

文章编号: 1000-0550(2007)03-0417-07

黄土高原南缘风尘堆积与现代土壤发育的关系研究^①

庞奖励^{1, 2} 张旭¹ 黄春长¹ 查小春¹

(1 陕西师范大学旅游与环境学院 西北历史环境与经济社会发展研究中心 西安 710062;

2 中国科学院地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室 西安 710075)

摘要 通过对陕西关中地区 JYC 剖面不同层微形态的观察和定量分析,发现原生不稳定矿物急剧减少、粗颗粒磨圆度、球度、定向性高和含较多侵入物是耕作层的典型特征;针状方解石微晶大量出现在犁底层,指示一种较短期的相对稳定的较干旱环境;相似性系数暗示古土壤 S₀ 以上部分具有风积物主要特征,其中 0~40 cm 是 2000 年以来人类不断施加黄土性质土粪、农业耕作和粉尘降落的综合产物,40~75 cm 主要是自然风尘堆积的产物。

关键词 土壤微形态 旱作农耕土壤 JYC 剖面 关中地区

第一作者 庞奖励 男 1963 年出生 教授 博士 资源开发与人地关系演化 E-mail: jlpang@snnu.edu.cn

中图分类号 X141 **文献标识码** A

土壤微结构是成土过程的最终表现,蕴含着土壤物性、生态功能、成土环境、诊断特征等信息,自 20 世纪初库比纳把其引入土壤研究后,已被广泛应用于多个领域。如 Mooney 等从土壤微形态中提取了环境演变的有关信息^[1]。郑毅等研究了自然和农业环境下土壤微形态形成过程和生态功能^[2, 3]。贺秀斌等对微结构及演化过程进行了数字化模拟^[4, 5]。关中是我国重要的旱作农业区之一,其特殊的自然地理环境产生了特有的耕作方式,即在耕作过程中不断施加黄土性质的土粪,使土壤剖面同时向上下两个方向发展。但对这种剖面的形成过程中有不同认识,一种观点认为人类活动在成土过程中起主要作用,形成的土壤称为“耨土”^[6, 7]或“堆垫旱耕人为土”^[8]。另一种观点认为,关中地区分异明显的现代土壤剖面实质上是全新世时期东亚季风变化引起的风尘物质堆积速度发生变化的结果^[9, 10]。认识的分歧直接影响了对土壤所含信息的理解和提取。从微形态角度探讨上述问题的文章鲜见报道,本文通过对土壤微形态及变化的研究,试图说明人类耕作活动和土地利用方式在关中地区土壤发展过程的作用,为上述争论提供一些直接证据。

1 研究区概况

关中地区位于黄土高原南缘,秦岭是其南缘的天然屏障,是西北季风挟带风尘所能到达的南界(图

1)。属暖温带半湿润气候,年均气温 12~14℃,年均降雨 600~750 mm。区内平坦的地形、肥沃的土壤和适宜的气候有利于旱作农业的发展,自新石器时代以来就是人类活动的中心之一,是我国旱作农业重要的发源地之一,主要栽种小麦、玉米、棉花、豆类等。正是平坦的地形有利于水土保持,使得自全新世以来形成的地层在区内普遍保存较好。

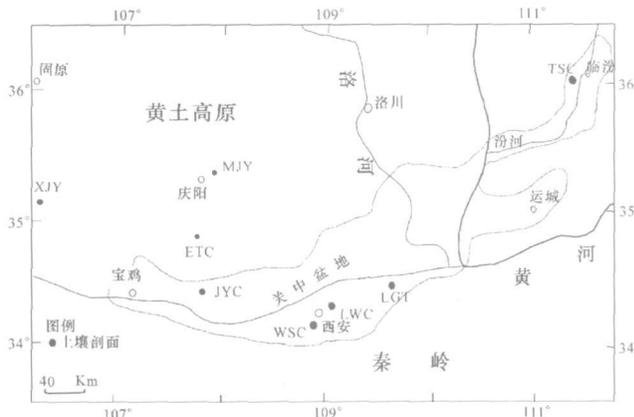


图 1 关中地区及周边土壤剖面位置简图

Fig 1 Map showing the location of the studied soil site

2 研究材料和方法

关中及周边地区不同地点的土壤剖面构型颇为相似(图 2)。全新世剖面一般厚 200~250 cm,现代

①国家自然科学基金项目(批准号:40471119);黄土与第四纪地质国家重点实验室基金项目(SKLLQG 0604);陕西省自然基金(2006D01)资助
收稿日期:2006-01-19;收修改稿日期:2006-09-15

土壤指全新世古土壤 S_0 以上部分, 一般厚度在 40~90 cm (图 2)。限于篇幅, 本文仅以 JYC 剖面为例进行讨论。该剖面位于扶风县境内 ($E107^{\circ}39'$, $N34^{\circ}27'$), 渭河北岸的黄土台塬面上, 为砖厂取土所出露的陡坎, 晚更新世—全新世地层保存完整, 是理想的研究剖面 (图 1 和 2), 剖面描述见表 1。长期栽种小麦和玉米, 历史时期以来土粪是其主要的肥源。

野外考察发现, 人类耕作活动对土壤的影响深度尚未达到古土壤 S_0 顶界 (<100 cm)。为了研究现代土壤连续的演化, 从地表开始向下每 2 cm 连续采全岩样, 取到马兰黄土顶部。在 0~90 cm 范围内以

5 cm, 90 cm 以下以 10 cm 连续采块样用于微形态分析, 对于疏松的土层用 PVC 管 (长 7 cm \times 直径 5 cm) 取样, 然后两端小心密封。

样品颜色描述, 粒度、TOC、 $CaCO_3$ 含量测量同文献^[11]。阳离子交换量测定方法见文献^[12]。样品固化参考文献^[13], 采用真空换气技术, 磨制成 32 \times 24 mm 的标准薄片。薄片在 Leica DMRX 偏光显微镜下进行观察 (10 \times 5 ~ 10 \times 63)。微形态定量分析用 LEICAL Qwin2.6 图像处理软件。微形态描述和术语与文献^[14]一致。

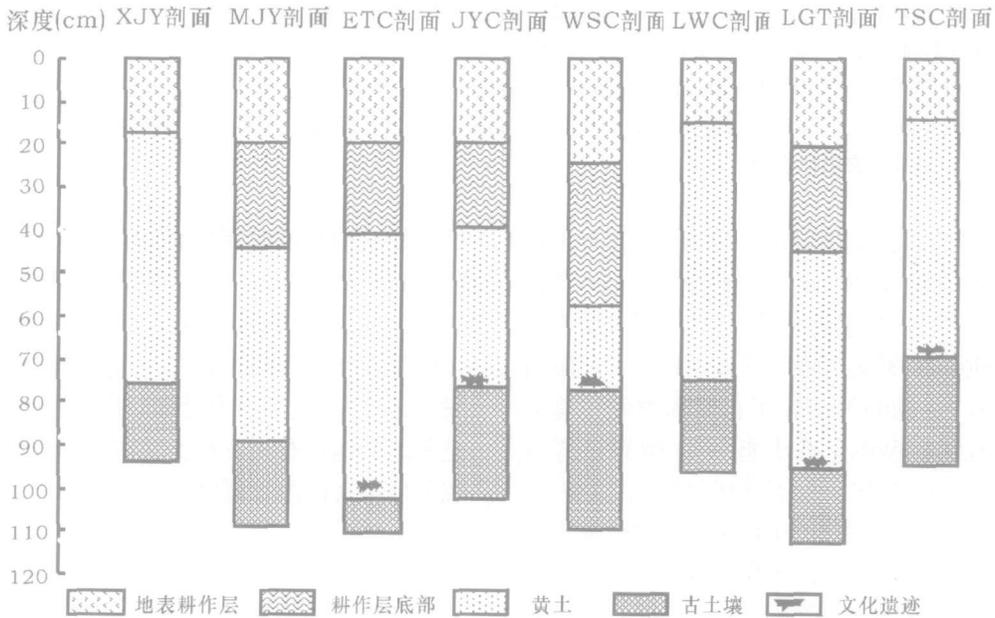


图 2 关中地区及周边不同土壤剖面对比

Fig 2 Map showing different modern soil profile

表 1 陕西关中地区 JYC 土壤剖面描述

Table 1 Pedological description of the soil profile at JYC site in Guanzhong areas Shanxi

发	发生层	深度 /cm	颜色及结构	$CaCO_3$ / (g/kg)	TOC /g/kg	阳离子交换量 / (cmol(+)/kg)	粒度 / (mm) / (g/kg)		
							>0.05	$0.05 \sim 0.002$	<0.002
现代土壤	A_{p1}	0~20	浊橙色, 7.5YR7/4, 粉砂粘土质地, 微团聚体 (0.5-1.0mm) 发育, 大量孔隙、蚯蚓粪等, 常见侵入物。	30.11	8.90	12.30	64	694	342
	A_{p2}	20~40	浊橙色, 7.5YR7/3, 粉砂粘土质地, 团粒状结构, 略显层理, 中等数量孔隙和蚯蚓粪, 少量侵入物。	41.14	5.27	11.93	49	670	281
	BC	40~80	浊黄橙, 10YR7/3, 粘土粉砂地, 团粒状结构, 中等数量孔隙, 疏松, 大量粉霜状碳酸盐。底部出现灰陶碎屑 (先周一西周期)。	112.73	3.42	14.77	88	711	201
古土壤 S_0	Bt	80~240	浊棕色, 7.5YR5/4, 粉砂粘土质地, 团块状结构, 比较坚实坚硬, 中等数量孔隙, 少量粉霜状碳酸盐。	13.26	4.46	7.44	38	635	337
马兰黄土 L_1	C	240~	浊黄澄, 10YR7/4, 粉砂质地, 团粒状结构, 疏松多孔。大量粉霜、结核状碳酸盐。	165.98	2.59	18.95	93	753	154

3 结果与讨论

3.1 现代土壤发育历史

耕作土壤的测年十分困难,本文根据与土壤形成同期的人类遗迹初步断代。关中西部,先周一西周时期人类活动在古土壤 S_0 顶界附近形成了一定的沉积记录^[15],而一些古遗址已明确的断代数据为此次断代提供了有利条件。例如,周原岐邑遗址(3 100~3 010 aB.P.^[16, 17])附近的 JYC 剖面 S_0 顶部发现了该期人类活动遗迹,碾子坡遗址(校正的¹⁴C 年代为 3 350~3 100 aB.P.^[16])周边的 ETC 剖面 S_0 顶部鉴定出该期人类活动遗迹,这表明古土壤 S_0 顶界为 3 100 aB.P.。进一步调研发现,古土壤 S_0 以上部分可分为上下两层,界线在 40 cm 附近。但该界线区域上不连续,在地形平坦农业发达的地方清楚,而缺少农业耕作的地方缺失(图 2),这说明其应是传统农业活动(以大量施加黄土性质土粪为特征)开始出现的位置,也是人类活动强烈影响土壤发育的时间。尽管自新石器时代以来关中地区就有农业活动,但大量施加土粪的耕作活动始于秦汉时期,故上述界线确定在距今 2000 年较合适。

风积物最重要特征之一是地貌形态对沉积过程影响不大^[9],而耕作活动形成的堆垫层则受地形影响显著,这是因为技术水平决定了历史上的耕作活动主要发生在易于送达大量土粪的平坦地区,这必然造成堆垫层下界面因地形的变化而不连续。实际上,从陇东→关中盆地→晋南→豫西, S_0 以上的盖层在水平方向是连续的(图 2),不受地形的影响,这具有风尘堆积的特征,人类耕作不可能形成这样大面积的连续层。另外,用于培制土粪的黄土往往是就地取材,经过粗略估算,现有取土洼地的体积远远小于堆垫层的总体积。上述事实证明所谓的“堆垫层”不可能完全是土粪加积所成,3100 年以来的风尘堆积作用在现代土壤形成中起着十分重要的作用。

3.2 土壤微形态特征

3.2.1 粗颗粒矿物组合及形态

JYC 剖面不同层粗颗粒矿物组合相似,但矿物种类和不同矿物比例变化显著(见表 2)。0~40 cm, K_1 值($K_1=Q+P_1+K$ 含量/粗颗粒总量)较高,见少量 B₁ 和 H_b “假晶”。含 3%~5% 的大于 1 mm 的粗颗粒(有陶屑、晶屑、岩屑),其中 0~20 cm 内含量显然高于下部(20~40 cm)。40~75 cm, 矿物组合相对复杂, K_1 值低,常见不稳定矿物,原生 C_c 和次生 C_c

共存,缺少侵入物,特别在 40~65 cm 之间矿物种类最多和不稳定矿物含量最高。粗颗粒形态的变化比矿物组合更显著(详见表 3),其中 A_{p1} 层的颗粒呈次棱角状一次圆状(图 3A、3B), A_{p2} 层颗粒呈次圆状(图 3C), BC 层的颗粒呈次圆状一次棱角状(图 3D)。颗粒趋于向水平方向排列,但不同层位颗粒趋向水平方向的程度不同,在 40~80 cm 最低,在 20~40 cm 最高(见表 3)。

关中盆地属于粘黄土带^[9],这暗示 A_p 中大于 1 mm 粗颗粒应是耕作活动过程中所带入。黄河中游地区大暖期的亚热带气候在 3100 aB.P. 前后结束,转向相对干旱的气候并持续到今天^[18]。表生环境中,要增强风化成壤作用,或通过自然条件变得暖湿来实现,或是人类活动改变土壤环境实现。BC 层形成时期,是一个相对干旱、农业生产水平低下(耕作活动对土壤影响十分有限)的时期,其中颗粒显示出风积物的多数原始特征(如有不稳定矿物、棱角明显、孔隙小而多等),并且与下部的马兰黄土(典型风积物)相似,这说明 BC 层主要是风尘堆积所成。但 A_p 形成过程中(距今 2000 年以来),耕作活动中大量施加黄土性质的土粪,而年复一年的耕作活动使土壤疏松,一方面有利于水气的运移、蓄集和农作物的生长,水气移动又有利化学风化作用,使一些矿物消失或颗粒变小,另一方面加强了颗粒机械运动,使其被磨损和圆化。人类农业耕作活动对土壤的影响与自然作用对土壤的影响相比,作用时间短和强度大是其根本的特征。也就是说, A_p 层粗颗粒特征与 BC 层的差异应是长期农业耕作活动所致,自然作用十分有限。

3.2.2 土壤形成物

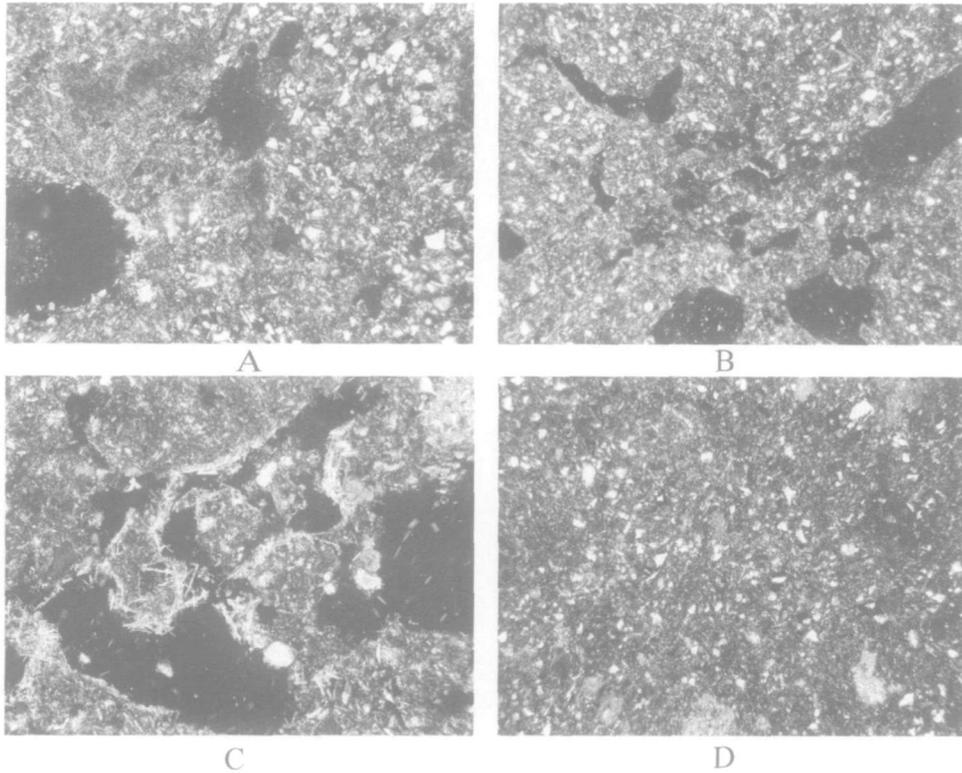
土壤形成物有粘土矿物、方解石和无定形 Fe(见表 3)。其中粘土矿物可分为残积粘土和淀积粘土。不定形 Fe 常与粘土混染在一起,使其呈淡棕色—棕色—红棕色。次生方解石有亚胶膜、浓集物、结核、针状、星散状等,主要呈隐晶和微晶态。0~40 cm, 粘土矿物 5.5%~6%, I/R 比值在 1/10~1/4。其中在 20~40 cm 粘土含量高较高和 I/R 值增大(见表 4),出现大量方针状解石(图 3C),而在 0~20 cm 隐晶方解石常常与粘土混染在一起。40~75 cm, 粘土含量少(3~3.5%), 残积粘土占绝对优势,而次生方解石中数量多且形态多样。古土壤 S_0 中粘土含量约 10%, I/R 值 1/3, 次生方解石较少。马兰黄土中,粘土含量少(3%)且残积粘土占绝对优势,次生方解石中多且形态多样,甚至有结核状和亚胶膜。

表 2 土壤薄片粗颗粒主要矿物组合特征 (<15 μm)

Table 2 Major mineral assemblage of coarse in the soil profile at JYC site in Guanzhong areas Shaanxi

发生层	C/F _{15μm}	矿物组合											侵入物
		Q+Pl+K %	Bi	Hb	Ep	Cc1	Cc2	Mus	Ep	Op	其它矿物		
现代土壤	A _{p1}	0.294	85~93	±	±	+	-	±	±	±	++	+	+
	A _{p2}	0.172	85~90	-	-	+	-	±	+	+	++	+	+
	BC	0.308	80~90	+	+	+	±	±	+	+	++	+	-
古土壤 S ₀	B _t	0.138	>93	-	-	+	-	-	+	+	++	+	-
马兰黄土 L ₁	C	0.709	80~85	+	+	++	+	±	+	+	++	+	-

注: Q-石英, Pl-长石, K-钾长石, Bi-黑云母, Hb-角闪石, Ep-帘石, Cc1-原生方解石, Cc2-次生方解石, Mus-白云母, Op-不透明矿物。C/F_{15μm}=粗颗粒含量(>15μm) 细物质含量(<15μm)。“++”=2~4%;“+”=1~2%;“±”=<1%;“-”=未见或缺少。



A 0~20 cm, 10×20, 正交偏光; B 20~40 cm, 10×20, 正交偏光; C 20~40 cm, 10×63, 正交偏光; D 45~70 cm, 10×10, 正交偏光

图 3 黄土高原南缘 JYC 土壤剖面不同层位微结构特征

Fig 3 Micromorphological features of the JYC profiles under a petrographic microscope

在 A_{p2} 大量针状方解石是其显著特征, 这与耕作活动直接相关。次生方解石的形成经历了原生方解石→溶解→(移动)→再沉淀的过程。矿物要形成较粗的晶体必须满足: 溶液有足够的浓度保证能形成大量结晶中心; 足够的结晶时间; 稳定的环境。A_{p1} 层是耕作活动直接波及的范围, 土壤环境频繁, 这使方解石结晶中心没有时间成长, 仅形成隐晶。而 A_{p2} 层能保持一个较长时间的稳定环境, 有利于方解石结晶中心稳定成长, 但这种环境持续时间不够长, 不足以

形成粗晶和细晶, 仅形成针状方解石微晶和部分微晶。在 40~75 cm 层, 正如上述, 这一层形成时期农业生产水平十分低下, 耕作活动对其影响有限, 这使得该层能保持一种相对较长时间的稳定环境, 使雏晶有时间长成较大的方解石细晶。显然, 土壤中大量针状方解石指示一种较短期的相对较稳定的较干旱环境, 大量隐晶方解石指示短期稳定的较干旱环境, 大量细晶则指示较稳定干旱环境。

表 3 JYC 剖面土壤微形态特征¹⁾
Table 3 Pedofeatures features of the soil profile at JYC site in Guanzhong areas China

	现代土壤			古土壤 S ₀	马兰黄土 L ₁
发生层 深度 /cm	A _{p1} 0~20	A _{p2} 20~40	BC 40~75	Bt 80~240	C 240~
土壤薄片中心粗颗粒形态特征 (<15μm)					
平均粒径 / (μm)	35~41 (38.7)	29~37 (33.5)	42~47 (45)	24	56
圆度 (R) ²⁾	1.636~1.818 (1.719)	1.640~1.783 (1.688)	1.898~1.982 (1.937)	1.577	2.878
定向性 (O) % ³⁾	39.8~57.0 (49.2)	49.4~61.9 (57.1)	38.5~43.1 (40.5)	38.4	38.5
球度 (A) ⁴⁾	1.829~1.909 (1.875)	1.742~2.021 (1.89)	2.215~2.312 (2.27)	1.993	2.215
土壤形成物特征					
C/F _{15μm}	0.172~0.308 (0.256)	0.157~0.267 (0.225)	0.308~0.453 (0.362)	0.138	0.709
孔隙度 %	11.2~19.1 (14.9)	11.6~19.2 (15.4)	9.1~12.3 (10.9)	20.2	11.3
粘土 %	5.5~6.0 (5.6)	5.5~8.0 (7.3)	3.0~3.5 (3.2)	10.0	3.0
I/R ⁵⁾	1/10~1/8	1/4~1/5	1/20	1/3	<1/30
R ₁ ⁶⁾	0.8105~0.8774 (0.8552)	0.8229~0.8951 (0.8494)	0.9095~0.9360 (0.9269)	0.6718	
次生方解石 %	8.0~9.5 (8.5)	8.5~9.5 (8.9)	9.0~13.5 (9.7)	4.5	13.5
形成物	中等数量棕-红棕色残积粘土浓聚物 (0.1~0.7 mm), 形状变化极大。少量淀积粘土沿孔隙边缘分布。方解石以隐晶态分散于基质中。	中等数量棕-红棕色粘土, 淀积粘土所占比例显著增加。针状方解石细晶占优势。	少量黄棕色残积粘土浓聚物, 缺少淀积粘土。细晶、微晶和隐晶方解石均有, 主要呈结核状、浓聚物状。	大量粘土, 淀积粘土发育 (5%), 以亚胶膜 (30~60 μm) 和团聚体两种形式存在。少量次生方解石。	少量粘土, 次生和原生方解石共存。
土壤微形态特征					
c/φ 相对分布式	双空间填隙型	双空间填隙型	双空间填隙型	双空间斑状通道孔隙, 少量	单空间填隙型
孔隙	主要是简单填充孔隙和孔道, 边缘多呈锯齿状, 0.1~1.2mm, 孔隙度 11.22%~19.10%。	主要是简单填充孔隙和孔道, 边缘呈锯齿状, 部分孔隙形态趋于圆状且边缘光滑, 大小 0.1~0.8mm, 孔隙度 11.61%~19.21%。	简单填充孔隙, 少量孔道, 孔隙边缘呈锯齿状, 形态不规则, 孔径 0.05~0.7mm, 孔隙度 9.11%~12.3%。	圆状孔隙, 孔隙形状较规则, 孔隙壁平滑, 0.1~1.5mm, 孔隙度约 14%~15%。	简单填充孔隙, 形态不规则, 孔壁较粗糙。孔径 0.10~0.7mm, 孔隙度 11.3%。
基本垒结	中等分离的良好的团块状微结构。	中等分离的良好的团块状微结构。	中等分离的团粒状微结构。	弱分离的海绵微结构。	中等分离的团粒状微结构。

注: 1)表中括号内数据为平均值; 2)圆度 R=磨圆度=(周长×周长)/(4×π×面积×1.064), 指粗颗粒边缘圆滑的程度; 3)定向性=指长轴与水平方向夹角, 表中数据指为夹角为 0°的粗颗粒所占的比例; 4)球度 A=指粗颗粒宽与长的比值; C/F_{15μm}=大于 15μm 颗粒含量/小于 15μm 颗粒含量; 5)I/R=淀积粘土含量/残积粘土含量; 6)R₁=土壤与马兰黄土的相似系数。

正如上述, 地表耕作层内良好的透水和通风环境有利于矿物风化, 一些铝硅酸盐矿物遭受不同程度的风化而形成了粘土矿物。在 A_{p1}层, 犁耕活动致使土壤环境和孔隙频繁变化, 不利于粘土在固定位置的持续淀积, 也就难以形成淀积粘土。但在 A_{p2} (犁底层) 内, 相对稳定的环境有利于淀积粘土的形成。BC 层形成期间的较干旱环境不利于矿物的风化, 既难以形成大量次生粘土。显然, A_p 层较多的次生粘土主要与农业耕作活动有关, 而古土壤 S₀ 中丰富的粘土主要与自然环境的暖湿有关。

3.2.3 孔隙和微垒结

孔隙形状在一定程度上反映土壤结构的改良程

度、土壤变异程度和土壤水分运动的状态。JYC 剖面孔隙主要是各种形态的简单填充孔隙, 少量孔道 (表 4)。A_{p1} 层孔隙度高, 较大而规则孔隙和细小而不规则孔隙共存, 有些趋于圆状和孔壁光滑, 指示经常扰动的特征。而犁底层 A_{p2} 中孔隙更规则一些, 说明有一个较稳定的土壤环境。BC 层孔隙比较发育, 以不规则状、孔隙小和数量多为特征, 但孔隙度不大, 孔壁边缘形状与周边粗颗粒形态有关, 是降尘自然堆积形成孔隙特征的典型特征 (与现代风尘堆积产生的结构相似)。有时可见到圆形的边缘比较平滑的孔隙, 这应该是延伸的植物根系所致。

选取 5 个微形态参数 (S, R, A, C/F_{15μm}、孔隙形

态)为指标,采用距离相关分析方法初步计算了现代土壤与马兰黄土微结构的相似性系数 R_i (表 3)。 R_i 越小说明土壤发育和分异越强,反之则越弱。从 R_i 分布可以看出, A_p 层的 R_i 在 0.8105~0.8951, 其中在 20~40 cm 数值最小,这可能暗示耕作活动使土壤受到强烈改造; R_i 绝对值较高暗示加入的土粪主要成分仍然是黄土。BC 层的 R_i 绝对值相对较高 (0.9051~0.9352),反映土壤分异很弱,暗示具有自然风尘堆积的主要特征。

4 结论

通过对土壤微形态分析,发现关中地区现代土壤中人类活动和自然作用的印迹是较明显的;耕作层 (A_p) 具有原生不稳定矿物消失或减少,颗粒磨圆度、球度、定向性高及有侵入物的特征, R_i 较低,反映表层土分异明显,受到耕作活动的强烈影响。BC 层则是不稳定矿物、颗粒磨圆度、球度、定向性较低和缺少侵入物,更多的表现出风积物的特征, R_i 相对较高,显示风尘堆积物的微形态特征;针状方解石微晶是耕作土壤的重要特征,指示较短期的相对稳定的较干旱环境; A_p 层是 2000 年以来人类施加土粪、农业耕作和粉尘降落的综合产物,下部 BC 主要是 3100~2000 aB. P. 风尘自然堆积的产物,人类的影响十分有限。

本文用相关系数 R 分析现代土壤的成因仅仅是一种尝试,其可靠性尚需进一步研究和验证。有些微形态的解译尚需进一步研究。

参考文献 (References)

- Mooney S J. Using micromorphology to understand the rewetting mechanisms in milled peat. *Catena* 2003, 54: 665-678
- 郑毅, 张福锁. 土壤结构和耕作对根际微生态系统的影响. 云南农业大学学报, 2003, (18): 193-197 [Zheng Yi Zhang Fusuo. Effects of soil structure and tillage on the rhizospheric micro-ecosystem. *Journal of Yunnan Agricultural University* 2003, (18): 193-197]
- Davidson A D. Bioturbation in old arable soils: quantitative evidence from soil micromorphology. *Journal of Archaeological Science* 2002, 29: 1247-1253
- 贺秀斌, 冯桓, 冯兆东. 土壤显微结构的 X 光-同步加速器计算机三维图像透视技术. 土壤学报, 2005, 42(2): 328-330 [He Xiubin Feng Huan Feng Zhaodong. 3D Imaging of soil microstructure using synchrotron X-ray computed microtomography. *Acta Pedologica Sinica* 2005, 42(2): 328-330]
- Bryant R G, Davidson D A. The use of image analysis in the old cultivated soils: evaluation island of papa stour Shetland. *Journal of Archaeological Science* 1996, 23: 811-822
- 朱显谟. 黄土. 北京: 农业出版社, 1965 [Zhu Xianmo. *Lou Tu Soil Beijing Agriculture Press* 1965]
- 熊毅, 李庆远编. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1987 [Xiong Yi, Li Qingyuan. *Chinese Soil Beijing Science Press* 1987]
- 龚子同, 陈志城. 中国土壤系统分类. 北京: 科学出版社, 1999 [Gong Zitong Chen Zhicheng. *Chinese Soil Taxonomy Science Press* 1999]
- 刘东生. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985 [Liu Dongsheng. *Loess and Environment Beijing Science Press* 1985]
- 唐克丽, 贺秀斌. 第四纪黄土剖面多元古土壤形成发育信息的揭示. 土壤学报, 2002, 39(5): 609-617 [Tang Keli He Xiubin. Revelation of information on genesis of multi paleosol from quaternary loess profile. *Acta Pedologica Sinica* 2002, 39(5): 609-617]
- 庞奖励, 黄春长, 贾耀峰. 关中东部地区全新世土壤发育及记录的水文事件. 土壤学报, 2005, 42(2): 1-7 [Pang Jiangli Huang Chunchang, Jia Yaofeng. Hydrological events recorded in the Holocene Soil in Guanzhong Area China. *Acta Pedologica Sinica* 2005, 42(2): 1-7]
- 刘光崧, 蒋能慧, 张连第. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996. 25-27 [Liu Guangsong Jiang Nenghui Zhang Liandi. *Soil Physical and Chemical Analysis Description of Soil Profiles Beijing Chinese Standard Press* 1996. 25-27]
- 曹升庚. 土壤和非固结物质薄片的系统制备方法. 土壤学报, 1989, 43: 42-45 [Cao Shengeng. Thin section preparation of soil and non-cotted material. *Monograph Pedologica Sinica* 1989, 43: 42-45]
- Stoops G. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin sections. Madison: Hardbound. Soil Science Society of America 2003.
- 黄春长, 庞奖励, 陈宝群, 等. 渭河流域先周一西周时代环境和水土资源退化及其社会影响. 第四纪研究, 2003, 23(4): 404-414 [Huang Chunchang, Pang Jiangli, Chen Baoqun et al. Land degradation and its social impact in the Weihe River drainage basin during the Predynastic Zhou Western Zhou Dynasty. *Quaternary Sciences* 2003, 23(4): 404-414]
- 中国社会科学院考古研究所. 中国考古学中碳十四年代数据集 (1965-1991). 北京: 文物出版社, 1991. 125-131 [Institute of Archaeology CASS. *Radiocarbon Dates in Chinese Archaeology 1965-1991. Beijing Cultural Relics Publishing House* 1991. 125-131]
- 夏商周断代工程专家组. 夏商周断代工程 1996~2000 年阶段性成果报告 (简本). 北京: 世界图书出版公司, 2001. 1-118 [Expert Group of the Xia-Shang-Zhou Dynasty Dating Project. *Stage Results of the Xia-Shang-Zhou Dynasty Dating Project 1996-2000. Beijing World Book Publishing Company* 2001. 1-118]
- 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件. 中国科学 (B 辑), 1992, 22(12): 1300-1308 [Shi Yafeng Kong Zhaochen Wang Sumin et al. Climatic fluctuation and important events in China during the Holocene Megathermal. *Science in China (Series B)*, 1992, 22(12): 1300-1308]

Relation Between Eolian Accumulation and Modern Soil Development in the Southern Part of the Loess Plateau

PANG Jiang-li^{1,2} ZHANG Xu¹ HUANG Chun-chang¹ ZHA Xiao-cun¹

(¹ College of Tourism and Environmental Sciences/Northwest Research Center for Historical Environment and Socio-economic Development, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062;

² State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, CAS, Xi'an 710075)

Abstract A soil profile at the LGT site in the western part of the Guanzhong Basin was studied to illustrate soil-forming process and micromorphological features of modern soil. Micromorphology of the thin sections is observed under a petrographic microscope and its image is quantitatively measured by LEICAL Qwin software. Results show that the minerals assemblage of every horizon is very similar, which is mainly composed of Q and P1. Difference of $C/F_{15\mu m}$ ratio, mineral content and coarse features is obvious. Coarse grain of the Ap horizon is characterized by higher roundness (1.636-1.818), lower aspect ratio (1.861-1.909), small size (35-41 μm) and some intrusive mass. Shape of coarse grain in BC horizon is characterized by lower roundness (1.898-1.982), higher aspect ratio (2.215-2.312) and big size (42-47 μm). BC horizon is characterized by abundant secondary calcite quantity and slight amount unstable primary minerals such as Cc and Hb and Bi. Pedofeatures mainly consist of clay and calcite and amorphous Fe. Ap horizon is characterized by abundant secondary carbonate and earthworm excrement and slight amount residual clay. Abundant needle-shaped secondary calcite microcrystal is observed in the Ap₂ horizon. There are little secondary clay and various secondary calcites in BC horizon. Comparability coefficient between modern soil and Malan loess L₁ is 0.8105-0.8951 in Ap horizon and 0.9051-0.9352 in BC horizon, respectively. All the results in this study suggest that Earth-cumulative Orthic Anthrosols consists of both upper Ap horizon (0-40 cm), which indicated that loess dung and eolian dust deposition and cultivation occur simultaneously in the process of Ap horizon-formation since 2000 years and lower BC horizon (40-75 cm), which is aeolian sedimentation in relative aridity period during late Holocene. Abundant needle shaped calcite suggested short-term stable and dry environment.

Key words micromorphology, cultivated soil, JYC profile, Guanzhong areas