C₁、C₃、C₅の薄層のある時には、薄層のない時と大差なく、10日後には、薄層上部のS層の水分は水分当量以下に減退している。ただし、C₃、C₅の薄層には略容水量位の水分が保留されていた。

ii) C₃を基本土柱とする場合…… G、M₂の薄層があると、その上層の水分の保持性が高まることは、i)の場合と同様である。又M₁、Sの薄層のある時にも、水分の保持性は、可成り高まることが見られる。C₁、C₅の薄層がある時は、薄層のない時と大差なく、10日後には薄層上

第2表 土壌水分の時間的推移

基本土柱時間 薄層の種類	砂 土 (S)			粘土含量17.6%の 土壌 (C ₃)		
	直後	5日後	10日後	直後	5日後	10日後
S	25.1	4.8	2.4	26.7	23.3	16.6
	25.8	4.9	2.6	25.1	20.8	15.5
	25.4	5.1	2.5	19.6	2.8	2.0
	25.3	6.7	2.4	24.0	18.7	8.7
	24.3	8.9	1.3	22.3	19.9	8.3
C ₁	23.6	4.2	1.7	27.1	19.7	10.3
	24.5	5.0	2.8	26.0	17.6	10.1
	21.6	11.7	7.0	18.6	5.4	3.6
	22.9	7.3	2.8	22.6	19.1	9.5
	22.7	9.3	2.0	22.8	21.2	9.7
C ₃	24.5	7.7	3.3	24.4	18.8	11.4
	24.7	9.8	3.8	22.6	17.5	11.2
	23.7	24.3	22.1	25.0	17.7	11.2
	17.0	12.7	3.7	25.5	18.4	11.4
	18.4	16.7	3.5	24.7	20.0	11.4
C ₅	23.8	6.5	3.2	27.2	18.5	9.9
	24.1	8.4	3.9	25.2	17.9	9.9
	38.8	41.7	39.8	36.4	36.8	21.0
	15.0	14.0	3.6	23.0	18.2	9.2
	18.7	17.7	3.6	21.0	19.9	9.2
G	24.8	19.8	16.2	27.4	24.7	21.9
	26.9	21.3	16.2	26.7	23.1	20.3
	10.1	1.7	1.5	3.8	1.81	1.6
	25.0	3.5	1.8	23.4	3.9	5.6
	24.0	2.9	1.0	23.0	14.7	4.8
M ₁	25.7	8.6	6.8	28.0	20.9	14.6
	26.5	8.1	5.6	24.5	19.7	13.9
	172.0	134.0	110.0	126.6	69.9	59.3
	21.4	8.9	3.0	22.4	14.4	8.6
	22.8	14.6	1.7	22.0	14.9	8.5
M ₂	26.0	18.0	—	27.6	25.9	—
	26.1	17.9	—	26.0	22.3	—
	165.0	125.0	—	146.0	100.4	—
	22.0	9.4	—	23.5	19.9	—
	23.5	13.4	—	23.2	20.8	—

(基本土柱Sの時の薄層の種類Sとは埋設薄層のない場合である。基本土柱C₃の時の薄層の種類C₃も同様である。
尚基本土柱S薄層M₂の場合25日後薄層上部のS層に11.5%の水分が保たれていた。)

部のC₃層の水分は水分当量以下に減退している。尚、C₁、C₅の薄層の水分も同様に水分当量より低い値を示しており、i)の場合と同様相は異つている。

両者の場合から、例えば、S層とC₃層が隣接している時、10日後の土壌水分は、S : C₃ ; 3.8 : 22.1, 2.0 : 15.5 というように、Sは水分量以下であり、C₃は水分当量～容水量間の値を示している。一方C₁層とC₃層、C₅層とC₃層が隣接していると、10日後の土壌水分は各々C₁ : C₃ ; 3.6 : 10.1, C₅ : C₃ ; 21.0 : 9.9, であり、水分当量以下の水分にして、略大差のない毛管圧を示していると見られる。MOORE⁽²⁾によると、不飽和状態の流れに対しては、PF2で毛管透湿度は、砂<細砂質壤土<軽鬆な粘土<粘土の順序になり、又、毛管透湿度が零になる水分は、砂5.0% (pF1.90)、細砂質壤土20.4% (pF1.96)、軽鬆な粘土24.6% (pF2.08)、粘土25.9% (pF2.15) としている。即ち、砂の水膜は粘土よりも低い張力で不連続となるのであるから、上記の実験結果の如く、相対的に粗い組成の土壌の上に、相対的に細い組成の土壌がある時、後者に土壌水分の過度の保留が見られるのは、前者(S層に対してはG層、C₃層に対してはS層やG層)で毛管水が不連続になり易い為と解していいであろう。M₁M₂の薄層のある時も、非毛管孔隙が多いと考えられるので、同様に解せられる。

B) 毛管上昇について (第1図)

埋設位置は下部から10cm、厚さは2cm(各種土壌及びGの薄層)の場合について先づ述べる。

i) Sを基本土柱とする場合……毛管上昇高は次の順に低くなる。薄層なし>C₁の薄層>C₃の薄層>C₅の薄層、そして、各薄層から再びS層に移行する時に停滞が見られる。その程度は、基本土柱と土壌組成の差が大きい程著しい。Gの薄層では、その層以上に昇らない。

ii) C₁を基本土柱とする場合……薄層の有無にかかわらず、略同様な上昇曲線と上昇高を示している。但しGの薄層では、その層以上に昇らない。

iii) C₃を基本土柱とする場合……毛管上昇高は次の順に低くなる。

薄層なし>C₅の薄層>C₁の薄層>Sの薄層、そしてC₃層からC₁、Sの薄層に移行するところに停滞が見られるが、C₁、Sの薄層から再びC₃層に移行するところには停滞は見られない。Gの薄層ではその層以上に昇らない。

iv) C₅を基本土柱とする場合 C₃の場合と同様な傾向を示すが、Sの薄層への移行は極めて緩慢であり、その層以上には昇らない。

何れの場合にも、埋設位置が下部から6cmであると薄層から元の土層に移行する際の上昇曲線が相対的に急になる。又薄層の厚さが1cmになると、薄層の種類による

基差異が少くなる。特にC₃を基本土柱とする場合にそうである。

次に、細切ワラを1cmの厚さに埋設した場合の毛管上昇を見ると、SやC₁を基本土柱とする時に、可成りの停滞

時間を経て、僅かに薄層上部に上昇を示すが、C₃、C₅を基本土柱とする時には、薄層上部に上昇を示さない。

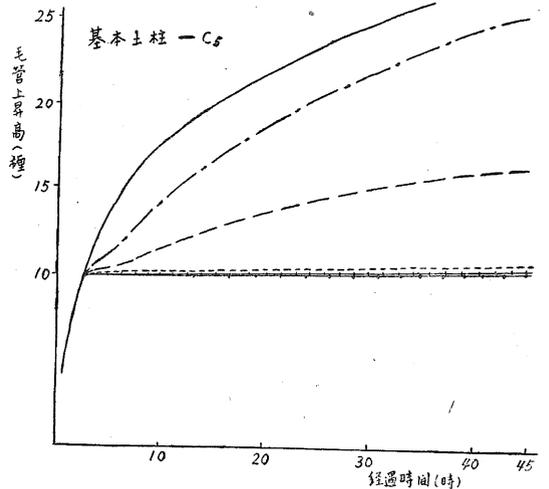
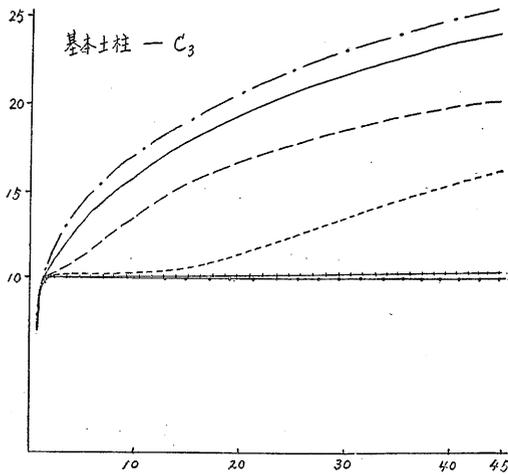
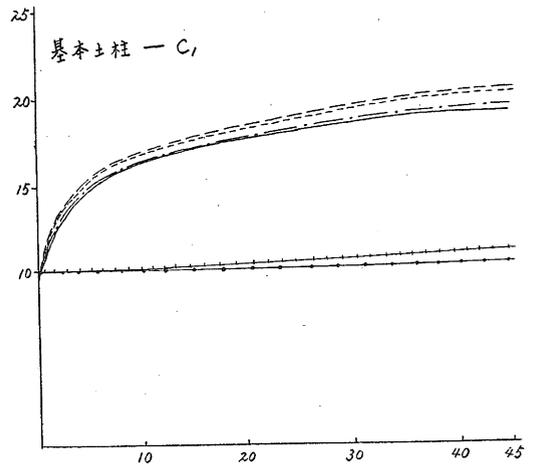
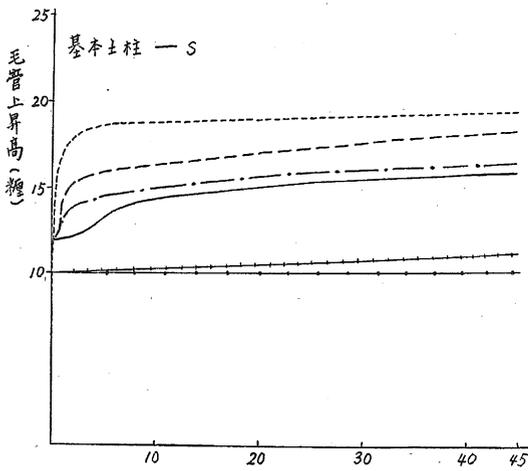
第1図 毛管上昇高

(薄層の位置下部から10~11cm)
(Mのみは10~11cmの場合)

薄層の種類

略記号

S
C ₁	-----
C ₃	-----
C ₅	————
G	+++++
M	●●●●●



HARRIS and TURPIN⁽³⁾ は、湿土から乾土への水の昇降の最大距離は、常に水源側の始めの土壌水分が最大の時にあらわれるとし、GARDNER and WITSOE⁽⁴⁾ は、土が湿っている程、即ち、乾土との毛管ポテンシャル差が大である程、湿土から乾土への水の運動は速やかであると説明している。又HARPIS and TUPIN は、一つの土から他の種類の土への水の移動速度は、土の組織によつて大いに違い、湿つた粘土から、これは接触する乾いた壤土への水の上昇は僅かであるが、湿つた砂土から乾いた土壌へは水量も多く、且つ速さも大であることを見ており、上述の実験結果とはよく一致している。従つて、埴質の土壌から砂質の土壌への水分の移行に際して、水分上昇の停滞が見られるのは、乾いた砂質の土壌は少量の水分で毛管ポテンシャルは急激に減少するので、湿つた埴質土壌とのポテンシャル差が激減し、水の運動は緩慢となる。別言すれば、埴質の土壌には小孔隙が多数存在するが、砂質の土壌には大孔隙が少数あるだけだから、後者では余程の水分がない限り毛管水が不連続になり易いためと思われる。M₁、M₂ 層にも大孔隙の存在が考えられるので、毛管水が不連続になり易く、この薄層が水分の停滞が起るものと思われる。

4) 透水性について

Sを基本土柱とした場合、薄層の種類に可成り支配される。Gの薄層があると、当然のことながら、重力水の移動は速やかである。C₁→C₃→C₅の薄層になるに従い、急激に緩慢になる。M₁、M₂の薄層があると可成り緩慢になつている。C₁を基本土柱とする場合も略同様、C₃を基本土柱とする場合は、薄層の種類よりも、C₃層自体の透水性が支配的で、従つて差異は目立たなくなつている。C₅を基本土柱とする場合は、殆どC₅の透水性に支配されて差異は認められない。

第3表 透水性 (分/種×100)

基本土柱薄層	S	C ₁	C ₃
S	6	29	384
C ₁	14	32	286
C ₃	67	68	252
C ₅	190	158	546
G	5	30	280
M ₁ , M ₂	39	39	280

5) 要 約

砂丘地土壌の水分経済を有利にする一つの方法として、底土に各種物質(土性の異なる4種の土壌、礫、細切ワラ)を1~2cmの薄層に埋設した場合の表土の水分保留状態を室内実験的に検討した。

(1) 砂丘地土壌の土柱の上部より灌水して、各層別に水分の時間的推移を調査した。底土に礫や細切ワラの様な大孔隙の多い物質を薄層に埋設した時に、その層の上部の土層に、毛管水が多量且長期に互り保留された。又、毛管上昇高も、上述の薄層をもつ場合に、その層で停滞した。

(2) 一般に、湿つた砂質の土壌が、乾いた埴質の土壌と接触していると、前者より後者への毛管水の移動は著しい。逆に、湿つた埴質の土壌が、乾いた砂質の土壌と接触していると、前者より後者への移動は僅かであり、砂質の土壌で毛管水が不連続になり易い為と思われる。

(3) 重力水の移動は、土層中の最も透水性の低い層に支配される。砂丘地土壌では、薄層の土性が埴質になる程、透水性は激減する。

参 考 文 献

(1) A KLIME- SZMIK; Vi Congrès international de la science du sol volume B.
 (2) L. D. BAVER; SOIL PHYSICS (3rd Editon) P. 252
 (3) ibid P. 249
 (4) ibid P. 254

Summary

To be improved the water economy of sand-dune soil, it was investigated to determine the effect to the preservation of surface soil moisture by laying out in the subsoil thin layer of various substances—four soils of different texture, gravel and finely cutted straw.

(1) Water was added on the column of sand-dune soil in the glass tube, and periodical changes of soil moisture in each strata were measured. When the thin layer is consist of gravel or finely cutted straw that possess the large pore, the greater part of capillary water were reserved in the sand stratun on the thin layer for a long time. Capillar rise was stagnated at the above-mentioned layers.

2) Generally speaking, when wet sandy soil come in contact with dry clayey soil, capillary water moved largely from the former to the latter. In opposition, when wet cleyey soil come in contact with dry sandy soil, capillary water moved slightly from the former to the latter. It may be reasonable that capillasy water is apt to be discontinous in the sandy soil relatively.

3) The movement of gravitational waler is affected by the permeability of the stratum that show most slowly percolation. In the sand-dune soil, The more clayey soil texture of thin layer is, the more peameability of total soil layer decrease severely.