

黄土高原水蚀的主要类型及其有关因素

朱 显 谟

(中国科学院西北水土保持研究所)

(上接本刊1981年第4期第18页末)

四、土壤因素 土壤是水蚀的主体,它的一切性征,无疑地将与水蚀有关,也可以说是水蚀的内因。地表径流系水蚀的主要动力,在其它条件相同时,径流的大小及其对于土壤的破坏能力,主要取决于土壤中与抗蚀、抗冲性能有关性征的具体表现。影响土壤抗蚀、抗冲性能的土壤性征很多,但是从黄土地区主要是超渗径流的侵蚀这个特殊矛盾看来,土壤透水性能就是矛盾的主要方面。而土壤的透水性能又受制于土壤质地、结构及其水稳性、空隙、剖面构造、土层厚度以及湿度等等。这些因素不仅因成土类型、强度而异,而且也由于利用情况不同而有巨大的差别,所以,土壤透水能力亦将随之而有很大很快的变化。同样由黄土母质形成的土壤,由于成土作用的强弱,而其土体的稳定渗水相差最大可达20倍。其中由成岩作用明显的老黄土上微度发育的硬黄土容重最大、总孔隙及毛管孔隙最少、渗透性最差;在新黄土上发育的黑垆土层结构较好,根孔及动物穴较多,非毛管孔隙最大,渗透性最好(表3)。

表3 黄土性土壤和黑垆土的渗透性能*

土壤名称	取样地点	深度 (厘米)	容 重	孔 隙 率 (%)			前30分钟透 水量(毫米)	稳 渗 率 $K_{1.0}$ (毫米/分钟)
				总孔隙	毛管孔隙	非毛管孔隙		
硬黄土	陕西延安	20—30	1.37	49.4	45.9	3.5	35.0	0.056
二色土	陕西绥德	20—30	1.27	53.0	49.3	3.7	43.5	0.13
黄绵土	陕西延安	20—30	1.18	56.4	48.2	8.2	71.9	0.40
黑垆土	陕西洛川	40—50	1.25	53.8	45.2	8.6	104.8	1.09

* 试验系用102平方厘米×10厘米环刀取原状土样在20厘米水头下测定。

兰州小金沟内灰褐色森林土(黄土上发育)上用同心筒法在原地测定的结果表明,林下土壤团粒含量在57.5—68.5%,经过多年耕种后,团粒含量降至21.7—32.6%,二小时透水总量下降为林地的37.2%(表4)。可见土壤结构性的破坏对渗水性的影响巨大。

影响土壤对水的吸收和渗透的土壤疏松度或孔隙度,应该是非毛管孔隙并具有稳固的孔隙性。凡土壤缺乏结构、仅经机械力量疏松的土层,有利于水分的吸收和下渗只能

表 1

灰褐色耕作后土壤渗透性能的变化 (据朱显谟等)^[4]

土 壤	利 用	3.5分钟末渗透速度 (毫米/分)	最后渗透速度 (毫米/分)	二小时总透水量 (毫米/分)
灰褐色土	林 地	12.66	3.10	539.7
耕种灰褐色土	农 地	2.86	1.40	200.0

表现在为水浸润开始的片刻。从图10不难看出,耕松马铃薯地比变实了的青裸地透水速度较快的情景,只表现在2分钟的时间内,过此即渐形消失,因此只求机械力量疏松土壤增进透水的效果不能持久。

蒋定生等^[3,6]曾在甘肃子午岭不同的土壤上进行了土壤渗透性能与地表径流量的观测(图11)结果表明,在其他条件大致相同的情况下,土壤渗透率与径流量呈反相关的

关系,即渗透率愈大,径流量愈小。

透水速度高而稳定的土壤,自然也就大大地减弱了地面发生径流的可能性,因此也就可以减少流失和冲刷。同时又因土壤能保持一定的水分,有利于土粒间的团聚作用。团聚体的稳固和被植物根系、微生物菌丝体的缠绕串联,增加土壤抵抗水力的冲刷和风蚀。

我们的研究又认为^[6]，“土体渍水分散,有利于径流的携带而发生侵蚀。同时,土体愈干燥,进水愈快,土体愈易散离。一般黄土地区的土壤,包括黄土母质在内,只要其含水量到达20%上下,就可以在水中保持土块的原样而并不散离”。我们又对土体吸水膨胀和分散、冲刷等进行了测验,其结果见表5。

从表5可知,膨胀系数愈大,愈易于分散和冲失。结合其他一些研究

^[4]看来,土体愈干,吸水愈快,亲水胶粒的吸水愈强,则吸水愈多,膨胀愈大。因此,当土体疏松多孔、非毛管孔隙较多、骨架颗粒较多、粘粒较少而又缺乏生物性物质(如根系、菌丝体、土壤酶……)的缠绕固结时,非但土体进水快,同时土体散离也较快。尤其土体微结构的胶结型呈接触式或接触基底式时,密实的土体又因其膨胀而易于

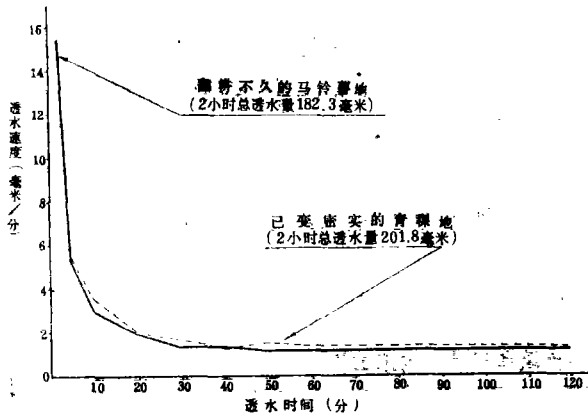


图10 甘肃定西和平屯土壤疏实对渗透的影响

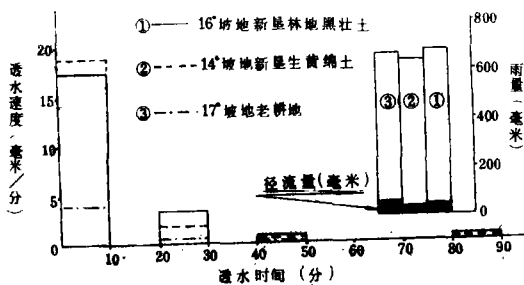


图11 甘肃子午岭不同土壤的渗透性与地表径流

表 5

土壤膨胀与分散及侵蚀的关系

地 点	利用或植被情况	膨胀系数	静水中分散时间 (全部)	流水中流失率 (%)
子午岭贾家沟圈	黄土母质	19.8	2分30秒	—
庆阳城北	黄土母质	31.3	2分1秒	—
子午岭三关桥	农地表土	13.9	不分散(被根固结)	100%在5分内冲失
同 上	草地表土	17.6	不分散	一小时内冲失9.7%
同 上	白杨林(疏)表土	1.22	不分散	一小时内冲失15.2%
同 上	白杨林(密)表土	0.77	不分散	一小时内冲失9.35%

散离,但倘其成岩作用较强,胶结较固,尤其呈基底式胶结时,亲水粘粒在其吸水膨润的同时又将孔隙关闭而其窒息气压又小于土体胶结力时,那末土体的散离作用在短时间内仅表现为表面的剥离,而不可能发生整体的瓦解。这也许是砂黄土的散离作用大于黄土;而黄土的散离作用大于粘黄土;而粘黄土的散离作用又大于比较密实的红土的内在原因。显然,窒息气压的大小又与粘粒吸水的强度和速度有关,这就难怪比较干燥的土体入水散离较快了。但是这些有碍土壤抵抗水蚀的内因,又将随着成土过程的演进和生物物质的增加而得到纠正,因而人们在进行水土保持工作时,反复强调生物措施的重要性,即在于此。

黄土地区土壤的质地,也是影响土壤渗透性能的重要因素。一般说来,质地愈粗,透水性能愈强;尤其对缺乏土壤结构和成土作用较弱的土壤来说,更是如此。我们可以根据近年来的测定资料,整理成表6。这一现象基本上和三带黄土地区的实际情况相一致。黄土地区北缘与风砂土接壤地带,由于厚层风砂的复盖,土壤渗透性尤较显著增加,又加地势平坦,起伏不大,并多内陆湖沼,1977年8月初在10时内降雨虽高达1,400毫米,但未闻发生多大灾难。而延河北川同年7月初在24时内降水100—200毫米,引起洪水暴涨,冲毁延安北大桥。

表 6

黄土地区土壤和渗透率的关系

砂粒含量 (%) (粒径0.5—0.05毫米)	前30分钟平均渗透率 (毫米/分钟)	最后稳定渗透率 K_{10} (毫米/分)
86.5	4.76	2.5
39.5	2.64	1.0
36.5	1.89	0.8
32.5	1.42	0.6

有关土壤抵抗径流破坏作用的能力,我们曾把它区分为抗蚀和抗冲二种性能^[87]。

抗蚀性是指土壤抵抗径流对土壤的分散和悬浮的能力，主要取决于土粒和水的亲和能力。亲和力愈大，土壤愈易分散悬浮，结构体和微结构亦愈易受到破坏和解体；同时也将导致土壤透水性的变小和地表的泥泞。在这样的情况下，即使径流速度很小，机械破坏力有限，也会由于悬移作用而发生侵蚀。抗冲性系指土壤抵抗径流对土壤的机械破坏和推动下移的能力，它主要取决于土粒间和微结构间的胶结力和土壤结构体间抵抗离散的能力。在冲刷（沟蚀）过程中，土壤颗粒或土块不一定在水中分散悬浮，只要径流能把它推动时就可发生侵蚀。如果土壤颗粒间的胶结力很强，结构体较大，或者结构体相互不易离散，则可抵抗较强的冲刷作用。土壤的抗蚀性直接与径流的悬移作用有关，并也同推移作用有关，因易于在水中分散悬浮的土壤，常为冲刷作用创造了有利条件。因此，以往把抗蚀性和抗冲性作为同一种性质而并不分开。但以往研究的土壤抗侵蚀的指标，如土壤的分散率、侵蚀率、分散系数、团聚度等，现在看来它们主要是反映土壤侵蚀分散和悬浮的性能，实质上就是上述抗蚀的指标。

关于黄土地区土壤分散率及侵蚀率，1963—1964年，田积堂等同志作了比较系统的研究，其结果见图12。从图12的结果看来，黄土地区的土壤其粘粒含量愈多，尤其有机

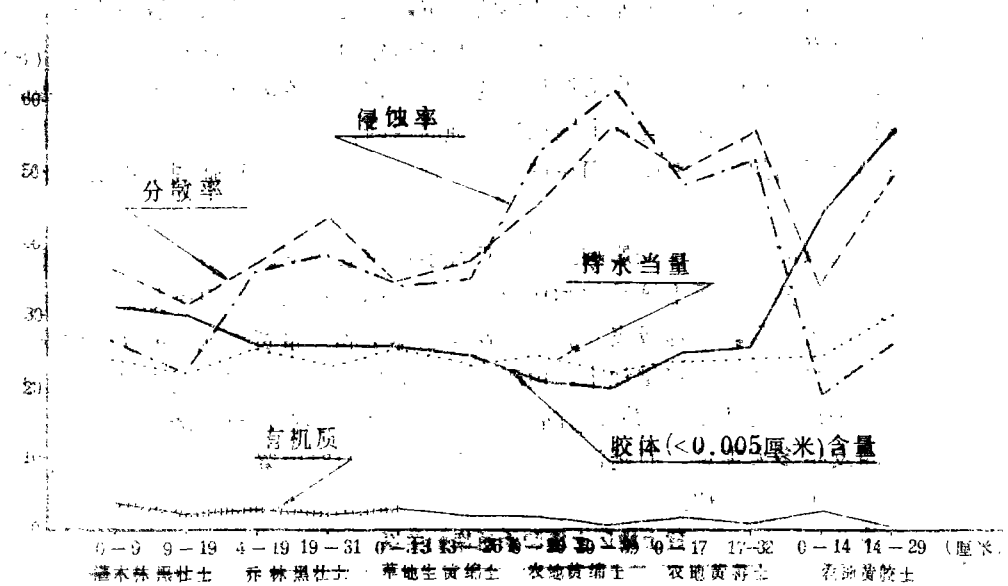


图12 甘肃子午岭不同土壤的抗蚀性能

质含量较高的土层，其侵蚀率愈小。倘就其利用植被来讲，则不论其分散率或侵蚀率均以农地最大，草地次之，林地尤其茂密的灌丛林地最小。倘以土壤的表层和下层相比，则又以表土较小而下层较大。可见在防止土壤侵蚀中，保护表土的重要性，否则土壤侵蚀将随着表土的损失而更形加速。

土壤分散系数一般随土壤有机质及粘粒含量的增高而降低。汪仁真等同志^[30]的研究（表7）表明，有机质和粘粒含量较多的黑土分散系数最低，说明其抗蚀力较强。

从胶粒的亲水性和其他特性来看，除有机胶粒外，矿质胶粒的风化度，一般都以 $S_{(1)}/R_{(1)O_2}$ 的比值来表示，即在一定范围内比值愈大，抗蚀性能愈大，也就是分散率

表 7 几种土壤分散系数同有机质、粘粒含量的关系

土 壤	有机质含量	碳 酸 钙	<0.001毫米的颗粒	分散系数
	%	%	%	
黑土 (东北)	13.34	<0.5	26.4	11.4
黄土 (北京)	1.02	4.0	18.7	25.1
沙 黄 土	1.68	4.0	8.4	30.9

和侵蚀率愈小。黄土中胶粒的 S_iO_2/R_2O_3 要比粘重的红土高得多，但它们具体表现在土壤侵蚀方面，则又恰恰相反。这是一方面由于黄土中的胶粒含量少，胶粒和“骨架”颗粒的胶结常以接触式或接触基底式为主。胶结力不强，土体常疏松多孔，而红土非但胶粒含量较多，并常为基底式胶结，密实坚硬，孔隙少，进水慢。显然，它们在抗冲性能上存在着巨大的差别，而我们一般在疏松黄土上所见的土壤侵蚀现象常常是流失和冲刷同时进行，而且实际上冲刷过程进行得非常强烈，而大大地掩盖了流失的强度。这也是我们在上面所以强调抗蚀、抗冲性能必须加以区分的主要原因。

有关抗冲性的指标，国外尚少研究，国内近年来曾利用原状土在静水和流水中做了一些测定^[8,40]。当土体吸水 and 水分进入土壤孔隙后，倘若很快崩散破碎成细小的土块，那末它就容易为地表径流推动下移。所以土体在静水中的崩解情况，可以作为土壤抗冲性的指标之一。我们对于黄土地区土壤的研究表明^[8,37]，正是上面已经提到过，土壤膨胀系数愈大，崩解愈快，抗冲性愈弱，根系的缠绕，能将土块固结，使抗冲性增强。此外，我们也曾采用索波列夫装置进行测验，并取水冲穴的深度或体积的大小来衡量土壤剖面各层的抗冲性。

蒋定生等^[40]将原状土置于特制的冲刷槽中，经一定水流冲刷后，测定土壤被冲失的数量，并以“单位水量的冲刷值(克/升)”作为土壤抗冲性的指标，该值愈大，

表 8 甘肃子午岭不同利用情况下土壤侵蚀与土壤亲冲性能

土壤与利用	根量(克/100立方厘米)			硬度(公斤/平方厘米)			亲冲性(克/升)		
	采样深度(厘米)			采样深度(厘米)			采样深度(厘米)		
	0—7	20—24	40—44	0—7	20—24	40—44	0—7	10—24	40—44
山杨黑壮土	3.50	2.06	0.11	11.5	7.7	15.0	0.06	2.11	3.34
马芽草生黄土	1.57	0.26	0.07	19.5	8.7	15.0	0.30	0.35	4.88
大麻耕种黑壮土	1.47	—	—	3.6	6.5	—	3.25	3.64	1
大麻耕种生黄土	1.67	0.22	—	3.9	7.8	—	14.10	0.49	1
大麻黄绵土	0.57	0.14	0.03	3.8	12.1	12.2	53.40	0.32	7.92
狗尾草撂荒黄绵土	—	—	—	—	—	—	0.95	0.32	1

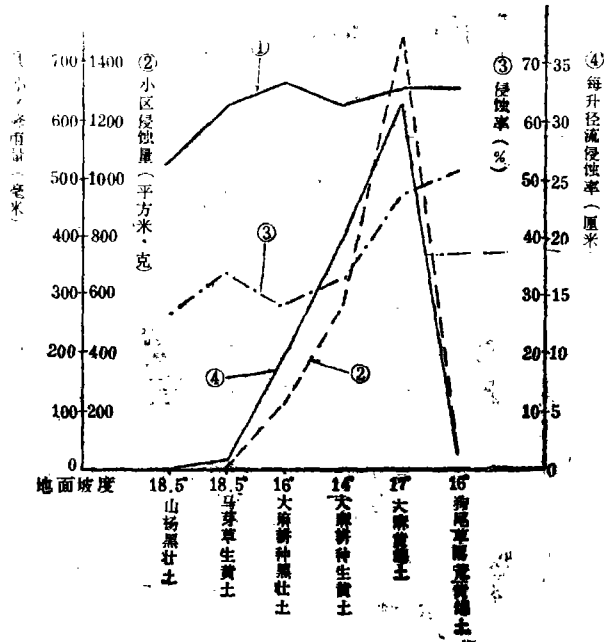


图13 甘肃子午岭不同利用情况下雨量、侵蚀量与坡度关系图

抗冲性愈弱。他们对子午岭地区土壤的研究结果（图13和表8）表明，土壤抗冲性随着土壤中根量和土壤硬度的减少而减弱，土壤利用情况的不同，抗冲性有显著差别；其中以林地最强，草地次之，农地最弱。林地或草地经开垦后，抗冲性急剧变弱，农地放荒之后，抗冲性很快增强。林地及草地的抗冲性以表层最强，表层以下显著减弱，但农地的抗冲性以表层较弱，即使初垦的农地也是如此。此外，如果我们拿各小区的土壤侵蚀量的大小和土壤抗冲性、抗蚀性加以对比，则又可看出，土壤侵蚀量的大小和土壤抗冲性的强弱显著相关，而与土壤抗蚀性的关系则不太明显。这就表明，在一定条件下，土壤侵蚀与抗冲性的关系更为密切。因此，在黄土地区着重提高土壤抗冲性能，对于防治土壤侵蚀来说，将具有特殊重要的意义。（三）