

文章编号: 1000 - 0585(2002)04 - 0487 - 08

黄土高原南部全新世土壤微结构 形成机理探讨

庞奖励, 黄春长, 陈宝群

(陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062)

摘要: 通过对黄土高原南部不同剖面土壤微结构的研究和与相邻地区的对比, 探讨了风化成土过程的特征, 揭示出全新世土壤 S_0 是由上下两个土壤层组成的复合土壤, 显示两个较完整的成土过程。早期成土阶段形成了具棕壤特征的古土壤 S_0^2 , 晚期成土阶段形成了淋溶褐土型古土壤 S_0^1 。土壤 S_0 以上的部分是风尘堆积增强时期形成的风积黄土层, 但被人类耕作活动所扰动。

关 键 词: 土壤微结构; 全新世; 黄土高原南部

中图分类号: S152. 4 **文献标识码:** A

由于全球变化已经威胁到人类的生存, 对其研究已成为地学界研究的一个热点。科学家努力用不同的方法(如地球化学、岩石学、植被、动物、农业、地貌、历史文献等)从不同介质中(如湖泊、冰川和两极冰盖、黄土、土壤、孢粉、海洋堆积、珊瑚、石笋、沙漠边沿地带、历史文献等)提取过去环境的信息, 试图通过揭示古环境的演化规律, 以预测未来环境变化的趋势^[1-15]。已经获得的自然证据和人文证据均表明人类文明大发展的时期——全新世的自然环境曾经历过显著的变化, 影响了人类文明的进程和方向, 而且这种变化在不同地区表现的方式和时间有所不同。本文通过对全新世土壤微结构的研究, 试图从成土的角度探讨这一时期黄土高原南部的环境演变特征。

1 黄土高原南部全新世土壤研究现状

中国黄土高原的突出特征是连续沉积的黄土 - 古土壤序列发育, 在完好的剖面中可见到 30 余层古土壤, 它们较好地记录了古环境和古气候的变化^[6-12]。然而, 地质学家更多关心的是末次冰期及以前的古土壤特征及其保存的环境信息, 而土壤学家则更多关心与现代农业有关的耕作层的特征。对于全新世形成的耕作层以下的土壤部分尽管有一定的研究, 仍有一些有待解决的问题, 如土壤的性质、剖面构型、人类活动痕迹的确切鉴别、人工和自然土的微结构差别、铁铝氧化物、微量元素的迁移等, 特别是对于鉴别土壤性质和古环境有重要依据的土壤微结构特征研究甚少。在黄土高原南部, 宏观上看, 全新世的黄土状堆积物直接覆盖在马兰黄土顶部, 一般表现为由上、中、下三段组成。中段是褐色 -

收稿日期: 2002 - 01 - 06; 修订日期: 2002 - 05 - 28

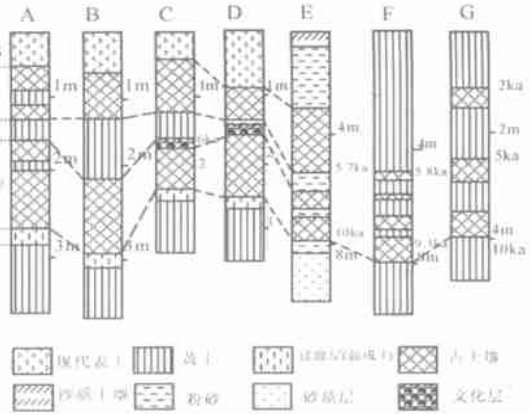
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40071006); 教育部人文社科重点研究基地重大招标项目(01JAZD770014); 陕西师范大学重点科研项目资助

作者简介: 庞奖励(1963 -), 男, 陕西西安人, 副教授, 博士。研究方向为资源开发与环境演化。

棕色的古土壤层（通常标称 S_0 ），厚度在 50 - 200cm。上段（ S_0 以上部分）是现代耕作层，以土壤疏松和团粒结构发育为特征，厚度在 20 - 50cm，最厚达 100cm。在古土壤 S_0 与马兰黄土（ L_1 ）之间，有一明显的过渡层（相当下段），发育较多的碳酸盐，厚度一般小于 20cm。对于全新世剖面这样的结构型式学术界认识是基本一致的，但对其成因却有不同观点。地质学者^[5-13]从季风演化的角度来认识，认为黄土 - 古土壤序列是东南季风和西北季风交替变化的直接结果，全新世剖面的三段结构正是这一时期东南季风强弱变化的结果。 S_0 属于典型的埋藏古土壤， S_0 以上覆盖层是东南季风效应减弱导致风尘堆积加速的结果。他们先后从磁化率、微量元素、粒度等方面进行了研究，试图揭示全新世季风气候变化规律。土壤学家从土壤发生学的角度来理解^[15-22]，认为黄土高原南部广布的是塋土。在《陕西土壤》和《中国土壤》专著中均认为，黄土高原南部的塋土由上下两部分构成，下部（相当于古土壤 S_0 + 过渡层 L_t ）是全新世早、中期形成自然褐土类。上部是覆盖层（相当于现代耕作层），是耕作过程中不断施加以黄土为主要成分的土粪所形成的熟化加积土，是人类长期耕作活动的直接结果。由于自然条件的差异（如下伏褐土类型、水文地质条件、成土强度等），可出现油塋土、红塋土、灰塋土、立塋土、斑斑土、塋善土等六种类型^[19,20]。显然，古土壤 S_0 以上部分的成因是认识分歧的关键。在此之前，无论是那个领域，多集中在地层宏观特征和地球化学方面的研究，很少有人通过土壤微结构来研究。本文试图通过对土壤微结构的研究来回答上述问题。

2 黄土高原南部全新世地层结构特征

我们对关中盆地西部（岐山、眉县）、中部（户县、临潼）、东部（渭南、华县、华阴），晋南（临襄汾、夏县）和豫西（庙底）的全新世黄土剖面进行了实地观察，发现不同地点的剖面结构很相似，具有三段结构， S_0 古土壤是由上下两层土壤组成的复合土壤。分析有关研究成果，发现类似地层组合在区域上其它地方也存在，并且它们之间可进行良好的对比（见图 1），这说明全新世剖面这种结构的分布有一定的区域性。本文以岐山剖面作为典型代表进行了深入的研究。该剖面位于陕西岐山县境内（107°39' E, 34°27' N）。全新世部分出露厚度超过 3m，黄土 - 土壤序列发育完整，各地层单元间界线清晰，表现为多层埋藏土壤夹数层黄土的形式。通过野外详细观察和室内研究，根据地层的颜色、岩石、结构构造并结合其它特征，剖面从下到上依次可划分为四个地层单元（见图 1）：典型马兰黄土（ L_1 ） 过渡层（ L_t ）



A - 岐山五里埔剖面
B - 眉县清湫村剖面（黄春长，2000）
C - 渭南史家村剖面
D - 山西陶寺村剖面
E - 甘肃巴谢剖面（周卫健，1994）
F - 榆林弥底湾剖面（周卫健，1995）
G - 兰州九州台剖面（吴锡浩，1994）
图 1 不同地区全新世剖面对比图
Fig. 1 Comparison between different loess profiles from southern Loess Plateau, China

埋藏古土壤 (S_0) 覆盖层。发现土壤 S_0 不是单一的土壤层, 中间出现一显著的黄土夹层 (L_x) 将 S_0 分为上、下两个土壤层 (上层土壤标为 S_0^1 , 下层土壤标称 S_0^2), S_0 实际上复合古土壤。 S_0 以上的覆盖层可明显划分为上下两层, 下部是黄土状物质 (L_0), 上部是现代耕作层 (PS) 构成。古土壤 S_0 与马兰黄土之间有一显著的过渡层 (L_t)。地层详细特征见参考文献 [14]。

3 全新世堆积物的微形态特征

表 1 五里铺剖面黄土 - 古土壤微结构类型

Tab. 1 The micromorphology division in the Wulipu loess profile, China

微结构类型	铁质粘粒胶膜	聚集状粘粒	碳酸盐矿物	孔隙	骨骼颗粒	其它特征
类型 基底式胶 结结构]]十分发育, 几乎所有的孔隙边沿均出现连续状的铁质粘粒胶膜, 胶膜厚 0.04 - 0.07mm。	十分发育, 含量 15% - 20%, 一般呈云雾状、不规则状、斑块状。	完全淋失	发育	Q + Pl + Ap 骨骼颗粒含量 < 10 %	由于铁染而呈红棕色, 含较多不透明矿物。骨骼颗粒少且缺少棱角。光性定向粘土含量高, 指示强烈粘化现象。有时可见指示强烈淋溶作用的流胶状、贝壳状光性。主要出现在土壤 S_0^2 上段
类型 斑状 - 胶 斑结构	比较发育, 在大多数孔隙边沿出现不连续状铁质粘粒胶膜, 胶膜厚明显变薄, 厚度 0.01 - 0.04mm。	发育, 含量 10 % - 15 %, 一般呈云雾状、不规则状、斑块状。	几乎全部淋失	发育	Q + Pl, 有时可见 Bi、Hb 假象。骨骼颗粒含量在 10 % - 15 %	不透明矿物少于类型。可见由次生矿物构成的黑云母、角闪石假象, 指示这些矿物风化分解不彻底。粘化现象弱于类型。基质中出现少量针状水云母。主要出现在土壤 S_0^2 下段和土壤 S_0^1 下段。
类型 斑状 - 胶 斑结构	比较多, 在多数孔隙边缘出现断续状铁质粘粒胶膜, 胶膜数量和厚度显著减少, 厚度 < 0.02mm。	发育, 10 % - 15 %, 一般呈云雾状、不规则状、斑块状。	在部分孔隙的边缘出现少量针状次生方解石。	发育	Q + Pl 可见 Bi、Hb 假象	较多黑云母、角闪石假象。以铁质粘粒胶膜少而薄 (< 0.02mm) 与类型 和类型 相区别。孔隙边沿有少量针状次生方解石。针状水云母较多。主要出现在土壤 S_0^1 上段。
类型 粒状 - 斑 状结构	少量。仅仅在部分孔隙弯曲的地段出现少量很薄的粘粒胶膜。	比较发育, 含量一般小于 10 %。呈云雾状、不规则状。	比较多的针状和微晶粒状次生碳酸盐。	较发育	Q + Pl ± Bi ± Hb ± Ep 有时可见 Bi、Hb、Ep 残斑	骨骼颗粒数量和种类较多, 不仅有较多 Bi、Hb 假象, 也可见到 Bi 和 Hb 残斑。孔隙弯曲处或边沿的少量铁质粘粒胶膜指示很弱的成土作用, 主要显示风成黄土的特征。大量出现在土壤 S_{02} 和 S_{01} 内的黄土状夹层中及 PS 层内。
类型 粒状 - 斑 状结构	无	少量	大量针状、微晶粒状、粒状次生碳酸盐, 偶见原生碳酸盐残斑。	较发育	Q + Pl + Bi + Hb + Ep ± Cc	有时可见少量原生方解石残斑。不稳定矿物普遍。孔隙边沿有较多的次生方解石。针状水云母十分普遍。主要出现在 L_0 、 L_x 及 L_t 中。
类型 粒状 - 斑 状结构	无	少量	大量出现。既有原生方解石, 又有次生碳酸盐。	较发育	Q + Pl + Bi + Hb + Ep + Cc 以出现 Cc 为特征	骨骼矿物以数量多、棱角明显及矿物种类繁多为特征。原生方解石和次生方解石新生体均大量出现, 属于典型黄土结构, 仅出现在马兰黄土 L_1 中。

注: Q - 石英, Pl - 长石, Bi - 黑云母, Hb - 角闪石, Ep - 绿帘石, Cc - 方解石, Ap - 不透明矿物

为了研究土壤微结构及其反映的成土强度在剖面上的变化,从上述每个地层单元中取 1 - 5 个样品磨片用于土壤微结构分析(保证其能够代表该地层的典型特征),共获得 20 个薄片。对所有薄片在显微镜下进行详细的观察研究,综合分析观察结果,全新世剖面出现的微结构可分两大类,共六种(表 1)。类型 、 、 为一类,以出现大量光性定性粘土、缺少不稳定矿物为特征,与强烈成土作用和粘化作用相联系,总是出现在土壤层中。类型 、 、 为一类,以明显钙积和含较多不稳定矿物为特征,总是出现在黄土(状)层中。

4 讨论

4.1 土壤微结构形成机理

风尘自堆积之后就不停地进行风化成土,一定的土壤微结构总是形成在特定的成土过程中,指示了特定的成土强度,直接受到地表环境条件所制约^[8,11,14-18,23-26]。在岐山剖面中,不同类型微结构的差异主要表现在:铁质粘粒胶膜和聚集状粘粒的数量、不稳定矿物的分解程度和含量、次生矿物的种类和多少、针状粘土矿物的数量等方面。光性定向粘土是土壤形成过程中 Fe、Al 氧化物发生迁移淀积的产物,是森林植被下土壤的重要特征^[8,19-26]。铁质粘粒胶膜是成土过程中粘粒部分机械移动和淀积的标志,也是铁质组份移动和土壤强烈淋溶作用的标志,故又称淋溶淀积粘粒。因此,铁质粘粒胶膜无疑可作为成土过程中粘粒淋溶淀积的重要微形态标志,它发育在降水丰富的条件下和淋溶强烈的土壤类型中。聚集状粘粒是次生粘土矿物主要在原地发生扩散和重新集中的结果,空间上仅发生稍微的移动,并未像淋溶淀积粘粒哪样发生显著的淋移,这种粘粒又叫残积粘土,形成在降水较丰富的条件下。显然,铁质粘粒胶膜和聚集状粘粒含量的多少就成为衡量风化成土过程中粘粒淋溶淀积强度的标志(即粘化作用)。其含量越多,粘化作用越强,指示气候愈温暖湿润,淋溶作用愈强烈;相反,则指示气候暖湿强度和淋溶作用相对较弱。复合土壤 S₀中大量厚而连续的铁质粘粒胶膜(特别是流胶状、贝壳状光性)和聚集状粘土,说明了土壤 S₀成土过程中粘粒的淋溶淀积作用十分强烈。

暖湿的环境中,不稳定矿物容易风化分解(如原生辉石、黑云母、角闪石、方解石等),分解程度与暖湿强度正相关。在岐山剖面中,不稳定矿物有碎屑状、残核状和假形,不同形式实质上指示了风化成土强度的差异,指示的顺序是:不稳定矿物彻底风化分解消失,成土作用十分强烈,气候温暖湿润 土壤中仅出现黑云母、角闪石、长石假形,指示矿物风化分解较强烈、成土作用强烈,气候暖湿程度稍有降低 出现黑云母、角闪石、原生方解石残核,指示风化成土作用较弱,出现在以干冷为特征的环境中。次生粘土矿物是成土过程中原生铝硅酸盐通过逐步去盐基所形成的^[8,19,20,24]。在不同的脱盐基阶段(脱钾阶段 脱硅阶段 富铝化阶段)可形成不同种类的次生粘土矿物。一般认为针状水云母是风化初期的较低级脱盐基阶段的产物(脱钾阶段),蒙脱石是较高级的脱盐基阶段的产物。不同类型微结构中水云母含量有明显差别,其含量的多少指示了成土时期原生矿物的风化分解强度,即成土强度。

由上不难看出,微结构类型 、 、 指示较弱的成土作用,主要显示黄土的典型特征,应形成在比较干冷的环境下;微结构类型 、 、 指示成土强度高,粘粒淋溶淀积强烈,主要表现为土壤的典型特征,应形成在暖湿的环境条件下(暖湿强度和粘化强度是

类型 > 类型 > 类型)。

4. 2 土壤微结构与古土壤 S₀类型

在现代土壤类型中，与土壤 S₀有某些共同特征的土壤类型有黑垆土、黄棕壤、棕壤、褐土（表 2）。黑垆土明显钙积和粘化作用十分微弱。而古土壤 S₀以强烈粘化和缺少明显钙积与黑垆土相区别，显然不是黑垆土。黄棕壤粘粒十分强烈的淋溶淀积常常形成粘盘，铁质显著移动的结果常出现 Fe - Mn 结核，伴有弱富铝化作用。对比可知，土壤 S₀形成过程中，粘粒的淋溶淀积强度和铁锰铝移动强度远没有黄棕壤那样高，也不应是黄棕壤。现代棕壤形成在暖温带湿润的气候环境中，成土过程中粘粒淋溶淀积常在结构面上形成大量的粘粒胶膜，但未形成粘盘，碳酸盐矿物完全淋失^[19,20]。而黄土高原地区的棕壤型古土壤，粘化层内孔隙壁有泉华状和流胶状粘粒胶膜，铁质浓集物明显，碳酸盐完全淋失^[8]。对比可发现土壤 S₀²（特别是顶部）的微结构指示的粘粒淋溶淀积强度、Fe 质移动强度和结构特征与它们十分接近，S₀² 应相当于棕壤型。典型褐土通常具有较显著的粘化作用和钙积作用，但粘化强度弱于棕壤。在褐土中，淋溶作用最强且剖面上碳酸盐基本淋失殆尽

表 2 典型土壤的主要特征*
Tab. 2 The main characters of typical soils

土壤类型	主要特征	粘粒平均含量 (< 0. 001mm)	碳酸盐 矿物	成土过程
黑垆土	主要分布在暖温带半湿润半干旱环境中，粒状结构，有时有团块 - 棱柱状结构。结构面常常覆有大量霜粉状和假菌丝状碳酸盐新生体。		> 7 %	钙化作用十分明显。粘化作用很微弱。
黄棕壤	形成在北亚热带 - 温带湿润的气候环境，棕色心土层明显，以黄土为母质的黄棕壤中有显著的 Fe - Mn 结核。强烈的粘化作用常常形成了粘盘层。	29. 9 %	无	粘化过程十分强烈，十分强烈的淋溶作用。
棕壤	鲜棕色心土层明显。粘化作用强烈，但未形成粘盘层。连续状光性定向粘土胶膜十分发育。Fe、Mn 虽有移动，但未形成 Fe - Mn 结核，而呈胶膜状。	34. 9 %	无	粘化过程和淋溶作用很强烈，但弱于黄棕壤。
淋溶褐土	粘化作用形成了明显粘化层，但粘化层下无钙积层。光性定向粘土较多，多以不连续状胶膜分布在孔隙的弯曲处和孔隙边沿。	28. 9 %	基本无或少量	粘化作用明显。
褐土	粘化作用强烈，有明显粘化层。粘化层下有显著的钙积层。光性定向粘土较少。	28. 9 %	较多	明显的粘化作用和钙积作用。
土壤 S ₀ ¹	粘化作用强烈，无钙积层，顶部有少量针状次生方解石。大量粘粒胶膜以较薄而不连续状分布在孔隙的弯曲处和孔隙边沿。	30 %	偶见	粘化作用强烈（弱于棕壤），无明显钙积作用。
土壤 S ₀ ²	粘化作用强烈，无钙积。大量铁质粘粒胶膜以厚而连续状分布在孔隙的弯曲处和孔隙边沿。但未见粘盘和 Fe - Mn 结核。	36 %	无	粘化作用很强烈，大量铁质粘粒胶。

注：表中数据引自《中国土壤》和《陕西土壤》

($<0.2\%$) 的称为淋溶褐土。在局部排水不畅的地方, 草甸过程的影响常出现细小的铁锰结核新生体, 这时称草甸褐土。对比可以看出, 土壤 S_0^1 中无铁锰结核与草甸褐土不同, 而很微弱的钙积作用与典型褐土不同。较发育的定向粘土指示的粘化强度稍弱于棕壤而非

常接近于淋溶褐土。显然, 土壤 S_0^1 相当于淋溶褐土型。从微结构在剖面垂直方向上的变化不难看出 (表 3), 土壤 S_0^2 出现十分明显的粘化现象 ($<0.001\text{mm}$ 的粘粒含量大约 36%), 粘化层以出现大量厚而连续的铁质粘粒胶膜。土壤 S_0^1 虽然也显示较强烈的粘化作用, 但强度弱于土壤 S_0^2 。且从下往上, 粘化强度逐渐减弱, 在其顶部出现十分微弱的钙积作用。而在 S_0^2 和 S_0^1 之间的 L_x 出现微结构类型。显然, 全新世土壤 S_0 被黄土夹层 (L_x) 分裂为上、下两层。

土壤 S_0 以上的覆盖层中, 下部 L_0 (深度 $48-30\text{cm}$) 出现微结构类型, 与黄土夹层 L_x 相似, 应是具弱成土作用的风积黄土。上部的现代表土 PS (深度 $30-0\text{cm}$), 具有微结构类型, 仍显示黄土基本的特征。而又显示较明显的粘化作用, 但这种粘化与土壤 S_0 有所不同, 表现为只有聚集状残积粘土, 无铁质粘粒胶膜, 它应是人类耕作活动所致。这就是说, 古土壤 S_0 以上部分是由人类影响甚弱的早期黄土 L_0 和人类活动影响强烈的现代表土 PS 两部分构成, 并非完全是人类长期耕作施粪产生的加积层。

5 结论与存在问题

通过上述讨论, 可获得下列一些新的认识: (1) 全新世古土壤 S_0 是在暖湿森林环境下形成的淋溶型土壤。(2) 土壤 S_0 并非一个连续成土过程形成的深厚土壤层, 而是被一层弱风化黄土层 (L_x) 分裂为 S_0^1 和 S_0^2 两层, 显示两个完整的成土过程。(2) 复合土壤 S_0 在不同成土阶段的成土强度明显不同。早期成土阶段, 淋溶作用和成土作用十分强烈, 在后期出现了全新世时期最强的成土强度, 形成了具棕壤特征的古土壤 S_0^2 。后期成土阶段, 成土强度有所降低, 形成了淋溶褐土型古土壤 S_0^1 。(3) 复合土壤 S_0 以上部分, 并非单纯由人类耕作活动形成的加积层, 主要是由于西北季风效应增强, 风尘堆积加速而形成的黄土, 其由人类扰动较小的 L_0 和人类扰动强烈的表土 PS 两部分组成。说明古土壤 S_0 成土结束, 西北季风效应又明显增强, 气候又趋于干旱。

在本研究中, 对土壤层位未进行详细的年代研究, 因而尚难对其所揭示的环境变化事件进行确切的断代。另外, 对于土壤微结构中人类活动痕迹标志的研究尚不够。这也是我们进一步工作的方向。

表 3 五里埔剖面中微结构空间分布特征

Tab. 3 Micro - texture distribution in the Wulipu loess profile, China

地层单元		微结构特征
覆盖层	现代表土 PS	主要出现微结构类型 IV
	黄土 L_0	主要出现微结构类型 V
复合土壤 (S_0)	古土壤 S_0^1	下部主要是微结构类型 II, 上部主要是微结构类型 III。
	黄土 L_x	主要是微结构类型 V
	古土壤 S_0^2	下部主要是微结构类型 II, 上部以微结构类型 I 为主。
过渡层 L_t		微结构类型 V
马兰黄土 L_1		典型的微结构类型 VI

参考文献:

- [1] 施雅风. 冰芯记录揭示的气候变化. 丁一汇主编: 中国气候变化与气候影响研究. 北京: 气象出版社, 1997. 6 - 17.
- [2] 连鹏灵, 等. 岱海地区原始农业文化的兴衰与环境演变的关系. 地理研究, 2001, **20**, (5), 623.
- [3] 黄赐璇. 黄土高原全新世环境变化与人地关系. 地理研究, 1997, **16**, 增刊, 115.
- [4] Huang Chunchang, Zhou Jie, Pang Jiangli. A Regional Aridity Phase and its Possible Culyural Impact during the Holocene Megathermal in the Guanzhong Bsin, China. Holoence, 2000, **10** (1): 135 - 143.
- [5] Zhou WJ, An Z S. Stratigraphic division of Holocene Loess in China. Radiocarbon, 1994, **36** (1): 37 - 45.
- [6] Bronger A. Loess buried paleosol welded paleosols pedocomplexes towards a global Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. Chinese Science Bulletin, 1999, **44** (Supp.) :1 - 7.
- [7] 陈俊, 汪永进, 刘连文, 等. 中国黄土地层 Rb 和 Sr 地球化学特征及其古季风意义. 地质学报, 2001, **75** (2): 259 - 265.
- [8] 刘东生. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985.
- [9] 安芷生. 中国中、东部全新世气候适宜期与东亚季风变迁. 科学通报, 1993, **38** (14): 1302 - 1305.
- [10] 陈志清, 等. 陕西武功郑家坡黄土剖面古环境初步分析. 地理研究, 1997, **16**, 增刊, 127.
- [11] 赵景波. 陕西黄土高原 500ka BP 的古土壤与气候带迁移. 地理学报, 2001, **56** (3): 323 - 331.
- [12] 彭先芝, 贾蓉芬. 西峰与段家坡黄土剖面中有机质的特征及古环境信息. 地理科学, 2001, **21** (1): 36 - 40.
- [13] 孙东怀, 苏瑞侠, 陈发虎, 等. 黄土高原现代天然降尘的组成、通量和磁化率. 地理学报, 2001, **56** (2): 171 - 180.
- [14] 庞奖励, 黄春长, 张战平. 陕西西里铺黄土微量元素组成与全新世气候不稳定性研究. 中国沙漠, 2001, **21** (2): 151 - 156.
- [15] 郭斌, 朱日祥, 白立新. 黄土沉积物的岩石磁学特征与土壤化作用的关系. 中国科学 (D 辑), 2001, **31** (5): 377 - 386.
- [16] 付伯杰. 渭河流域全新世黄土与环境变迁. 地理研究, 1989, **8** (3): 53.
- [17] 贺秀斌, 唐克丽, 等. 黄土高原全新世黄土重矿物研究及其土壤发生学意义. 地理科学, 1996, **16** (2): 159 - 163.
- [18] 贺秀斌, 唐克丽. 黄土高原全新世土锆稿石颗粒表面超微结构及其发生环境. 土壤学报, 1998, **35** (3): 289 - 295.
- [19] 熊毅, 李庆逵, 主编. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1987.
- [20] 杨子文, 主编. 陕西土壤. 北京: 科学出版社, 1992.
- [21] 王绍强, 朱松丽, 周成虎. 中国土壤土层厚度的空间变异特征. 地理研究, 2001, **20** (2): 161 - 169.
- [22] 李叙勇, 李保国, 石元春. 土壤发育指数及其在黄土—古土壤序列中的应用. 土壤学报, 2001, **38** (2): 153 - 159.
- [23] 兰叶青, 胡琼英, 薛家骅. 胡敏酸对土壤和粘土矿物分散的影响. 土壤学报, 1998, **35** (2): 195 - 201.
- [24] 顾新运. 土壤超微形态在土壤研究中的应用. 土壤专报, 1989, (43): 37 - 56.
- [25] Frenkel H, Feg M V, Levy GJ. Organic and inorganic anion effects on reference and soil clay critical flocculation concentration. Soil Sci. Soc. Am. J., 1992, **56**: 1762 - 1766.
- [26] Dorronsoro C. Micromorphological index of the evaluation of soil evolution in central Spain. Geoderma, 1994, **61**: 237 - 250.

Genetic and micromorphological studies of the Holoence soil complex on the southern Loess Plateau

PANG Jiang - li ,HUANG Chun - chang ,CHEN Bao - qun

(College of Tourism and Environmental Sciences , Shaanxi Normal University , Xi 'an 710062 , China)

Abstract : Detailed soil micromorphological analysis in Holoence loess - palaeosol profile in southern Loess Plateau , along with comparisons with another profile nearby , the thesis discusses the characteristics of weathering and forming processes. It indicates that the micro - texture of the Holoence loess - palaeosol sequence is divided into both cementing texture including type 1 , type 2 and type 3 , and granular texture including type 4 , type 5 and type 6. Cementing texture is always in the palaeosol layers and was formed in warm - humid forest environment. Granular texture is always in typical loess layers or weathering loess layers and was formed in a dry environment. It has been discovered that the palaeosol S_0 is separated into two distinct types of soils , namely palaeosols S_{02} and S_{01} , because of the deposition of a layer (L_x) in the aridness. Soil S_0 substantively is a polycyclic soil that is composed of two layers interbedding a loess layer , with two remarkable soil - forming processes. The lower soil S_{02} is brown palaeosol , with the strongest argillification and eluviation , and was formed in early soil - forming phase. Argillic horizons were identified in the soil S_{02} . The upper soil S_{01} is leached cinnamon palaeosol , with distinct argillification and weak calcification , and was developed in late soil - forming phase. The polycyclic soil S_0 indicates that pedogenic environment has distinct variations. Cover layer above the polycyclic soil S_0 is not a manured aggradated layer because of continuously piling up of loessial dung. It is a loess layer because of accelerated aeolian dust deposit. The cover is divided into both lower loess L_0 weakly disturbed by cultivation activities and upper plough horizon strongly disturbed by cultivation activities. It indicates that it has been a relative arid period after the ending of formation of palaeosol S_0 , with clear northwest - monsoon domino effect and accelerated aeolian dust deposit. The polycyclic soil S_0 has been buried and become palaeosol of the Holoence.

Key words : soil complex ; micromorphology ; Holoence ; Loess Plateau ; climatic change