

西安刘家坡剖面第1 第5层古土壤研究^米

赵 景 波

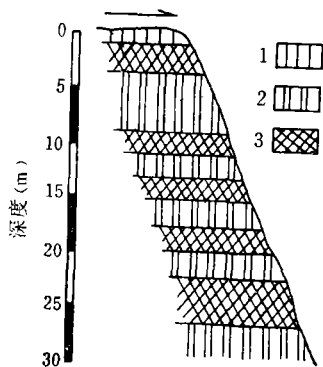
(西安地质学院)

提 要: 根据对土壤结构、 CaCO_3 淀积深度、化学成分和孢粉资料的分析, 本文得出: 西安刘家坡剖面第1层古土壤为棕壤, 发育在年平均降水量800mm以上的温暖条件下, 第5层古土壤为黄棕壤, 发育在年平均降水量850mm以上的北亚热带条件下。

主题词: 古土壤 植被 古气候 土壤类型

西安刘家坡剖面黄土中的土壤发育良好, 具有代表性。作者曾对该剖面作过孢粉分析^[1]。近年来, 又在厚度最大的第1和第5层古土壤中采集样品, 作了化学成分、孢粉和土壤微结构的分析鉴定。本文根据这儿方面的资料和野外观测所得, 讨论这两层古土壤的类型和形成条件。

刘家坡属西安市坝桥区毛西乡, 位于白鹿塬的北坡。刘家坡剖面黄土中夹有30余层古土壤, 其中以第1和第5层发育较好厚度较大(图1)。第1层古土壤厚1.8m, 第5层古土壤厚4.2m, 均为红褐色。由于古土壤形成的时间较久, 顶部的腐殖质已被破坏, 一般难以见到。古土壤具有非常清楚的棱柱状结构, 棱柱体表面具有黑褐色铁锰质胶膜。它们与上覆或下伏的黄土显著不同。



1. 晚更新世黄土 2. 中更新世黄土
3. 红褐色古土壤

Linjiapo section of loess
and paleosol in xian

图1 刘家坡黄土与古土壤剖面

一、古土壤中的 CaCO_3

古土壤中的 CaO_3 测定结果是: 第1层古土壤中部含 CaCO_3 1.69%, 第5层古土壤中部含0.39%。据 CaCO_3 含量, 这两层古土壤呈碱性反应。这是过去有些研究者认为这些古土壤

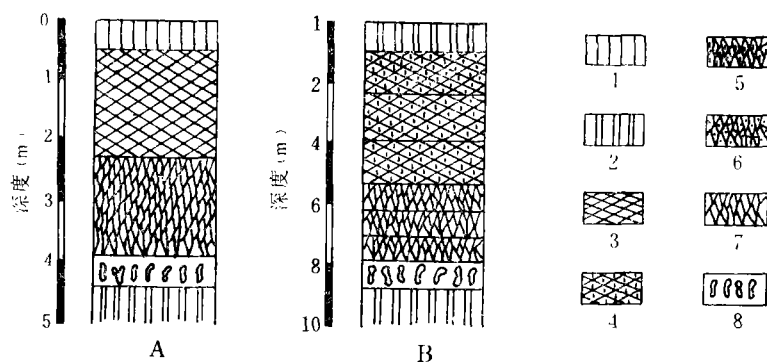
本文1990年4月20日收到, 1991年6月12日收到修改稿。

* 为国家自然科学基金会和中国科学院西安黄土与第四纪地质研究室资助项目。本研究经孙建中、朱志诚、李昭淑先生审查, 谨此致谢。

属褐色土的根据之一。本处古土壤是夹在富含 CaCO_3 的黄土中的。黄土层中 CaCO_3 的淋溶和淀积会使古土壤中的 CaCO_3 从无到有或从少到多。因此,对于黄土中的古土壤,不能轻易根据 CaCO_3 的含量确定酸碱条件。

根据作者调查、观察,第1和第5层古土壤 CaCO_3 淀积深度可以作为确定土壤类型的依据。 CaCO_3 淀积深度与含量不同,它很少受或不受淋溶时间的影响,也很少受后期淋溶作用的影响,主要受气候控制,即由一定的降水量所产生的淋溶深度基本相同¹⁾。因此, CaCO_3 淀积深度能可靠地反映土壤的形成条件。

在洛川等黄土高原的中部、北部地区,第1和第5层古土壤的淀积层是 CaCO_3 结核构成的,这也是过去确定为褐土型古土壤的主要依据^[2]。刘家坡剖面第1、5层古土壤的 CaCO_3 结核淀积深度大,它们不是位于古土壤的底部,而是位于古土壤底界之下2—2.5m深的黄土中(表1,图2)。这是土壤中 CaCO_3 不连续的淀积现象。虽然这样的 CaCO_3 结核淀积层是土壤发育过程中淋滤淀积形成的,但它已不能作为土壤的组成部分。具 CaCO_3 淀积层的土壤为碱性土壤,不具 CaCO_3 淀积层的土壤为中酸性土壤,所以 CaCO_3 结核淀积层的归属应当慎重。不连续淀积的 CaCO_3 均不能作为土壤的组成部分,只有连续淀积的 CaCO_3 即淀积在土壤下部或紧接在土壤底部的才能作为土壤的组成部分。在我国南方北亚热带地区,现代黄棕壤底部之下一定深处的母质中常有 CaCO_3 结核层出现(表1)^[3],但从未有人认为黄棕壤的淀积层是 CaCO_3 结核层,即因其结核层为不连续的淀积。产生不连续淀积的原因是土壤受到较强烈的淋溶。



A. 第1层古土壤与风化黄土构成的剖面; B. 第5层古土壤与风化黄土构成的剖面

1. 马兰黄土; 2. 离石黄土; 3. 红褐色古土壤(B_t); 4. 红褐色古土壤(B_{ts}); 5. 含红色铁质胶膜的风化裂隙发育的黄土; 6. 不含铁质胶膜的风化裂隙发育的褐黄色黄土; 7. 不含铁质胶膜的风化裂隙发育的灰黄色黄土; 8. 碳酸钙结核层。

图2 第1和第5层古土壤与风化黄土构成的剖面

Section of first and fifth paleosol and weathered loess

第1和第5层古土壤为红褐色,显然它们发育在温暖条件下,后述孢粉资料也表明了这一点。在温暖条件下发育的不具 CaCO_3 淀积层的地带性土壤有淋溶褐土、棕壤和黄棕壤。本处两层古土壤的类型,还宜考虑下述其它资料确定。

1) 赵景波:黄土地层中的 CaCO_3 与环境,(待发表)。

表 1 不同类型土壤 CaCO_3 淀积深度
Illuvial depth of CaCO_3 in different soils

地 区	刘家坡	刘家坡	江苏泗洪	江苏六合	江苏句容	西安、渭南
土壤	第1层古土壤	第5层古土壤	黄棕壤	黄棕壤	黄棕壤	褐色土
CaCO_3 淀积深度 (m)	2.2	2.5	0.5	2.0	8.8	0.0

注: 黄棕壤为现代土壤。 CaCO_3 淀积深度从土壤底部算起。

观察测定表明, 第1和第5层古土壤 CaCO_3 淀积深度超过了北亚热带江苏泗洪黄棕壤 CaCO_3 淀积深度, 而且还略大于更靠南的江苏六合地区黄棕壤 CaCO_3 淀积深度(表1)^[3, 4]。由此推断, 第1和第5层古土壤发育时的年平均降水量在800mm以上。这两层古土壤 CaCO_3 淀积深度还表明, 它们发育时的年平均降水量完全达到了使 CaCO_3 淋失的条件, 古土壤中现存的少量 CaCO_3 是从上覆黄土中淋滤下来的, 是后期复钙作用的结果。

为排除局部因素的影响, 对西安蓝田城东、宝鸡胜利塬的第1和第5层古土壤 CaCO_3 淀积深度也作了观测。这两个地区的第1和第5层古土壤 CaCO_3 淀积深度与刘家坡剖面的基本相同, 均为不连续淀积。

二、古土壤的微结构

对第1和第5层古土壤中以0.5m的间距采样3块进行磨片观察。镜下见到, 两层古土壤的显微结构具有相当多的光性定向粘土发育。这些光性定向粘土主要分布于孔隙、裂隙和孔道之内, 未经破碎, 显然它们是在成壤过程中形成的, 而且是在孔隙、裂隙和孔道形成之后发育的, 是土壤发育中后期的产物。光性定向粘土存在形式主要有泉华状、流胶状、凝块状和斑点状等。含量变化较大, 最多可达50%左右。在裂隙、孔道壁上发育的光性定向粘土主要呈泉华状或凝块状; 充填于大孔隙内的主要呈斑点状; 充填于细小裂隙内的主要呈流胶状。呈泉华状、凝块状出现的光性定向粘土厚度大, 面积大, 并在正交镜下呈现更加一致的消光现象。这是发育较强烈的土壤的特征。呈流胶状、斑点状出现的光性定向粘土厚度和面积均小, 是发育不强烈土壤的持点。第5层古土壤的光性定向粘土以泉华状和凝块状出现的较多, 第1层则较少。光性定向粘土的含量以第5层为多, 达50%左右; 第1层较少, 含量为10—20%。

如将这两层古土壤的上、中、下三部分加以对比, 可知中部光性定向粘土数量最多, 泉华状光性定向粘土也主要出现在这一层位。下部光性定向粘土减少, 上部最少。而且上、下部泉华状光性定向粘土少见, 主要呈流胶状。

根据粗颗粒和粘粒成分的含量及其相互关系可知, 这两层古土壤的粘土含量均大于粗颗粒含量, 粗颗粒互不接触, 为粘粒所包围, 呈现基底式胶结微结构(照片, 略)。基底式微结构与粘土机械颗粒构成的基底式微结构不同, 这些粘土的大部分或相当部分是以光性定向粘土

的形式出现的, 它们象化学沉积形成的矿物一样, 具有一致的光性。第5层古土壤中的粘土除呈光性定向粘土出现的部分外, 其余未定向排列的粘土也具有明显的铁质化, 呈现棕红色, 表明这一层古土壤经历了较强烈的成壤作用。第1层古土壤未定向排列的粘土呈现炭棕色, 不具铁质化, 表明经历的风化成壤作用较弱。

光性定向粘土可分为淋溶淀积和淀积残积等类型^[5]。淋溶淀积光性定向粘土发育在降水较丰富的条件下, 表征土层受到了较强烈的淋溶, 是森林土壤的特征。气候越湿热, 光性定向粘土发育越强烈。淋溶淀积光性粘土的特点是面积大, 厚度大, 连续性强, 光性均一。在剖面上的变化是中部数量最多, 上、下部减少, 含量多于3%^[6]。其它类型的光性粘土发育在偏干的条件下, 数量少, 连续性差, 光性不均一。根据前述的第1和第5层古土壤光性粘土的特点和含量可知这两层古土壤是淋溶较强的森林土壤。第1层古土壤光性粘土发育不强烈, 应属温带土壤。第5层古土壤光性粘土发育强烈, 未定向排列的粘土也具有明显的铁质化, 具北亚热带土壤的特点。

三、古土壤的化学成分

在刘家坡剖面第1和第5层古土壤中分别采样4块进行化学分析, 采样间距见表2。分析得出, 这两层古土壤化学成分以 SiO_2 为主, 含量一般在58—66%之间; 其次是 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 , 含量分别在13—16%和5—7%之间。这3种成分占80%以上。 TiO_2 含量小于1% (表2)

表2 刘家坡第1和第5层古土壤的化学成分 (%)

Chemical composition of first and fifth paleosol in Liujiaoo section in Xian

层 位	样品号	采样深度 (m)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2
第1层古土壤	SH1—1	0.1	58.88	13.31	5.30	0.77
	SH1—2	0.5	64.91	15.55	6.17	0.89
	SH1—3	1.1	65.64	15.32	6.05	0.86
	SH1—4	1.8	66.49	14.97	6.15	0.81
第5层古土壤	SH5—1	0.1	65.55	13.89	5.35	0.95
	SH5—2	0.8	64.19	15.75	6.60	0.82
	SH5—3	1.8	65.91	15.85	6.42	0.81
	SH5—4	2.8	64.96	15.73	6.46	0.77

SiO_2 含量在剖面上无明显的变化规律, Fe_2O_3 和 Al_2O_3 含量变化比较明显。 Fe_2O_3 含量在古土壤中, 下部大于6%, 顶部小于6%, 中、下部比顶部含量多约1%; 在古土壤底部,

含量比中部略减少，但比顶部明显高，仍在6%以下。 Al_2O_3 含量在古土壤中、下部含量大于15%，顶部小于15%，中、下部比顶部含量高2%；向底部略减少，含量仍接近或大于15%。

由上可见，古土壤剖面中 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 含量由上向下为低变高再变低的规律，这与光性定向粘土含量变化一致。这表明，在古土壤剖面中， Fe_2O_3 和 Al_2O_3 发生了移动，并在中、下部发生了一定聚集。确定 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 是否发生了移动对确定土壤类型有极为重要的意义。除了化学分析之外，还可以根据粘土胶膜来确定 R_2O_3 的移动。据化学分析，光性定向粘土胶膜是含 R_2O_3 较多的铁质胶膜^[7]，其 R_2O_3 含量与亚热带黄棕壤铁锰结核中 R_2O_3 含量^[8]相同。大量淋溶淀积光性定向粘土的形成表明 R_2O_3 在土层内发生了迁移。另外，根据宏观观察，也能确定 R_2O_3 的迁移及迁移距离。野外观察表明，在第5层古土壤底部之下1m多深的黄土中可见大量红色铁质胶膜分布在风化裂隙发育的黄土表面（照片，略）。红色胶膜有时沿裂隙分布穿插呈网状。剥去红色胶膜即为典型黄土。这是 R_2O_3 发生了显著迁移的确凿证据，证实古土壤中 R_2O_3 迁出了古土壤层，在下伏黄土中发生淀积。我们在含红色铁质胶膜的黄土中也作了采样观察，发现在风化弱的黄土中含有后期淀积的光性定向粘土。第5层古土壤分别由厚约1.4m的3个部分所构成，即使古土壤底部之下黄土中的红色铁质胶膜是从下部古土壤中淋滤下来的，那么 R_2O_3 迁移距离也在2m以上；如果是从中上部古土壤中淋滤下来的，则迁移距离就更大。这样大的迁移距离在我国北方现代土壤中是见不到的，而且也超过了江苏泗洪亚热带黄棕壤 R_2O_3 迁移不足2m的距离^[8, 4]。在第1层古土壤底部之下的黄土中，一般不见红色铁质胶膜存在，表明该层土壤 R_2O_3 主要限于土层内移动，未迁出土壤层。 R_2O_3 与 CaCO_3 不同，它是不可溶成分，是在酸性条件下呈胶体形式迁移的。因此，偶尔几次大雨或短期丰富的降水不会导致它的迁移。由此可以确定，这两层古土壤发育过程中淋溶作用较强烈，矿物分解明显， R_2O_3 处于游离状态，土壤呈酸性反应。而第5层古土壤的风化淋滤和酸性条件又比第1层古土壤明显的强。

淋溶褐土、棕壤和黄棕壤的区别是淋溶褐土 R_2O_3 迁移不明显，棕壤和黄棕壤 R_2O_3 都有明显迁移，但黄棕壤迁移更显著，常常迁出土壤层。根据 R_2O_3 迁移资料可知，第5层古土壤具黄棕壤的特点，第1层古土壤具有棕壤的特点。黄棕壤的另一特点是下

表 3 黄棕壤、棕壤和淋溶褐土 R_2O_3 含量 (%) 变化

Content change of R_2O_3 in sections of Yellow-brown Earths, Burozems and leached drad soils

地点	土类	层 位	Fe_2O_3	Al_2O_3
南京	黄棕壤	顶部最低含量	4.45	11.96
		下部最高含量	6.37	15.27
		积累量	1.92	3.25
辽宁 千山	棕壤	顶部最低含量	3.57	16.29
		下部最高含量	8.13	24.90
		积累量	4.53	8.61
山西 沁源	褐土	顶部最低含量	4.33	12.71
		下部最高含量	6.62	15.81
		积累量	2.27	13.10

据文献[3]。

部有时出现 R_2O_3 的积累。然而,资料表明 R_2O_3 积累是受多方面因素影响的,除受淋溶强弱影响外,还受母质含铁矿物多少淋溶时间长短和母质透水性的影响,因而它对淋溶条件和土壤类型的指示并不可靠。如南京亚热带黄棕壤 R_2O_3 积累量并不明显,而且比辽宁千山的棕壤和山西沁源褐土 R_2O_3 积累量还少(表3)。南京黄棕壤 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 积累量仅比第5层古土壤多0.85%和1.22%。至于由南京向北200km余处的江苏泗洪黄棕壤,其 R_2O_3 迁移距离比第5层古土壤 R_2O_3 迁移距离小, R_2O_3 积累量就更不明显。然而,只要 R_2O_3 从矿物中游离出来,它的迁移深度则不受含铁矿物多少的影响,也很少受淋溶时间影响,主要受降水多少控制,所以 R_2O_3 迁移距离比含量更能可靠指示淋溶条件和土壤类型。我国南方黄棕壤 R_2O_3 由北而南迁移距离明显增大^[3-4]也表明了这一点。尽管黄棕壤 R_2O_3 积累量可以较棕壤与淋溶褐土少,但其迁移距离似乎无例外地比棕壤与淋溶褐土大,表明用 R_2O_3 迁移深度确定土壤类型是可靠的。

四、古土壤中的孢粉

在第1层古土壤中找到孢粉132粒,孢粉组合特点是草本花粉多于木本。草本花粉以蒿属、藜科为主,十字花科、豆科、菊科、莎草科少量。木本花粉以松、栎、榆、槭、椴为主。这些花粉是温带常见成分,而栎、槭、椴为温带森林成分,所以该层土壤发育时的植被为温带夏绿阔叶林,土壤类型为温带森林土壤。

第5层古土壤中分析出孢粉142粒,孢粉组合草本花粉占55.7%,木本花粉占44.3%。草本中蒿属占25.1%,藜科占17.6%,禾本科占5.5%,另有少量莎草科、毛茛科、十字花科、茜草科,水生植物香蒲和卷柏等。木本花粉中栎占10.5%,榆占3.4%,松占17.8%,栗、杨梅、槭和杜鹃少量。在木本成分中,杨梅、槭和栗有重要意义。这些花粉含量虽不多,但它们属亚热带森林成分,应分布在年平均温度 $15^{\circ}C$ 以上,年平均降水量800mm以上的地区。阔叶树花粉的飘运能力很弱,不可能从远处飘飞来。由此确定第5层古土壤发育时为具北亚热带性质的森林,该层土壤为北亚热带土壤。这与作者过去孢粉分析得出的结论^[1]相一致。

五、结论与讨论

根据 $CaCO_3$ 淀积深度、土壤结构和孢粉等资料,可以确定刘家坡第1层古土壤为棕色森林土。该层土壤发育时的植被为夏绿阔叶林,当时年平均温度 $8-12^{\circ}C$,年平均降水量800mm以上。第5层古土壤应为黄棕壤,而且比江苏泗洪现代黄棕壤发育还好,与泗洪之南的江苏六合黄棕壤相近。该层土壤发育时的植被为具北亚热带性质的阔叶林,当时年平均温度在 $15^{\circ}C$ 以上,年平均降水量850mm以上。

因为刘家坡剖面第1和第5层古土壤已不具 $CaCO_3$ 结核淀积,所以它们的剖面构型不是褐色土的 B_t-B_k-C 型。第1层古土壤具棕壤的剖面特征,剖面构型为 B_t-C 型(A层已分解)。第5层古土壤 R_2O_3 迁移显著,淀积明显,剖面构型为黄棕壤的 $B_{ts}-C$ 型(A层已分

解)。B_t代表粘粒聚集层, B_{t,s}代表粘粒和R₂O₃聚集层。如前所述, 实际上黄棕壤R₂O₃聚集常不明显, 典型的南京黄棕壤就是如此。黄棕壤 R₂O₃ 迁移和淀积深度比棕壤大的多。第5层古土壤的R₂O₃正具迁移、淀积深度大的特点, 所以把该层古土壤定为B_{t,s}—C型的黄棕壤是合适的。根据江苏六合、句容、南京以及安徽六安等多处黄棕壤剖面分析, 在B_{t,s}层之下都有含红色铁质胶膜的土层^{〔3、4〕}, 而这在我国北方现代土壤中一般是见不到的。由此考虑, 是否应在B_{t,s}层之下划分出C_s层, 即含红色铁质胶膜的母质层。C_s层之下为不含或很少含红色铁质胶膜的母质层(C层)。这对区别棕壤和黄棕壤是非常有利的。当然C_s层的厚度范围以及它应归入土壤层还是应归入母质层需进一步讨论, 但至少把其顶部划归土壤组成是可行的。按照目前土壤学的划分, 含红色铁质胶膜的母质层(图2B)不属于土壤的组成部分, 而属于风化壳的组成部分。

由于第1和第5层古土壤发育时降水较丰富, 风化作用影响深度大, 超出了土壤厚约2m的范围, 已成为明显的风化壳(图2)。这也是在中国北方黄土中首次确定的风化壳。

古土壤的研究不仅对恢复古地理和古气候有重要意义^{〔5〕}, 而且对查明地质时期的黄土侵蚀完善风化成壤理论也有重要意义。

参 考 文 献

- 〔1〕 赵景波. 西安附近黄土中古土壤发育时的植被与气候. 科学通报, 1984, 第7期.
- 〔2〕 朱显谟. 我国黄土性沉积中的古土壤. 中国第四纪研究, 1965, 第1期.
- 〔3〕 中国科学院南京土壤研究所. 中国土壤. 北京: 科学出版社, 1980.
- 〔4〕 李天杰等. 土壤地理学. 北京: 人民教育出版社, 1979.
- 〔5〕 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会. 中国自然地理: 土壤地理. 北京: 科学出版社, 1981.
- 〔6〕 曹升麟. 我国铁铝土发生层的划分及其微形态诊断指标. 土壤专报, 第43号, 1983.
- 〔7〕 安芷生等. 淀积铁质粘粒胶膜及其成因意义. 科学通报, 1979, 第8期.
- 〔8〕 赵景波. 第四纪气候变化的旋回和周期. 冰川冻土, 1988, 第2期.

A STUDY ON THE FIRST AND THE FIFTH PALEOSOLS IN LIUJIAPU SECTION IN XI'AN

Zhao Jingbo

(Xi'an College of Geology)

Subject terms: paleosol, vegetation, paleoclimate, types of soil

Abstract

We have studied the structure, illuvial depth of CaCO_3 , spore-pollen and chemical composition of the first and the fifth paleosol. The materials indicate that the first paleosol is Burozems which developed under the vegetation of deciduous broadleaf trees, and mean annual temperature was between 8°C and 12°C and mean annual rainfall was more than 800 mm at that time. The fifth paleosol is Yellow-brown Earth and the vegetation was of the characteristics of north subtropical broadleaf trees when the paleosol developed, and the mean annual temperature was above 15°C and the mean annual rainfall was more than 850 mm at that time.

The illuvial layer of CaCO_3 of the two paleosols does not contact closely with the bottom of the paleosol and occurs in the lower loess more than two meters in depth under the bottom of the paleosol, which is noncontinuous illuvial layer of CaCO_3 of the paleosol. This illuvial layer of CaCO_3 shows that the rainfall was rich enough for leaching out all CaCO_3 of paleosol and the paleosols was in neutral or acid condition. Because noncontinuous illuvial layers can not be put under the component part of soil, the first and the fifth paleosol are not of illuvial layer of CaCO_3 in Liujiapu section and their section formation is not B_t-B_k-C of drab soils. The first paleosol is of the characteristics of Burozems, therefore, its section formation is B_t-C (A layer had been resolved). R_2O_3 in the fifth paleosol moved down for a distance over one meter and is more than that of north subtropical yellow-brown Earth in Sihong area of Jiangsu province and approximate to that of yellow-brown Earth in Liuhe area to the south of Sihong area. R_2O_3 illuviated obviously in lower part of the fifth paleosol, hence, its section formation is $B_{ts}-C$ of yellow-brown Earth (A layer had been resolved).

Since the rainfall was rich during the development of the first and the fifth paleosol and the depth affected by weathering was great and exceed the thickness of soils, the paleosols had become weathered crusts that consist of upper paleosol and lower loess in which weathered cracks developed well.