

幾種土壤團粒促成劑影響 土壤沖蝕性之研究

王 新 傳 林 登 鴻

前 言

根據過去研究，⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ 土壤之團粒化對土壤之抗蝕力有密切關係。耐水團粒形成良好之土壤，因其土壤分散性低，而滲水率大，不易受雨水之沖蝕。故在同一其他條件之下，若欲減少土壤沖蝕，則須維持良好土壤團粒構造或促進土壤之團粒化。

為促進土壤之團粒化，而改進土壤物理性質，一般將大量有機物施用於土壤，以達到目的。但近來發現 Polyvinyl alcohol (PVA) 製品，亦具有促進土壤團粒化之效果⁽⁴⁾，並且其效能遠大於有機物。因有機物及 PVA 製品，能促進土壤之團粒化，兩者之施用可能有助於增加土壤之抗蝕力。另一方面因本省之絕大部分之坡地土壤均為酸性，施用石灰以調整土壤反應乃屬必要，而石灰對土壤沖蝕之影響如何，從土壤保育觀點上，乃值得研究。

本研究之目的，乃探討 PVA，有機物及石灰之施用對於不同土壤之沖蝕性之影響，並作其效能比較，以供坡地土壤保育上所需之資料。

試 驗 方 法

1. 土壤：

採用丘陵地帶之不同質地之耕地表土，即砂質壤土，壤土、及粘土，其採土地點與有關理化性質如下：

1) 供試土壤來源：

砂質壤土：苗栗縣頭份鎮，尖山附近丘陵地，砂頁岩風化土壤之表土。

壤土：臺北縣南港鎮附近丘陵地，砂頁岩風化土壤之表土。

粘土：宜蘭縣三星鄉粗坑附近丘陵地，粘板岩風化土壤之表土。

2) 供試土壤之理化性質：

茲將各種土壤之有關理化性質列於如表一。

表一 供試土壤之理化性質

Table 1. Physico-chemical properties of soils

土 壤 Soils	機 械 組 成 Mechanical composition			分 散 率 Dispersion ratio	團粒安定度 Aggregate stability	石 灰 需 要 量 Lime require- ment (CaCO ₃ g/100g soil)	pH	有 機 質 Org. matt. %
	砂 粒 Sand (%)	坩 粒 Silt (%)	粘 粒 Caly (%)					
砂質壤土 Sandy loam	64.86	19.44	15.70	56.66	13.84	0.15	5.6	0.96
壤土 Loam	45.66	29.64	24.70	36.44	32.24	0.40	5.8	1.41
粘土 Clay	11.98	32.12	55.90	19.20	71.12	0.60	4.6	4.24

* 石灰需要量：係以不同量之化學試藥 CaCO₃ 直接加入於土壤，使土壤反應至 pH 7 之 CaCO₃ 加入量。

Lime requirement: Amounts of CaCO₃ to raise pH values of the soils to 7.0

2. 土壤團粒促進劑：

- (1) PVA 製品：日本信越化學工業株式會社出品之 Soiluck.
- (2) 石 灰：化學試藥之碳酸鈣。
- (3) 有 機 物：魯冰風乾粉，氮含量1.46%，碳含量74.12% C/N 率50.8。

3. 處理：

將各種土壤加入不同量之魯冰乾燥粉，碳酸鈣及Soiluck（日本 PVA 製品）充分混合，加水至田間容水量後，放置於室內風乾。魯冰加用者則加水後放置於 25°C 恒溫箱，保持田間容水量水分狀態，三星期後提出風乾。

魯冰、石灰及 Soiluck 之加用量

處 理 Treatment	1	2	3	
有 機 物 (魯 冰) Organic matter (Lupine)	0.2%	0.4%	0.6%	
碳 酸 鈣 (CaCO ₃)	1/3	1/2	Total	Proportion to lime requirement
Soiluck (PVA)	0.1%	0.2%	0.4%	

* CaCO₃ 之加用量 (CaCO₃ g/100g Soil)Amounts of CaCO₃ added

處理 Treatment 土壤 Soils	1/3 ***	1/2 ***	Total ***
砂 質 壤 土 Sandy loam	0.05g (1 ton/ha)	0.075g (1.5 ton/ha)	0.15g (3 ton/ha)
壤 土 Loam	0.133g (2.66 ton/ha)	0.2g (4 ton/ha)	0.4g (8 ton/ha)
粘 土 Clay	0.2g (4 ton/ha)	0.3g (6 ton/ha)	0.6g (12 ton/ha)

*** 對各種土壤之石灰需要 (pH 7.0) 之比例。

Proportions to lime requirements of the soils

4. 分析法：

機 械 分 析：Bouyoucos 氏之比重計法⁽⁶⁾分 散 率：Middleton 氏法⁽⁶⁾團粒安定度：Leo 氏法⁽⁷⁾有 機 物：Walkey 氏法⁽⁸⁾

滲 透 率：將土壤以緊密狀態（以高度 3cm 敲擊300次）裝於圓筒（直徑 3cm×長度 9cm），嗣後由下部緩慢浸水一天，以排出空氣後，在飽水狀態下開始滲濾。裝置之 hydraulic gradient 維持於 2。

試驗結果與討論

1. 分散率：

茲將不同處理對於不同土壤之分散率之影響列表於表二。

表二 PVA, 有機物及石灰對於土壤分散率之影響 (三重複平均)

Table 2. Effects of PVA., lime and organic matter on dispersion ratios of soils (average of three replications)

處理處 Treatment	土壤 Soils	砂質壤土 Sandy loam	壤 Loam	粘土 Clay
對照 Control		56.66	36.46	19.20
PVA	0.1%	23.16	21.60	8.98
	0.2%	9.50	14.24	7.82
	0.4%	2.11	6.15	3.27
有機物 Organic matter (魯水) (Lupine)	0.2%	56.54	34.80	17.88
	0.4%	45.89	33.62	12.20
	0.6%	44.02	30.07	23.22
CaCO ₃	1/3	57.35	36.46	15.92
	1/2	55.73	35.27	14.35
	Total	49.14	35.88	11.61

(1) PVA 對土壤分散率之影響：

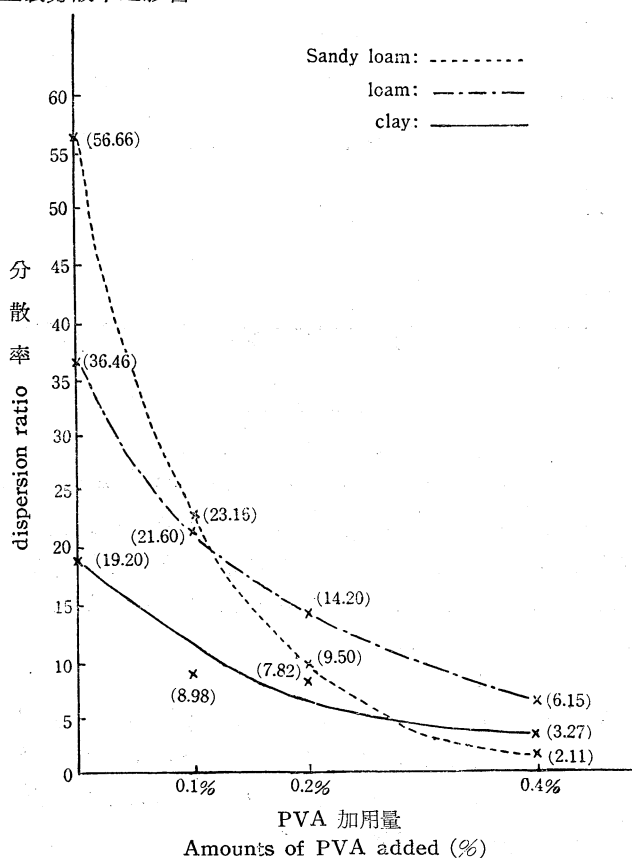


圖 1 PVA 對土壤分散率之影響

Fig 1 Effect of PVA on dispersion ratio of soils

由表二與圖 1 可知 0.1% 之 PVA 加用使各種土壤之分散率均減低至原分散率之一半，0.2% 以上之 PVA 加用之效果即較低。對不同土壤間之影響，即對砂質壤土之分散率減低率最大，壤土次之，而粘土最小。蓋因粘土本身之分散率原來即相當低之故。

(2) 有機物對土壤分散率之影響：

由表二與圖 2 可知 0.2% 魯冰粉之加用，對減低土壤分散率之效果不顯著但 0.4% 之魯冰粉之加

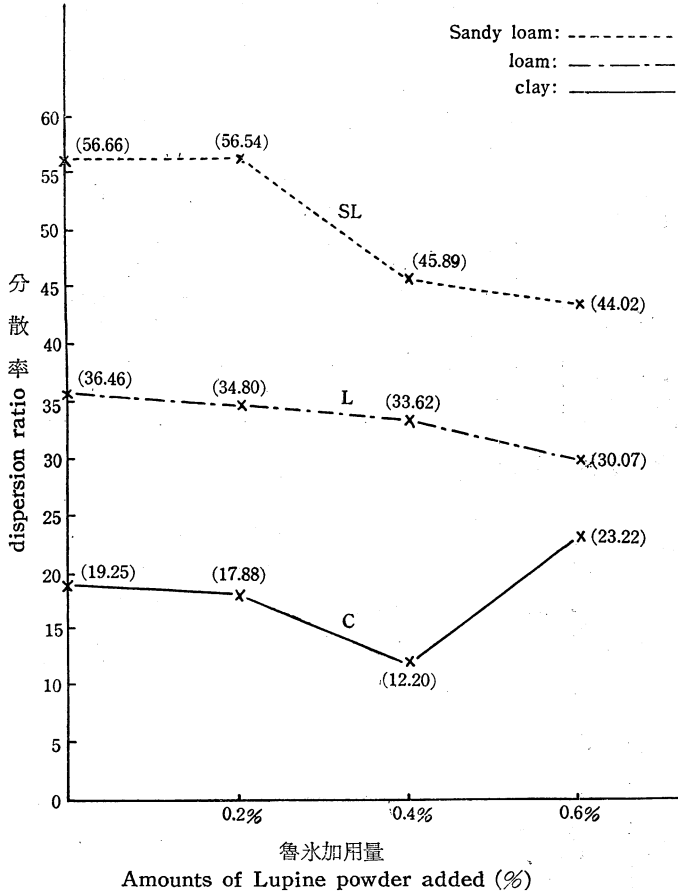


圖 2 有機物對土壤分散率之影響

Fig 2 Effect of organic matter on dispersion ratio of soils

用，對砂質壤土與粘土之效果頗顯著，尤以砂質壤土最顯著，惟對壤土即不顯著。0.6 % 之加用對砂壤土及壤土其效果不顯著，對粘土即有增加粘土分散率之現象，這反效果可能由於大量之新鮮有機物，在通氣不良之粘重土壤中，發生特殊分解作用之故，其原因仍須待進一步之研究。總之 0.2~0.4% 之魯冰加用對減低土壤分散率有相當效果。

(3) 石灰對土壤分散率之影響：

表二與圖 3 表示石灰對各種土壤之分散率影響不大，對砂質壤土，加用石灰至石灰需要量 $\frac{1}{2}$ 仍無影響，但加至石灰需要量之全量時即有 7.5 % 左右之減低。對壤土，即石灰加用量提高至石灰需要量之全量時仍無影響，對粘土，即石灰之影響在加用 $\frac{1}{3}$ 石灰需要量時，效果較大，而更多量之石灰加用，雖仍有減低分散率之效果，但其效果不顯著。

由上述結果可明瞭 PVA，有機物及石灰，對土壤之分散率之影響，以 PVA 最顯著。0.1% 之 PVA 加用即可得到相當效果，尤其是施用於砂質壤土。有機物之施用在 0.2~0.4% 時比較顯著

，尤以施用於砂質壤土較顯著，但仍不如 PVA 之效果。石灰之施用對土壤分散率影響不顯著。惟施用於粘土時，稍有減低土壤分散率之效果。

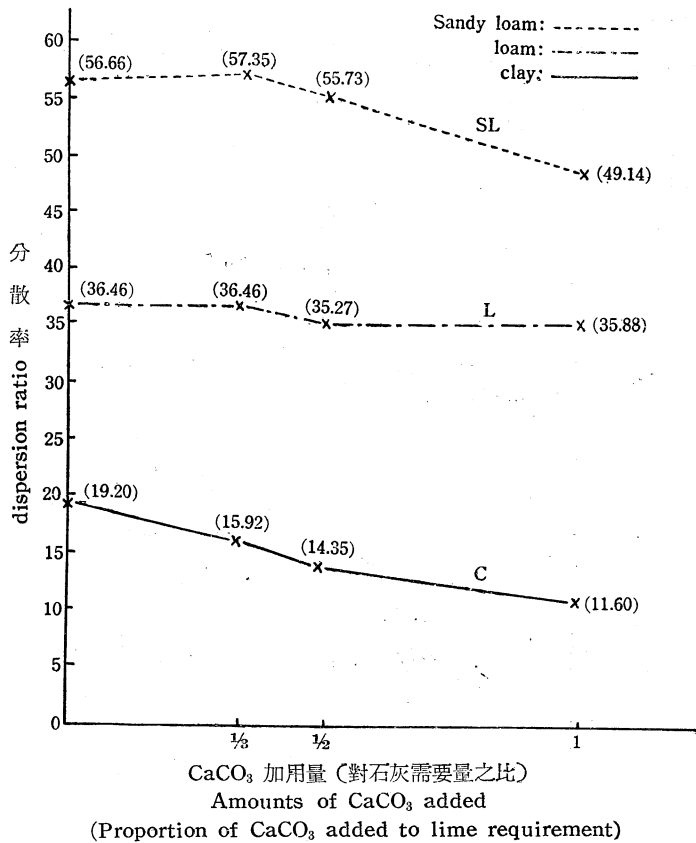


圖 3 碳酸鈣對土壤分散率之影響
Fig 3 Effect of CaCO₃ on dispersion ratio of soils

2. 團粒安定度：

茲將不同量之 PVA，有機物及石灰加用於不同土壤後之團粒安定度之變化列表於表三。

表三 PVA，有機物及石灰對團粒安定度之影響
Tab 3. Effects of PVA, lime and organic matter on aggregate stability of soils.

土壤 Soils		砂質壤土 Sandy loam	壤 Loam	粘 土 Clay	
處理 Treatments	對 照 Control	13.84	32.24	71.12	
Soiluck (PVA)	0.1%	27.00	42.60	78.40	
	0.2%	31.80	46.60	79.40	
	0.4%	34.40	51.00	82.80	
有機物 魯 水 (Lupine)	0.2%	13.88	33.08	72.28	
	0.4%	17.28	33.68	77.28	
	0.6%	17.88	35.48	67.58	
碳 酸 鈣 CaCO ₃	1/3*	15.52	32.24	74.00	* Proportions to lime requirements of soils
	1/2*	16.12	32.84	75.40	
	1*	18.52	34.84	77.80	

* 對各種土壤石灰需要量之比

(1) PVA 對團粒安定度之影響：

由表三與圖 4 可知，PVA 之加用，均能提高各種土壤之團粒安定度，施用量在 0.1 % 時其效果較明顯，尤以在砂質壤土。對原土壤之團粒安定度之增加比率而言，PVA 之施用於砂質壤土最顯著，在 0.1% 施用時，其增加率為 100 % 左右。0.4 % 施用時即增加 150 % 左右此結果表示，PVA 之施用對提高砂質壤土之團粒安定度頗有效果。

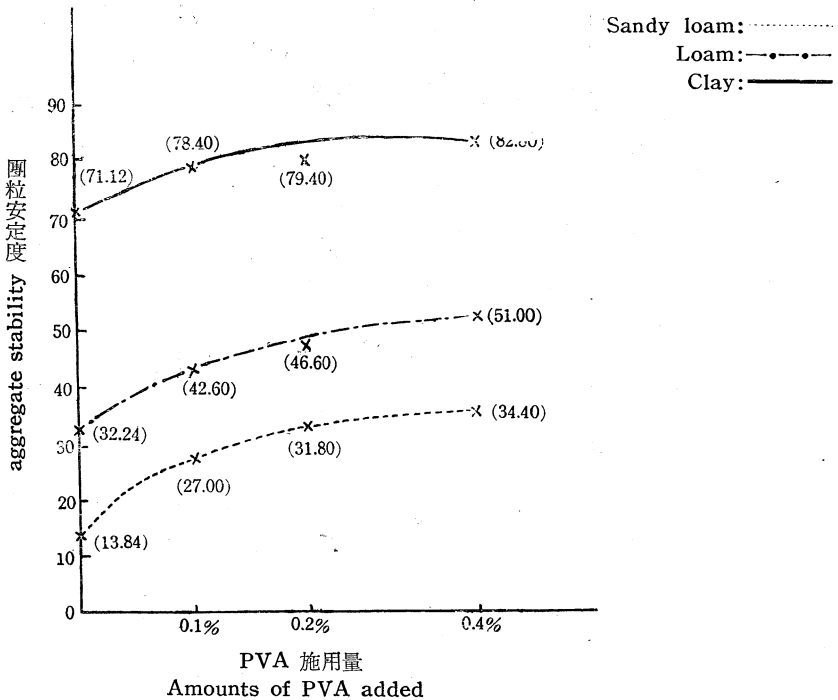


圖 4 PVA 對團粒安定度之影響

Fig 4 Effect of PVA on aggregate stability of soils

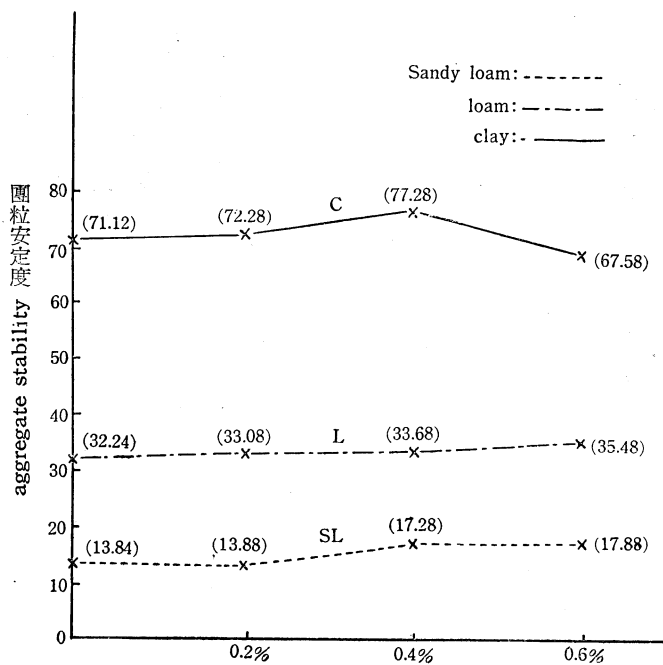
(2) 有機物對團粒安定度之影響：

表三與圖 5 表示魯冰之施用，不如 PVA 施用之效果顯著。在 0.2~0.4 % 有機物施用時，其效果較明顯，尤以對粘土與砂質壤土為甚。0.2 % 以下之魯冰施用幾乎無影響。0.4 % 以下之施用對壤土與砂質壤土，仍稍有提高安定度之效果，但對粘土即反而有減低之現象。此結果與陳氏⁽⁹⁾之 1 % 以上之堆肥施用使土壤之團粒形成減低之結果一致。

(3) 石灰對團粒安定度之影響：

表三與圖 6 表示，碳酸鈣之加用在各種土壤之石灰需要量範圍內隨施用石灰量之增加，土壤團粒之安定度，略有提高之現象，但其增加量甚少。在增加率最高之粘土，石灰量達石灰需要量之全量時，也不過增加 6.68 而已，即只增加原安定度之 9.3% 左右，此結果與陳氏⁽¹⁰⁾ 及志佐氏⁽¹¹⁾ 研究結果相符。

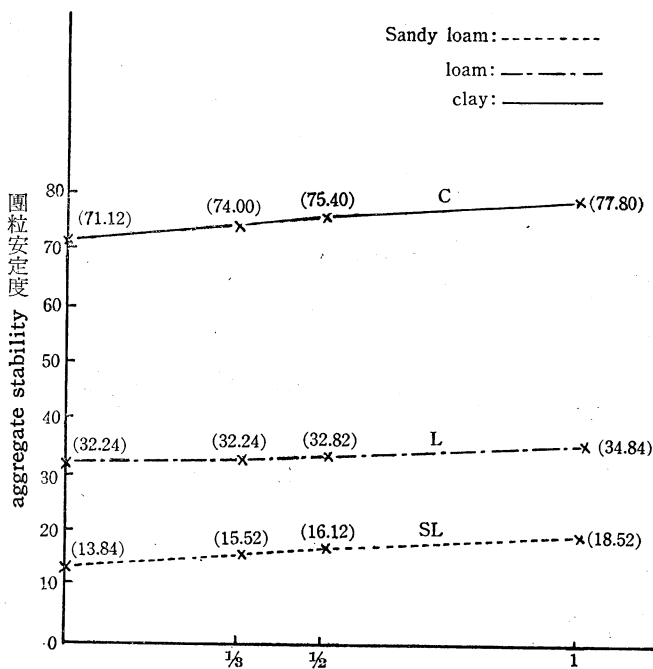
由上述結果可明瞭 PVA，有機物與石灰之施用，均能提高團粒安定度，惟 PVA 之效果最大。PVA 對不同土壤之影響，以 0.1% PVA 施用於砂質壤土時最顯著。



魯冰加用量 Amounts of Lupine powder added

圖 5 有機物對團粒安定度之影響

Fig 5 Effect of organic matter on aggregate stability of soils.



CaCO₃ 加用量 (對石灰需要量之比)

Amounts of lime added (Proportion to lime requirement)

圖 6 石灰對團粒安定度之影響

Fig 6 Effect of lime on aggregate stability of soils

3. 滲透率：

為探究 PVA，有機物及石灰之施用，對於不同土壤之滲透率之影響，就不同處理之土壤，測定飽水狀態下之開始八小時之各土壤之平均水分傳導度。茲將結果列於表四。

表四 PVA，有機物及石灰對初期水分傳導度之影響（開始八小時之平均數）

Tab 4. Effects of PVA, organic matter and CaCO₃ on the initial hydraulic conductivity of soils, (Average of initial 8 hours.)

處理 Treatment	土壤 Soils	砂質壤土 Sandy loam (cm/hr)	壤土 Loam (cm/hr)	粘土 Clay (cm/hr)
對照 Control		4.14	2.41	8.10
PVA	0.1%	11.74	8.14	15.07
	0.2%	27.29	23.92	49.39
	0.3%	54.64	54.00	88.04
有機物 Organic matter (魯米 Lupine)	0.2%	1.34	4.03	8.20
	0.4%	1.98	7.85	16.20
	0.6%	2.05	10.47	23.78
CaCO ₃	1/3*	6.23	2.84	9.10
	1/2*	3.26	3.61	10.64
	total*	3.04	7.58	30.95

表內數值係三重複平均數。The data are averages of three replications.
 * 對石灰需要量之比例 Proportions to lime requirements.

(1) PVA 對初期水分傳導度之影響：

由表四及圖 7 可明瞭 PVA 之加用，對各種土壤之開始八小時內之水分傳導度之提高，均有顯著之效果。土壤之水分傳導度，隨 PVA 之加用量之增加而增加，其效果在粘土比較顯著，尤其是 0.2% 之 PVA 加用於粘土時，傳導度之提高率最顯著。

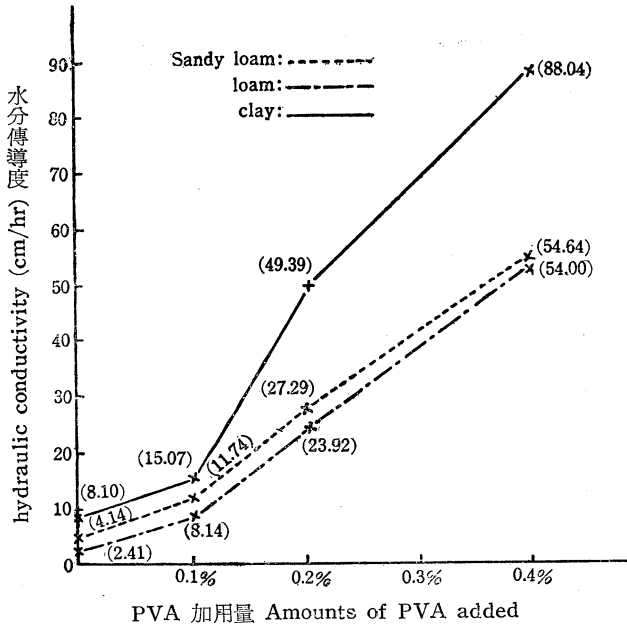


圖 7 PVA 對土壤之初期水分傳導度之影響
 Fig 7 Effect of PVA on initial hydraulic conductivity of soils.

因 PVA 之加用能提高土壤之初期水分傳導度，故在田間 PVA 之施用，當能增加土壤之滲水率，而減少降雨期間之逕流量。

(2) 有機物對初期水分傳導度之影響：

表四與圖 8，表示新鮮有機物（魯米）之施用，對於土壤初期水分傳導度之影響，因土壤之質地不同而有異。

有機物之施用對粘土及壤土之水分傳導度，均有提高傳導度之效果，尤以對粘土效果最顯著。有機物之效果，隨施用量之增加而有增加之現象，但施用量在 0.2% 以內，其效果較差。對砂質壤土之影響，即因有機物之施用，土壤之初期水分傳導度均有減低之趨勢，其現象與 Avnimelech 氏⁽¹²⁾之結果相似，可能因施用 C/N 比率大之新鮮有機物，而引起土壤之堵塞 (clogging) 作用所致。

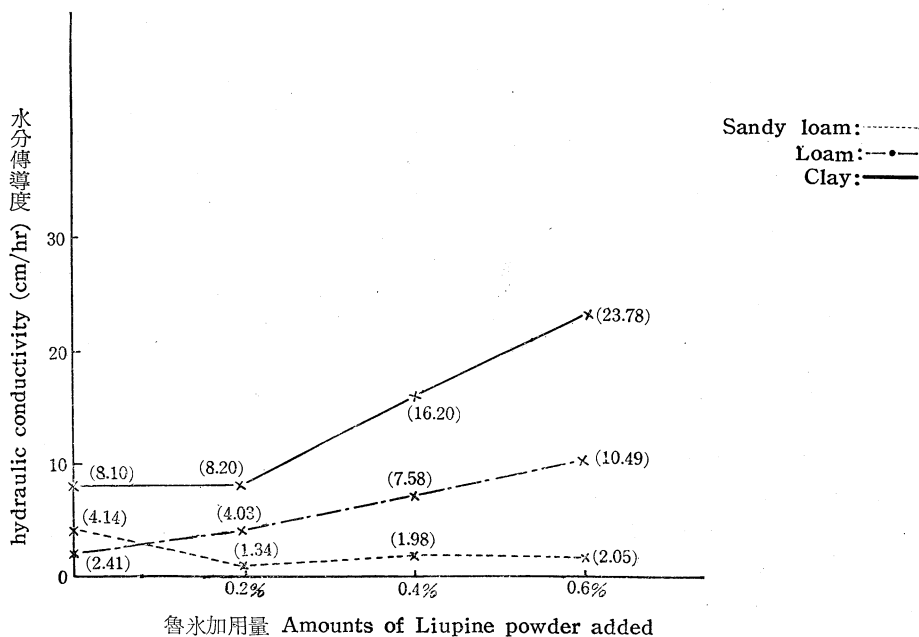


圖 8 有機物對土壤初期水分傳導度之影響

Fig 8 Effect of organic matter on initial hydraulic conductivity of soils

(3) 石灰對初期水分傳導度之影響：

由表四與圖 9 可知，石灰施用對初期水分傳導度之影響，因土壤之質地不同而有異。在石灰需要量範圍內，石灰施用於壤土，及粘土時，各土壤之水分傳導度，隨石灰量之增加而稍有增加之現象，惟石灰施用量達到石灰需要量 (pH7) 時，粘土之水分傳導度有頗顯著之增加，其水分傳導度幾達未加石灰時之四倍左右。石灰加用於砂質壤土時，其施用量在石灰需要量之 $\frac{1}{3}$ 時，水分傳導度稍有增加，但石灰施用量超過該施用量時，水分傳導度即稍有減低之現象。

由上述結果可明瞭 PVA 之施用，對土壤滲水率之增加，有頗顯著之效果。故 PVA 之施用，能顯著的減少降雨時之逕流量，而減輕土壤沖蝕。有機物之施用雖對粘土與壤土之滲水率之增加有效果，但遠不及 PVA 之效果，對砂性土壤之有機物施用，即會引起土壤滲水率之減低。致於石灰施用對壤土與砂質壤土之滲水率，均無顯著影響，但對粘土，即有相當顯著之效果。

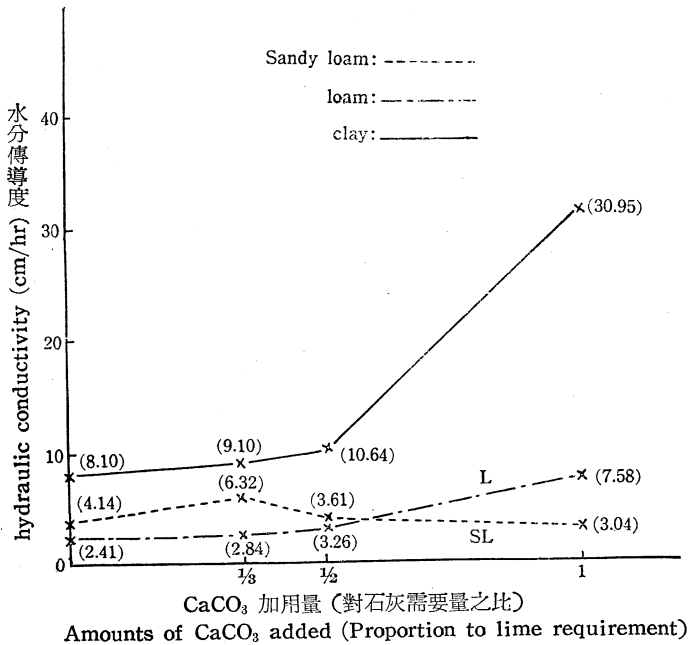


圖 9 對初期水分傳導度之影響
Fig 9 Effect of CaCO₃ on initial hydraulic conductivity of soils

結 論

根據 PVA，有機物及石灰之施用，對於土壤之分散率，團粒安定度與初期滲水性之影響，PVA 之施用，對增加土壤抗沖性而言，似為三者中效果最大。有機物之施用，除砂質壤土外，均可促進土壤團粒化及增加滲水率。對砂質壤土，即雖能頗顯著的促進土壤團粒化，但係浸水後可能產生填塞現象，而引起滲水率之減低。故有機物之施用，除特殊情形外，對土壤沖蝕性之改善有相當效果，但施用於砂質土壤以避免施用 C/N 比率大之新鮮有機物為佳，關於此點仍須待進一步之研究。至於石灰之施用，對土壤之團粒安定性與滲水性，除粘土外均無顯著效果，故對土壤之沖蝕性，似不引起任何影響。對粘土即似有增加土壤抗蝕力之效果。

摘 要

為探究 Polyvinyl alcohol (PVA)，有機物（魯水粉）與石灰（CaCO₃）之施用，對土壤沖蝕性之影響，將不同質地之坡地土壤，即砂質壤土，壤土及粘土各加不同量之 PVA（0.1%，0.2%及0.4%），風乾魯水粉（0.2%，0.4%及0.6%）及純碳酸鈣（石灰需要量之 $\frac{1}{3}$ ， $\frac{1}{2}$ 及全量），測各處理土壤之分散率，團粒安定度及水分滲透率，其結果為：

- (1) 對土壤分散率之影響：PVA 及有機物之加用，均有減低土壤分散率之效果，其效果隨施用量之增加而有增加的現象，尤以施用於砂質壤土效果最顯著。PVA 之效果遠大於有機物，石灰施用即無顯著影響。
- (2) 對土壤團粒安定度之影響：PVA，有機物及石灰對各種土壤均有提高安定度之效果，惟有機物及石灰之效果相差無幾，但遠不及 PVA 之效果。PVA 之效果，在砂質壤土最顯著。
- (3) 對水分傳導度之影響：PVA 之施用隨其施用量之增加而增加各種土壤之水分傳導度，並且其效果頗顯著。有機物施用之效果因質地之不同而有異，對粘土與壤土其增加效果隨施

用量之增加而增加，尤以對粘土之效果最顯著。對砂質壤土，有機物之施用均減低水分之傳導度。石灰施用，其施用量在石灰需要量之範圍內，稍有增加傳導度，其效果在粘土，施用量達到石灰需要量時最顯著，對砂質壤土即幾乎無影響。

由上述結果可推測 PVA 之施用對增加土壤之抗蝕力而言，最有效果，有機物次之，而石灰即無影響。

誌謝：本研究承國家長期發展科學委員會之資助，方能完成謹致謝忱。

參 考 文 獻

- (1) Stallings J.H. (1953). Mechanics of water erosion. USDA. Soil Conserv. Serv. SCS-TP118
- (2) Baver. L.D. (1956). Soil physics. 3rd ed.
- (3) Musgrave G.W. (1935) The infiltration capacity of soils in relation to the control of surface runoff and erosion. J.Amer. Agr. Soc. 27:336.
- (4) 川口桂三郎 (1963) : 土壤改良劑の性狀 (2) 合成高分子。土壤物理性 7:29。
- (5) Bouyoucos G.J. (1936): Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method. [Soil Sci 42:225.
- (6) Middleton H.E (1930): Properties of soils which influence soil erosion. USDA Tech Bull. No. 178.
- (7) Leo. W.M. (1963): A rapid method for estimating stability of soils. Soil Sci 96:342.
- (8) Walkey. A (1947): A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. Soil Sci 63:251
- (9) 陳振鐸 (1958) : 臺灣老冲積土「看天田土壤」之若干理化學性質與改良土壤物料對其物理性之影響。中華農學會報 新23:5.
- (10) 陳振鐸：鈣鈉化合物對紅壤滲透性之影響。中國農業化學會誌 2:70.
- (11) 志佐誠等 (1963) Soil conditioner の園藝的利用に關する研究。土壤の物理性7:55.
- (12) Avnimelech Y and Z, Nevo (1964) Biological clogging of sands. Soil Sci 98:222.

THE EFFECTS OF SOME AGGREGATE STABILIZERS ON ERODIBILITY OF THE SOILS

by

S. T. WANG AND T. H. LIN

SUMMARY

Upland soils of different textures, sandy loam, loam and clay, were treated with different amounts of polyvinyl alcohol (PVA: 0.1%, 0.2% and 0.4%), organic matter (air dried lupine powder: 0.2%, 0.4% and 0.6%) and lime (pure CaCO_3 : 1/3, 1/2 and total of lime requirements of the soils). The results of laboratory study on their effects on dispersion ratio, aggregate stability and initial hydraulic conductivity of the soils indicated that:

(1) Dispersion ratios of the soils were greatly decreased by the applications of PVA and organic matter, although the effect of PVA was by far more efficient than that of organic matter. The greater effects of the both were found in sandy loam soils. The application of CaCO_3 did not affect dispersion ratios of the soils appreciably.

(2) Aggregate stabilities of the soils were increased by the applications of PVA, organic matter and lime, and the effects were increased with increase of the amounts applied. The effect of organic matter was almost equal to that of lime, whereas the effect of PVA was highest. The effect of PVA was found much effective in sandy loam soils.

(3) The initial hydraulic conductivities of the soils were increased dramatically by the application of PVA and the effect was increased with increase of the amounts applied. The effects of organic matter and CaCO_3 were varied depending on the textures of the soils. The initial conductivities of clay soils were greatly increased by the application of organic matter, whereas those of loam soils were slightly increased. The initial conductivities of sandy loam soils were decreased by the applications of organic matter with any amount. The application of CaCO_3 , less than the amount of lime requirements of the soils, increased the initial hydraulic conductivities of clay and loam soils slightly, although CaCO_3 application of total amount of lime requirement increased those of clay soils greatly. The conductivities of sandy loam soils were little affected by CaCO_3 application.

As a conclusion based on the results above, PVA is regarded as the most effective in increasing soil's resistance to erosion, organic matter is less and CaCO_3 is not effective.