

关于侵蚀土壤退化及其机理*

史德明 韦启璠 梁 音

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

摘 要

本文首先对土壤退化的涵义作了概要介绍,并根据土壤退化不同成因,将之区分为受自然因素影响的和受人为因素与自然因素双重影响的两种土壤退化类型;文中就土体构型变化、养分循环失衡、理化性质劣化和逆向发育等方面,重点阐述了侵蚀土壤退化的过程及机理。

关键词 侵蚀土壤; 土壤退化; 水土保持

土壤退化导致人类生存环境的恶化,已成为世界各国日益关注的问题。目前,全球约有 35% 的土地有着不同程度的退化,其中,中度退化和强度退化的农地占 44%;美国 44% 的耕地面积因土壤流失超过允许流失量而遭退化;印度有 60% 的耕地受到过分侵蚀而退化;澳大利亚和非洲退化土地分别占土地面积的 60% 和 40%;我国由土壤水蚀(179 万平方公里)、风蚀沙化(188 万平方公里)和土壤盐碱化(33.3 万平方公里)形成的退化土壤面积约占国土面积的 41.7%,成为世界上土壤退化最严重的国家之一。

由于世界人口的不断增长,土壤退化加剧了人口、粮食、资源、环境间的矛盾,同时导致大批“环境难民”的产生。目前全球共有“环境难民”2500 万,到 2000 年可能达到 5000 万。1977 年联合国粮农组织报道,世界范围内由沙漠化和水土流失引起的土壤退化,如不能及时制止,到 21 世纪将有 10 亿人背井离乡。土壤退化已直接影响世界经济的发展和人类的生存。

1 侵蚀土壤退化的涵义

J. Riquier 认为(1977)土壤退化是指土壤中所进行的一种或多种能使土壤目前或潜在的生产能力(质量上或数量上)降低的过程;R. Lal 和 B. A. Stewart 在“土壤退化:全球的威胁”一文中则指出,“土壤退化是土壤质量的下降。”“土壤退化是人类活动及其与自然环境相互作用的结果”。

我们认为,土壤退化有广义的和狭义两种涵义。前者指在不受人为活动干扰的自然条件下形成的,目前人类尚难以控制其发生和发展。如灰化作用和白浆化过程,使土壤中出现硅酸盐相对富集,而铁、铝与磷素相对匮乏的灰化层或白浆化土层;潜育化过程形成还原性物质较多、交换总量较低的潜育层;盐碱化过程使土壤中盐分含量过高、呈强碱性反应和土壤的物理性质恶化;砖红壤化过程使土壤富含铁铝氧化物、强酸性和盐基交换量低而引起土

* 国家自然科学基金资助项目。

壤质量下降。后者是由于人类不合理的生产活动和自然因素的综合作用，导致土壤肥力和生产力的衰减甚至完全丧失的过程。目前人们经常提及和关注的土壤退化即指这种退化现象。如由土壤加速侵蚀、土壤沙化、次生盐渍化、次生潜育化和土壤污染等引起的土壤退化，即属于这种类型。它们均与人类活动有关。因此，改变不合理的土地利用方式，对预防土壤退化具有积极的意义。

在引起土壤退化的诸因素中，土壤侵蚀是最普遍和最重要的因素，它所引起的土壤退化面积最广，危害也最严重。早在 1971 年，联合国粮农组织在“世界土地退化问题的优先次序建议”中，将土壤侵蚀及其带来的淤积过程列为第一类的第一项，这是非常合理而科学的评估。

应该特别指出的是，在我国，关于土壤退化的概念和类型的划分目前尚不统一。有人将自然成土过程中的土壤退化现象和人为破坏活动引起的土壤退化混为一谈；有人则将引起土壤退化的因子与土壤退化本身混淆起来，在客观上对治理退化土壤和预防土壤退化带来不良的效果。

为了确切区分不同性质的土壤退化，根据它们的成因，将之划分为受自然因素影响的土壤退化和受人为因素与自然因素双重影响的土壤退化两种类型(图 1)。

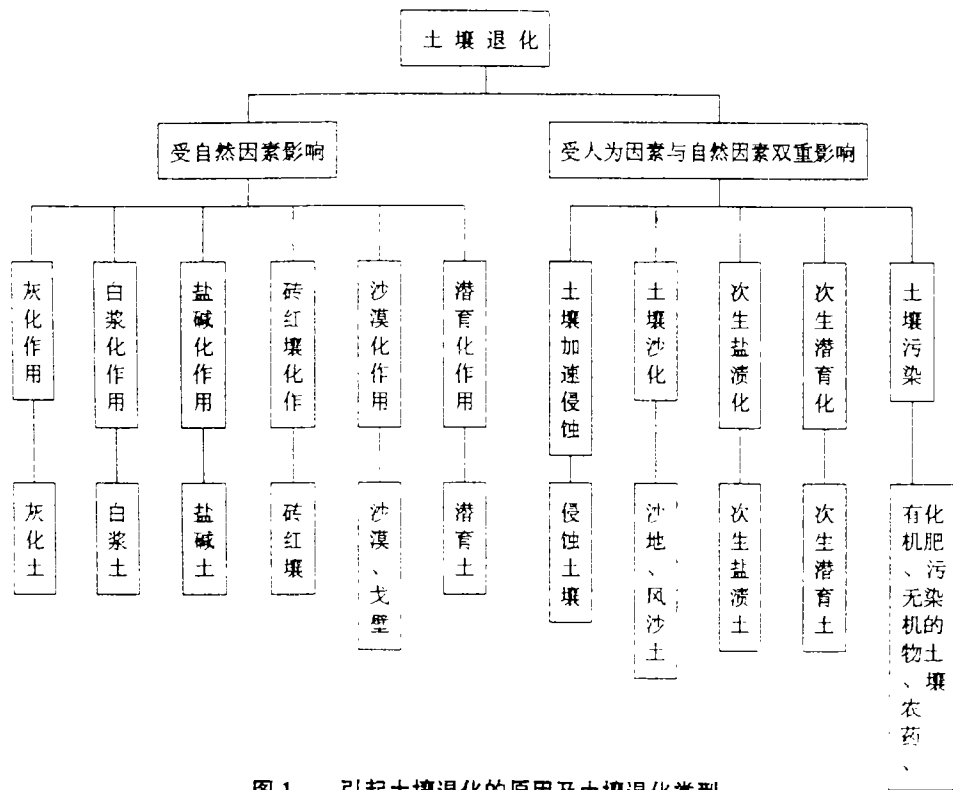


图 1 引起土壤退化的原因及土壤退化类型

2 侵蚀土壤退化过程及机理

2.1 土壤薄层化过程

土壤是植物生长的介质，良好的土体构型可为植物提供适宜的生长环境，使其具有较好

的保水保肥、耐旱耐涝、通气透水、导热性强等特性,同时具有良好的协调供应植物所需的水肥的能力。但当土壤遭受侵蚀时,土壤层不断变薄,使失去 A、B、C 层和谐排列的土体构型,土壤的水肥气热条件及调节功能也随之恶化和降低。显然,土层太浅薄,影响到植物(或作物)根系的生长和发育,在土壤营养要素和含量基本类同的条件下,土层浅薄的土壤所生产的植物总量(地下和地上部分)要比土层深厚的土壤少得多。

在土壤薄层化过程中,由于逐次出露下部的土层(发生层),引起表层土壤物理、化学和生物性质的变化,直接导致土壤性质全面劣化。土壤薄层化使土壤数量不断减少的同时,也使土壤质量在日益变差,充分体现出土壤退化的普遍规律——土壤质量的下降和数量的减少。

根据全国允许土壤流失量和侵蚀强度分级计算,我国不同侵蚀区的土壤,每年净流失速度(厚度)从 1.48mm 至 10.68mm。故就全国范围而言,凡是轻度及轻度以上流失区,土壤层普遍存在减薄趋势。

2.2 土壤养分循环失衡

土壤侵蚀过程与成土过程是同时存在和同步发展的,二者相结合的复合过程,在很大程度上决定着土壤的类型及分布,同时也决定着土壤的形成速度和肥力水平。当成土作用造就的物质质量大于侵蚀量时,可以形成“正常的”土壤发生剖面,促进土壤肥力不断提高。但当土壤侵蚀量大于成土作用形成的物质质量时,不但不能形成“正常的”的土壤剖面,而且使已形成的土壤层不断地被侵蚀,从而导致土壤的物质循环过程失衡——营养元素得不偿失。

土壤侵蚀速度(即加速侵蚀量)与成土速度(成土物质质量)的比值(A/T),是衡量土壤中物质循环盈亏情况的重要指标。根据我国主要侵蚀类型区土壤侵蚀量与允许流失量的比值可以看出,广大流失区的土壤物质循环均处于失衡状态。如西北黄土高原 A/T 值为 1.0—15.0,北方土石山区、南方红壤丘陵区 and 西南土石山区达 1.0—30.0,东北黑土区最高可达 75.0,土壤中流失的物质质量远远高于归还土壤的物质质量(表 1)。

表 1 我国主要流失区土壤侵蚀量与允许流失量的比值

类型区	允许土壤流失量(T)(t/km ² ·a)	年均土壤侵蚀量(A)		A/T 值
		侵蚀等级	(t/km ² ·a)	
黄土高原区	1000	轻度	1000—2500	1.0
		中度	2500—5000	2.5—5.0
		强度	5000—8000	5.0—8.0
		极强	8000—15000	8.0—15.0
		剧烈	> 15000	> 15.0
东北黑土区	200	轻度	200—2500	1.0—12.5
		中度	2500—5000	12.5—25.0
		强度	5000—8000	25.0—40.0
		极强	8000—15000	40.0—75.0
		剧烈	> 15000	> 75.0
西南土石山区 南方红壤丘陵区 北方土石山区	500	轻度	500—2500	1.0—5.0
		中度	2500—5000	5.0—10.0
		强度	5000—8000	10.0—16.0
		极强	8000—15000	16.0—30.0
		剧烈	> 15000	> 30.0

2.3 土壤性质劣化和贫瘠化

土壤性质劣化主要指物理退化、化学退化和生物退化。物理退化包括土壤性质的不良变化，如容重增加，孔隙度减少、结构性变差、渗透性降低和坚实度增大等。未蚀红壤的表层(有机质层)具有良好的物理特性，但随着表层逐渐变薄甚至消失，淀积层出露地表，粘粒和铁铝氧化物含量增多，导致土壤坚实度和容重增大。由于土壤通气孔隙减少，使渗透性降低，同时伴随着导热、导气、导水的不利变化。有机质含量减少和结构变差，也给土壤的化学性质和生物性质的改变带来不利影响，从而在总体上导致土壤调节水肥气热功能降低。

土壤贫瘠化是侵蚀土壤退化最基本的特点之一。由于养分元素含量在土壤剖面中有由上而下递减的垂直分布特点，随着土壤退化程度加大，土壤中有有机质、全氮、全磷含量均相应减少。特别是发育在花岗岩母质的红壤，有机质和养分含量下降更加明显，当 C 层出露地表后，养分枯竭而且土层过于紧实，阻碍植物的生长，甚至形成不毛之地。表 2 资料表示退化程度对第四纪红土发育的红壤理化性质的影响。

表 2 退化程度对第四纪红土发育的红壤理化性质的影响

土壤退化程度	发生层	深度 (cm)	有机质 (g / kg)	Fe ₂ O ₃ 全量 (g / kg)	Al ₂ O ₃ 全量 (g / kg)	<0.002mm 粘粒 (g / kg)	<0.002mm 微团聚体 (g / kg)	容重 (g / cm ³)	<0.01mm 当量孔隙 (%)	AWC (%) ^① (0.03—1.5 MPa)	渗透系数 (mm / min)
轻度退化	AB	0—22	14.0	54.3	149.9	412	148	1.29	26.2	7.0	7.4
	B	22—78	3.9	55.1	155.6	431	0	1.34	31.8	7.5	2.81
	C	78—100	3.0	54.6	158.8	450	0	1.29	36.9	10.4	0.53
	B	0—30	3.5	65.4	172.1	507	0	1.22	31.0	7.7	0.68
强度退化	B	30—56	2.9	64.5	173.2	533	0	1.26	33.6	9.0	0.20
	BC	56—78	2.6	65.6	172.9	478	3	1.35	33.9	7.1	0.06
	C	78—100	2.8	66.5	172.5	509	7	1.49	38.7	7.3	0.03
剧烈退化	C	0—10	2.5	80.6	189.7	546	0	1.44	34.1	3.7	9.45
	C	10—100	2.4	80.9	188.0	540	2	1.46	37.8	3.4	0.27

①为土壤有效水含量

土壤动物、土壤微生物以及它们的活性均随着土壤退化程度加大而相应降低。据广东电白县水土保持站观测(1984)，天然多种次生阔叶混交林下土壤，年平均微生物数每克干土达 4.31 百万个，而光板地土壤仅为 0.36 百万个。前者的芽孢细菌、真菌和放线菌每克干土分别为 1.01 百万个，1.29 百万个和 2.01 百万个，后者则相应为 0.01 百万个，0.29 百万个和 0.06 百万个。土壤中微生物数量的减少，改变了土壤氧化还原状态，并容易引起有害物质的积累，使土壤物质循环向不利的方向发展。

2.4 土壤砂质化与逆向发育过程

土壤颗粒组成在土壤剖面中的垂直分异和土体中各颗粒组成的本底含量，直接影响土壤砂化的速度和强度。当地表径流带走土体中粘粒时，表土层砂粒和砾石量相对增多，土壤质地逐渐砂质化或砾质化。当退化程度加大，底部层次的出露使砂质化程度也相应增高。发育于花岗岩母质的红壤，砂质化速度快而且严重，这与花岗岩风化层特点有关。当土壤层和红土层被侵蚀后，下部质地较粗的砂土层或碎屑层出露地表，<0.01mm 物理性粘粒含量一般仅有 11—20%，<0.002mm 的粘粒含量通常在 550g / kg 以下，使侵蚀红壤处于剧烈退化阶段。砂质化直接导致石英砂粒在地表积聚，有的厚达 3—5cm，形成白茫茫的“白沙岗群”。这些地段由于切沟和崩岗侵蚀切割地表，构成千沟万壑的“劣地”景观，土壤和土地资源被严

重破坏。

侵蚀土壤的退化过程，实际上是一个反成土作用的过程，对土壤发育产生重大影响，不仅全面破坏原有的土壤特性，而且毁坏整个土体，使地表物质返回到矿物质的原始状态，此称为逆向发育(regressive development)。如花岗岩母质发育的红壤，在侵蚀退化过程中，出现明显的逆向发育现象。由土壤微形态可以看出，轻度退化土壤在薄片多见植物残片和少量菌核，矿物组成以石英为主，少量长石和云母已发生明显的铁质化和粘土化现象；强度退化土壤(红土层裸露)在微孔隙壁上可见由粘粒淀积作用形成的胶膜，长石和云母也基本上全部蚀变；剧烈退化土壤(砂土层或碎屑层裸露)中长石和云母刚开始蚀变，具有原生矿物特性而无明显的土壤发育特征。同时，剧烈退化土壤的脱硅富铝化程度低，其绝对年龄远不及其它退化土壤形成的时间长。

综上所述，侵蚀土壤退化的这种逆向发育过程，最终使万年形成的沃土消失，留下绝对年龄和相对年龄都很短的雏形土和新成土。图2显示了侵蚀土壤退化过程。

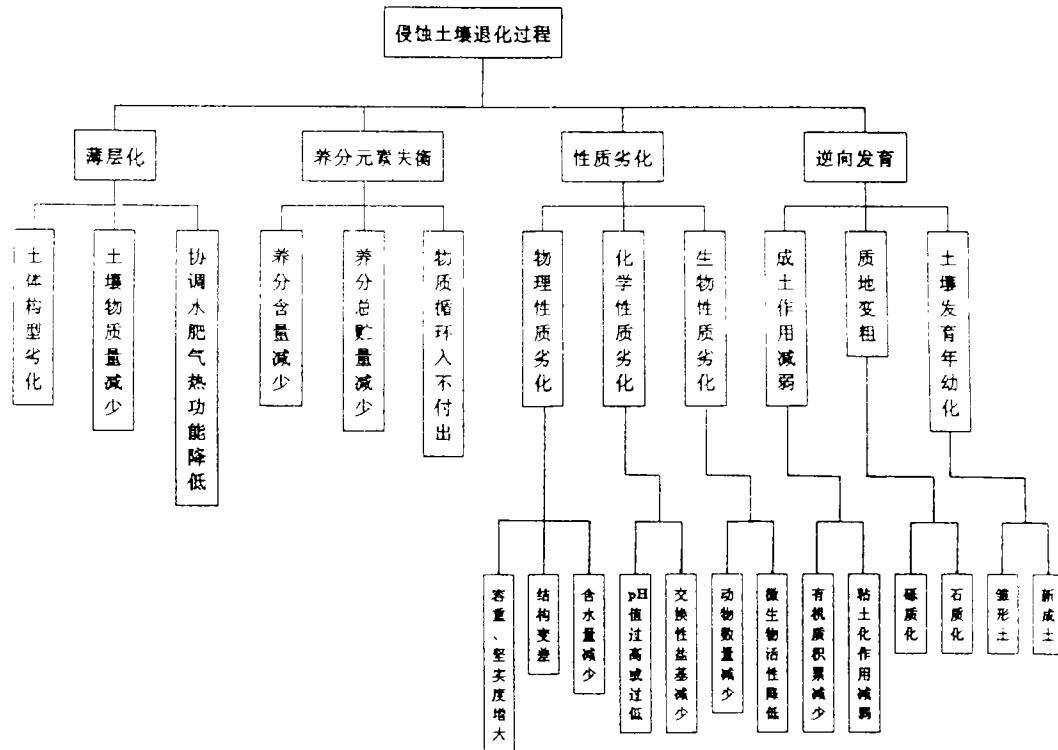


图2 侵蚀土壤退化过程示意图

3 结束语

从侵蚀土壤成因和发展过程的剖析可以看出，人类不合理的生产活动引起的土壤侵蚀(加速侵蚀)是导致侵蚀土壤退化的根本原因，为了防治侵蚀土壤退化，首先必需预防土壤侵蚀，从战略高度认识保护土壤资源，防治土壤退化的重要性。在当前形势下，发展经济必须与保护环境资源相协调，在土地开发中搞好水土保持，以治理保护开发，以开发促治理。这样，才能有效地防治土壤退化，土地生产力才得以持久，从而有利我国国民经济的持续发展。

(下转第164页)

