

土壤侵蚀作用对黄土高原黏化层 鉴定和淋溶土分类的影响

张 蕾¹, 张凤荣^{1*}, 李 超², 靳东升³

(1. 中国农业大学土地科学与技术学院, 北京 100193; 2. 自然资源部国土整治中心, 北京 100035;
3. 山西省农业科学院农业环境与资源研究所, 山西 太原 030006)

摘 要: 黏化层是淋溶土的首要诊断标准。一般情况下, 黏化层是在长期相对稳定的湿润淋溶条件下形成的。但黏化过程很可能因为气候变化和土壤侵蚀作用而被打断。本文以山西土系调查 16 个淋溶土剖面为研究对象, 通过对各剖面黏化层与上覆下伏层、各剖面间的基本特征及其理化性状分析, 探索土壤侵蚀作用对黄土高原黏化层鉴定和淋溶土分类的影响。结果表明: (1) 黄土高原 16 个淋溶土剖面中大多数黏化层与上覆层之间的形态特征过渡明显, 胶膜、黏化率、粉黏比以及石灰性强弱等理化性质均表明黏化层主要是淋溶淀积的结果; (2) 根据诊断层与诊断特性, 将这 16 个淋溶土剖面进一步分为表蚀铁质干润淋溶土、石化钙积干润淋溶土、筒育钙积干润淋溶土和普通筒育干润淋溶土等不同亚类; (3) 表蚀亚类的黏化率明显低于其他几个亚类, 而粉黏比与之相反; (4) 依据胶膜存在而被鉴别为黏化层的诊断层是古土壤黏化层受地质剥蚀作用剥蚀后而出露地表的。这一结果与土壤系统分类诊断剖面只限于近地表 1.5 m、最多不超过 2.0 m 深度有关, 而如果按土壤地理发生分类, 则这些古土壤黏化层会被认定为“红黏土母质”并在土属一级得到反映。

关 键 词: 土壤侵蚀; 黏化层鉴定; 淋溶土分类; 黄土高原

中图分类号: S159 **文献标识码:** A **文章编号:** 0564-3945(2021)02-0261-08

DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2020090702

张 蕾, 张凤荣, 李 超, 靳东升. 土壤侵蚀作用对黄土高原黏化层鉴定和淋溶土分类的影响 [J]. 土壤通报, 2021, 52(2): 261-268

ZHANG Lei, ZHANG Feng-rong, LI Chao, JIN Dong-sheng. Impact of Soil Erosion on Argic Horizon Identification and Luvisols Classification in the Loess Plateau[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2021, 52(2): 261-268

根据道库恰耶夫创立的五大成土因素学说, 气候与植被影响着土壤的宏观地理分布规律, 母质与地形在区域尺度上影响着土壤的分布规律。气候为土壤发育提供了光、热、水等物质与能量, 生物提供了有机土壤物质, 母质是土壤形成的基础, 其岩石矿物提供了土壤的主要骨骼颗粒。而地形在土壤发育过程中并不提供任何物质与能力, 它只是改变了气候、生物、母质提供的物质与能量的再分配而间接影响土壤发生^[1-2]。在土壤地理学教科书中, 将腐殖质化、灰化、钙积、黏化、盐化、碱化、富铁铝化等, 列为土壤发生过程, 它们均体现了气候、生物等元素的作用。

可是, 地球上广泛存在的地质剥蚀与堆积作用过程, 虽然对土壤发生和性质的影响巨大, 像石质土、粗骨土、冲积土、风沙土、黄绵土、紫色土等

均由于侵蚀与堆积作用形成的, 但在土壤地理学教科书中却并不被列为主要土壤发生过程, 只是作为地质过程^[1-4]。在早期的研究中, 王长宏等^[5]研究安徽淮北平原晚更新世以来古地貌特征决定着该地区主要土壤类型砂姜黑土、灰潮土、黄潮土的形成和分布; 刘学录等^[6]分析兰州地区的地质构造、地质营力作用以及母质发育特征用于研究灰钙土和灰褐土的土壤基本性质和成土过程; 邹文发^[7]从地质学的角度, 探讨了土壤潜育化的形成分布和演替规律。而土壤发生学中地质因素以及地质作用的考虑被逐渐弱化甚至忽略。

黄土高原地区, 受到内外营力的共同作用, 剥蚀强烈, 形成特有的塬、梁、峁地貌和千沟万壑景观, 使得埋藏的古土壤出露于地表, 古土壤与其出露区周边普遍存在的黄土性土壤相比, 在土壤结构、

收稿日期: 2020-09-07; 修订日期: 2021-01-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(41671216)和国家科技基础性工作专项(2014FY110200)资助

作者简介: 张 蕾(1996-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 硕士研究生, 研究方向为土壤与土地调查、土地可持续利用。E-mail: m13009866572@163.com

*通讯作者: E-mail: frzhang@cau.edu.cn

胶膜等形态特征和黏粒迁移特征上存在很大的差别,从而导致了土壤分类结果的差异,具有极高的研究价值^[8-10]。因此,研究地质作用对土壤发生与分类的影响,是科学识别该区域不同土壤类型的成因、进行土壤分类的必要条件。为此,在野外实地考察的基础上,采集了黄土高原地区 16 个具有黏化层的典型剖面,对其主要剖面形态特征和理化性质进行定量分析研究,参照《中国土壤系统分类(第三版)》进行分类^[11],并推断该区域地质过程如何影响土壤形成与分类,所得结果对于推动成土因素学说发展具有理论意义,对黄土高原地区土壤调查分类也具有实用价值。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

黄土高原是世界上土壤侵蚀最强烈的生态脆弱区。根据我国第四次土壤侵蚀普查结果,全国土壤侵蚀总面积 294.91 万 km²,黄土高原地区侵蚀面积为 18.7215 万 km²,占全国总面积的 6.35%^[12]。研究区地形地貌为丘陵沟壑区,是黄土高原土壤侵蚀最为剧烈的区域,土壤侵蚀模数高达 25000 t a⁻¹ km²^[13];当地土壤侵蚀既有暴雨造成的坡面水力侵蚀、也有重力侵蚀,所谓降水径流“一碗水半碗沙”就是侵蚀严重程度的真实写照。

1.2 土壤调查和样品采集与分析

侵蚀作用主要发生在黄土丘陵顶部或坡面的正地形区,而堆积作用主要发生在坡麓和沟道的负地形区。研究的 16 个土壤剖面为 2014~2018 年开展山西土系调查时采集(图 1),均处于黄土丘陵顶部或坡面的正地形区,受到新构造运动抬升造成持续的土壤侵蚀作用的影响。该地区地质历史上形成的第三纪的保德红土、第四纪的午城黄土、离石黄土等都可能被侵蚀出露地表或接近地表^[14]。根据土壤发生学分类多属于红黏土、褐土以及栗褐土等^[15]。各剖面点土壤环境信息如表 1 所示。

按照《野外土壤描述与采样手册》^[16]对 16 个土壤剖面进行野外调查描述与采样,土壤颜色(湿润)采用美国芒塞尔比色卡(Munsell Soil Color Charts)比色确定。所采土样带回室内经风干、去杂、研磨过不同孔径筛后,进行了土壤机械组成(吸管法)、石灰反应强度(采用 1:3 稀盐酸滴定)等理化性质测定^[17]。

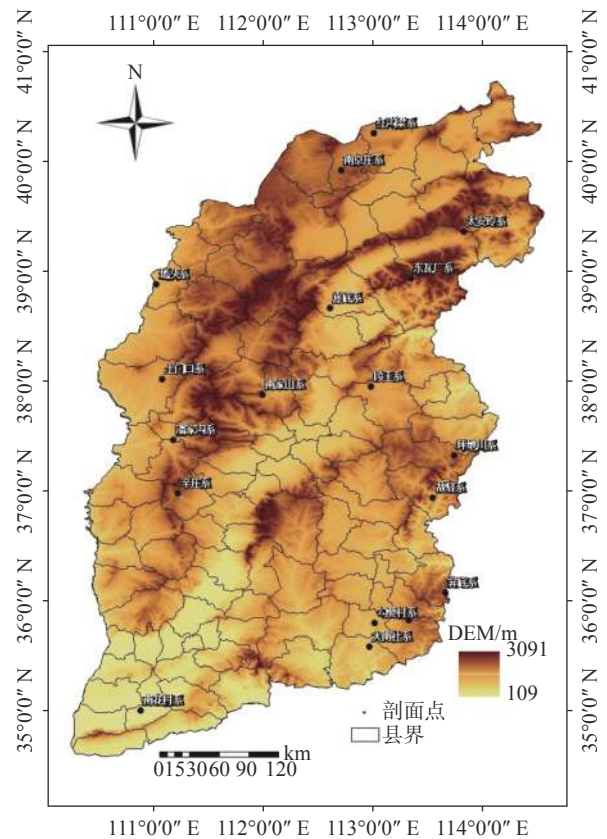


图 1 供试土壤样点分布图

Fig.1 Distribution of the studied soil profiles

1.3 数据分析

原始数据采用 Excel 软件进行处理;采用 SigmaPlot 软件作图。

2 结果与分析

2.1 黏化层与上覆下伏层的黏粒含量、胶膜差异分析

这 16 个被分类为淋溶土的土壤剖面是按照《中国土壤系统分类检索(第三版)》中有关黏化层标准做出诊断分类的。勾要村系、塬头系、土门口系、崖底系,虽然黏化层的黏粒含量大于上覆层的 1.2 倍,但上覆层厚度薄,而且地表有明显的土壤侵蚀痕迹,说明上覆层黏粒含量低是水土流失带走黏粒的结果;下面的黏化层深厚质地均一,能清晰看见黏粒胶膜存在(按体积计 $\geq 5\%$),是以黏粒胶膜存在而鉴定为黏化层,分类为表蚀型。南花村系、辛庄系、穿底系的黏化层虽然看不到黏粒胶膜,黏化层是依据此层黏粒含量比上覆和下垫土层高,达到上覆层黏粒含量的 1.2 倍而鉴定为黏化层。其余的剖面的黏化层虽然其黏粒含量远远超过比上覆层总黏粒增加量要求,但上覆层深厚,且与黏化层呈突然过渡态,

表 1 剖面点土壤环境信息
Table 1 Environmental information of the studied soil profiles

亚类 Subgroup	土系名称 Soil series	坐标位置 Position	海拔 (m) Altitude	地形 Landform	坡度 Slope	成土母质 Parent material	土地利用类型 Land use type
普通筒育冷凉淋溶土	红沟梁系	40°15'56.10"N, 113°00'27.64"E	1231	剥蚀高原	10°	第四纪红黏土	灌木林地
	南京庄系	39°55'54.20"N, 112°42'29.72"E	1446	丘陵	10°	马兰黄土覆盖的红黏土	荒草地
	太安岭系	39°22'04.21"N, 113°49'29.51"E	1498	丘陵	5°	黄土	荒草地
	东瓦厂系	38°56'38.99"N, 113°20'46.54"E	1644	中山	15~20°	黄土	林地
	坪地川系	37°19'45.575"N, 113°44'09.841"E	1493	中山	15°	黄土状物质与红黏土	灌木林地
普通钙质干润淋溶土	穿底系	36°05'11.151"N, 113°39'16.104"E	960	低山	15°	石灰岩坡残积物	林地
	下川村系	35°50'11.957"N, 113°19'37.423"E	1340	低山	15°	石灰岩坡残积物	林地
石化钙积干润淋溶土	潘家沟系	37°28'23.051"N, 111°11'14.255"E	1010	丘陵	30°	红土状物质	林地
	勾要村系	35°48'36.516"N, 113°01'00.949"E	881	低山	-	离石黄土	耕地
表蚀铁质干润淋溶土	塬头系	38°53'31.256"N, 111°01'54.752"E	938	丘陵	25°	离石黄土	未利用地(荒草地)
	土门口系	38°01'48.161"N, 111°04'59.089"E	1094	丘陵	35°	保德红土	未利用地(荒草地)
	崖底系	38°40'39.86"N, 112°36'34.85"E	883	丘陵	-	第四纪红黏土	灌木林地
	辛庄系	36°59'16.919"N, 111°13'40.948"E	1323	阶地	15°	黄土	林地
普通筒育干润淋溶土	南花村系	35°00'37.011"N, 110°53'16.147"E	347	盆地	15-20°	黄土	耕地
	故驿系	36°57'02.538"N, 113°32'30.862"E	901	低山	-	离石黄土	灌木林地
	南家山系	37°52'59.50"N, 111°59'49.04"E	1323	中山	15°	黄土覆盖红黏土	林地

也是依据黏粒胶膜存在而鉴定为黏化层的, 是为埋藏型。

根据表 2 中对黄土高原淋溶土的胶膜、黏化率、粉黏比以及过渡是否清晰的分析, 将土壤剖面形态构型分为表蚀型与埋藏型。从图 2 黏化率和粉黏比随深度变化的趋势中表明, 整体上, 淋溶土的黏化率呈现出随黏化层出现深度增加而增加的趋势, 而粉黏比则与之相反, 这与韩春兰等研究辽宁省朝阳市第四纪古红土壤的粉黏比随深度的变化趋势一致^[18]。表蚀型黏化率随着深度的变化幅度不大, 但埋藏型的黏化率变化明显, 这是因为表蚀型的表层是与下面的黏化层同源物质; 而埋藏型的是“二元结构”, 即上面的土层与下面的土层不是同时期的沉积物。埋藏型的表层土壤以粉砂为主, 黏粒含量低。而有胶膜与无胶膜的土壤剖面相比, 有胶膜土壤的粉黏比低于无胶膜的土壤, 是黏粒选择性迁移淀积的结果, 说明大量的粉粒已经转化成黏粒^[19]。但有胶膜土壤的粉黏比和黏化率随深度的变化均有一定波动, 而无胶膜的土壤除表层受到人为的作用的影响外, 粉黏比和黏化率值较高, 且随深度的加深而趋于平缓, 只是黏粒含量稍有增加。

2.2 供试土壤剖面颗粒组成与层间过渡状况

在土壤发育阶段, 土壤矿物将发生一系列的变化, 成土过程会影响土壤的颗粒组成。由表 2 可知, 黄土高原地区淋溶土质地以黏壤土为主, B 层黏粒含量最高, 达 208 g kg⁻¹ ~ 594 g kg⁻¹, 但是表层土壤黏粒含量低, 最低只有 33 g kg⁻¹, 这不仅与原生矿物进行原地风化变成次生矿物与土壤不同深度的水热条

件有关, 还与表层受到侵蚀使土壤中的黏粒减少密切相关。根据《中国土壤系统分类(第三版)》的诊断标准, 供试土壤黏化率的平均值为 1.5, 其中表蚀的土壤平均值为 1.8, 黏化层处可见明显铁质胶膜。虽然所有剖面整体上符合淋溶土的诊断特征, 但勾要村系、崖底系、土门口系受到剥蚀的影响, 黏化层出露于表土致使黏化率偏低, 黏化层与其上覆层间的过渡以及黏化层各亚层之间的过渡, 自上而下分别为明显平滑过渡、模糊平滑过渡、逐渐平滑过渡和模糊平滑过渡。上下层之间过渡明显, 表明这类土壤是在湿热时期风化形成质地黏重的黏化层, 后被剥蚀而出露地表、再植被着生, 开始现代成土过程。黏化层与上覆土层过渡逐渐或模糊的, 表明这类土壤是新黄土在现代半干旱半湿润气候条件黏化层的黏粒的增加, 主要是残积粘化的结果; 粘化作用时间短, 使得黏粒含量增加不多。文献表明, 有些黏化层出露地表后, 虽然由于表层冻融交替、干湿交替以及腐殖质染色, 造成形态上看不见胶膜, 但偏光显微镜下依然可能会观察到黏粒的叠瓦状淀积或光性定向黏粒^[20]。而塬头系的黏化率高是在黏化层完全出露后又接受了上面陡崖滚落下来的黄土的原因, 故均被分类为表蚀铁质淋溶土。除表蚀亚类外, 其他 10 个剖面的黏化率的平均值为 1.7, 层间过渡明显且黏化率越大, 层间过渡愈清晰甚至突变, 很明显地说明黏化层与其上覆土层在不同成土条件下形成, 是为地质学上的所谓“岩性不连续”或土壤学上的所谓“二元母质”。之所以被分类为淋溶土, 是因为土壤系统分类只是根据当前客观存在地表的

表 2 供试土壤剖面理化性质与形态特征
Table 2 Physical and chemical properties and morphological characteristics of the studied soil profiles

土系名称 Soil series	发生层 Horizon	深度 (cm) Depth	土壤颜色 (润) Munsell soil color (moist)	机械组成 (g kg ⁻¹) Particle composition			B/A黏化率 Claying ratio	粉黏比 Silt/clay	上下层边界 Boundary between upper and lower soil layers	胶膜 Coating	石灰反应 Lime reaction
				2~0.05	0.05~0.002	<0.002					
红沟梁系	Ah	0~5	深棕色 (7.5 YR5/6)	614	231	155	-	1.49	明显平滑过渡		强石灰反应
	2Bt1	5~18	红棕色 (5 YR4/4)	188	481	331	2.14	1.45	渐变平滑过渡	有	轻度灰反应
	2Bt2	18~68	红棕色 (2.5 YR5/4)	136	609	255	1.65	2.39	模糊平滑过渡		无石灰反应
	2Bt3	68~102	红棕色 (2.5 YR5/4)	151	576	273	1.76	2.11	-		无石灰反应
南京庄系	Ah	0~12	黄棕色 (10YR 5/4)	264	544	192	-	2.83	渐变平滑过渡		强石灰反应
	Bk	12~75	极浅棕色 (10 YR7/4)	227	613	160	-	3.83	突然波状过渡	有	强石灰反应
	2Bt1	75~118	红棕色 (5 YR5/4)	113	579	308	1.93	1.88	模糊平滑过渡		无石灰反应
	2Bt2	118~150	亮红棕色 (5 YR 6/4)	121	650	329	2.05	1.97	-		无石灰反应
太安岭系	Ah	0~15	浊黄棕色 (10 YR5/3)	597	336	67	-	5.01	渐变倾斜过渡		强石灰反应
	Bw1	15~38	浊黄棕色 (10 YR5/3)	562	328	110	1.64	2.98	模糊倾斜过渡	有	强石灰反应
	Bw2	38~92	浊黄棕色 (10 YR5/3)	525	366	109	-	3.36	突变平滑过渡		中度石灰反应
	2Btk	92~148	浊棕色 (7.5 YR5/4)	439	290	271	2.49	1.07	-		结构体内无石灰反应
东瓦厂系	Ah	0~24	浊黄橙色 (10 YR6/3)	398	428	174	-	2.5	清晰平滑过渡		极强石灰反应
	Bw1	24~45	浊黄橙色 (10 YR6/3)	431	512	57	0.33	9.0	清晰平滑过渡	有	强石灰反应
	Bw2	45~72	浊黄橙色 (10 YR6/4)	583	384	33	0.58	11.64	突变平滑过渡		无石灰反应
	2Bt	72~110	浊棕色 (7.5 YR5/4)	405	387	208	6.30	1.86	-		无石灰反应
坪地川系	Ah	0~9	暗棕色 (7.5 YR3/4)	199	576	225	-	2.56	逐渐平滑过渡		强石灰反应
	Bw	9~31	浊棕色 (7.5 YR5/4)	178	530	292	1.30	1.82	明显波状过渡	有	强石灰反应
	2Bt	31~81	暗红棕色 (2.5 YR3/6)	116	290	594	2.03	0.49	-		无石灰反应
穿底系	Ah	0~15	浊红棕色 (5 YR5/4)	157	437	406	-	1.08	明显平滑过渡		无石灰反应
	Bt1	15~37	浊红棕色 (5 YR4/4)	136	345	519	1.28	0.66	明显平滑过渡	无	无石灰反应
	Bt2	37~75	浊红棕色 (5 YR4/4)	183	326	491	1.21	0.66	-		无石灰反应
下川村系	Ah	0~19	浊棕色 (7.5 YR5/3)	311	393	296	-	1.32	逐渐平滑过渡		强石灰反应
	Bw	19~39	浊棕色 (7.5 YR5/3)	450	255	295	1.00	0.86	明显平滑过渡	有	强石灰反应
	Bt1	39~81	浊红棕色 (2.5 YR5/3)	445	197	358	1.21	0.55	模糊平滑过渡		无石灰反应
	Bt2	81~120	橙色 (5 YR6/6)	535	159	306	1.04	0.52	-		无石灰反应
潘家沟系	Ah	0~19	浊棕色 (7.5 YR5/3)	311	393	296	-	1.32	逐渐平滑过渡		强石灰反应
	Bk	11~40	亮红棕色 (2.5 YR5/6)	118	420	462	1.09	0.91	逐渐平滑过渡	有	弱石灰反应
	Bkt1	40~88	亮红棕色 (2.5 YR5/6)	137	519	344	0.74	1.51	模糊平滑过渡		无石灰反应
勾要村系	Bkt2	88~140	亮红棕色 (2.5 YR5/6)	170	510	320	0.69	1.59	-		无石灰反应
	Ap	0~27	亮红棕色 (2.5 YR5/6)	102	554	344	-	1.61	明显平滑过渡	有	无石灰反应
塬头系	Bt	27~60	红棕色 (2.5 YR4/6)	107	581	312	0.91	1.86	-		无石灰反应
	Ah	0~15	浊黄橙色 (10 YR7/4)	342	563	95	-	5.93	明显平滑过渡		强石灰反应
	2Bt1	15~48	橙色 (5 YR6/6)	134	594	272	2.86	2.18	逐渐平滑过渡	有	无石灰反应
土门口系	2Bt2	48~100	橙色 (5 YR6/6)	147	510	343	3.61	1.49	-		无石灰反应
	Ah	0~18	红棕色 (2.5 YR4/8)	162	438	400	-	1.10	逐渐平滑过渡		弱石灰反应
	Bt1	18~52	红棕色 (2.5 YR4/8)	108	404	488	1.22	0.83	模糊平滑过渡	有	无石灰反应
	Bt2	52~91	红棕色 (2.5 YR4/8)	97	430	473	1.20	0.91	-		无石灰反应
崖底系	Ah	0~15	红棕色 (2.5 YR4/6)	235	447	318	-	1.41	模糊平滑过渡		无石灰反应
	2Bt1	15~35	红棕色 (2.5 YR4/6)	210	438	352	1.11	1.24	模糊平滑过渡	有	无石灰反应
	2Bt2	35~72	暗黄棕色 (10 R3/6)	211	482	307	0.97	1.57	-		无石灰反应
辛庄系	Ah	0~17	浊黄橙色 (10 YR7/3)	142	678	180	-	3.78	逐渐平滑过渡		强石灰反应
	Bw	17~41	橙色 (7.5 YR6/6)	125	668	207	1.15	3.23	模糊平滑过渡	无	强石灰反应
	Btk	41~78	浊橙色 (7.5 YR6/4)	102	658	240	1.20	2.74	-		强石灰反应
	Ap	0~29	浊黄棕色 (10 YR5/4)	220	607	173	-	3.50	明显平滑过渡		极强石灰反应
南花村系	Bw	29~60	浊黄棕色 (10 YR5/4)	276	523	201	1.16	2.60	模糊平滑过渡	无	极强石灰反应
	Bkt1	60~74	亮棕色 (7.5 YR6/4)	229	530	241	1.20	2.20	明显平滑过渡		极强石灰反应
	Bkt2	74~110	亮棕色 (7.5 YR5/6)	218	530	252	1.25	2.10	-		极强石灰反应
	Ah	0~18	亮棕色 (7.5 YR5/6)	200	534	266	-	2.00	逐渐平滑过渡		强石灰反应
故驿系	Bw	18~72	黄棕色 (10 YR5/6)	245	510	245	0.92	2.08	突然平滑过渡	有	强石灰反应
	2Bt1	72~131	亮红棕色 (5 YR5/6)	179	516	305	1.24	1.69	模糊平滑过渡		无石灰反应
	2Bt2	131~160	亮红棕色 (5 YR5/6)	166	536	298	1.22	1.80	-		无石灰反应
南家山系	Ah	0~22	棕色 (10 YR4/6)	265	475	260	-	1.8	渐变平滑过渡		极强石灰反应
	Bw	22~50	红棕色 (5 YR4/4)	209	521	270	1.04	1.93	突然平滑过渡	有	极强石灰反应
	2Bt1	50~71	红棕色 (2.5 YR5/4)	118	504	378	1.40	1.33	模糊平滑过渡		无石灰反应
	2Bt2	71~150	红棕色 (2.5 YR5/4)	108	4	461	1.71	0.93	-		无石灰反应

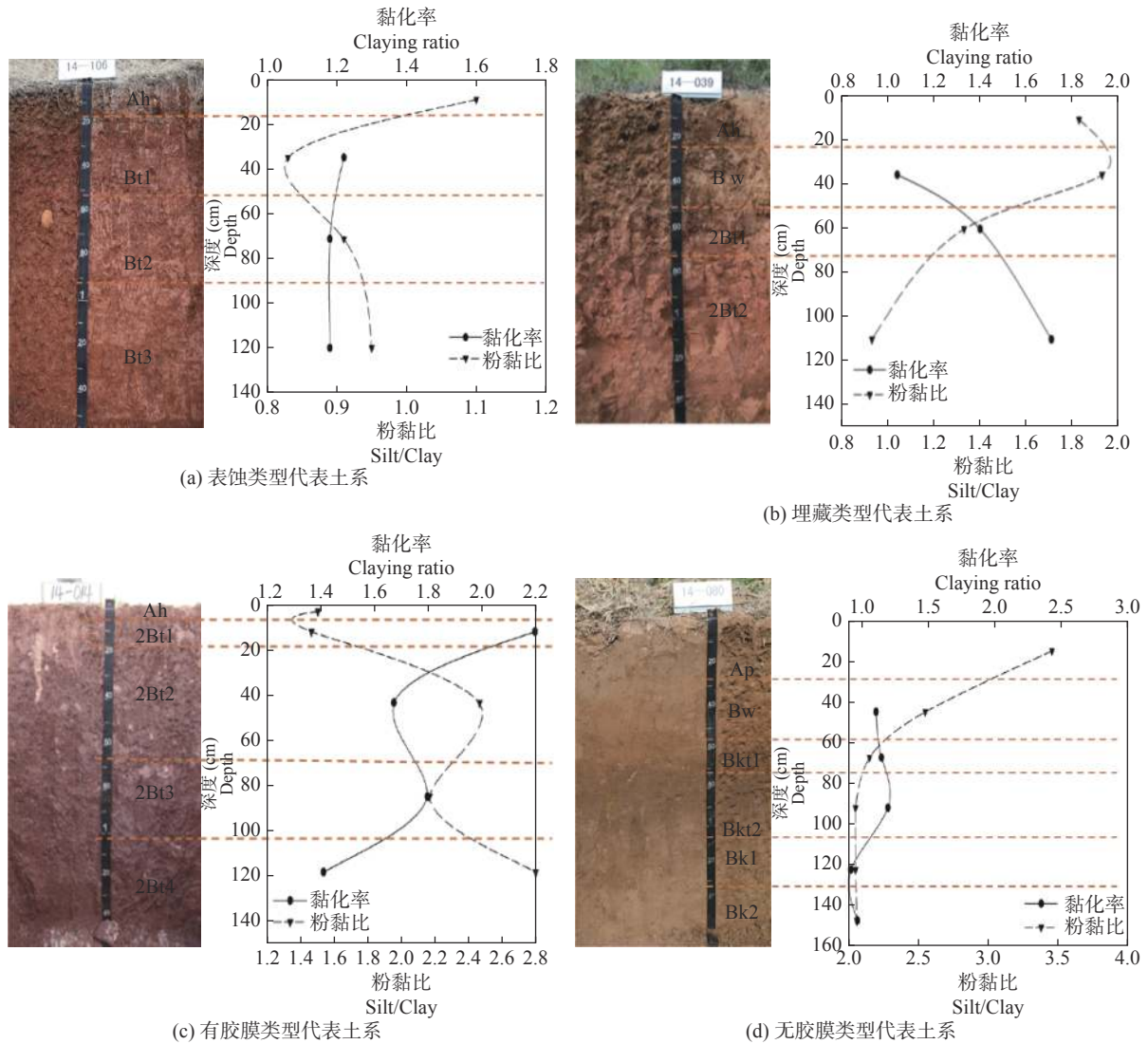


图 2 淋溶土黏化层诊断指标随深度的变化趋势
Fig.2 Variations in diagnostic index of Argic horizons with depths

诊断层与诊断特性，并不管其是现代土壤发生过程形成，还是古土壤被剥蚀出露地表造成的。南花村、辛庄系较为特殊，结构体面上无胶膜且剖面质地均一为粉砂壤土，但黏化率达到黏化层的标准，则依然分类为淋溶土。因此，对于冲积物形成的土壤，不能仅仅根据上覆与下伏层的黏化率来判断，还得看结构体面上是否有黏粒胶膜存在。

2.3 供试土壤剖面颜色与石灰反应强度

土壤颜色作为最直观的诊断特征，能够反应出土壤内部化学和矿物学特性。如表 2 所示，黄土高原供试土壤剖面黏化层的颜色色调（润态）多为 7.5 YR ~ 10 R，其中 5 YR 和 2.5 YR 占比最多，而与南方的红土颜色相似（色调多为 7.5 YR ~ 10 R），但成土过程有本质的区别。研究区大部分的表层土壤

颜色与古土壤相比偏黄，只有少数土系的颜色通体一致。分为通体颜色发红（2.5 YR）和偏黄（10 YR）两种；前者是受到侵蚀作用的影响出露地表的古红土再经历现代成土环境的影响，后者则是在现代成土环境下残积黏化作用下形成的；因为颜色偏黄的虽然并未发现有胶膜存在，但黏化率达到了淋溶土的标准。与颜色的变化相似，碳酸钙在不同发生层间有一定差异。在有明显或突变层间过渡的剖面中，偏黄淋溶土的表层和表下层含有假菌丝体呈现较强石灰反应，属于新黄土母质；下部的红黏土均无石灰反应，属于是古土壤，即使古土壤结构表面石灰反应强烈，但是结构体内部依然无石灰反应；其结构体表面的石灰来自于后期覆盖于其上的新黄土沿大裂隙的向下淋洗，但结构体内的微空隙太细，水

分并没有进入土壤基质,如东瓦厂系、太安岭系。有些在土壤结构体间(裂隙)特别不同质地土壤变化的接触带能看见砂姜。

3 讨论

3.1 古气候形成的古黏化层出露地表是该区域一些淋溶土存在的原因

根据一般土壤发生学原理,黏化层在湿润和半湿润气候条件下,且地貌稳定的情形下,经过一定时间下形成。先是土内残积黏化过程使得原生造岩矿物转化为次生黏土矿物,然后在脱钙条件下黏粒被下行水携带到一定深度淀积下来,也就是淋淀黏化过程发生。但如果气候或地貌不稳定则不利于黏化层的形成,即如果存在气候变化或土壤侵蚀,没有足够的时间发生系统的土内残积黏化过程和黏粒的淋淀过程,造成黏化过程积累的表下层黏粒含量达不到比表层黏粒含量高 20% 的标准^[21-22];这正是处于季风型半干旱半湿润气候,具有淋溶淀积降水量的黄土高原上大部分土壤依然是雏形土的原因。我们所看到的 16 个剖面中,只有普通筒育冷凉淋溶土和普通筒育干润淋溶土的黏化层的黏化率勉强达到黏化标准,但黏化层与上覆淋溶层的边界过渡不明显,没有发现黏粒胶膜,表明其是在现代地貌稳定的情况下,发生残积黏化形成的;如南花村、辛庄系就是因为在山间平原上,地貌稳定,既不遭受侵蚀,又不接受沉积物,在当代季风型半干旱半湿润气候发生了残积黏化过程,达到了黏化层黏化率的要求;但还没有足够的时间发生淋淀黏化过程形成可以鉴定黏化层的胶膜。而其他的那些淋溶土剖面恰恰是古湿热气候条件下形成的古土壤的黏化层因为侵蚀出露地表而被鉴别出(具有黏粒胶膜),从而被分类为淋溶土。五大成土因素学说中关于气候对土壤形成的作用,一般是指气候是静态的,在一定的水热条件作用下发生系统的土壤过程,如黏化过程、钙积过程,形成土壤发生层,如黏化层、钙积层等。但实际上,气候也是发生着变化的;仅仅是第三纪以来,黄土高原就曾发生多次冷干与湿热交替的气候变化。在冷干期发生黄土沉降作用,土壤的残积黏化作用和淋淀黏化作用受阻;而在湿热期,黄土沉降停止或微弱,土壤的残积黏化作用和淋淀黏化作用强烈,形成黏化层。本文中的表蚀铁质淋溶土亚类,石化钙积干润淋溶土亚类、普通

钙质干润淋溶土亚类的几个剖面均是在湿热条件下形成的古土壤中的黏化层,遭侵蚀作用出露地表或接近地表而被鉴别分类为淋溶土。这与刘东生等研究认为黄土高原受后期侵蚀作用强烈,在多数剖面上难以划分单一的古土壤层的结果一致^[23]。不过,这类因强烈侵蚀作用高度风化的古土壤黏化层出露或接近地表的土壤面积非常小,只有零星分布。

3.2 土壤剥蚀作用对地表土壤类型的影响

地质学中,土壤侵蚀亦叫剥蚀作用,属于外地质作用的一种。据估计,黄土高原土壤平均每年注入黄河的泥沙达 16 亿 t 以上,其侵蚀速率将达 $363.1 \text{ t km}^{-2} \text{ a}^{-1}$,相当于 2 亿亩耕地年均流失耕作层 1 cm,比土壤形成过程快约 200~400 倍^[24-25]。本研究区域属于黄土高原第二阶梯为山西高原,坡度多在 $15^\circ \sim 20^\circ$,侵蚀量在 3930 t km^{-2} 以上。相关调查显示整个高原约在中新世晚期拱曲上升,致使老断裂重新活动,形成贯穿全山西的晋中大断裂谷,这也为以后的土壤剥蚀奠定了地理基础^[15]。如果不再发生构造抬升地质运动,剥蚀作用最终会将高处(正地形)的土壤物质填满低洼处(负地形),最终地貌夷平。但新构造运动使得黄土高原不断抬升,导致土壤侵蚀基准面不断下降,溯源侵蚀持续不断,地质历史上形成的古土壤就会被剥蚀出来。早期中国科学院黄土高原综合科学考察队的研究就表明,地质构造的活动带是重力侵蚀的主要分布区,特别是地震构造带内由于地震的发生,常会直接引起大面积的滑坡、崩塌等现象,同时也使地表物质变得疏松、破碎,为水流侵蚀创造有利条件^[26]。正是由于重力与水流,抬升与切割的不断,综合作用使沟壑的形态不断变化,才会在黄土沟壑处能发现出露地表或埋藏古红土的存在,这与石元春研究发现黄土高原地区高原快速抬升而古土壤遭受侵蚀的结果一致^[27]。本文供试的 16 个土壤剖面中,属于表蚀型的 4 个土系和属于埋藏型的 9 个土系。实际上都是埋藏古红土即黏化层被剥蚀出露地表或被剥蚀后又堆积了新黄土,而因为发现黏粒胶膜的存在被诊断为黏化层分类为淋溶土。当然,在新构造运动强烈隆起的山区,侵蚀极其强烈,且没有深厚黄土堆积的石质山区,也不会有淋溶土,只会形成石质土或粗骨土。其实,中国土壤发生分类中的黄绵土、紫色土、石灰岩土等这些土类都是由于土壤侵蚀过程影响下而广泛分布于山区的土类。不过,土壤地理学教科

书只把形成某些土壤发生层的过程作为发生土壤发生过程, 而对不能形成土壤发生层的土壤侵蚀作用不作为土壤发生过程, 尽管土壤侵蚀作用对地表土壤类型的影响也很大。

4 结论

一般情况下, 黏化层形成需要在长期稳定的地貌和气候环境下, 发生残积黏化或淋淀黏化作用长期形成。黄土高原暖湿与冷干气候的交替, 使得冷干期降尘堆积作用发生, 暖湿期地质风化作用或土壤黏化过程发生形成黏化层。而受到新构造运动影响, 地面不断抬升, 发生强烈的地质剥蚀作用, 使暖湿时期形成的红色古土壤出露地表或接近地表, 从而依据《中国土壤系统分类(第三版)》被鉴定为黏化层而被分类为淋溶土。土壤系统分类只是对近地表 1.5 米或最多不超过 2.0 m 深的剖面土壤物质进行鉴定。那些因侵蚀出露地表或接近地表的红色古土壤因为被鉴定有胶膜存在而被分类为淋溶土; 那些没有遭受侵蚀的处于稳定地貌即山间平原的淋溶土则根据黏化率而被鉴定为黏化层, 虽然没有见到胶膜。与此不同, 土壤地理发生分类要将成土条件、成土过程及土壤属性三者统一、结合起来进行分类, 当遇到目前所见土壤属性与受现代地理环境影响的成土过程所产生的土壤属性不一致时, 则会将剖面中的黏化层认定为“红黏土母质”(第二次土壤普查《山西土壤》), 并在土属一级分类中得到反映。

参考文献:

- [1] 张凤荣. 土壤地理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- [2] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- [3] 陆景冈. 土壤地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1989.
- [4] 东野光亮, 赵文武. 中国土壤地质学研究进展与展望[J]. *土壤学报*, 2008, (5): 875 - 880.
- [5] 王长荣, 顾也萍. 安徽淮北平原晚更新世以来地质环境与土壤发育[J]. *安徽师大学报(自然科学版)*, 1995, (2): 59 - 65.
- [6] 刘学录, 李志强. 兰州地区的土壤地质环境特征研究[J]. *甘肃农业大学学报*, 1997, (3): 39 - 43.
- [7] 邹文发. 洞庭湖区土壤潜育化和地质地貌的关系[J]. *湖南师范大学自然科学学报*, 1989, (1): 88 - 93.
- [8] 楚纯洁, 赵景波. 西安少陵塬黄土—古土壤序列S-3剖面元素迁移及古气候意义[J]. *土壤学报*, 2016, 53(2): 311 - 321.
- [9] 牛振华, 王占礼, 黄新会. 我国黄土地区土壤侵蚀研究历史与进展[J]. *水土保持研究*, 2004, (04): 169 - 173.
- [10] 胡雪峰, 鹿化煜. 黄土高原古土壤成土过程的特异性及发生学意义[J]. *土壤学报*, 2004, (5): 669 - 675.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类课题组, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索. 第3版[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2001.
- [12] 刘 震. 我国水土保持情况普查及成果运用[J]. *中国水土保持科学*, 2013, 11(2): 1 - 5.
- [13] 高海东, 李占斌, 李 鹏, 等. 基于土壤侵蚀控制度的黄土高原水土流失治理潜力研究[J]. *地理学报*, 2015, 70(9): 1503 - 1515.
- [14] 张凤荣, 靳东升, 李 超, 等. 山西土系志[M]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [15] 刘耀宗, 张经元. 山西土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [16] 张甘霖, 李德成. 野外土壤描述与采样手册[M]. 北京: 科学出版社, 2017.
- [17] 张甘霖, 龚子同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [18] 韩春兰, 王秋兵, 孙福军, 等. 辽宁朝阳地区第四纪古红土特性及系统分类研究[J]. *土壤学报*, 2010, 47(5): 836 - 846.
- [19] 韩春兰, 刘素花, 王秋兵, 等. 辽宁省朝阳市第四纪古红土基本性状与发生学特征研究[J]. *土壤通报*, 2009, 40(6): 1233 - 1239.
- [20] 王秀丽, 张凤荣, 王 数, 等. 北京地区红色黏土特性及成土过程和系统分类探讨[J]. *土壤学报*, 2014, 51(2): 238 - 246.
- [21] 朱显谟, 程文礼. 中国黄土高原古土壤中粘粒移动问题探讨[J]. *土壤学报*, 1994, (4): 371 - 375.
- [22] Ali A, Achyuthan H, Azhardin M. Clay Minerals and Micromorphology of the Loess Paleosols, Kashmir Valley, India[J]. *Journal Geological Society of India*, 2019, 94(3): 275 - 280.
- [23] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [24] 李宗善, 杨 磊, 王国梁, 等. 黄土高原水土流失治理现状、问题及对策[J]. *生态学报*, 2019, 39(20): 7398 - 7409.
- [25] 李裕元, 王 力, 邵明安. 新构造运动对黄土高原土壤侵蚀的影响[J]. *水土保持学报*, 2001, (1): 76 - 78.
- [26] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [27] 石元春. 中国黄土中古土壤的发生学研究[J]. *第四纪研究*, 1989, (2): 113 - 122.

Impact of Soil Erosion on Argic Horizon Identification and Luvisols Classification in the Loess Plateau

ZHANG Lei¹, ZHANG Feng-rong^{1*}, LI Chao², JIN Dong-sheng³

(1. *College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China*; 2. *Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Natural Resources, Beijing 100035, China*; 3. *Institute of Agriculture Environment and Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China*)

Abstract: The Argic horizon is a primary diagnostic criterion of Luvisols. In general, the argic horizon is formed due to long-term leaching under humid condition. While the argillic process could be interrupted by climate change and soil erosion. The purpose of this paper was to study the effect of soil erosion on the identification of Argic horizon and classification of Alfisols group. The basic characteristics and physical and chemical properties were analyzed in the sixteen Alfisol profiles with thirty-one argillic horizons in Shanxi Province on the Loess Plateau. The results were showed as following: (1) There was obvious transition of morphological characteristics between Argic horizon (Bt) and its over layers in 16 soil profiles due to illuviation process according to clay film, clay content, slit/clay ratio and the status of lime reaction. (2) About 16 leached soil profiles were classified into several soil subgroups such as Trunc Ferric-Ustic Luvisol, Petro Calcic-Ustic Luvisol, Typic Hapli-Ustic Luvisol, and Calcic Hapli-Ustic Luvisol according to their diagnostic layers and features. (3) The Trunc subgroup had obviously lower clay content than the other subgroups, while it was opposite to the slit/clay ratio. (4) The soil profiles were classified into Alfisols according to argic horizon identified from existence of clay flim, because the paleo-argic horizons were denuded to earth surface. The Chinese Soil Taxonomy classified diagnostic horizons of soil profile according to its material composition near 1.5 m or less than 2 m. The paleo-argic horizons were identified as clay parent material taken as family classification criterion in Soil Genetic Classification system.

Key words: Soil erosion; Argic horizon identification; Luvisols classification; The Loess Plateau

[责任编辑: 孙福军]