

子午岭連家砭地区土壤物理性质与 土壤抗侵蚀性能指标的初步研究*

田积璽 黄义端**

(中国科学院西北生物土壤研究所)

黄土地区,地形起伏,丘陵沟壑很多。由于长期耕作,植被破坏,致使土壤表层遭受侵蚀,引起土壤肥力及农业生产下降,故防止土壤侵蚀是当前增加农业生产的重要措施。影响土壤侵蚀的有自然因素与人为因素,土壤学家们特别着重于研究土壤物理性质与侵蚀的关系^[1,6,7,9]。我们在研究子午岭地区土壤性质这一因素时,首先也着重于研究土壤物理性质与侵蚀的关系,企图探寻土壤抗侵蚀性能的指标。朱显謨^[11]把土壤抗侵蚀性能分为抗蚀性及抗冲性两个方面,本文着重于土壤抗蚀性能。今将初步结果整理如下,希各方指正。

一、自然条件及土壤分布概况

子午岭地区位于甘肃省东部,系黑垆土区。根据1957年的气象资料,年平均气温7.3°C,年平均降雨量563.9毫米。该区原来植被良好,近年来由于垦殖,有些区域发生了不同程度的侵蚀。为了研究不同植被及不同利用条件下土壤物理性质与抗侵蚀性能的关系,我们在该区連家砭一带选择了两组土壤(图1)进行研究。每组包括四个剖面。各供试土壤除农地7号系发育于红土母质外,余皆发育于黄土母质。第一组位于南坡上,其中农地6号在近分水岭处,坡度5°;农地5号在6号剖面的下部,相距约20米,坡度28°;草地8号在5号剖面的下部,距6号剖面约150米,坡度26°,生长白草,复盖度60—70%,沿坡向下约70米,即为裸露的基岩;农地7号在另一坡地上,坡度20°,与草地8号处于同一水平带上,相距约800米。第二组在第一组西南约5公里的梁坡上,都近分水岭,坡度约16°。其中草地3号在东坡上,灌木1号在同一梁坡的西坡上,相距约100米,农地4号也在这一梁坡的东坡上,距离草地3号约1000米,林地2号在另一梁坡的东坡上,离草地3号约1000米水平距离,但海拔高度相同。林地主要为辽东櫟,其次是山楊、白樺;灌木地为酸刺;草地主要有馬牙草及羊胡子草等,三者的被复度约80—95%。农地均系1958年后由草地开垦而成,种一年一熟的糜子和豆子,到采样时已耕种约四年。

二、方 法

1. 土壤团聚体分析按 Н. И. Саввинов 法。土壤团聚体含量系指 >0.25 毫米团聚体

* 本文系黄土地区土壤侵蚀规律研究工作的一部分。曾经朱显謨先生指正。

** 参加采样及分析工作的尚有邓邦权、申集勋及楊詠元同志,此外王占华及刘雪香两同志也参加了部分团聚体及有机质分析工作。

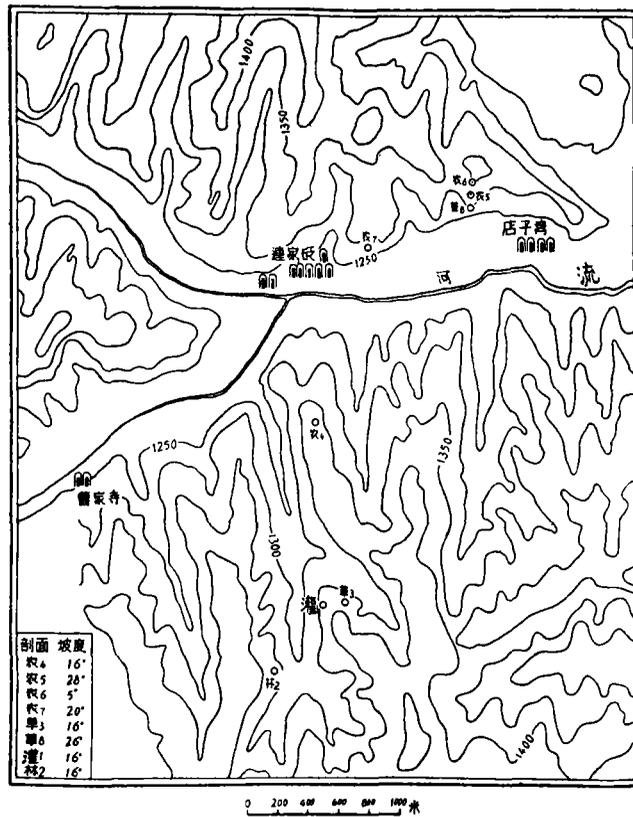


图1 土壤剖面分布示意图

的总量。2. 土壤机械分析用吸管法。样品先用过氧化氢去有机质，然后洗去盐分，再加分散剂，并煮沸一小时。3. 土壤微团聚体分析也用吸管法，但土样不经任何化学处理，仅将悬液煮沸一小时，我们称为煮沸法。4. H. E. Middleton 分散率^[2,4]，实际上也是微团聚体分析，因其中物理处理是用手来回颠倒悬液 20 次，故我们命为手摇法，与上述煮沸法区别。5. 持水当量系土壤在一个大气压力作用下所保持的含水量，用离心机法测定。

三、结果及讨论

(一) 团聚体及其分散度 土壤容易受侵蚀有两种原因：一是土壤容易分散；另一是土壤的透水性不良。大家知道，土壤有了团聚体，就可以使土壤的松散性及分散性得到改善，同时也可提高土壤的总孔隙度及大孔隙量，从而有利于雨水渗透，减缓地表径流，以达到防止水土流失的效果。从表 1 可以看出，生物措施对提高土壤团聚体含量的效果非常显著。植被破坏后，团聚体总量即迅速下降。如第一组土壤的表层团聚体总量，以草地 8 号与农地 6 号及农地 5 号对比，开垦四年下降约 20%；第二组土壤以草地 3 号与农地 4 号对比，下降约 26%。土壤表层的有机质相应地减少 1—0.7%。这说明团聚体消长与有机质含量有密切关系。由于有机质含量降低，团聚体大小之间的分配亦随之改变，第一组土壤表层的 1—10 毫米粒级团聚体含量草地 8 号比农地 6 号及农地 5 号多一倍左右；表层团聚体分散度则草地 8 号比农地 6 号及农地 5 号约低 1/2—3/4 倍。第二组土壤中草

表 1 不同利用情况下土壤的结构状况

剖面号	土壤利用情况	坡向及坡度	层次(厘米)	有机质(%)	各级团聚体含量 ¹⁾ % (粒径单位: 毫米)										团聚体分散度 ²⁾ (%)
					>10	10-5	5-3	3-2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25	1-10 ³⁾	>0.25	
第 一 组 土 壤															
8	草地(黄土)	南坡 26°	0-14	2.64	3.5	$\frac{8.1}{12.7}$	$\frac{10.6}{10.8}$	$\frac{9.4}{7.1}$	$\frac{12.4}{12.1}$	$\frac{13.8}{9.6}$	$\frac{6.3}{4.8}$	$\frac{35.9}{43.0}$	42.7	$\frac{64.1}{57.1}$	10.9
			14-28	0.52	22.5	$\frac{14.2}{2.2}$	$\frac{6.9}{2.6}$	$\frac{5.2}{2.0}$	$\frac{4.8}{3.5}$	$\frac{5.5}{4.5}$	$\frac{2.9}{6.4}$	$\frac{38.0}{78.8}$	10.3	$\frac{62.0}{21.2}$	65.8
			28-55	0.42	12.6	$\frac{12.1}{0.5}$	$\frac{6.3}{1.3}$	$\frac{4.8}{1.2}$	$\frac{4.6}{2.0}$	$\frac{6.8}{2.1}$	$\frac{3.8}{4.7}$	$\frac{49.0}{88.2}$	5.0	$\frac{51.0}{11.8}$	76.9
			55-80	0.43	19.8	$\frac{10.2}{0.2}$	$\frac{5.6}{0.4}$	$\frac{4.1}{0.7}$	$\frac{4.2}{1.0}$	$\frac{6.4}{2.0}$	$\frac{3.4}{4.8}$	$\frac{46.2}{90.9}$	2.3	$\frac{53.7}{9.1}$	83.1
6	农地(黄土)	南坡 5°	0-19	2.55	3.6	$\frac{4.2}{6.4}$	$\frac{4.9}{4.2}$	$\frac{4.7}{3.3}$	$\frac{9.9}{6.8}$	$\frac{12.1}{7.2}$	$\frac{7.7}{6.9}$	$\frac{52.9}{65.2}$	20.7	$\frac{47.1}{34.8}$	26.1
			19-39	0.6	21.5	$\frac{12.3}{3.8}$	$\frac{6.4}{2.3}$	$\frac{5.0}{2.5}$	$\frac{4.6}{3.0}$	$\frac{6.7}{6.1}$	$\frac{4.0}{10.6}$	$\frac{39.5}{71.7}$	11.6	$\frac{60.5}{28.3}$	53.2
			39-69	0.44	30.5	$\frac{10.7}{0.4}$	$\frac{4.8}{0.6}$	$\frac{3.6}{0.5}$	$\frac{2.9}{1.3}$	$\frac{5.0}{2.6}$	$\frac{2.7}{8.2}$	$\frac{39.8}{86.4}$	2.8	$\frac{60.2}{13.6}$	77.4
			69-100	0.46	58.7	$\frac{10.0}{0.1}$	$\frac{3.3}{0.4}$	$\frac{2.1}{0.5}$	$\frac{1.6}{0.8}$	$\frac{2.3}{1.6}$	$\frac{1.5}{7.8}$	$\frac{20.5}{88.8}$	1.8	$\frac{79.5}{11.2}$	85.9
7	农地(红土)	南坡 20°	0-14	2.12	6.2	$\frac{11.5}{4.1}$	$\frac{16.1}{10.0}$	$\frac{14.9}{9.6}$	$\frac{17.0}{14.3}$	$\frac{18.9}{15.8}$	$\frac{6.5}{11.8}$	$\frac{8.9}{34.4}$	38.0	$\frac{91.1}{65.6}$	28.0
			14-29	0.29	30.4	$\frac{35.9}{1.4}$	$\frac{14.9}{3.7}$	$\frac{7.3}{5.7}$	$\frac{4.6}{8.0}$	$\frac{3.5}{13.0}$	$\frac{1.1}{19.2}$	$\frac{2.3}{49.0}$	18.8	$\frac{97.7}{51.0}$	47.8
			29-54	0.26	55.4	$\frac{25.8}{1.3}$	$\frac{8.5}{1.9}$	$\frac{3.7}{2.3}$	$\frac{2.3}{3.3}$	$\frac{1.9}{5.3}$	$\frac{0.7}{17.4}$	$\frac{1.7}{68.5}$	8.8	$\frac{98.3}{31.5}$	68.0
			54-80	0.19	84.6	$\frac{8.6}{0.4}$	$\frac{2.1}{1.0}$	$\frac{0.8}{0.9}$	$\frac{0.6}{0.9}$	$\frac{0.7}{1.5}$	$\frac{0.4}{12.2}$	$\frac{2.2}{83.1}$	3.2	$\frac{97.8}{16.9}$	82.7
5	农地(黄土)	南坡 28°	0-17	1.67	6.3	$\frac{6.3}{4.7}$	$\frac{6.2}{4.0}$	$\frac{7.5}{3.4}$	$\frac{10.5}{6.2}$	$\frac{17.5}{9.8}$	$\frac{8.1}{8.5}$	$\frac{37.6}{63.4}$	18.3	$\frac{62.4}{36.6}$	41.3
			17-32	0.68	15.8	$\frac{11.2}{0.3}$	$\frac{6.6}{1.4}$	$\frac{5.8}{1.6}$	$\frac{5.7}{3.0}$	$\frac{8.6}{5.4}$	$\frac{4.5}{8.1}$	$\frac{41.8}{80.2}$	6.3	$\frac{58.2}{19.8}$	66.0
			32-60	0.49	17.7	$\frac{12.3}{0.5}$	$\frac{6.5}{0.4}$	$\frac{5.3}{0.4}$	$\frac{4.5}{0.8}$	$\frac{7.1}{2.3}$	$\frac{3.9}{7.6}$	$\frac{42.7}{88.0}$	2.1	$\frac{57.3}{12.0}$	79.1
			60-80	0.42	24.8	11.6	$\frac{5.8}{0.1}$	$\frac{4.0}{0.2}$	$\frac{3.5}{0.4}$	$\frac{4.8}{1.7}$	$\frac{3.0}{6.0}$	$\frac{42.6}{91.6}$	0.7	$\frac{57.5}{8.4}$	85.4
第 二 组 土 壤															
1	灌木(黄土)	西坡 16°	0-9	3.05	1.9	$\frac{13.9}{16.0}$	$\frac{16.7}{15.0}$	$\frac{10.6}{6.2}$	$\frac{12.7}{22.3}$	$\frac{12.7}{5.1}$	$\frac{5.9}{5.0}$	$\frac{25.6}{30.4}$	59.5	$\frac{74.4}{69.6}$	6.5
			9-19	1.86	7.2	$\frac{17.1}{24.8}$	$\frac{19.9}{15.8}$	$\frac{12.2}{7.4}$	$\frac{12.1}{22.2}$	$\frac{4.1}{3.9}$	$\frac{9.6}{4.1}$	$\frac{17.8}{21.8}$	70.2	$\frac{82.2}{78.2}$	4.9
			19-52	—	30.0	$\frac{19.1}{0.9}$	$\frac{8.0}{1.2}$	$\frac{4.9}{1.3}$	$\frac{4.7}{5.6}$	$\frac{6.3}{8.4}$	$\frac{4.1}{16.8}$	$\frac{22.9}{65.8}$	9.0	$\frac{77.1}{34.2}$	55.6
			52-90	—	28.8	$\frac{17.6}{0.6}$	$\frac{7.1}{0.5}$	$\frac{4.1}{0.8}$	$\frac{3.9}{2.1}$	$\frac{5.3}{3.8}$	$\frac{3.6}{8.7}$	$\frac{29.6}{83.5}$	4.0	$\frac{70.4}{16.5}$	76.6

續表 1

剖面号	土壤利用情况	坡向及坡度	层次(厘米)	有机质(%)	各级团聚体含量 ¹⁾ (粒径单位: 毫米)										团聚体分散度 ²⁾ (%)
					>10	10—5	5—3	3—2	2—1	1—0.5	0.5—0.25	<0.25	1—10 ³⁾	>0.25	
3	草地(黄土)	东坡 16°	0—13	2.47	8.7	10.7 20.2	12.4 10.6	9.4 4.2	8.6 14.0	9.5 4.7	4.7 4.5	36.0 41.8	49.0	64.0 58.2	9.1
			13—26	1.16	7.9	8.7 8.2	6.1 3.9	4.6 2.8	5.9 10.8	10.2 7.8	7.8 8.9	48.8 57.6	25.7	51.2 42.4	17.2
			26—54	—	51.6	7.8 0.7	3.5 0.7	2.4 0.9	1.8 3.7	2.6 10.3	1.8 14.7	28.5 69.0	6.0	71.5 31.0	56.6
			54—97	—	45.2	9.0 0.5	3.1 0.4	1.6 0.4	1.3 1.5	2.2 4.8	1.9 12.9	35.7 79.5	2.8	64.3 20.5	68.1
2	林地(黄土)	东坡 16°	4—19 ⁴⁾	2.31	7.7	10.5 12.6	10.4 8.1	6.6 3.6	8.2 11.9	11.7 10.3	7.6 7.9	37.3 45.6	36.2	62.7 54.4	13.2
			19—31	1.08	26.0	10.8 1.7	6.8 1.8	5.7 1.9	5.5 8.4	7.5 12.4	4.7 12.3	33.0 61.5	13.8	67.0 38.5	42.5
4	农地(黄土)	东坡 16°	0—20	1.73	2.5	4.8 6.9	3.9 3.5	3.5 2.4	5.4 8.6	9.8 4.9	7.6 6.0	62.5 67.7	21.4	37.5 32.3	13.9
			20—45	0.41	35.8	10.1 3.2	3.1 1.5	1.7 0.8	1.3 5.6	1.9 5.6	1.4 8.5	44.7 74.8	11.1	55.3 25.2	54.4
			45—74	—	20.3	14.1 0.2	5.6 0.8	3.2 0.9	2.4 1.9	3.8 3.7	2.5 7.5	48.1 85.0	3.8	51.9 15.0	71.1
			74—113	—	21.2	15.3	6.1 0.1	3.4 0.2	2.3 1.3	3.7 2.0	2.6 4.9	45.4 91.5	1.6	54.6 8.5	84.4

- 注: 1) 分子为干筛团聚体含量%,分母为湿筛团聚体含量%。
 2) 湿筛之结果。
 3) $\frac{>0.25 \text{ 毫米团聚体含量(干筛-湿筛)}}{>0.25 \text{ 毫米干筛团聚体含量}} \times 100 = \text{团聚体分散度}\%$ 。
 4) 4—19 厘米系表层土壤,因其上层 0—4 厘米为枯枝落叶层。

地 3 号和农地 4 号与第一组有同样趋势。可见草地表层土壤的结构比农地好,而且团聚体也较农地稳固,故草地土壤抗侵蚀性比农地强。

以不同植被对土壤结构影响论之,第二组土壤的表层团聚体总量,灌木 1 号最高,草地 3 号居中,林地 2 号最低;表层土壤有机质含量也是灌木地最高,草地居中,林地最低。可见,不同植被下的土壤团聚体总量与有机质含量有明显的关系。团聚体的大小分配亦随有机质含量的不同而相应改变,表层土壤 1—10 毫米粒级团聚体灌木 1 号最高,草地 3 号居中,林地 2 号最低。表层团聚体分散度则相反,灌木地最小,草地居中,林地最大。总起来看,灌木及草地的表层土壤结构比林地好,这是因为灌木及草本植物为浅根系,根细而密,草本植物又是一年生的,在土体内每年可积累大量有机质,而灌木又是在草本植物积累大量有机质后侵入草地的,灌木及草地表层土壤团聚体除去有大量有机质胶结之外,还有根系的穿插及固结作用,因之团聚体含量多而稳固;而林地(林下草本植物及灌木稀少)因多年生乔木根系分布较深,且多粗而稀疏的活根系,每年仅地表积累较多的枯枝落叶层,土体内部积累的有机质相对较少,故表层土壤团聚体仅有少量的有机质胶结,根系的穿插及固结作用较弱,因之团聚体量少而稳固性差。再从土壤团聚体稳固性试

驗(图 2) 可以看出,第二組各土壤的表土¹⁾ 经过不同時間振蕩处理,均表现出随着振蕩時間的延长,其水稳性团聚体含量相应降低,但表层团聚体总量仍然是灌木 1 号>草地 3 号>林地 2 号>农地 4 号,而团聚体分散度恰相反。

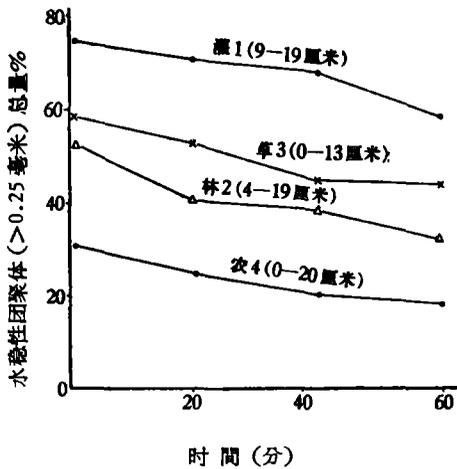


图 2 不同利用情况下土壤团聚体总量与振蕩時間的关系

由此看来土壤的抗侵蝕性能,灌木地、草地比林地強,林地比农地強,亦即无自然植被的农地最易受到侵蝕。

如以土壤剖面上下层团聚体相比較,第一組土壤和第二組土壤各剖面皆是表层团聚体总量及有机質含量比下层含量高,其共同特征均是随着剖面深度增加,团聚体分散度相应增大,这說明表层土壤結構比下层好,因而表层土壤的抗侵蝕性能应比下层強,同时也說明当土壤表层被侵蝕后,愈往土壤剖面下层,抗侵蝕性能愈弱,即侵蝕愈益严重。

如以第一組中不同土壤質地的农地相比較,則可显然看出,粘質紅土母質上发育的农地 7 号,其表层土壤的团聚体总量、1—20 毫米粒級团聚体含量均比壤質黃土母質上发育的农地 5 号、6 号为高,这表明粘質土壤比輕質土壤的結構好,因而紅土母質的土壤比黃土母質的土壤抗侵蝕性能強。从上述兩組土壤的不同結構情况可以得出这样的結論:土壤結構状况,自然植被下的土壤比农地好;在各自然植被下的土壤中,灌木和草地比林地好;土壤表层比下层好;粘質紅土比壤質黃土好。

上述情况表明:土壤的团聚体总量、团聚体分散度及 1—10 毫米团聚体量可以反映出土壤的抗侵蝕性能。

(二)团聚状况及团聚度 1932 年 L. D. Baver^[3] 提出团聚状况及团聚度的概念,对研究土壤結構状况特別有用,其計算公式如下:

团聚状况 = (>0.05 毫米微团聚体分析值 - >0.05 毫米机械分析值);

团聚度 = $\frac{\text{团聚状况}}{>0.05 \text{ 毫米微团聚体分析值}} \times 100$ 。

团聚状况近似地表示土壤机械成分团聚的程度。团聚度則是指示一定大小的土壤顆粒即团聚体在水中经过一定時間考驗后之相对稳固性。因此評价土壤結構,宜将团聚状况及团聚度两者結合起来考虑。

A. Ф. Тюлин^[8] 及 Baver^[3] 提出以粒徑 0.05 毫米作为土壤团聚体的下限; Middleton^[8] 的分散率是以微团聚体分析結果中 <0.05 毫米顆粒含量与机械分析結果中同等大小顆粒含量相比求得; P. Vageler^[8] (1931 年) 采用 0.002 毫米作为团聚体下限; H. A. Качинский^[5] 采用 0.001 毫米作为团聚体下限。Тюлин^[10] 在研究小于 0.01 毫米顆粒和 0.01—0.001 毫米以及小于 0.001 毫米顆粒团聚成粗粉粒 (0.01—0.05 毫米) 的效力时,发现小于 0.01 毫米的顆粒比小于 0.001 毫米的顆粒有稍強之团聚力。根据我們微团聚体分析与机

1) 灌 1 取 9—19 厘米层的土壤,因其是根系集中的土层。

表 2 土壤机械分析及微团聚体分析结果*

剖面号	利用情况	层次 (厘米)	分析 项目	粒级含量%(粒径单位:毫米)								团聚状况 (%)	团聚度 (%)
				1 0.25	0.25 0.05	0.05 0.01	0.01 0.005	0.005 0.002	0.002 0.001	<0.001	>0.05		
第 一 组 土 壤													
8	草地	0—14	微团聚体 机械成分	8.7 0	16.2 8.3	62.2 60.5	6.2 9.4	3.6 5.9	1.8 3.8	1.3 12.1	24.9 8.3	16.6	66.7
		14—28	微团聚体 机械成分	1.1 0	15.5 10.0	71.2 60.9	7.9 7.0	4.3 5.5	0 1.9	0 14.7	16.6 10.0	6.6	39.8
		28—55	微团聚体 机械成分	0.5 0	14.9 10.9	74.0 58.4	7.7 8.5	2.9 6.1	0 0.5	0 15.6	15.4 10.9	4.5	29.2
		55—80	微团聚体 机械成分	0.6 0	15.1 5.6	74.0 62.5	6.9 6.9	3.4 7.0	0 4.5	0 13.5	15.7 5.6	10.1	64.3
6	农地	0—19	微团聚体 机械成分	0.7 0	15.1 8.4	66.0 64.3	7.5 7.8	5.4 5.1	2.6 0.7	2.7 13.7	15.8 8.4	7.4	46.8
		19—39	微团聚体 机械成分	0.4 0	14.8 7.5	65.3 66.1	9.0 8.0	8.0 4.2	2.5 1.6	0 12.6	15.2 7.5	7.7	50.7
		39—69	微团聚体 机械成分	0.3 0	15.9 10.4	63.5 61.7	8.7 9.5	9.1 3.8	2.5 2.1	0 12.5	16.2 10.4	5.8	35.8
		69—100	微团聚体 机械成分	0.4 0	16.6 11.0	61.8 59.5	10.9 9.9	9.0 4.1	1.3 2.4	0 13.1	17.0 11.0	6.0	35.3
7	农地	0—14	微团聚体 机械成分	3.4 0	10.8 0.6	54.7 45.2	13.4 10.2	11.3 8.9	3.7 4.1	2.7 31.0	14.2 0.6	13.6	95.8
		14—29	微团聚体 机械成分	1.8 0	9.4 0.2	83.5 30.9	3.4 12.2	1.9 8.9	0 4.9	0 42.9	11.2 0.2	11.0	98.2
		29—54	微团聚体 机械成分	1.2 0	4.4 1.3	88.4 31.5	3.5 10.7	2.5 8.0	0 6.1	0 42.4	5.6 1.3	4.3	76.8
		54—80	微团聚体 机械成分	2.8 0	6.1 0.1	84.5 31.7	4.0 12.7	2.6 6.7	0 6.3	0 42.5	8.9 0.1	8.8	98.9
5	农地	0—17	微团聚体 机械成分	1.3 0	13.8 8.6	62.6 57.8	7.8 9.0	7.5 6.8	4.3 2.7	2.7 15.1	15.1 8.6	6.5	43.0
		17—32	微团聚体 机械成分	0.5 0	11.4 5.0	67.2 59.6	11.3 10.3	8.2 5.7	1.4 3.0	0 16.4	11.9 5.0	6.9	58.0
		32—60	微团聚体 机械成分	0.3 0	12.1 8.4	70.8 58.3	10.7 9.5	5.4 6.3	0.7 2.1	0 15.4	12.4 8.4	4.0	32.3
		60—80	微团聚体 机械成分	0.6 0	13.8 2.5	68.2 62.6	12.3 9.2	3.4 6.6	1.7 3.1	0 16.0	14.4 2.5	11.9	82.6
第 二 组 土 壤													
1	灌木	0—9	微团聚体 机械成分	6.5 0	11.2 2.5	55.8 57.8	9.6 8.9	8.1 8.1	3.5 3.2	5.3 19.5	17.7 2.5	15.2	85.9
		9—19	微团聚体 机械成分	8.8 0	13.4 2.7	52.0 57.2	8.8 10.3	8.0 6.8	3.2 3.2	5.8 19.8	22.2 2.7	19.5	87.8

續表 2

剖面号	利用情况	层次 (厘米)	分析 项目	粒級含量%(粒徑单位:毫米)								团聚状况 (%)	团聚度 (%)
				1 0.25	0.25 0.05	0.05 0.01	0.01 0.005	0.005 0.002	0.002 0.001	<0.001	>0.05		
3	草地	0—13	微团聚体 机械成分	6.5 0	14.9 8.0	59.3 57.5	7.8 9.1	5.2 6.3	2.3 2.9	4.0 16.2	21.4 8.0	13.4	62.6
		13—26	微团聚体 机械成分	4.6 0	12.9 6.1	59.9 60.3	8.5 9.2	6.5 4.1	2.9 4.2	4.7 16.1	17.5 6.1	11.4	65.1
2	林地	4—19	微团聚体 机械成分	3.9 0	15.3 8.0	58.9 57.6	8.7 8.7	5.5 6.5	2.8 2.8	4.9 16.3	19.2 8.0	11.2	58.3
		19—31	微团聚体 机械成分	0.5 0	11.7 5.4	61.3 63.0	9.6 5.9	7.1 7.6	3.3 2.1	6.5 16.0	12.2 5.4	6.8	55.7
4	农地	0—20	微团聚体 机械成分	0.9 0	16.6 16.2	62.8 56.3	7.3 6.5	6.5 5.7	1.2 2.1	4.7 13.2	17.5 16.2	1.3	7.4
		20—45	微团聚体 机械成分	0.3 0	12.5 7.0	65.2 65.7	7.2 7.0	5.8 4.4	3.2 2.0	5.8 13.4	12.8 7.0	5.8	45.3

* 煮沸法。

械分析結果(表 2),两者差异最明显的分界点为 0.25—0.05 毫米一級,这証明以上各研究者以 0.05 毫米作为土壤团聚体下限的正确性。

这里的微团聚体分析采用煮沸法。根据表 2 分析結果我們可以看出,第一組土壤及第二組土壤(紅土母質上发育的剖面除外),当草地垦为农地后,表层土壤随着草被破坏团聚状况和团聚度相应地显著下降,其变化規律与有机质的变化相吻合。这說明团聚体形成与有机质有一定的关系,也說明草地土壤結構比农地好。从第二組土壤来看,在不同的植被下表层土壤团聚状况,灌木 1 号最高,草地 3 号居中,林地 2 号最低;其团聚度相应地灌木 1 号最高,草地居中,林地最低,这种情况与有机质含量依次相应减少有关,同时也表明灌木土壤結構比草地好,草地又比林地好。又如以农地土壤相比较,則显然以粘質紅土母質上发育的农地 7 号表层土壤团聚状况及团聚度为較高,壤質黃土母質上发育的农地 4, 5, 6 号較低,这充分說明土壤質地对团聚状况有很大影响,故从形成土壤結構的角度来看,粘質土形成結構的潜在能力大于壤質土。如再以土壤剖面上下层团聚状况及团聚度相比较,一般的趋势是上层比下层大,因为下层土壤的有机质含量較低;然而有些剖面却相反,这可能与土壤中的碳酸盐分布不均匀有关。

从上面团聚状况及团聚度的討論中可以看出,該两值所指示的規律性与团聚体总量、1—10 毫米团聚体及团聚体分散度所指示的規律性大致相同。

(三)分散率及侵蝕率 1930 年 Middleton^[2,4] 提出用土壤分散率及侵蝕率来判断土壤是否易受侵蝕,其計算公式如下:

$$\text{分散率} = \frac{\text{微团聚体分析結果中} < 0.05 \text{ 毫米顆粒含量}}{\text{机械分析結果中} < 0.05 \text{ 毫米顆粒含量}} \times 100;$$

$$\text{侵蝕率} = \frac{\text{分散率}}{\frac{\text{胶体含量}\%}{\text{持水当量}}}。$$

一般认为如果没有径流将不会有侵蚀^[8]；如果没有土壤分散，也不会有侵蚀。土壤分散率是土壤分散难易的指标，也即是土壤抗侵蚀性能的指标。土壤胶体含量及持水当量与土壤吸水性能及透水性能有一定关系，这些性质与分散率相结合，就其与土壤物理性质的关系来说，可给予土壤抗侵蚀性能以正确而全面的判断。我们曾经用煮沸法和手摇法进行微团聚体分析，所得小于 0.05 毫米微团聚体含量，煮沸法均较手摇法偏高，有的土层甚至可高达 2—3 倍，致使分散率及侵蚀率也普遍偏高。为了便于和 Middleton 的研究结果相对照，我们用手摇法的分析结果计算相应的侵蚀率（表 3）。

由表 3 可以看出，持水当量与土壤质地有密切关系。胶体含量和持水当量的比值亦随着土壤质地的变粘而增大，从表 3 中还可以看出，土壤胶体含量愈高，持水当量愈大。但持水当量增加的数值远低于胶体含量的增加数值，故土壤胶体含量与持水当量的比值随着土壤质地愈益粘重而愈益增大，因而也直接影响到侵蚀率相应地愈益降低。根据分散率及侵蚀率的研究结果，第一组土壤随着草被破坏，农地分散率及侵蚀率普遍大于草地。两值增大的原因是有机质含量逐渐减少，土壤中微团聚体数量降低。同为农地，红土母质上发育的农地 7 号，其表层土壤的分散率、侵蚀率均比黄土母质上发育的各农地表土为小，这表明粘质土中微团聚体稳固而不易分散，同时说明粘粒含量多有利于微团聚体形成。又如以各土壤剖面上下层分散率及侵蚀率相比较，随着土壤剖面深度增加，分散率及侵蚀率相应递增，以红土上发育的土壤尤为明显，而黄土母质发育的土壤有的出现反常现象，这可能与无机盐类在土中不均匀分布对微团聚体形成数量有显著影响有关。第二组土壤表层的分散率和侵蚀率，灌木 1 号最小，草地 3 号及林地 2 号居中，农地 4 号最大，这亦与土壤中有有机质含量依次逐渐减少、土壤中微团聚体数量降低有关。除灌木 1 号外，其他各土壤向下层去，其分散率及侵蚀率均增大，其原因同上述。再如不同林龄下土壤的分散率和侵蚀率，山杨及白桦幼林均较成林大；而辽东櫟幼林较成林小。这些情况正好与土壤中胶体含量及有机质含量成正相关。同时也与坡向及林间杂生的灌木等植物有关，山杨林及白桦林均在阴坡，土壤中水分情况良好，其幼林及成林下均杂生灌木等植物，故土壤中有有机质含量成林高于幼林。而辽东櫟生长于阳坡，由于土壤中水分情况较差，仅幼林下杂生有灌木等植物，故土壤中有有机质含量成林低于幼林。从上面叙述的情况看来，土壤中的微团聚体含量与土壤中的胶体含量及有机质含量有密切的关系，因而直接影响到土壤分散率及侵蚀率的变异。

C. E. Ayres^[2] 曾对 Middleton 的研究结果有这样的结论：“土壤侵蚀与很多土壤物理性质有关，但其中三种物理性质与侵蚀关系最密切，即分散率、胶体和持水当量的比值以及侵蚀率”。如果以这三种性质作为土壤抗侵蚀性能指标，根据我们分析结果则可以看出，胶体和持水当量比值与土壤质地有密切关系，而各剖面上下层之间差别并不显著，也即不若另两个指标显著。如以分散率判断土壤抗侵蚀性能强度，则从第一组土壤分析结果来看，红壤母质的农地 7 号分散率（即抗侵蚀性能）最强，居第一位，黄土母质的草地 8 号居第二位，农地 6 号居第三位，农地 5 号居第四位，最弱。如以侵蚀率判断土壤抗侵蚀性能的强度，则农地 7 号和草地 8 号与分散率的判断相一致，而农地 6 号和 5 号恰相反，这表明侵蚀率与土壤质地的关系比分散率与土壤质地的关系更为密切，因为农地 5 号属中壤土，农地 6 号属轻壤土。从第二组土壤表层分析结果可以看出，灌木下的土壤抗侵蚀

表 3 土壤物理性质与分散率及侵蚀率的关系

剖面号	土壤利用	分析项目 层次 (厘米)	物理性粘粒	苏联制	胶体	持水	分散率	比值	侵蚀率
			<0.01毫米 %	质地 分类	(<0.005 毫米)%	当量 %		(胶体量 持水当量)	
8	黄土草地	0—14	31.2	中壤	21.8	24.2	37.9	0.90	42.1
		14—28	29.1	轻壤	22.1	22.3	71.4	0.99	72.1
		28—55	30.7	中壤	22.2	22.9	75.4	0.97	77.7
		55—80	31.9	中壤	25.0	23.5	67.2	1.06	63.4
6	黄土农地	0—19	27.3	轻壤	19.5	23.6	45.4	0.83	54.7
		19—39	26.4	轻壤	18.4	22.2	63.1	0.83	76.0
		39—69	27.9	轻壤	18.4	22.6	61.8	0.81	76.3
		69—100	29.5	轻壤	19.6	22.8	60.4	0.86	70.2
7	红土农地	0—14	54.2	重壤	44.0	24.3	34.3	1.81	19.0
		14—29	68.9	轻粘	56.7	30.3	49.0	1.87	26.2
		29—54	67.2	轻粘	56.5	33.4	59.1	1.69	35.0
		54—80	68.2	轻粘	55.5	35.5	64.8	1.56	41.5
5	黄土农地	0—17	33.6	中壤	24.6	23.7	50.4	1.04	48.5
		17—32	35.4	中壤	25.1	23.6	56.0	1.06	52.8
		32—60	33.3	中壤	23.8	23.6	53.3	1.01	52.8
		60—80	34.9	中壤	25.7	23.3	—	1.10	—
1	黄土灌木	0—9	39.7	中壤	30.8	23.3	33.8	1.32	25.6
		9—19	40.1	中壤	29.8	20.9	31.4	1.43	22.0
3	黄土草地	0—13	34.5	中壤	25.4	25.0	34.5	1.02	33.8
		13—26	33.6	中壤	24.4	22.5	37.2	1.08	34.4
2	黄土林地 ⁽¹⁾	4—19	34.3	中壤	25.6	25.1	36.7	1.02	36.0
		19—31	31.6	中壤	25.7	22.5	43.7	1.14	38.3
4	黄土农地	0—20	27.5	轻壤	21.0	24.5	45.8	0.86	53.3
		20—39	26.8	轻壤	19.8	21.4	56.4	0.92	61.3
9 ^(*)	黄土山杨幼林 (10—20年)	4—15	31.3	中壤	22.8	24.7	29.0	0.92	31.5
10 ^(*)	黄土山杨成林 (40—50年)	5—10	33.9	中壤	25.4	25.6	26.0	0.99	26.3
11 ^(*)	黄土白桦幼林 (20—30年)	4—14	30.3	中壤	22.4	25.4	37.9	0.88	43.1
12 ^(*)	黄土白桦成林 (40—50年)	3—15	34.5	中壤	25.9	26.6	35.7	0.97	36.6
13 ^(*)	黄土辽东柞幼林 (15—20年)	2—12	39.1	中壤	29.7	26.4	28.2	1.13	25.0
14 ^(*)	黄土辽东柞成林 (40—50年)	2—16	37.4	中壤	27.4	26.9	35.2	1.02	34.5

注: (1) 林地如山杨、白桦及辽东柞混交成林(40—50年)。

(2) 山杨白桦分布于北偏东 45—60°, 坡度 20—25° 的位置上。辽东柞分布于南偏西 10°, 坡度 30° 的位置上。有机质含量: 山杨林幼林 2.37%, 成林 3.07%; 白桦林幼林 2.70%, 成林 3.57%; 辽东柞幼林 3.23%, 成林 2.65%。

性能最强居第一位,草地及林地的土壤分别居第二位和第三位,农地抗侵蚀性能最弱,居第四位。从不同林龄下的土壤分析结果可以看出,山杨及白桦幼林抗侵蚀性能较弱,成林较强;辽东栎幼林较成林的抗侵蚀性能为强。如以幼林下的土壤抗侵蚀性能相比较,辽东栎幼林较强,山杨幼苗次之,白桦幼林较弱;如以成林下的土壤相比较,山杨成林抗侵蚀性能较强,辽东栎成林次之,白桦成林及混交林成林较弱。从总的情况来看,尽管土壤利用情况不同,然总的趋势是表层土壤分散率及侵蚀率均较小,其下层均较大,这说明在表土被侵蚀后,愈向下层,土壤的侵蚀将愈为严重。以表层土壤侵蚀率变动幅度来看,黄土母质的农地为 42—55,草地为 34—42,林地为 25—43,灌木地为 22—26;红壤母质的农地为 19.0。这说明农地土壤不如其他有植被的土壤抗侵蚀性能强。由此看来, Middleton 的分散率及侵蚀率在一定程度上也可作为土壤抗侵蚀性能的指标。在 Middleton 的研究结果中,侵蚀土壤与不侵蚀土壤之区别,首先根据土壤质地来划分,凡是粘质的土壤均归入难侵蚀土壤一类,凡是轻质的土壤均归入易侵蚀土壤一类,我们的研究结果和他所规定的情况相一致。然 Middleton 以侵蚀率“10”为分界点^[2,4],小于 10 者土壤抗侵蚀性能最强,大于 10 者较弱。在本文所研究的土壤中,粘质土的侵蚀率最低,为 19.0,已大大超过上述侵蚀率 10 的指标,如按 Middleton 的标准来判断,则研究地区的土壤均属易侵蚀土壤。显然,这未必是正确的。我们认为,在应用侵蚀率于黄土地区土壤时,其分界点还值得进一步研究。

四、摘 要

本文对甘肃省东部子午岭地区 8 个土壤剖面的团聚体总量、1—10 毫米团聚体量、团聚状况和团聚度作了研究,发现灌木地和草地的这些物理性质比林地好,草地比农地好,同一土壤剖面中,上层比下层好,土壤质地粘的比质地轻的好。还发现这些物理性质的数值随着土壤抗侵蚀性能的增强而增高。本文还研究了这 8 个土壤剖面的团聚体分散度,其值随土壤抗侵蚀性能的增强而下降,因此,这些物理性质可作为土壤抗侵蚀性能的指标。

文章同时还研究了这些土壤的分散率与侵蚀率。所得结果是随着草被破坏,分散率及侵蚀率增大。土壤愈粘重,侵蚀率愈小,这与 Middleton 的结果是一致的。但 Middleton 以侵蚀率“10”作为易侵蚀与难侵蚀之分界点,而我们的分析结果,最低值为粘质土,尚高达 19.0,由此看来,似乎该区皆为易侵蚀土壤,但是未必是正确的。看来,侵蚀率在黄土地区应用,其分界点还值得进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Gerdel, R. W.: Reciprocal relationships of texture structure, and erosion on some residual soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 2, 537—545, 1937.
- [2] Ayres, Q. C.: Soil erosion and its control. 20—30, McGraw-Hill, 1936.
- [3] Baver, L. D. and Rhoades H. F.: Aggregate analysis as an aid in the study of soil structure relationships. J. Amer. Soc. Agron., vol. 24, No. 11 920—930, 1932.
- [4] 陈恩凤: 水土保持学概论。商务书局出版, 1951。
- [5] Качинский, Н. А.: Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения, Изд. АН СССР, М. 1958.

- [6] 子天仁: 重庆紫棕泥之团聚度与侵蚀率。土壤季刊, 5卷, 2期, 91—102页, 1946。
- [7] Gaylord, M. V.: The method of determination of degree of dispersion of the clay fraction of soils as used in investigation of abnormal characteristics of soil in region eight of the soil conservation service. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 2, 561—565, 1937.
- [8] Baver, L. D.: Soil physics. Inc, N. Y. London, 1956.
- [9] Peele, T. C.: The relation of certain physical characteristics to the erodibility of soils. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc., vol. 2, 97—100, 1937.
- [10] 許冀泉: 土壤有机-矿质复合体与土壤结构。土壤通讯, 13期, 1955。
- [11] 中国农业科学院土壤肥料研究所、中国农业土壤学编著委员会编: 中国农业土壤论文集。405页, 上海科学技术出版社, 1962。

INVESTIGATION ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL IN RELATION TO THE INDEX OF SOIL RESISTANCE TO EROSION IN THE REGION OF TZIWU-LING, KANSU

TYAN CHI-YING AND HWANG YI-DUAN

(Institute of Biology and Pedology, Academia Sinica)

(SUMMARY)

In this study the physical properties of surface soil were investigated under different conditions. From the results obtained, we may come to the conclusion that good soil physical properties, which are resistant to soil erosion, are exhibited by high content of organic matter, large quantity of >0.25 mm total aggregate and 1—10 mm aggregate, and the state and degree of micro-aggregation.

We have also studied the two soil physical constants, dispersion ratio and erosion ratio, which Middleton used to separate erosive from nonerosive soils. The results showed that both ratios increased following the cultivation of grass land, and that the heavier the soil, the smaller the ratios. These findings agree with that of Middleton. However, he used the erosion ratio "10" as a demarcation point between erosive and nonerosive soils. In our study, we found the erosion ratio of the heavy soil, which was the lowest, even reached as high as "19.0". Looking at this, it seems that all soils in this region should be erosive. Hence, further study is needed on the point of demarcation of erosion ratio when used in loess region.