

南京下蜀層土壤的化學組成

于天仁

(中央地質調查所土壤研究室)

梭頗氏所謂的南京系灰棕粘磐壤，發育於一種第四紀的古老黃土，即 Barbour 所稱的下蜀層壤土(2)。關於下蜀層土壤的分佈和成因，梭頗已有說明(6)。在南京附近，下蜀層的分佈很廣，近年來地質調查所工作人員尤其宋達泉先生，會有很多這方面的研究，程廣祿並已有關於這種土壤的物理性狀的研究結果發表(1)。本工作係將下蜀層土壤的化學成分和機械成分加以研究，以供留心此一問題者的參考。(註)

土壤說明

選擇標本的原則是根據地形，確定沒有別的混雜物，並沒有受過人為的翻動。茲將兩個剖面的野外情形記錄於下：

第一剖面

採集地點：南京和平門外吉祥巷南三百公尺

地形：台地緩坡

母質：下蜀層

天然植物：高草

排水情形：良好

侵蝕狀況：不甚嚴重

17835	0—3公分	淡灰棕色粘壤土，細團粒狀構造，結持力鬆，有很多植物根莖。
17836	3—9公分	淡灰棕色壤粘土，細核狀構造，結持力鬆，有很多植物根。
17837	9—21公分	紅棕色壤粘土，小塊狀構造，堅緊，有少數植物根。
17838	21—75公分	紅棕色壤粘土，沿根孔有黑色鐵錳沉澱，塊狀構造，堅緊。
17839	75—185公分	淡紅棕色壤粘土，有黑色鐵錳沉澱，塊狀構造，堅緊。
17840	185—455公分	淡棕色壤粘土，鐵錳沉澱較少。
17841	455公分以下	淡黃棕色壤粘土，易碎。

第二剖面

採集地點：句容下蜀鎮東 50 公尺

地形：台地緩坡，拔海 50 公尺

母質：下蜀層

天然植物：高草、檉樹、合歡。

(註)1947年十月在採集標本的時候，曾隨余皓庶承藩二先生，作了十天的野外觀察，謹向他們致謝。工作到1948年十二月結束，實際工作時間約十個月。

排水情形：良好

侵蝕狀況：不嚴重

17851	0—3公分	淡灰棕色粘壤土，團粒構造，鬆散，有很多植物根。
17852	3—20公分	淡棕色壤粘土，核狀構造，有植物根，鬆散。
17853	20—420公分	淡紅棕色壤粘土，大塊構造，較堅緊。
17854	420—500公分	淡黃棕色壤粘土，堅硬，沿根孔有少數鐵錳沉澱。
17855	500—600公分	棕色壤粘土，沿裂面有多數鐵錳沉澱。
17856	600—630公分	棕色粘土，沿裂面有少數鐵錳沉澱。
17857	630—830公分	紅棕色壤粘土，核狀構造，沿裂面有鐵錳沉澱。
17858	830公分以下	半風化的侵入岩。

另外，一般意見以爲下蜀層的來源是西北的黃土，所以爲了便於比較，又選了兩個西北黃土底土標本一併分析，15341 採自潼關西南原上，深度是 80—140 公分，15580 採自陝西武功普集鎮北十里，深度是 30—70 公分，前者代表質地比較粗的黃土，後者代表質地比較粘重的黃土，以上二標本都是由本所陸發熹先生所供給。

分析方法及結果

工作有三部分：第一部分是各土壤的機械組成，用國際吸管法，測出顆粒的分配情形。第二部分是化學組成，爲了作比較，又把甸容下蜀粘壤土的母質（17857）和潼關黃土（15341）用沉降法分成細砂粒，粉砂粒和粘粒（按國際土壤學會規定顆粒標準）三部分，一併分析。在全量分析時大致採用美國土壤局的方法。第三部分是代換性鹽基的含量，用醋酸氫法（5）提取。至於有機質和pH值，則分別用重鉻酸鉀法和 Quinhydrone 電極測定。

表一 下蜀層土壤的顆粒分配(%)

標本 號碼	深度 (公分)	2—0.21 m. m.	0.21— 0.074 m. m.	0.074— 0.0334 m. m.	0.0334— 0.02 m. m.	0.02— 0.0057 m. m.	0.0057— 0.002 m. m.	0.002— 0.0008 m. m.	0.0008 m. m. 以下
吉祥壩									
17835	0—3	0.9	0.7	15.7	21.7	31.4	7.4	5.4	16.8
17836	3—9	0.4	0.7	15.5	18.8	28.9	7.4	6.0	22.3
17837	9—21	0.6	0.8	11.5	16.1	22.1	6.8	6.2	35.9
17838	21—75	0.4	0.7	12.2	16.4	22.5	7.2	6.3	34.3
17839	75—185	0.1	0.7	14.7	17.3	22.5	7.6	5.8	31.3
17840	185—455	0.1	0.6	15.6	22.9	25.4	7.4	5.3	22.7
17841	455 以下	0.1	0.7	17.9	23.6	26.0	6.1	6.3	19.3
下蜀									
17851	0—3	0.6	0.6	18.4	20.9	25.9	8.9	5.5	19.2
17852	3—20	0.6	0.7	18.2	20.5	24.0	8.6	4.5	22.9
17853	20—420	0.1	0.5	14.5	16.3	21.4	7.8	3.7	35.7
17854	420—500	0.3	0.5	18.4	18.4	23.8	8.0	4.1	26.5
17855	500—600	0.8	0.6	15.4	16.5	22.5	7.7	1.7	34.8
17856	600—630	0.4	0.3	11.0	11.7	18.5	6.5	2.4	49.2
17857	630—830	0.6	0.5	11.8	16.4	24.1	8.4	4.3	33.9
潼關									
15341	80—140	0	10.8	48.1	16.5	11.8	4.0	0.7	8.1
武功									
15580	30—70	0	0.2	13.7	20.4	30.6	11.5	5.6	18.0

表二 下蜀層土壤的機械組成

標本 號碼	深 度 (公分)	水份 (%)	有機質 (%)	粗砂粒(%) (2-0.2 m. m.)	細砂粒(%) (0.2-0.02 m. m.)	粉砂粒(%) (0.02-0.002 m. m.)	粘粒(%) (0.002 m. m. 以下)	質地
吉祥巷								
17835	0-3	2.39	3.19	0.9	38.1	38.8	22.2	粘壤土
17836	3-9	2.62	1.60	0.4	36.0	36.3	28.3	壤粘土
17837	9-21	4.33	0.60	0.6	28.4	28.9	42.1	壤粘土
17838	21-75	4.40	0.35	0.4	29.3	29.7	40.6	壤粘土
17839	75-185	4.35	0.31	0.1	32.7	30.1	37.1	壤粘土
17840	185-455	3.56	0.33	0.1	39.1	32.8	28.0	壤粘土
17841	455 以下	3.17	0.35	0.1	42.2	32.1	25.6	壤粘土
下 蜀								
17851	0-3	2.98	3.69	0.6	39.9	34.8	24.7	粘壤土
17852	3-20	2.85	2.52	0.6	39.4	32.6	27.4	壤粘土
17853	20-420	4.63	0.33	0.1	31.3	29.2	39.4	壤粘土
17854	420-500	3.61	0.34	0.3	37.3	31.8	30.6	壤粘土
17855	500-600	4.00	0.34	0.8	32.5	30.2	36.5	壤粘土
17856	600-630	5.61	0.32	0.4	23.0	25.0	51.6	粘土
17857	630-830	4.04	0.43	0.6	28.7	32.5	38.2	壤粘土
潼 關								
15341	80-140	1.63	0.50	0	75.4	15.8	8.8	砂壤土
武 功								
15580	30-70	2.73	0.76	0	34.3	42.1	23.6	粘壤土

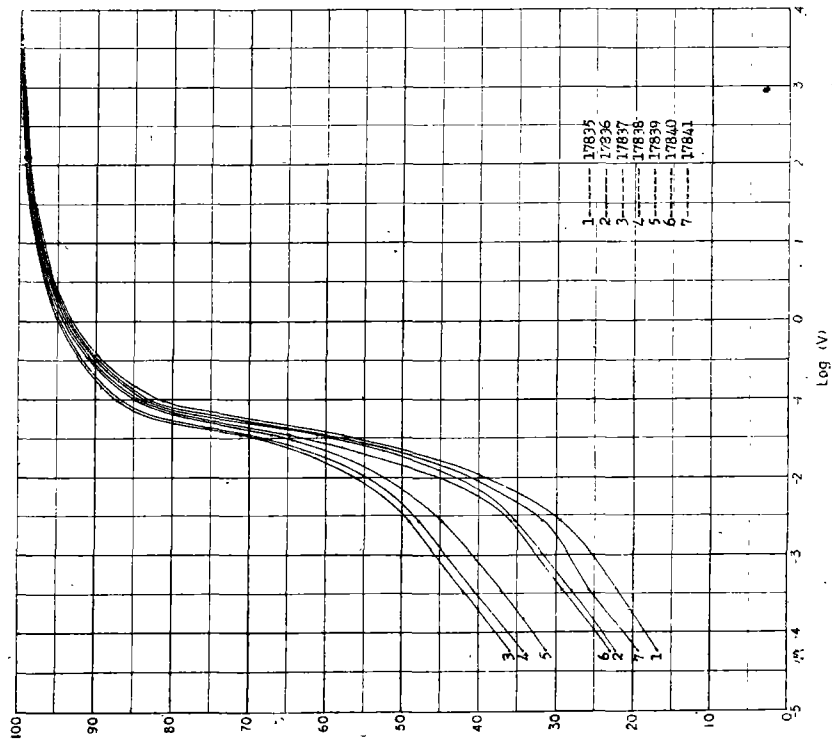
(一) 機 械 組 成

表一及表二示各土的機械組成。第一剖面和第二剖面都顯示機械淋溶現象，第三層(B層)的粘粒含量最高。第二剖面的底土17856號厚度約30公分，是一層質地很粘重的淡棕色粘土，含粘粒達50%以上，它可能是一個埋藏剖面的B層，也可能是某一沉積時期的特殊產物。這可以說明，下蜀層的沉積，至少不是在一個時期。

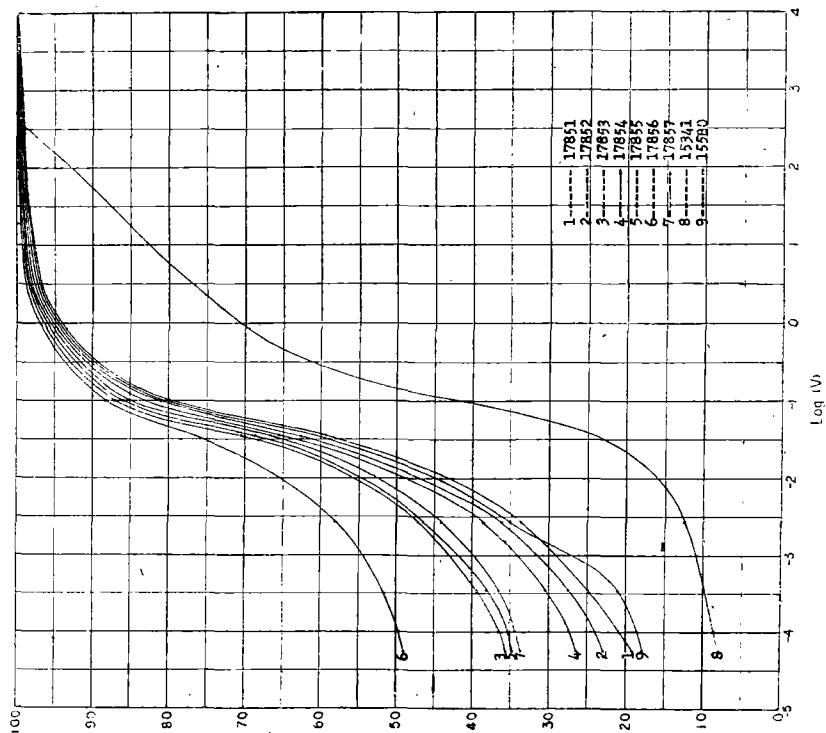
顆粒直徑在0.074m.m.至0.0057m.m.之間的最多。如將表一畫成顆粒累積曲線(圖1及圖2)，就可以看出，大部份的顆粒直徑是在0.063m.m.(沉降速度0.347cm/sec.)和0.0063(沉降速度0.00347cm/sec.)之間。在0.01m.m.至0.005m.m.之間的約有45%，這結果，較美國的黃土(50%以上)(4)略低，但粘粒含量則較美國和中國西北的黃土(1)為高。這項結果，證明長江附近的黃土沉積，因為離開母質較華北黃土區為遠，所以風力移運的顆粒也較細。另一方面，沉積後因為雨量豐富，風化作用較快，所以一些大顆粒也分解成粘粒。

另外值得注意的，下蜀層的各層次都含有少量(約0.5%)的粗砂粒(直徑0.2-2m.m.)，但西北黃土則沒有。根據本所程裕洪先生的顯微鏡觀察，這些粗砂的礦物成份大部是石英粒和長石。因為南京地形複雜，各剖面在沉積時可能受一些外來混雜物的影響，如果以後的工作證明所有的下蜀剖面都含有粗砂粒，則對於下蜀層成因的解釋，可能是有幫助的。

圖一 吉林省附近下蜀層土壤的顆粒累積曲綫
 (log(v) 表示土壤顆粒在懸液中的沉降速度，
 單位為每秒鐘之公分數(cm/sec.))



圖二 下蜀附近下蜀層土壤及西北黃土的顆粒累積曲綫
 (log(v) 表示土壤顆粒在懸液中的沉降速度，
 單位為每秒鐘之公分數(cm/sec.))



表三 下蜀層土壤的全量分析

標本號	深度(公分)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	灼失量	總量
下蜀													
17851	0—3	70.01	4.30	11.92	0.98	1.36	1.96	1.57	0.72	0.08	0.07	7.85	100.73
17852	3—20	71.11	4.69	12.58	1.18	1.03	1.62	1.32	0.61	0.10	0.14	5.69	100.07
17853	20—420	66.55	6.02	16.94	1.29	1.07	2.03	1.09	0.69	0.08	0.03	4.30	100.09
17854	420—500	69.66	5.33	15.13	1.07	1.19	1.76	1.48	0.76	0.09	0.09	3.36	99.92
17855	500—600	69.81	5.75	14.94	1.03	1.11	1.85	0.51	0.82	0.12	0.05	3.42	99.42
17856	600—630	65.12	7.10	17.92	0.95	1.13	1.88	0.67	0.85	0.06	0.01	4.94	100.63
17857	630—830	69.48	5.72	15.18	1.14	1.31	2.02	1.23	0.74	0.15	0.02	3.64	100.63
灌關													
15341	80—140	63.81	3.69	11.58	2.74	8.24	1.80	1.73	0.53	0.11	0.15	6.13	100.51
武功													
15580	30—70	63.44	5.13	14.40	2.43	5.17	2.32	1.29	0.66	0.11	0.16	5.57	100.68
下蜀													
17857FS	630—830	88.04	1.25	6.19	0.45	0.89	1.29	1.42	0.65	0.02	痕跡	0.42	100.62
17857SL	同上	79.63	2.63	10.48	1.22	1.15	2.04	0.93	0.83	0.03	痕跡	1.33	100.30
17857CL	同上	46.47	11.21	25.70	2.25	0.84	2.93	0.21	0.84	0.07	0.19	9.36	100.57
灌關													
15341FS	80—140	77.32	3.13	10.08	1.79	1.59	2.09	2.30	0.50	0.03	痕跡	1.07	99.90
15341SL	同上	67.92	5.49	14.81	3.09	1.51	2.63	1.45	0.74	0.04	0.01	2.39	100.08
15341CL	同上	50.33	10.35	22.17	4.46	1.33	3.79	0.59	0.72	0.04	0.07	6.69	100.54

(註) FS表示細砂粒部份(Fine sand fraction)

SL表示粉砂粒部份(Silt fraction)

CL表示粘粒部份(Clay fraction)

(二) 化學組成

由第二剖面的全量分析可以看出，B層(17853)的氧化矽略低，而氧化鐵和氧化鋁則有小量聚集，這表明輕度的灰化作用。如將下蜀層土壤和西北黃土加以比較，則各種成份都沒有很大的差別，西北黃土的氧化鈣雖然很高，但這主要是存在於碳酸鈣狀態，不足以說明二者在化學組成上的不同。因為在南京附近的氣候環境下，雨量能使碳酸鈣在聚積過程中，隨時洗失。唯一的區別，是西北黃土含較高量的氧化鎂。

但是如將不同顆粒直徑的成份加以比較，就可以看出明顯的區別。一般說，下蜀層的砂粒，粉砂粒和粘粒化學組成上的差別，較西北黃土為大，這可以證明，下蜀層土壤是受了較強的風化作用的。

顆粒愈小，氧化矽含量愈低，而氧化鐵和氧化鋁含量則愈高。氧化鈣和氧化鈦不受顆粒大小的影響，氧化鎂主要存在於細顆粒部分。鉀和鈉的趨勢很有趣味，顆粒愈細鉀愈多，但鈉則愈少，這似乎指明，隨着土壤顆粒的崩解風化，鈉多被洗失。磷僅存在於粘粒部分。這一些情形，無疑地，都與各土粒的礦物組成有關。

茲將各土粒部分的分子率計出如下：

表四 下蜀母質和黃土各顆粒部分的分子率

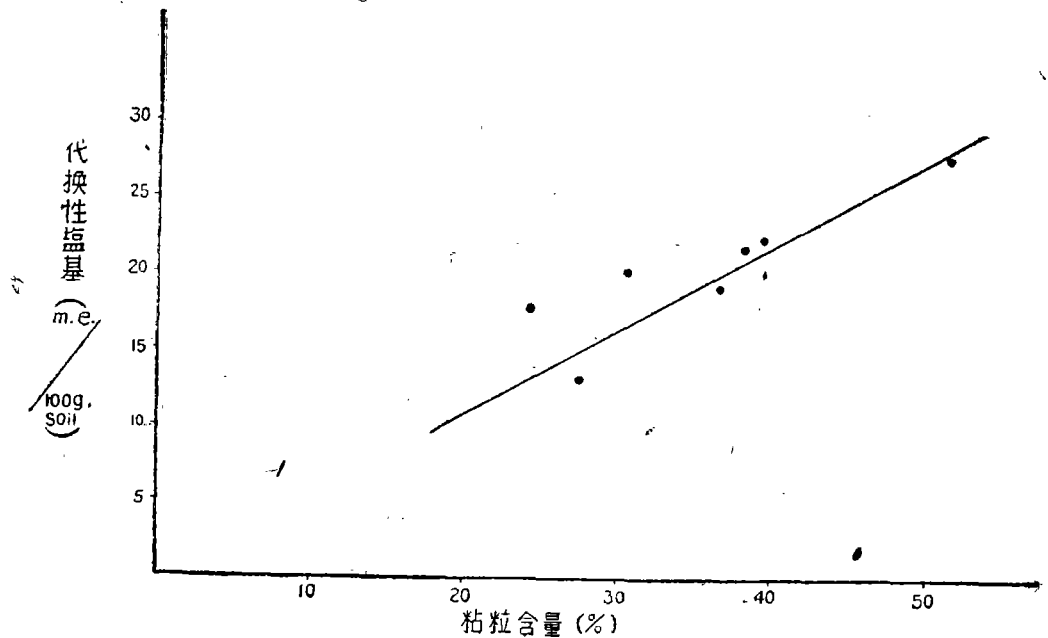
標 本	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
17857 FS	21.36	24.11
17857 SL	11.11	12.89
17857 CL	2.41	3.07
15341 FS	10.85	13.01
15341 SL	6.28	7.77
15341 CL	2.97	3.85

由表三及表四更可以看出，下蜀層土壤與西北的黃土在較粗的顆粒上（指細砂及粉砂）化學成份很不相同，但是就粘土部份來說，兩者極為接近。這也說明下蜀層粉砂以上的顆粒，可能摻雜一些當地的風化物質。其粘粒部份，則大部為與華北黃土同一的來源。

（三）代換性鹽基

代換性鹽基總量與粘粒含量成正相關；但表土（17851）因含多量有機質，所以雖然粘粒含量低，仍可吸着大量鹽基。圖三示粘粒含量與代換性鹽基的關係。

圖三 粘粒含量與代換性鹽基的關係



表五 下蜀層土壤的代換性鹽基分析
(單位：m.e./100克土)

標本號碼	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	Ca	Mg	K	Na	總量
17851	6.74	5.98	13.06	5.82	0.31	0.15	19.34
17852	6.05	4.91	8.46	4.46	0.16	0.15	13.23
17853	6.40	5.03	15.60	6.62	0.18	0.28	22.68
17854	6.88	5.84	16.58	3.34	0.18	0.33	20.43
17855	7.23	6.20	16.42	2.64	0.18	0.33	19.57
17856	7.20	6.12	22.66	4.54	0.42	0.59	28.21
17857	7.44	6.31	18.41	3.01	0.20	0.60	22.25

表六 代換性鹽基佔鹽基總量的百分數(註)

標本號碼	Ca	Mg	K	Na
17851	26.93	11.97	0.75	0.30
17852	22.07	7.62	0.47	0.36
17853	40.90	10.35	0.37	0.80
17854	39.09	6.29	0.42	0.69
17855	41.49	5.17	0.40	2.01
17856	56.25	9.63	1.05	2.73
17857	39.48	5.49	0.47	1.51

(註) 將代換性鹽基含量的每百克土中的公絲當量數換算成百分數，再與全量分析中的鹽基含量百分數比較。

表七 下蜀層土壤代換性鹽基的百分組成

標本號碼	Ca	Mg	K	Na
17851	67.53	30.09	1.60	0.78
17852	63.95	33.71	1.21	1.13
17853	68.74	29.19	0.79	1.23
17854	81.16	16.35	0.88	1.62
17855	83.90	13.49	0.92	1.68
17856	89.33	16.09	1.49	2.09
17857	82.83	13.53	0.90	2.70

表六示鹽基在代換性狀態和礦物結合狀態的分配。除去鈣以外，鉀、鈉和鎂在代換狀態的成份很小，尤其鉀和鈉幾全部在結合狀態。這或者是因為二者比較活動，很容易為雨水洗失，而由鈣鎂代替的緣故。表七更能顯示這個趨勢，在代換性鹽基中，鈣離子約佔四分之三，鎂離子約佔四分之一，而鉀和鈉離子的總和，也不過百分之三左右。

鉀離子在整個剖面中沒有顯著的變化，表土的含鉀量高，可能是植物根從底部吸收，再分解成礦物的原故。底土的鈉約為表土的一倍，有向下增加的趨勢，代換性鎂以表土較多，代換性鈣則隨深度而增加，這種情形，可以說明四種離子在土壤剖面中移動的趨勢。

(四) 下蜀層土壤中鐵錳結核的組成

下蜀層土壤的表土以下，常有核狀的鐵錳結核，這種結核的深度不一，自表土下數公分至數公尺

以上，在侵蝕嚴重的地方，常可露於地面。結核的厚度與數量也各處不同。一般相信，這種結核的生成，是由於在地史上某一定時期，排水不良所致。另外，在剖面的根孔裏，常有灰色的沉澱 (Coating)。但是這種結核的鐵錳，究竟是由上部流下的溶液所帶來，或直接由本層的土壤中分離而出，學者的意見不一 (3)。在下蜀車站西南約三里的地方，採集了很多鐵錳結核，並將結核按大小分成三級，然後進行分析。這個地方的地形與第二剖面很相似，發現結核的層次距地表約六公尺，相當於標本 17857 (下蜀母質)。直徑大於 9.5 公厘的約佔結核的 22%，在 9.5—4.8 公厘間的約佔 52%，在 4.8—2 公厘間的約佔 26%。

表八 鐵錳結核的分析

說 明	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	灼失量
大於 9.5 m.m. 結核	9.47	13.82	3.64
9.5—4.8 m.m. 結核	10.60	16.73	3.63
4.8—2 m.m. 結核	10.47	18.82	4.08
有結核層的土壤	6.80	15.23	3.40 ¹
灰色沉澱	4.95	11.70	8.80

由表八可以看到，有結核層的土壤，其氧化鋁含量較母質沒有變化，但氧化鐵的含量反較原來母質為高，這說明鐵錳結核層是一個澱積層，其結核中的鐵，是由他層而來。結核部分的含鐵量，約為該層土壤含鐵量的一倍半，鐵的增加並不很多。再以不同大小的結核看，似乎結核愈大，鐵錳愈少。沿根孔的灰色沉澱有 8.8% 的灼失量，其中除一部為結合水外，另一部分是沉澱的腐植質和腐爛的樹根。沉澱部分的鐵和鋁含量都不高。因為分析的結果少，所以很難下結論，對於下蜀層鐵錳結核的生成作用和它與下蜀層的地史關係的解釋，都還有待於更詳細的工作。

參 考 文 獻

1. 程廣祿 1947 南京下蜀層發育土之物理性狀 土壤季刊六卷二期
2. Barbour, G.B. 1935 Physiographic History of the Yangtze. Mem. Geol. Surv. China, Series A, No. 14.
3. Drosdoff, M. and Nikiforoff, C.C. 1940 Iron-Manganese Concretion in Dayton Soils. Soil Sci. 49:333-345.
4. Russell, R. J. 1944 Lower Mississippi Valley Loess. Geol. Soc. Amer. Bul. 55: 1-40.
5. Schollenberger, C. J. and Simon, R. H. 1945 Determination of Exchange Capacity and Exchangeable Bases in Soils.—Ammonium Acetate Method. Soil Sci. 59:13-24.
6. Thorp, J. 1936 Geography of the Soils of China. The National Geological Survey of China.