

土壤理化性质对结皮形成的影响*

朱远达¹ 蔡强国¹ 胡霞² 张光远²

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

(2 华中农业大学资源环境学院, 武汉 430070)

摘要 通过人工降雨试验、土壤微形态观察以及理化分析, 研究了几种土壤结皮形成过程及其影响因素, 并利用 SPSS 统计分析了不同因素对结皮形成的影响程度。研究结果表明, 土壤颗粒组成是土壤结皮形成的主导因素, 而土壤结构指标、部分胶体性质与结皮形成关系不明确, 并提出土壤粘粒矿物组成可能是土壤结皮形成的一个重要因素。

关键词 土壤结皮; 微形态; 颗粒组成; 粘粒矿物

中图分类号 S157.1 文献标识码 A

水土流失问题是我国当代的重大环境问题之一。20 世纪 30 年代开始的大量关于结皮研究发现, 结皮是侵蚀产砂过程中的重要影响因素, 结皮的形成减少入渗, 减少地表糙度^[1], 增加地表径流^[2], 同时可以显著增加表土的抗溅蚀能力^[3], 降低溅蚀率⁽¹⁾。而一些研究则表明在相同的降雨条件下, 由于前期结皮的影响, 致使产砂的初始降雨临界条件大大减小, 结皮土壤的径流动能增加, 很容易形成细沟, 从而产生细沟侵蚀, 最后使坡面径流系数、累计径流量、侵蚀模数和累积产砂量会比前期没有结皮的情况增加数倍至数十倍^[1]。但由于其影响因素错综复杂以及试验方法条件和手段的限制, 结皮的形成过程及形成的边界条件迄今为止尚无定论。

结皮形成的影响因素有很多, 如坡度、降雨强度和持续时间、土壤质地等, 国外大量研究已经形成一些结论, 但土壤性质对结皮形成的影响的定量关系尚不明确。大多数研究者认为, 结皮是由于较细颗粒随入渗和径流移动并将粗颗粒之间的空隙堵塞以及雨滴压实而形成, 其中较细颗粒除土壤本身所含之外, 还有因土壤团聚体分散而形成的较细颗粒^[4], 粉砂和粘粒含量高的土壤易于形成结皮, 但除砂土外几乎所有土壤上都能形成结皮^[5]。然而有研

究者发现结皮在砂壤土上比粘土上容易形成, 并且其结皮的强度更大^[4], 说明了结皮的难易程度与土壤颗粒级配并不是直接线性相关, 其可能受土壤团聚体聚合度、化学性质等因素影响。本研究通过土样理化分析, 试图从土壤本身理化性质差异出发来探讨其结皮形成过程中的表现差异, 希望能为水土保持的实践工作提供一定的理论基础和指导依据。

1 材料与方法

试验材料取自湖北省地带性土壤红壤、棕壤耕层 0~10 cm 的土壤, 具体采样情况见表 1, 土样采集风干后过 15 mm 筛, 混匀后作为人工模拟降雨试验的土样, 另取部分研磨过筛制备化学分析的土样。物理化学分析项目测定方法为常规方法: 土壤质地及微团聚体分析用吸管法, 有机质用重铬酸钾加热法, 阳离子交换量 (CEC) 用 EDTA—醋酸铵法, 粘粒矿物组成用 X 射线衍射法 (结果见表 2), 无定型铁铝用试铁灵—铁铝联合比色法, 游离铁、络合态铁用邻啡罗琳比色法, 水稳性团聚体用 Yoder 法^[6]。

人工模拟降雨试验所用降雨器为上喷往复式模

* 国家自然科学基金“流域侵蚀产砂过程中的尺度转换及模型研究”(40271075) 与中国科学院地理科学与资源研究所知识创新工程项目 (CXIOG-A00-05-02) 资助

作者简介: 朱远达 (1976~), 男, 湖南邵阳人, 在读博士生, 主要从事土壤侵蚀、非点源污染、土壤肥力等方面的研究。E-mail: zhyud@igsnr.ac.cn

(1) Braford JM, Huang L. Mechanisms of crust formation: Physical components. Paper presented at International Symposium on Soil Crusting, Athens, Georgia, 1991. 18

收稿日期: 2002-09-07; 收到修改稿日期: 2003-01-15

表 1 供试土样来源、成土条件及土壤利用状况

Table 1 Background of soil samples

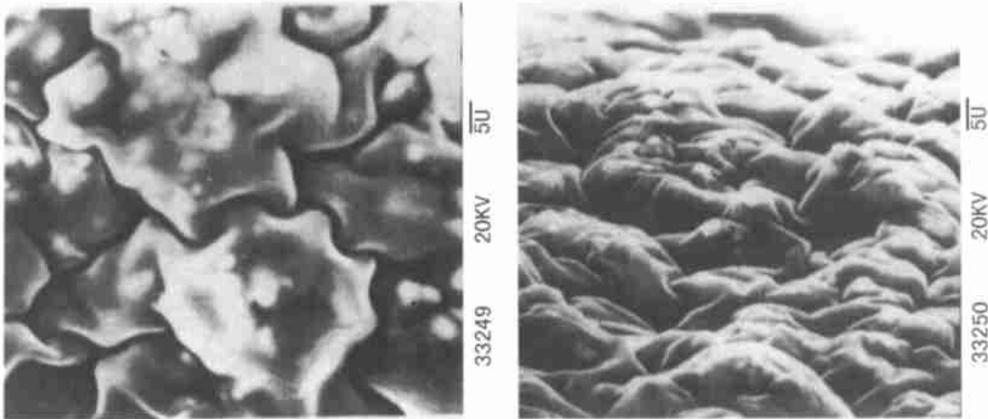
土样编号 Sample code	土壤类型 Soil type	质地 Texture	取样地点 Location	地形部位 Position	母质 Parent material	土地利用 Land use
1	红壤	砂壤土	通城	低丘顶部	花岗岩	裸露荒地
2	红壤	砂壤土	通城	低丘底部	花岗岩	耕地
3	红壤	壤质粘土	通城	低丘中坡	花岗岩	灌木林
4	红壤	砂质粘壤土	崇阳	低丘中坡	花岗岩	耕地
5	红壤	粘土	崇阳	低丘顶部	第四纪红色粘土	林地
6	黄棕壤	砂壤土	罗田	低丘中坡	花岗岩	菜地
7	黄棕壤	砂壤土	罗田	低丘中坡	花岗岩	林地
8	黄棕壤	壤质粘土	武汉	低丘顶部	下蜀黄土	草地
9	棕红壤	粘土	武汉	低丘底部	砂岩	林地

拟降雨器, 雨滴降落高度为 7 m, 雨强控制在 1 mm min^{-1} ; 雨滴平均直径为 1.33 mm, 单个雨滴能量平均为 $1.57 \times 10^{-5} \text{ J}$; 溅蚀盘采用改进型摩根溅蚀盘^[1]; 降雨历时分别为 5、10、15、20、40、60 min 6 个时段, 重复 6 次; 微形态观察所用处理样品取自相应时段的溅蚀试验, 部分稍加风干后直接用扫描电镜 (SEM) 观察, 部分用不饱和聚酯树脂固化^[7]磨片后进行正交偏光显微镜观察。

2 结果与分析

2.1 土壤结皮的微形态观察

土壤结皮在正交偏光显微镜观察下是一层颗粒较小、排列紧密致密、颜色较暗、厚度较薄的一个较为明显的层次, 在电镜下观察表土结皮的上表面是一种结合紧密、相对光滑的层面(图 1)。

图 1 典型表土结皮的正上(左)、侧上(右)扫描电镜照片($\times 1500$)Fig 1 SEM photos of the obverse (left) and side (right) of the typical soil crust ($\times 1500$)

经过降雨后, 土壤表面受雨滴打击压实, 土壤团聚体分散破裂, 同时还可能有化学胶结作用, 导致结皮层所示上层颗粒排列整齐紧密, 中层排列稍紧、团聚体破碎, 下层土壤颗粒排列疏松多孔、土壤团聚体基本完好(图 2)。从表土结皮切片的偏光显微镜及

扫描电镜观察到在表土结皮的上面, 一般都有一些可移动的颗粒(图 3)。偏光显微镜下的结皮形态各异, 根据其形状可分为水平结皮、凸形结皮和凹形结皮^[1]等类型(图 3)。土壤结皮形成一般发生在降雨初期, 本试验整个降雨过程中, 1 号土壤在降雨时间

为30 min时出现表下结皮,即上层由较厚、排列紧密的石英砂层,下层为由细小的土壤颗粒紧密排列的结皮层。4号土壤在降雨5 min时土表颗粒排列疏松,部分团聚体和微团聚体结构保持完好,而降雨

20 min时,土壤表面形成紧实致密、由细颗粒组成的结皮层;而8、9号土壤在降雨5 min时则已经形成凹形结皮,20 min时形成比较完整的结皮。

从结皮中致密层出现的位置上看,表土结皮可

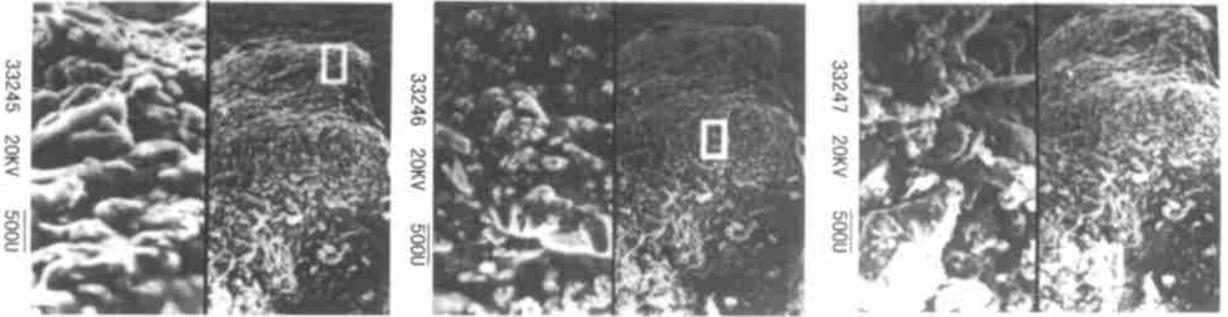


图2 表土结皮上、中、下层照片(扫描电镜 $\times 500, \times 50$)

Fig. 2 SEM photos of the upper-, mid- and sub-layers of soil crust($\times 500, \times 50$)

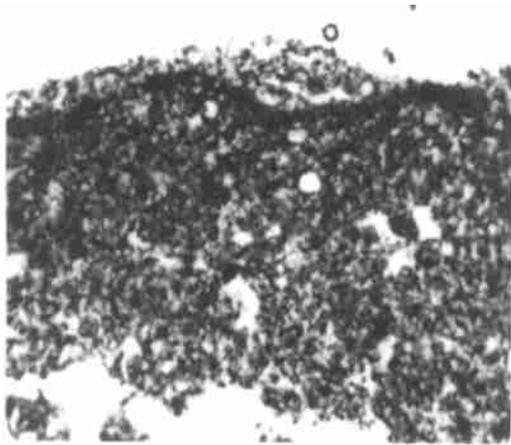


图3 典型结皮的纵截面照片(单偏光 $\times 33$)

Fig. 3 Vertical section of the typical soil crust
(plainlight $\times 33$)

以分为两种类型(图4):一种是致密层出现在结皮上部(图4左),如本研究中的4、8、9号土壤形成的结皮,其形成主要出现在入渗速率较低的土壤,由雨滴打击分散的土壤较细颗粒直接堆积在土壤表面,并经雨滴打击压实形成结皮;另外一种致密层出现在结皮下部(图4右)。1号土壤形成的结皮是第二种类型,在这种情况下,土壤的入渗能力较强,结皮形成的初始阶段主要受雨滴打击分散影响,后期则主要受入渗径流携带细颗粒向下移动影响。

2.2 土壤颗粒组成对结皮形成的影响

如前所述,通过偏光显微镜观察,1、4、8、9号土壤在降雨过程中形成了结皮,而且1号土壤形成的结皮类型与4、8、9号土壤有显著差别。土样的机械组成分析结果表明, > 0.2 mm土壤颗粒含量最高的

土样有1、2、6、7号,分别为38.3%、51.0%、55.6%、60.5%,含量较少的土样有4、8、9号,分别为3.5%、1.9%、18.5%;而0.2~0.02 mm范围内颗粒含量除4号土壤明显较高外,为54%,其余差异不大,在20%左右;但在0.2~0.002 mm土壤颗粒含量中1、2、4、8、9号则明显高于其他土壤,分别为51.0%、41.1%、72.2%、63.9%、41.2%,其余均低于35%,但2号土壤并没有形成结皮。由此推测,可能土壤中0.2~0.002 mm范围内颗粒为土壤结皮的形成提供了物质基础,而 > 0.2 mm的土壤颗粒含量则对结皮形成的类型起决定性的作用。因此可以认为当土壤中粗颗粒含量较少,而粉砂颗粒含量较高时,土壤平均孔径偏小,在降雨过程中分散的粉砂颗粒难以随入渗径流进入表层以下,从而堆积在土壤表面,形成“表面结皮”(即4、8、9号土壤),而当土壤中粗颗粒含量较高时,粉砂颗粒同时较高时,土壤平均孔径中等大小,当表层的粉砂颗粒随入渗下移,当遇到土壤孔径较小时,便将孔径堵塞,在表下层逐渐累积,形成“表下结皮”(图4)。

2.3 土壤结构稳定性对结皮形成的影响

土壤中团聚体的水稳定性是土壤结皮形成速度快慢的指标,也是相同质地土壤中形成不同类型结皮的主要原因。表3中土壤结构稳定性指标表明,土壤中水稳性团聚体平均重量直径以1、2、4土壤较低,其中 ≥ 0.25 mm水稳性团聚体百分比均在40%左右,3、5、7、8号土壤较高, ≥ 0.25 mm水稳性团聚体百分比均超过80%,而6、9号土壤则在60%左右,同时团聚体分散度表明3、5、7、8号土壤中团聚体水稳定性最高,这主要可能是因其土地利用类

型为林地或草地的缘故。8号土壤作为草地土壤,土壤团聚体水稳定性相对较高,但与林地土壤7号相比,其团聚体稳定性仍要低10%以上,同时该土壤 < 0.05 mm粒径的土壤颗粒高达90%,为土壤结皮的形成提供了丰富的物质基础。3号土壤颗粒组成中 > 0.2 mm、 $0.2\sim 0.002$ mm、 < 0.002 mm 三个级

别含量均为30%左右,但其土壤团聚体水稳定性却仅次于5号土壤,土壤团聚度仅次于5、8号土壤,所以虽然3号土壤中粉砂和粘粒含量之和超过了60%,但其土壤结构体系非常好,崩解速率仅次于1号土壤,使得该土壤在降雨过程中无法形成表层结皮,也无法形成表下结皮。

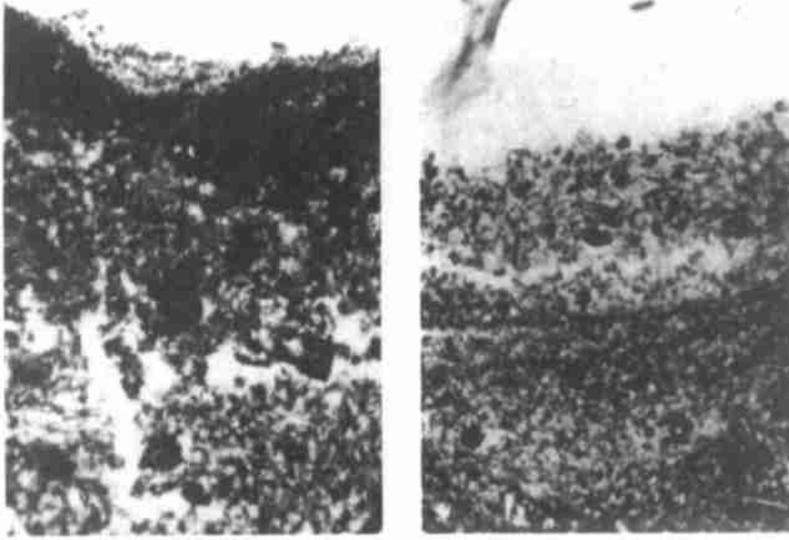


图4 两种不同结构的结皮照片(单偏光 $\times 33$)

Fig. 4 Two different kinds of soil crust structure(plainlight $\times 33$)

表2 供试土壤的机械组成

Table 2 Particle size composition of soils tested (g kg^{-1})

土样编号 Sample code	> 2 mm	$2\sim 0.2$ mm	$0.2\sim 0.05$ mm	$0.05\sim 0.02$ mm	$0.02\sim 0.01$ mm	$0.01\sim 0.005$ mm	$0.005\sim 0.002$ mm	< 0.002 mm
1	128.4	255.0	120.6	140.6	101.1	70.9	76.9	106.5
2	133.3	376.8	189.0	117.2	58.3	29.6	17.2	78.5
3	144.3	166.0	81.9	49.6	77.6	46.4	71.1	363.2
4	20.4	14.3	438.0	101.7	63.5	56.3	62.7	243.1
5	143.3	55.9	170.3	50.7	45.2	53.5	29.1	451.9
6	106.5	449.9	224.3	43.7	41.4	13.2	39.0	82.0
7	186.5	418.3	153.5	32.3	29.3	12.7	47.5	119.9
8	4.4	14.2	82.5	174.0	208.3	110.4	63.7	342.4
9	115.8	68.7	135.5	66.5	98.3	74.0	41.8	399.4

表 3 供试土壤的结构指标

Table 3 Soil structural indexes

土样编号 Sample code	水稳性团聚 体平均重量 直径 ^① (mm)	≥0.5 mm 水稳性团 聚体 ^② (g kg ⁻¹)	0.5~0.25 mm 水稳性团聚 体 ^③ (g kg ⁻¹)	团聚体分散度 Dispersibility ¹⁾ (%)	分散率 Dispersion rate ²⁾ (%)	团聚度 Aggregativity ³⁾ (%)	渗透速率 Infiltration rate (mm min ⁻¹)	崩解速率 Collapse rate ⁴⁾ (g min ⁻¹)
1	0.98	382.9	66.7	48.90	15.67	62.48	0.08	32.7
2	1.06	398.1	97.9	48.43	72.79	8.27	0.23	47.6
3	4.47	872.2	34.3	7.25	46.44	110.54	0.65	41.2
4	0.78	283.6	163.0	54.32	50.46	41.46	0.71	94.1
5	4.77	921.1	27.9	3.79	44.78	127.50	1.00	42.0
6	1.89	564.2	92.7	32.36	70.42	8.23	2.04	219.0
7	4.25	546.0	346.1	6.59	70.09	11.54	4.63	203.4
8	3.83	785.6	43.9	16.1	58.40	124.19	0.27	44.8
9	1.58	490.2	92.3	41.33	57.90	105.61	0.16	51.5

① Average diameter per unit weight of water-stable aggregate; ② ≥0.5 mm water-stable aggregates; ③ 0.5~0.25 mm water-stable aggregates

1) 团聚体分散度% = $\frac{\geq 0.25 \text{ mm 团聚体含量(干筛湿筛)}}{\geq 0.25 \text{ mm 干筛团聚体含量} \times 100}$ (Dispersibility = $\frac{\geq 0.25 \text{ mm aggregates (dry sieved wet sieved)}}{\geq 0.25 \text{ mm aggregates} \times 100}$); 2) 分散率 = $\frac{\text{微团聚体分析中} < 0.02 \text{ mm 颗粒含量} / \text{机械组成分析中} < 0.02 \text{ mm 颗粒含量} \times 100}{\text{Dispersion ratio} = \frac{< 0.02 \text{ mm particles in aggregate analysis}}{< 0.02 \text{ mm particles in texture analysis}} \times 100}$; 3) 团聚度 = $\frac{\text{微团聚体分析中} > 0.02 \text{ mm 的颗粒含量} - \text{机械组成分析中} > 0.02 \text{ mm 颗粒含量}}{\text{机械组成分析中} > 0.02 \text{ mm 颗粒含量} \times 100}$ (Aggregativeness = $\frac{(< 0.02 \text{ mm particles in aggregate analysis} - < 0.02 \text{ mm particles in texture analysis})}{< 0.02 \text{ mm particles in texture analysis}} \times 100$); 4) 崩解速率是指原状土在静水中的分散速率 Collapse rate refers to the collapsing speed of original soil in static water

2.4 土壤化学性质对结皮形成的影响

表4中对有机质、CEC、土壤铁铝、粘粒矿物含量的测定表明,有机质含量的高低明显受土地利用类型影响,而CEC、土壤铁铝含量的规律性则不明显,可能与土壤类型有较大关系,但就对土壤结皮而言,土壤胶体性质的影响似乎不明显,而粘土矿物含量和类型则有可能是前述“表上结皮”形成的重要因素。粘粒矿物中吸湿性和胀缩性蒙脱石>水云母>蛭石>高岭石,根据分析,4、8、9号土壤中蒙脱组和水云母组粘粒矿物含量远高于其它土壤,均超过50%,因此高比例的吸湿性粘粒矿物可能是“表上结皮”的前提条件,在降雨过程中,由于土壤中吸湿性粘粒矿物迅速吸水膨胀,导致土壤孔隙变细,而表面土壤团聚体不断破碎,提供了大量的较细颗粒堵塞变细的土壤孔隙,最后细颗粒在土壤表面沉积、压实,形成土壤结皮。3号土壤中粘土矿物组成主要为高岭石(高达92.2%),胀缩性小,从而在降雨过程中难以形成结皮。

2.5 各类因素的聚类分析

在SPSS统计分析软件支持下,对上述土壤因素分别进行等级簇聚类分析,得到如图5、6、7、8的结

果。在土壤颗粒组成指标的聚类过程中,3、7号土壤首先聚成第1级,而4、8号土壤聚成第2级,4、8、9号土壤聚成第3级,说明4、8、9号土壤在土壤颗粒组成上性质最为接近,这与我们观察到“表上结皮”形成的土壤完全一致;在土壤结构指标聚类分析中,可以看到6和9号、3和4号、2和1号土壤分别聚成1、2、3级,说明土壤在土壤结构特性上比较相似,可能与土地利用类型、有机质含量等因素有关,但从结皮角度来考虑,土壤结构指标对结皮形成的影响在本试验中表现并不明显;土壤胶体含量的聚类分析表明,9和8号、5和7号、3和6号、4和2号土壤分别聚成1、3、2、4级,说明土壤在胶体特性上比较相似,可能受采样地点、采样部位和土壤利用类型影响;而土壤粘粒矿物组成的聚类分析中,4和6号土壤聚成第1级,而4、6、9号土壤聚成第2级,说明4、6、9号土壤在粘粒矿物特性上最为接近,而4、6、9、8、7号土壤聚成第5级,其中包括4、8、9号土壤。

总体而言,聚类分析结果表明,土壤颗粒组成对土壤结皮,尤其是表上结皮形成过程的影响占第一位,而土壤粘粒矿物组成次之,土壤结构和土壤胶体指标则影响不明显;同时也表明表下结皮(即1号土

表 4 供试土壤胶体含量和粘粒矿物组成

Table 4 Contents of soil colloid and clay minerals (g kg⁻¹)

土样编号 Sample code	有机质 OM	CEC (cmol kg ⁻¹)	无定型 Fe ₂ O ₃ Amorphous Fe ₂ O ₃	无定型 Al ₂ O ₃ Amorphous Al ₂ O ₃	游离 Fe ₂ O ₃ Free Fe ₂ O ₃	络合态 Fe ₂ O ₃ Complexed Fe ₂ O ₃	高岭石 Kaolinite	水云母 Hydrous micas	蒙脱石 Montmorillonite	蛭石 Vermiculite
1	1.332	7.62	0.172	1.887	15.100	0.011	898.5	101.5	—	—
2	1.326	5.61	0.442	0.470	7.586	0.092	775.5	224.5	—	—
3	11.880	10.81	0.702	2.713	30.400	0.102	922.2	31.1	—	—
4	5.932	18.82	1.243	1.715	13.860	0.071	56.7	288.3	645.4	—
5	17.749	19.72	0.748	3.148	38.196	0.142	438.4	191.8	95.9	—
6	5.269	16.13	2.786	1.298	21.602	0.240	392.0	—	—	608.0
7	11.052	10.07	1.821	2.800	12.324	0.533	496.7	114.8	—	—
8	19.474	11.99	2.119	2.740	20.524	0.206	483.5	408.7	92.9	—
9	29.457	16.53	1.192	2.786	33.921	0.425	282.0	530.9	—	78.9

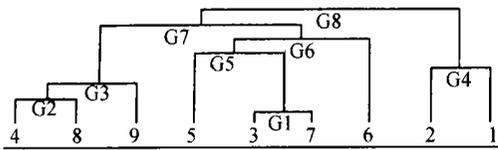


图 5 土壤颗粒组成的聚类分析过程

Fig. 5 Clustering analysis of soil texture index

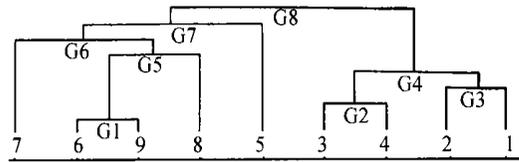


图 6 土壤结构指标的聚类分析过程

Fig. 6 Clustering analysis of structural index

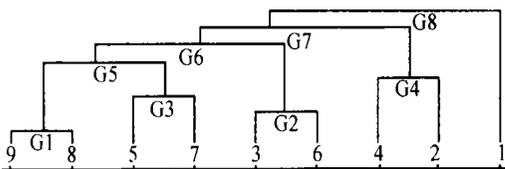


图 7 土壤胶体含量的聚类分析过程

Fig. 7 Clustering analysis of soil colloid index

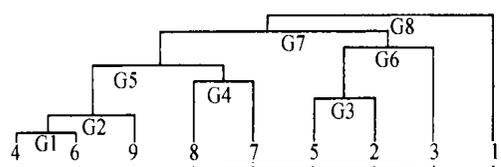


图 8 土壤粘粒矿物组成的聚类分析过程

Fig. 8 Clustering analysis of clay mineral index

壤)形成的影响因素与表上结皮的影响因素完全没有相关之处,由此可以认为表上结皮和表下结皮是两个完全不同的过程。

3 讨论

本研究通过人工降雨试验和切片观察,发现在大多数情况下,一般认为的结构结皮和沉积结皮往往在同一时间和过程中形成,当土壤团聚体在雨滴打击下湿润分散,土壤表面的细颗粒可能同一土壤表面的不同点发生沉积或者压实,而切片观察实际上也难以区分结构结皮和沉积结皮的区别。因此,按照结皮在土壤剖面形成的部位不同提出“表上结皮”和“表下结皮”的概念实际上更能突出土壤结皮形成过程和方式的区别:表上结皮主要指在土壤的表层(1~2 mm)形成的土壤结皮,其形成过程是表土分散后无法随入渗径流下移,当地表径流动力不够将其搬运时,被雨滴打击压实或沉积产生的土壤结皮;而表下结皮则指土壤表层以下部位(3~5 mm)形成的土壤结皮,此类结皮形成的过程是土壤结构较为疏松,土壤孔隙足够让表层的较细颗粒向下移动,又不足以向更深层次移动时形成的以细颗粒为主的薄层。

本研究验证了土壤颗粒组成是土壤结皮形成的主导因素,但发现吸湿性粘粒矿物在降雨过程中吸水膨胀并挤压土壤孔隙,而土壤粉砂颗粒向下移动堵塞缩小后的土壤孔隙,最后使大量被分散的土壤颗粒在

土表被雨滴打击压实、沉积或者重新排列。因此, 本研究认为高含量的吸湿性和胀缩性强的粘粒矿物可能是“表上结皮”形成的一个不可或缺的因素, 这也是我国北方土壤易于形成结皮的一个主要原因。而土壤结构指标及土壤胶体性质对土壤结皮形成影响不明显的原因可能有两个, 一是其影响偏小或者本身就没有影响, 二是其它因素遮盖了它们的影响。土壤结构指标受土地利用类型影响较为明显, 同时可能被土壤颗粒组成因素所掩盖, 而土壤胶体性质由于所采土壤样品均来自同一个区域, 本身区别不大, 从而其影响表现不明显。

参考文献

[1] 蔡强国, 王贵平, 陈永宗. 黄土高原侵蚀产砂过程与模拟. 北京: 科学出版社, 1998. 1~ 150. Cai Q G, Wang G P, Chen Y Z. Erosion and sediment yield in the Loess Plateau and related simulation (In Chinese). Beijing: Science Press, 1998. 1~ 150

[2] 龙怀玉, 蒋以超, 李韵珠. 褐土与潮土吸附动力学研究. 土壤学报, 2000, 37(4): 563~ 568. Long H Y, Jiang Y C, Li Y Z. Study on absorption dynamics of cinnamon soil and Aquox (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2000, 37(4): 563~ 568

[3] Braford J M, Huang L. Comparison of interill soil loss for laboratory and field procedures. Soil Technology, 1993, 6(2): 154~ 169

[4] Eldridge D J, Green R S B. The effect of time since fire on the cover and composition of cryptogamic soil crusts on a Eucalyptus shrubland soil. Cunninghamia, 1994, 3: 581~ 599

[5] Mualan J, Assouline S, Rhaenbure H. Rainfall induced soil seal (A): A critical review of observations and models. Catena, 1990, 17: 185~ 205

[6] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编. 土壤物理性质测定法. 北京: 科学出版社, 1978. Laboratory of Soil Physics, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Methods of Soil Physic Measurement (In Chinese). Beijing: Science Press, 1978

[7] 曹升庚, 金光. 土壤和非固结物质薄片的系统制备方法. 土壤专报, 1989, 第 43 号: 83~ 90. Cao S G, Jin G. Systematic preparation of thin sections of soils and unconsolidated materials. Soil Bulletin, China, 1989, No 43: 83~ 90

EFFECTS OF SOIL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES ON SOIL CRUSTING

Zhu Yuanda¹ Cai Qiangguo¹ Hu Xia² Zhang Guangyuan²

(1 Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

(2 College of Environment and Natural Resources, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract Soil and water loss is one of the most vital environmental issues in China. Since the 1930's, soil scientists have been observing the role of soil crusting and sealing in the processes of soil erosion. They have found that the existence of soil crust always decreases the land infiltration rate and roughness of the surface, thus increasing runoff rate and anti-splash ability of the soil. Some studies have demonstrated that erosion modulus and cumulated sediment yield increase several or even dozens of times as much on crusted soils because soil crust augments kinetic energy of runoff, resulting in rill erosion. Unfortunately, critical values and related factors that affect forming process of soil crust are still not well understood. In order to clarify processes and factors of soil crusting, several types of soils were studied through artificial precipitation, micro-conformation observation and physical and chemical analysis, and extents of different factors affecting soil crusting were also analyzed by SPSS. Results indicated that soil texture is the main factor for crusting, and soil clay minerals composition may be another main factor. Surprisingly, they also demonstrate that indexes of soil configuration and soil colloid have no obvious relationships with crusting and sealing.

Key words Soil crust; Micro-morphology; Soil texture; Soil clay minerals