

# 黄土地区土壤物理性质及与 黄土成因的关系

田积莹 黄义端 雍绍萍

## 提 要

该文主要讨论了在陕、甘、宁境内作为黄土风成成因的主要颗粒组成从北向南或从西向东的分布规律,以砂粒、粗粉粒、粘粒及物理性粘粒四种粒级作为黄土风成成因的主要指标粒级,并讨论了随着土壤颗粒的变化,而产生的土壤一系列物理性质的变化:土壤比重愈向南愈大;土壤容重则是最南部及最北部最大,而中间过渡地带较小;对于破坏土壤(无结构的土壤),土壤质地愈粘重,渗透性能愈差,质地愈轻则渗透性能愈好,而对于有结构的原状土壤则恰好相反。另外,黄土地区的土壤水分常数如最大吸湿水、凋萎湿度、自然含水量及田间持水量亦是北向南相应的逐渐递增变大,然而毛管持水量则是最南部及最北部较小,而中间过渡地带最大,和土壤粗粉粒分布规律恰相吻合。

黄土高原是我国黄土分布面积最广的地区,总面积约计53万 $\text{km}^2$ ,其土层厚度可达100—200m,一般在50m以下或20—30m之间,是世界上少有宝贵的土壤资源。因此,曾引起国外地学界科学家的关注。从十九世纪起就有德国人李希霍芬及俄国人奥巴鲁切夫等纷纷来我国进行考察研究,直到本世纪我国著名地质学家杨钟键及刘东生等人以及著名土壤学家马溶之、熊毅及朱显谟等人,都对黄土形成的地层构造以及成因从不同的角度进行了深入系统的研究。黄土从风成成因发展到水成成因以及近期发展为综合成因,但从始到终大多数学者都承认风成成因占主导因素<sup>[3]</sup>。熊毅、刘东生等人曾以黄土颗粒从北向南或从西北向东南逐渐变细的特征,证明风成学说的正确性<sup>[1,4]</sup>。马溶之认为黄土颗粒可以被风吹至我国东南部上海一带,大多数学者认为南京下蜀系土壤也受风成成因的影响,我国西南地区成都平原的土壤亦受到风积的影响<sup>[2]</sup>。我国西北地区分布着面积广大的沙漠,也是黄土风成成因的另一佐证。特别是近年来西北地区普遍存在着沙化问题,沙漠面积逐步向南移动扩大。所有这些事实都证明了黄土风成过程至今仍在大规模的进行着。

在黄土高原广大的地区,我们进行了土壤物理性质的测定,通过对各地土壤的对比研究,表明黄土风成成因与土壤物理性质关系极为密切。现讨论于下:

## 一、土壤颗粒的分布规律

在黄土高原的陕西、甘肃东部和宁夏境内,我们采集了从北至南不同地区土类标本,其中有风砂土、绵砂土、轻黑垆土、侵蚀黑垆土、黄绵土、黑垆土、塬土以及秦岭以南的黄泥巴(黄褐土),土壤机械分析结果均表明具有风积影响的地带性特征。这不

只是表现在表层(0—35cm)土壤的机械组成中(如图1、图3),而且也表现在全剖面(0—335cm)的土壤机械组成中(图2、图4、图5)。我们认为表层土壤颗粒分布概况可以反映现代成土过程受现代气候及风积影响的结果;全剖面土壤颗粒分布概况可以

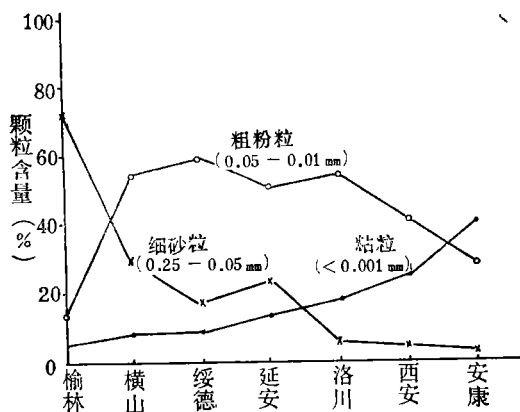
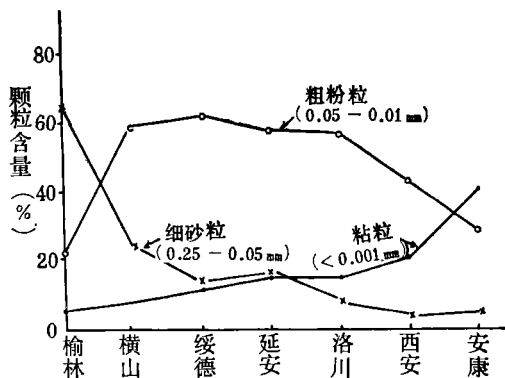


图1 第一组陕北地区表层(0—35cm)  $\frac{1}{2} \mid \frac{3}{4}$  土壤颗粒分布概况(北→南)

图2 第一组陕北地区全剖面(0—300cm)土壤颗粒分布概况(北→南)

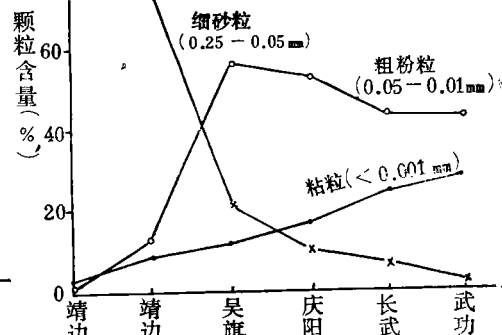
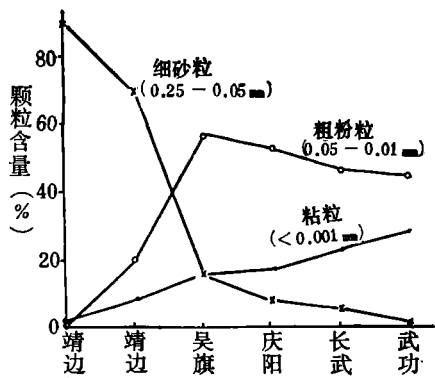


图3 第二组陕甘地区表层(0—34cm) 土壤颗粒分布概况(北→南)

图4 第二组陕甘部分地区全剖面(0—335cm)土壤颗粒分布概况(北→南)

反映过去成土过程受古气候及风积影响的结果。表层与剖面中细砂粒、粗粉粒及粘粒等含量和分布状况在不同地区现代和过去极相类似,这说明现代气候特征和沉积方式与过去气候特征和沉积方式没有发生显著变化。

我们先就不同地区不同土类剖面中砂、粉、粘三种颗粒及物理性粘粒含量及其分布概况作为风积物指标粒级分别讨论于下:

1. **细砂粒**: 由于颗粒粒径(0.25—0.05mm)较大,重量亦大,是土壤的骨架部分(如表1、表2及图1—8所示)。风力不易搬移,故在沙漠区及其附近半固定沙丘地区有大量的沉积,向南逐渐减少。

第一组陕西北部地区细砂粒分布于榆林、横山一带风砂土及绵砂土中,细砂粒含量:

表1 黄土高原的土壤颗粒分布概况\* (北→南) (一)

地 点	项 目 土壤 深度 (cm)	土 壤 机 械 组 成 (粒径: mm) %							备 注	
		砂 粒 1—0.25	细砂粒 0.25 —0.05	粗粉粒 0.05 —0.01	中粉粒 0.01 —0.005	细粉粒 0.005 —0.001	粘 粒 <0.001	物理性 粘 粒 <0.01	苏联土 壤质地	土壤类型
第一组 陕 西 北 部 地 区 (北→南)										
榆 林	0—200	1	75	14	2	2	6	10	紧砂土	风砂土
横 山	0—110	0	30	55	5	1	9	16	砂壤土	绵砂土
绥 德	0—115	0	17	60	8	6	9	23	轻壤土	黄绵土
延 安	0—220	0	24	51	5	6	14	25	轻壤土	黑垆土
洛 川	0—290	0	7	55	10	10	18	38	中壤土	粘黑垆土
西 安	0—265	1	5	42	13	14	25	52	重壤土	塬 土
安 康	0—300	1	3	30	11	14	41	66	轻粘土	黄褐土
第二组 陕 甘 部 分 地 区 (北→南)										
靖 边	0—90	4	93	1	0	0	2	2	松砂土	风砂土
靖 边	0—192	0	75	13	2	1	9	12	砂壤土	轻黑垆土
吴 旗	0—200	0	21	57	6	4	12	21	轻壤土	侵蚀黑垆土
庆阳(甘)	0—220	0	10	54	8	11	17	36	中壤土	典型黑垆土
长 武	0—200	0	7	44	11	13	25	48	重壤土	粘黑垆土
武 功	0—335	0	3	45	11	12	29	53	重壤土	塬 土

\*全剖面系加权平均值

表2 黄土高原的土壤颗粒分布概况\* (二)

地 点	项 目 土壤深度 (cm)	土 壤 机 械 组 成 (粒径: mm) %							备 注	
		砂 粒 1—0.25	细砂粒 0.25—0.05	粗粉粒 0.05—0.01	中粉粒 0.01—0.005	细粉粒 0.005—0.001	粘 粒 <0.001	物理性 粘 粒 <0.01	苏联土 壤质地	土壤类型
第三组 甘 肃 东 部 地 区 (北→南)										
靖 远	0—200	0	13	52	9	10	16	34	中壤土	灰钙土
会 宁	0—200	0	10	51	10	10	19	38	中壤土	灰钙土
通 渭	0—150	0	8	48	11	10	23	43	中壤土	侵蚀黑垆土
秦 安	0—200	0	7	42	11	11	29	52	重壤土	黑垆土
两 当	0—200	1	6	35	13	17	28	59	重壤土	褐 土

\*全剖面系加权平均值

续表 2

第四组 陕、甘、宁地区黑垆土 (西→东)

固 原	0—150	0	38	40	6	6	10	22	轻壤土	黑垆土
庆 阳	0—220	0	10	54	8	11	17	36	中壤土	典型黑垆土
洛 川	0—290	0	7	55	10	10	18	38	中壤土	粘黑垆土

陕、甘、宁地区黄绵土 (西→东)

固 原	0—120	1	39	37	7	7	9	23	轻壤土	黄绵土
合 水	0—100	0	8	61	9	8	14	31	中壤土	黄绵土
富 县	0—130	0	5	53	13	14	15	42	中壤土	黄绵土

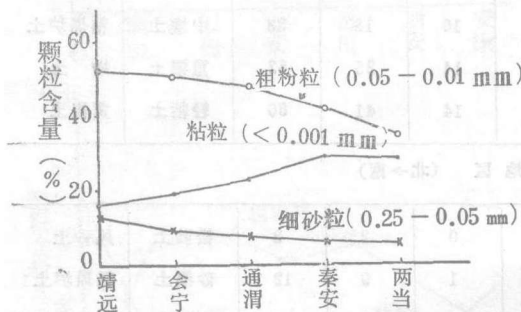


图5 第三组甘肃东部地区全剖面 (0—200cm) 土壤颗粒分布概况 (北→南)

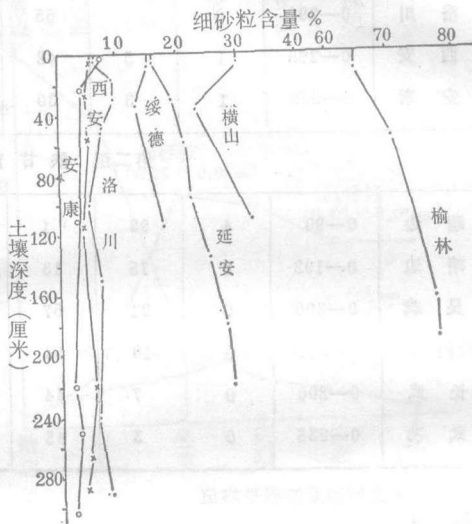


图6 第一组陕北地区土壤全剖面细砂粒分布 (南→北)

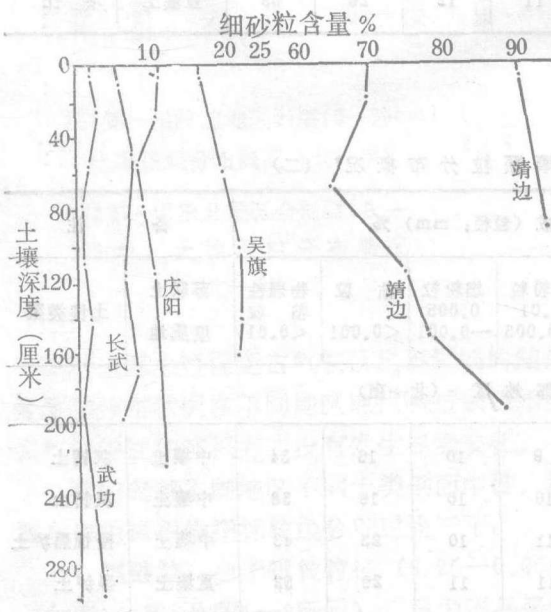


图7 第二组陕甘部分地区土壤全剖面细砂粒分布 (南→北)



图8 第三组甘肃东部地区土壤全剖面细砂粒分布 (南→北)

在30—75%之间;逐步向南到绥德、延安一带,黄绵土细砂粒含量下降到15—25%;到洛川、西安一带,粘黑垆土及塬土细砂粒含量进一步下降到5—10%之间;越过秦岭到达安康,土壤为黄泥巴,细砂粒含量下降到3%左右。

第二组陕甘部分地区细砂粒分布在陕北靖边沙源区,风砂土及轻黑垆土中含量为75—95%;逐步向南到达吴旗、庆阳一带黑垆土中含量下降到10—20%;继续向南到达长武、武功一带,粘黑垆土及塬土中细砂粒含量下降到10%以下。

第三组甘肃东部地区,虽然细砂粒含量较少,由于距腾格里沙漠较远,仍然表现出从北向南逐渐递减的规律性,靖远、会宁两地系灰钙土区细砂粒含量为10—15%;逐步向南到达通渭、秦安黑垆土中细砂粒含量降低为7—8%;更南部到达秦岭、两当系褐色土,细砂粒含量仅为6%。

就第四组陕、甘、宁三省从西向东黑垆土及黄绵土的细砂粒含量分布来看,宁夏固原地区细砂粒含量为38—39%,甘肃庆阳为8—10%,陕西洛川、富县为5—7%;也表现出明显的递减规律性。

上述各地自北向南或自西向东均呈现出土壤中的细砂粒含量逐步降低,表现出土壤中细砂粒受风力搬运沉积的明显规律性。

**2.粗粉粒:**粗粉粒较细砂粒的重量轻,易受风力吹扬飘移至远方(如表1、表2及图1—5)。流沙地区以南各地土壤剖面中粗粉粒含量较细砂粒含量显著为高。

在第一组陕西北部榆林风砂土中,粗粉粒含量仅为13%;稍向南到达横山及绥德,土壤为绵砂土及黄绵土,粗粉粒含量增加,达到最高值(55—65%),表明绥德一带是风力减弱的转折点,结合上述细砂粒含量在该区显著降低,亦表现出风力减弱的现象,故使得大量粗粉粒在该处沉积;继向南到达延安及洛川,土壤为黑垆土及粘黑垆土,粗粉粒含量又逐渐下降为50—55%之间;再继续向南到达西安一带,土壤为塬土,粗粉粒含量进一步下降为40%左右;更向南越过秦岭到达安康,土壤为黄泥巴,粗粉粒含量更进一步下降为30%左右,粗粉粒从北向南的沉积规律与砂粒沉积规律显然不同,粗粉粒含量先是由少到多,再由多逐步下降变少的沉积规律,正符合风力由强变弱驱使颗粒由高空向地面沉积的一般规律。

第二组陕甘部分地区靖边的风砂土及轻黑垆土中粗粉粒含量为1—15%;向南到达吴旗、庆阳、黑垆土中粗粉粒含量增加为50—60%;继续向南到达长武、武功,粘黑垆土及塬土中,粗粉粒含量又降低为45%,和上述第一组陕北地区一样粗粉粒亦是北向南由少到多,后继续向南又由多逐渐到少,其沉积规律相同。

再看第三组,甘肃东部地区靖远县由于距沙源区较远,与会宁灰钙土中一样,粗粉粒含量最多为50—55%;向南到达通渭、秦安,土壤为黑垆土,粗粉粒含量下降为40—50%;继续向南到达秦岭山区两当,土壤为褐色土,粗粉粒更进一步下降为35%。粗粉粒亦是北向南逐步减少,有明显的规律性,符合风积特征。

就第四组陕、甘、宁东西向粗粉粒颗粒分布来看,黑垆土及黄绵土中的粗粉粒分布亦是西向东有逐渐递增的趋势,黑垆土从西部固原含量40%到东部庆阳及洛川增加到55%左右;黄绵土相应的从固原粗粉粒含量37%,到东部庆阳、洛川增加到50—60%,两个土类分布规律及含量相类似,符合黄土高原经常刮西北风,向东风力逐渐减弱,致使大量粗粉粒沉积下来的特征。

**3. 粘粒:** 粘粒体积小重量轻, 无论在水中或大气中均能长期飘浮, 微风即可带动它飘移向其他地方, 何况强风及暴风更易于带动这些颗粒向高空及远处飘浮, 后随风力减弱或随降雨而沉落地面。在黄土高原的土壤中, 粘粒含量也呈现出受风作用影响的特征, 其规律是从北向南粘粒逐渐增多 (如表 1—2 及图 1—5、图 9—10), 与细砂粒含量从北向南逐渐减少恰成相反的变化规律。

在第一组陕西北部地区榆林的流动及半固定砂丘, 经常受到大风的袭击, 致使风砂土中粘粒含量较少仅有 5—6%, 稍南到达横山及绥德, 绵砂土及黄绵土中粘粒含量略增到 10% 左右; 继续向南到达延安及洛川一带, 黑垆土及粘黑垆土中粘粒含量递增到 15—20%; 再继续向南到达西安, 塬土中粘粒含量增加到 25%; 更向南越过秦岭到达安康, 土壤为黄泥巴, 其粘粒含量增加超过 40%。粘粒含量从北向南显著地递增现象, 符合风力易将粘粒带至远方的沉积规律。

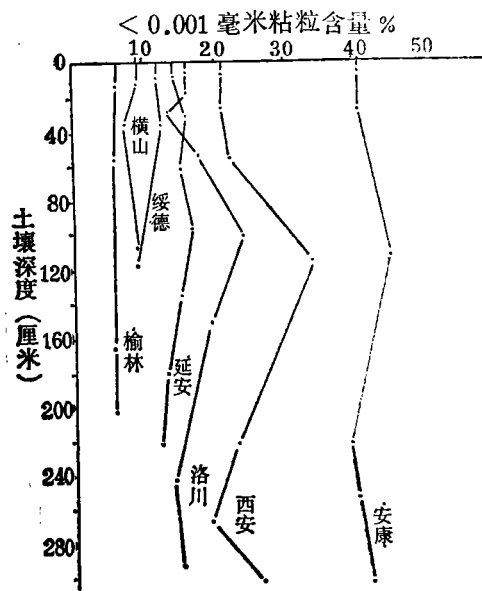


图9 第一组陕北地区土壤全剖面粘粒分布 (北→南)

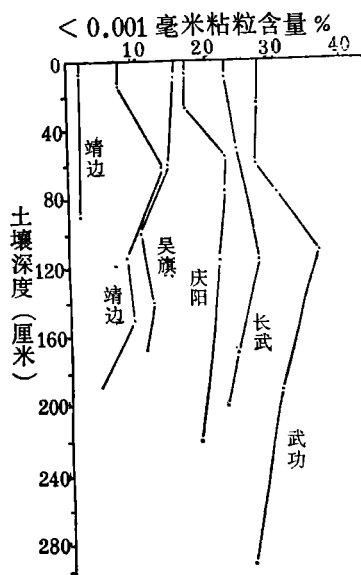


图10 第二组陕甘部分地区土壤全剖面粘粒分布 (北→南)

就第二组陕甘部分地区来讨论, 在靖边半固定砂丘的风砂土及轻黑垆土中粘粒含量为 2—10%; 向南到达吴旗及庆阳 (甘) 黑垆土中, 粘粒含量增加为 10—20%; 继向南到达长武、武功土壤为粘黑垆土及塬土其粘粒含量增加为 25—30%。

再就第三组甘肃东部地区来讨论, 北部靖远县和会宁县灰钙土中粘粒含量为 15—20%; 向南到达通渭、秦安及两当, 土壤为黑垆土及褐色土, 其中粘粒含量增加到 20—30%, 亦呈现出愈向南土壤中粘粒含量愈增加的规律性。

第四组陕、甘、宁地区, 东西方向的黑垆土及黄绵土 (表 2) 粘粒分布, 宁夏固原土壤中粘粒含量为 10% 左右; 向东到达甘肃庆阳, 土壤中粘粒含量增加为 14—17%; 再向东到达陕西富县及洛川, 土壤中粘粒含量增加为 15—18%。很显然粘粒含量从西向东亦有递增的变化规律, 正符合黄土地区经常刮西北风的气候特征。

另外再就南北土壤粘化层出现的部位及厚度以及粘粒最大含量来进行研究讨论,第二组陕甘部分地区靖边县为轻黑垆土,土壤剖面中的垆土层出现在深度34—68cm处,其厚度为34cm,粘粒最大含量为15%;向南到达甘肃庆阳,典型黑垆土剖面中的垆土层出现在深度40—115cm处,其厚度为75cm,粘粒最大含量为23%;继向南到达长武为粘黑垆土,土壤剖面中垆土层出现在50—170cm处,其厚度为120cm,粘粒最大含量为28%;继向南到达武功,为塬土,土壤剖面中的粘化层出现在深度60—190cm处,其厚度为130cm,粘粒最大含量为36%。

第一组陕北地区,其北部洛川地区土壤为粘黑垆土,土壤剖面中的粘化层出现在深度52—150cm处,其厚度为98cm,粘粒最大含量为24%;继向南到达西安为塬土,土壤剖面中的粘化层出现在深度54—116cm处,其厚度为62cm,粘粒最大含量为34%;再继续向南越过秦岭到了最南部安康,土壤为黄泥巴,粘化层出现部位为深度26—112cm,其厚度为86cm,粘粒最大含量为45%。由上述情况看来,土壤剖面中粘化层愈向南出现的部位愈深,其厚度亦愈厚,粘粒最大含量亦愈高,亦即愈向南粘化层最大,粘粒含量成10的级数相应地递增。由于愈向南气候逐渐变暖,气温及降雨量亦相应逐渐递增,不能不对土壤形成过程有所影响。

**4. 物理性粘粒:**这一级颗粒粒径小于0.01mm,为中、细粉粒与粘粒结合在一起的粒级,是苏联制土壤质地分类所依据的粒级。在黄土高原从北向南各地区不同的土壤类型中,物理性粘粒含量也是从北向南依次增加(如表1—2、图11—12),亦即大于0.01mm的物理性砂粒从北向南相应的依次递减。

第一组陕西北部地区榆林风砂区,土壤物理性粘粒含量为10%,土壤质地分类为紧砂土;稍向南到达横山,绵砂土中物理性粘粒含量增加到15%左右,土壤质地分类为砂壤土;向南到达绥德、延安其黄绵土及黑垆土中物理性粘粒含量增加到20—25%,土壤质地分类为轻壤土;继续向南到达洛川粘黑垆土中物理性粘粒含量增加到40%附近,土壤质地分类为中壤土;再继续向南到达关中西安,塬土中物理性粘粒含量增加,超过50%,土壤质地分类为重壤土;更向南越过秦岭到达安康,黄泥巴土中物理性粘粒含量超过65%,土壤质地分类为轻粘土。从第一组陕北地区土壤可以看出从北向南几乎碰到所有质地组土壤,显示了土壤受风积影响的规律性。

第二组陕甘部分地区,从北向南土壤物理性粘粒的变化,如陕北靖边风砂区土壤物理性粘粒含量仅为2%,土壤质地分类为松砂土;另一土类为轻黑垆土,物理性粘粒含量12%,土壤质地分类为砂壤土;稍向南到吴旗侵蚀黑垆土中,物理性粘粒增加到21%,土壤质地分类为轻壤土;向南到达甘肃庆阳,典型黑垆土中物理性粘粒含量增加超过35%,土壤质地分类为中壤土;继向南到达长武,粘黑垆土中物理性粘粒含量增加接近50%,土壤质地分类为重壤土,在其更南部的武功,塬土中物理性粘粒含量增加达到55%,土壤质地分类亦为重壤土。陕甘地区土壤亦是北向南土壤逐渐变粘和第一组土壤相类似。

第三组甘肃东部地区从北部靖远县开始,由于距腾格里沙漠区较远,故出现的土壤质地类型较粘重和会宁县一样,同为灰钙土类型,其中物理性粘粒含量从35%增加接近40%左右,土壤质地分类为中壤土;向南到达通渭,侵蚀黑垆土中物理性粘粒含量增加为45%左右,土壤质地分类亦为中壤土;再向南到达秦安、两当,粘黑垆土及褐土中物

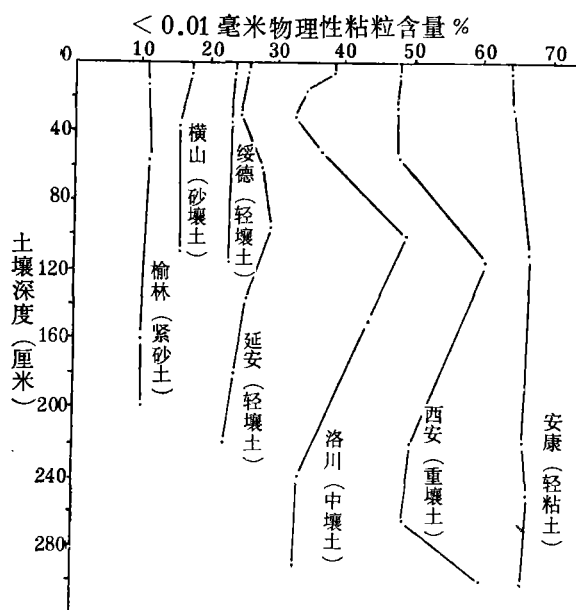


图11 第一组陕北地区土壤全剖面物理性粘粒分布(北→南)

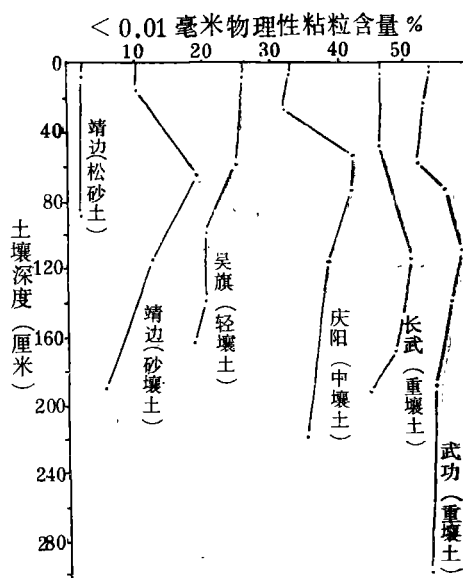


图12 第二组陕甘部分地区土壤全剖面物理性粘粒分布(北→南)

理性粘粒含量增加到超过50%接近60%，两者质地分类均为重壤土。和上述两组土壤一样亦表现出从北向南土壤质地愈来愈粘重的显明规律性，这正是风积的特征。

第四组陕、甘、宁地区的黑垆土及黄绵土，从西到东土壤物理性粘粒含量的变化情况，宁夏固原土壤中物理性粘粒含量在20—25%之间，土壤质地分类为轻壤土；向东到达甘肃庆阳，典型黑垆土中物理性粘粒含量增加到30—35%，土壤质地分类为中壤土；继向东到达陕西洛川，粘黑垆土中物理性粘粒含量增加到40%左右，土壤质地分类亦为中壤土。该组土壤物理性粘粒从西向东递增的规律，亦证明了黄土受西北风对土壤沉积规律的影响。

除去上述细砂粒、粗粉粒及粘粒以及物理性粘粒外，从北到南土壤中其他粒级颗粒如中粉粒及细粉粒亦有愈向南略微有所增加的趋势，然而其变化规律不如上面所详述的几种颗粒显著。

总起来看，黄土高原从北向南分布有不同土壤类型，土壤机械组成中细砂粒、粗粉粒、粘粒以及物理性粘粒，这四级粒级是显著地发生着规律性变化：细砂粒含量愈向南愈减少，粘粒及物理性粘粒含量愈向南愈增多；粗粉粒含量则不然，起先是愈向南愈增加，达到最大含量后则更进一步愈向南愈减少。这些土壤颗粒含量的变化，充分证明了黄土高原土壤颗粒组成主要是受风力的影响，由沙源地区搬运而来，沉积后又受当地气候的影响及支配。

## 二、土壤的物理性质

由于黄土高原从北向南各地所分布的土壤类型不同，而且土壤中各级颗粒含量在不



同地带有极显著的差异性,故导致土壤中的物理性质也随着地带性从北向南相应地有了显著的变化。从表3可以看出,规律的显著变化,这种变化与土壤颗粒的分布规律相吻合。如土壤比重的变化从北向南逐渐增加,在榆林、靖边的半固定流沙区土壤比重最小为2.66—2.68,到了更南部扶风、汉中即秦岭南北附近,土壤为塋土及黄泥巴,土壤比重增加达到最大为2.73—2.76,而中间过渡地带比重一般在2.72左右间变动,这种变化与砂粒含量从北向南递减,粘粒含量相应递增有相一致的规律性,说明土壤中的粘土矿物对土壤的比重起着决定性作用。在砂土中石英含量丰富,由于石英比重较小,故使得流沙区土壤比重变小为2.66—2.68,到了南部地区土壤中粘粒增多,砂粒减少,粘质土由于粘土矿物无定形铁氧化合物的存在,包括赤铁矿或褐铁矿等,由于铁的比重很大,因而使得这些粘质土的比重相应增大,达到2.73—2.76。中间地带土壤比重一般为2.70—2.72。

表8

黄土高原的土壤物理性质\* (陕西省从北至南)

地 点	项 目 深度(cm)	比 重	容 重 (g/ml)	孔 隙 度 %			土壤类型	苏 联 制 土 壤 质 地
				总 计	毛 管	非 毛 管		
榆 林	0—30	2.66	1.68	36.8	35.5	1.3	风砂土	松砂土
靖 边	0—90	2.68	1.55	42.2	39.6	2.6	风砂土	松砂土
靖 边	0—190	2.70	1.43	47.1	42.3	4.7	轻黑垆土	砂壤土
横 山	0—110	2.71	1.34	50.6	48.8	1.8	绵砂土	砂壤土
绥 德	0—115	2.72	1.25	54.0	52.2	1.8	黄绵土	轻壤土
洛 川	0—100	2.72	1.29	52.5	45.5	6.9	粘黑垆土	中壤土
扶 风	0—500	2.73	1.37	49.8	45.2	4.6	塋土	重壤土
汉 中	0—100	2.76	1.53	45.0	39.5	5.5	黄褐土	粘 土

• 全土壤剖面加权平均值

土壤容重和比重的变化显然不同,在最北部的砂土区及最南部的粘土区土壤容重超过1.50;砂土最大达到1.68,而中间地带绥德、洛川一带地区容重则最小为1.25左右,这种情况与土壤中粗粉粒含量比较一致,因为粗粉粒分布是从北向南增加,到达绥德一带达到最大含量为60%以上,继续向南则粗粉粒含量逐渐又相应的减少。土壤容重与土壤的结构排列有密切关系,最北部榆林、靖边砂粒颗粒大,土壤为单粒无结构的排列,较紧实,故使容重增大到1.68,导致土壤总孔隙度降低;最南部安康土壤为粘土,粘粒含量高亦使土壤成为无结构状态的排列导致容重亦增大;过渡地区绥德由于粉粒含量很高,颗粒又细又轻,其排列较砂土疏松,总孔隙度及毛管孔隙度均增多,导致土壤有强大的持水性能,然粗粉粒膨胀性及胶结性均不如粘粒,故粗粉粒多的土壤多成为无结构状态的排列,绥德以南及秦岭以北洛川到关中扶风之间土壤质地为中壤土至重壤土。这些土壤结构均较优良,土壤非毛管孔隙含量即大孔隙含量显著增多,有利于通风透气,调节作物生长需要的水、气矛盾。

因为土壤的孔隙特性与土壤的结构特征有密切关系,从黄土高原的土壤来看,总孔

隙度及毛管孔隙度从北向南逐渐增多,到达绥德后又从北向南逐渐降低,非毛管孔隙度从北向南有逐渐增多的总趋势,由此可以看出,无结构的土壤总孔隙度在37—45%之间,毛管孔隙度在35—40%之间,非毛管孔隙度小于3%以下,有结构的土壤总孔隙度在45—55%之间,毛管孔隙度在40—50%之间,非毛管孔隙度在5%以上。

### 三、土壤的渗透特征

土壤的渗透与土壤的质地有相关性。对破坏土壤来说,轻质土壤渗透速度快,而重质土壤的渗透慢。但对于自然状态下有结构的原状土壤来说则是恰巧相反。例如我们采集耕层以下的原状自然土壤进行渗透测定(如表4),这些土壤从未受到人为耕作活动的影响,不同时间末所测定的渗透系数 $K_{10}$ 值,均有相一致的规律性,在相同时间末即从北向南绥德 $K_{10}$  < 延安 $K_{10}$  < 洛川 $K_{10}$  < 武功 $K_{10}$ ,这是因为绥德、延安系黄绵土粗粉粒多结构不良,见水易崩溃以致影响到土壤渗透的速度减慢,向南到达洛川、武功为平原地带,土壤质地粘重为中、重壤土,土壤结构良好,生物活动旺盛,土壤中非毛管孔隙含量增加达到5—7%,较绥德土壤非毛管孔隙高出3倍多,因之洛川土壤渗透系数 $K_{10}$ 值也相应的较绥德 $K_{10}$ 值约高出3倍多,如以60分钟末渗透系数值为例,绥德、延安的土壤渗透系数 $K_{10}$ 值为0.30和0.45 mm/min,相应地洛川及武功的土壤渗透系数 $K_{10}$ 值为1.30和1.48 mm/min,后者显然大于前者,这也说明黄土高原的土壤渗透速度从北向南有逐渐增加的规律性。

南部降雨量多,土壤渗透性能又良好,又有深厚的黄土层,这样有利于蓄积大量的水分,以满足植物及作物生长发育的需要,有利于促进农牧业发展。

表4 黄土高原的土壤渗透特征\* (北→南)

地 点	渗透 系数 深度 (cm)	不同时间末 $K_{10}$ 平均值 (mm/min)				备 注	
		15分	30分	60分	120分	苏联制 土壤质地	土 类
绥德辛店沟岭顶	20—30	0.44	0.39	0.30	0.26	轻壤土	黄绵土
延安枣园岭顶	20—30	0.70	0.63	0.45	0.40	轻壤土	黄绵土
洛川塬上	40—70	1.84	1.50	1.30	1.09	重壤土	黑垆土
武功头道塬	30—40	2.21	1.73	1.48	0.81	重壤土	瘠 土

\* 原状土壤的渗透系数 (陕西省)

### 四、土壤的水分常数

黄土高原的土壤水分常数也和土壤颗粒的分布特征一样有其地带性特征,然而各种水分常数在测定时缺乏共同的基础,即不是一样的条件。譬如,最大吸湿水及凋萎湿度是用破坏土壤进行测定的,这两者水分常数条件是一致的;自然含水量及田间持水量是在野外自然土壤结构下测定的,这两种水分常数测定的条件是一致的;毛管水则是用环刀筒采集原状土壤在室内进行的。这个水分常数既脱离野外自然土壤结构的整体性,增

加了土壤水分的吸收面积，同时又保持原状自然结构，使其不受人破坏土壤结构的干扰。

表5 黄土高原的土壤水分常数 (陕西省)

地 点	最大吸 湿水 %	凋萎湿度 %	***自然含 水量 %	田间持 水量 %	***毛管饱和 持水量 %	土 壤 类 型
榆 林	2.7	2.9	—	12.5	—	风砂土
靖 边	—	—	6.5	—	25.6	风砂土
靖 边	—	—	8.9	—	29.7	轻黑垆土
横 山	—	—	9.6	—	37.6	绵砂土
绥 德	3.2	3.7	10.0	16.0	41.9	黄绵土
延 安	3.8	5.1	16.0	20.4	41.1	黑垆土
洛 川	5.3	6.1	18.0	20.5	35.5	粘黑垆土
武 功	8.7	9.8	—	20.7	—	瘠 土
汉 中	8.2	11.0	18.9	—	27.9	黄泥巴
安 康	12.8	16.0	—	24.4	—	黄泥巴

\*\*\*自然含水量、毛管饱和持水量系全剖面加权平均值

从表5及图13可以看出黄土高原的各个土壤水分常数总的趋势均是从北向南依次逐渐增大，仅毛管持水量例外。最大吸湿水北部榆林风砂土最小为2.7%，最南部安康最大为12.8%，中部地区土壤最大吸湿水变动在3.2—8.7%范围内。凋萎湿度，北部榆林最小为2.9%，南部安康最大为16.0%，中部地区凋萎湿度变动在3.7—11.0%范围内<sup>[7]</sup>。自然含水量，北部靖边风砂土为7—9%，南部地区汉中为19%；田间持水量，最北部榆林风砂区土壤为13%，到最南部安康增加达到最大值为24%，中部地区田间持水量一般变动在16—21%之间，大部分地区如延安以南、秦岭以北地区田间持水量稳定在20%左右，毛管持水量从北向南的分布规律和前述土壤颗粒中的粗粉粒及其孔隙度分布规律相一致，先是从北向南增大，到达绥德后继续向南，则又逐渐减小，由于绥德、延安土壤中粗粉粒含量最多，还有较多的砂粒，致使其以北地区土壤处于无结构状态的排列，到达延安以南地区，由于土壤中砂、粉粒减少，粘粒含量增加达到25%以上，故使土壤形成良好的结构，大孔隙度（即非毛管孔隙度）增多。并导致其南部地区土壤渗透速度增大。因此土壤的毛管孔隙度相应降低，毛管持水量亦随之减少。最北部靖边及最南部的汉中毛管持水量变动在25—30%之间，而在绥德、延安一带土壤中毛管持水

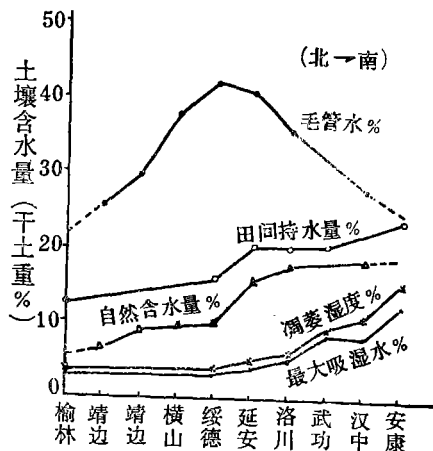


图13 黄土高原土壤各种水分常数南北变化情况 (陕西省境内各地)

量达到42%最大值, 在以南或以北毛管持水量均略有降低, 变动在38%左右。

从水分曲线(图13)可以看出, 最大吸湿水和凋萎湿度水分曲线趋势相一致, 这是前述破坏土壤条件测定的结果, 自然含水量与田间持水量水分曲线趋势相一致, 这也是由于在自然结构状态下条件相一致的结果。土壤自然含水量介于田间持水量与凋萎湿度之间, 很显然各地自然含水量约占有有效含水量的50%—80%。说明黄土高原虽然地处较干旱地区, 然由于土层相当深厚, 土壤自然含水量经常保持在有效水范围内, 显示出深厚的黄土层有利于土壤防旱保墒, 更进一步证明黄土的自然肥力即保水保肥能力很强。

黄土高原的土壤生产潜力很大, 由于土层深厚, 光照充足, 且有一定的降水量, 土壤物理性质疏松多孔, 土壤质地为壤性土, 因此土壤的透水性及透气性良好, 同时土壤的矿质养分极为丰富, 土壤中的钾素含量很高, 故对于钾肥的需要不如其他地区迫切, 因之发展农业生产以种植小麦、棉花等农作物最适宜。

### 参 考 文 献

- [1] 熊毅、文启孝: 如何改良西北的土壤, 《科学通报》1953年第10期。
- [2] 马溶之: 中国黄土之生成, 《地质论评》第9卷, 1960年第3、4期。
- [3] B·И·帕夫林诺夫: 第四纪地质学讲义(上册), 北京地质勘探学院, 1957年。
- [4] 刘东生等著: 中国黄土堆积, 科学出版社, 1965年。
- [5] 朱显谟: 黄土区土壤的分布规律, 《科学通报》, 1957年第15期。
- [6] 中国科学院南京土壤研究所主编: 中国土壤, 科学出版社, 1978年。
- [7] 汪正华: 陕西省黄土地区土壤水分性质研究, 《土壤通报》, 1982年第2期。

## THE SOIL PHYSICAL PROPERTIES WITH RELATION TO THE LOESS GENESIS IN THE LOESS REGION

Tian Jiying et al

### ABSTRACT

This article principally discusses the distributive rules of fine sand, coarse silt, clay and physical clay of soil mechanical composition in the loess region, from the northern desert to the southern Qingling Mountains. The distributions of above four different particles have marked regularity, and therefore they may be made as an index of the loess aeolian genesis. The clay ( $<0.001\text{mm}$ ) and physical clay ( $<0.01\text{mm}$ ) content are gradually increased from the north to the south, but on the contrary the fine sand ( $0.25-0.05\text{mm}$ ) is gradually reduced. But the coarse silt ( $0.05-0.01\text{mm}$ ) at certain area getting southward is increased by 55-65% in total content, then the coarse silt is gradually reduced. The distribution of above four different particle will influence on the soil general physical properties, such as soil specific gravity, soil bulk density, soil porosity, soil permeability, and soil moisture constants.