

# 黔中地区不同岩性土壤抗冲抗蚀性研究进展

杨 智<sup>1,2</sup>, 兰 雪<sup>1,2</sup>, 戴全厚<sup>1</sup>, 杨胜权<sup>2</sup>

(1. 贵州大学 林学院, 贵阳 550025; 2. 贵州省水土保持技术咨询研究中心, 贵阳 550002)

**摘 要:**土壤抗冲抗蚀性是反映土壤抵抗外界应力对土壤的机械破坏能力大小的重要评价指标之一。在总结土壤抗冲性抗蚀性研究成果的基础上,从土壤抗冲抗蚀性的影响指标、研究方法等方面介绍了土壤抗冲抗蚀性的研究状况,深入分析了当前研究中所存在的问题与不足,并对今后土壤抗冲抗蚀性研究的发展趋势进行了分析探讨。

**关键词:**土壤抗蚀抗冲性;不同岩性;研究进展;黔中地区

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)04-0006-04

## Anti-erodibility and Anti-scourability of Different Lithological Soils in the Area of Central Guizhou Province

YANG Zhi<sup>1,2</sup>, LAN Xue<sup>1,2</sup>, DAI Quan-hou<sup>1</sup>, YANG Sheng-quan<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. The Technical Consulting and Research Center of Soil and Water Conservation of Guizhou Province, Guiyang 550002, China)

**Abstract:** Soil anti-scourability and anti-erodibility are the important indicators to reflect the ability of soil resistance to mechanical damage external stress. According to the summary of the achievements on the studies of the soil anti-scourability and anti-erodibility, and on the basis of the affected indexes and research methods for the soil anti-scourability and anti-erodibility, this paper introduced the advances of the soil anti-scourability and anti-erodibility and pointed out the current problems existing in the research. At last, the intending development trend of the soil anti-scourability and anti-erodibility was analyzed and discussed.

**Key words:** anti-erodibility and anti-scourability of soil; different lithologic; advances; the area of central Guizhou province

水土流失是指在水力、风力、重力等外营力作用下,山丘区及风沙区水土资源和土地生产力的破坏和损失。我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一,由于特殊的自然地理和社会经济条件,使水土流失成为主要的环境问题。据水利部遥感中心 1990 年调查统计,全国土壤侵蚀面积达 492 万 km<sup>2</sup>,占国土面积的 51%,其中轻度以上水蚀面积 179 万 km<sup>2</sup>,风蚀面积 188 万 km<sup>2</sup>,冻融侵蚀 125 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。水土流失在我国的危害已达到十分严重的程度,它不仅造成土地资源的破坏,导致农业生产环境恶化,生态平衡失调,水旱灾害频繁,而且影响各业生产的发展。如何提高土壤抵抗流水冲刷的能力,保护土壤、减轻土壤流失,已成为一个亟待解决的棘手问题。

朱显谟先生根据黄土区土壤侵蚀的特征,将土壤

抵抗径流破坏作用的能力区分为抗冲性和抗蚀性两种性能<sup>[2-3]</sup>。所谓土壤抗冲性 (Soil anti-scourability)是指土壤抵抗降雨径流对其机械破坏和推动下移的性能,它主要取决于土粒间、微结构间的胶结力和结构体间抵抗离散的能力以及地面覆被情况。土壤抗蚀性 (Soil anti-erodibility)是指土壤对侵蚀营力分解和拌匀作用的抵抗能力,即土壤对侵蚀的易损性或敏感性的倒数,它是控制土壤承受降雨和径流分离及输移等过程的综合效应。抗冲性的研究工作自 20 世纪 50 年代以来,特别是近 10 余年来取得了重要进展。人们主要着重于不同植被下土壤抗冲抗蚀性研究、不同土地利用类型的土壤抗冲抗蚀性研究、尤其在抗冲抗蚀性与根系的定量关系、抗冲抗蚀性影响因素的系统分析等方面取得突破。本综述从抗冲抗蚀性的影响指标、研究方

收稿日期:2010-04-20

资助项目:贵州省优秀科技教育人才省长专项基金(黔省专合字[2008]13 号);贵州省教育厅重点项目(黔教科 2007003);“十一五”科技支撑计划项目(2007BAD53B00201)

作者简介:杨智(1984—),贵州江口县人,硕士研究生,研究方向为土壤侵蚀机理研究。E-mail:yangzhi211916@126.com

通信作者:戴全厚(1969—),陕西长武人,博士,教授,研究方向为水土保持与生态恢复重建。E-mail:qhdairiver@139.com

法等方面来分析介绍土壤抗冲抗蚀性的研究状况。

## 1 国内外土壤抗冲性研究

### 1.1 研究方法

总体上可分为静水崩解法、原状土冲刷法、野外小区放水法及土壤理化性质分析法4种。大多数研究者采用的是原状土冲刷法。该方法经历了5个阶段:(1)采用古萨克(Gussak, V. B)<sup>[4]</sup>设计的快速测定土壤可蚀性仪器,以在不同流速下,测定冲走100 cm<sup>2</sup>土壤所需水量作为抗冲性指标;(2)采用 Vilen-sky, E<sup>[5]</sup>设计的土壤可蚀性测定装置,通过测定垂直喷咀喷出的水流对没入水中的土壤造成的“土坑”的大小测定土壤可蚀性;(3)C. C 索波列夫用喷射水柱冲刷土壤剖面所造成的土坑的大小来测定土壤可蚀性;(4)苏宁虎<sup>[6]</sup>、李勇<sup>[7]</sup>、汪有科<sup>[8]</sup>等采用扩大了尺寸的取样器,以减小采样时对土体的扰动;(5)刘国彬<sup>[9]</sup>在稳流水槽上加一层沙,以增加粗糙度。此测试方法简便,便于野外携带。静水崩解法是取5 cm<sup>3</sup>原状土壤放在静水或流水中测定其崩解速度,用崩解速度来说明其抗冲性强弱。小区放水法是根据冲力大小来衡量土壤抗冲性强弱。周佩华<sup>[10]</sup>等首先使用这种方法进行抗冲性测定。土壤理化性质测定法主要通过分析土壤硅铁率、水稳性团聚体、入渗特征、机械组成、有机质等来评价土壤的可蚀性。该方法在国内的研究中计算方式各有不同,如计算分散率、团聚状况、团聚度、分散系数和水稳性团粒体等。

### 1.2 评价指标

土体在静水中的崩解情况可以作为土壤抗冲性指标之一。对西北黄土区一些土壤的研究表明:土壤膨胀系数越大,崩解越快,抗冲性越弱,如有根系缠绕,将土壤团结,可使抗冲性增强。目前,研究抗冲性的方法很多,且每一种方法每一个研究者选取的指标也不相同,这就使得抗冲性研究指标尚缺乏统一的标准。大体说来,其主要有如下几种评价指标:

(1)用每升水冲走土样的克数 g/L 或每冲走 1 g 土所需水量来描述<sup>[11-13]</sup>。

(2)在一定压强下,冲走 1 g 土所需时间<sup>[7]</sup>。

(3)用冲走 1 g 土或其他物质所需的水能表示<sup>[8]</sup>。

(4)用单位径流深引起的侵蚀模数来表示<sup>[10]</sup>。

(5)从传递泥沙起动的角度,用土壤抗冲能力表示<sup>[11]</sup>

### 1.3 土壤抗冲性的影响因素

土壤抗冲性主要取决于土粒间、微结构间的胶结力和结构体间抵抗离散的能力以及地面覆被情况。上述影响指标中土粒间、微结构间的胶结力和结构体间抵抗离散的能力都是反映土壤的团结能力。地面

覆被情况对土壤抗冲性的影响,目前的研究主要着重于植物根系对土壤抗冲性的影响,如土壤中有无根系存在,或根系的多少是否对土体的崩解带来明显的作用。刘国彬<sup>[14]</sup>指出根系缠绕、固结土壤、强化抗冲性作用有3种方式:网络串联作用、根土粘结作用及根系生物化学作用。吕春娟、白中科<sup>[15]</sup>等人根据自然状态下直径10 mm左右的土体在水流冲刷下,将受根系影响完全消失的时间差异作为判断土壤抗冲性强弱的指标。并认为植被强大的根系对于土壤抗冲性发挥着重要的作用,一方面表现为通过根系的机械缠绕固定土体,另一方面是通过植被对土壤的改善作用。张金池研究发现 $\leq 2$  mm 须根的根量、根长与土壤抗冲指数存在直线回归关系。李勇等认为根系的减少效应可作为确定植物根系提高土壤抗冲性能有效性的指标,同时给出根系提高土壤抗冲性的有效性模式。

刘国彬<sup>[14]</sup>用逐步回归法建立了根系参数、土壤力学参数、入渗性能、土壤腐殖质、水稳性团聚体等22个因子与土壤抗冲性的多元回归预报方程,并发现影响土壤抗冲性的因素的影响程度分别是:土壤凝聚系数 $>K_{10}>$ 土壤腐殖质物质含量 $>$ 根系参数 $>$ 水稳性团聚体 $>$ 土壤抗剪强度。

### 1.4 抗冲性的研究结果

近年来,土壤抗冲性主要是从土壤自生的理化性质和外界因素对其影响两个方面来研究。

(1)从土壤的理化性质方面研究土壤抗冲性。周清<sup>[16]</sup>等研究认为抗冲系数随土壤物理性黏粒及游离氧化铁含量的增大而增大。林地土壤抗冲系数在0—18 cm 深度范围内变化较大,整个剖面A→B→C,抗冲系数逐渐降低。邹翔和崔鹏<sup>[17]</sup>等人研究发现小江流域土壤抗冲性的大小与土壤中 $>2$  mm 或 $<0.002$  mm 的颗粒含量关系密切,土壤中 $>2$  mm 或 $<0.002$  mm 的颗粒含量越高,土壤的抗冲性也越大。雷俊山<sup>[18]</sup>等人采用土粒被径流分散的临界切应力作为土壤抗冲性指标,研究表明:径流产沙率和单位面积的径流剪切力呈显著正相关关系,土壤颗粒被分离的临界剪切力为0.258 N/m<sup>2</sup>。

(2)从外界因素方面研究土壤抗冲性。石生新和赵崇祯<sup>[19]</sup>研究了同一坡度、不同土地利用形式以及同一土地利用形式、不同坡度下的土壤抗冲性,结果表明,由于植被情况和水稳性团粒含量的不同,土壤抗冲性有较大的差别。由于植被和水稳性团粒含量的差异,实验中土壤抗冲性的强弱顺序为:封育荒草坡 $>$ 洋槐林中杂草地 $>$ 柠条林地 $>$ 沙棘林地 $>$ 沙打旺人工草地 $>$ 谷子林地 $>$ 裸露休闲地。蒋定生<sup>[11]</sup>研究认为在不同植被利用条件下的土壤抗冲性和同一

土壤剖面不同深度土壤的抗冲能力均存在较大差别。他认为随着冲刷流量和坡度的增加,不论何种利用类型,土壤的抗冲性均削弱。刘国彬认为土壤抗冲性与植被恢复年限、地上部分生物量、有效根面呈显著正相关关系,可用建立的回归方程估测。曾信波<sup>[20]</sup>研究发现,在流量 0.9 L/min 的条件下,根密度小于 20 个时,根系对提高土壤抗冲性能的增强作用不显著,当根密度 $\geq 80$  个时,根系的固土功能即可接近最大,大于 80 个后其增强作用不再继续增强。

## 2 国内外土壤抗蚀性研究

土壤抗蚀性的强弱与土壤内在的物理和化学性质密切相关。土壤的这些理化性质主要包括土壤的颗粒组成、团聚体的稳定性、有机质含量、渗透率、紧实度、黏土矿物的性质及化学成分等<sup>[21]</sup>。土壤抗蚀性除与土壤理化性质等内在因素有关外,还受降雨特性和土地利用状况等外部因素的影响,如暴雨的击溅作用和农业耕作都会影响土壤结构,从而使土壤抗蚀性产生变化。

国外对土壤抗侵蚀能力一般从土壤可蚀性的角度展开研究。土壤可蚀性是指土壤是否易受侵蚀破坏的性能,也就是土壤对侵蚀介质剥蚀和搬运的敏感性。土壤可蚀性是一个综合性因子,只能在一定的控制条件下通过测定土壤流失量或土壤性质的某些参数作为土壤可蚀性指标,归纳起来可从以下几方面评价土壤可蚀性。

Bouyoucos 提出用黏粒率作为土壤可蚀性指标,黏粒率=(沙粒含量+粉粒含量)/黏粒含量。Anderso 提出以团聚体表面率作为土壤可蚀性评价指标,团聚体表面率=大于 0.05 mm 颗粒的表面积/团聚体含量。Woodburn<sup>[22]</sup>等人用团聚体的稳定性和分散率作为土壤可蚀性指标,指出大于 0.5 mm 的水稳性团聚体含量与土壤溅蚀量具有良好的负相关关系。Wischmeier 和 Smith<sup>[23]</sup>提出了著名的土壤可蚀性因子  $K$ ,  $K$  因子是指标准小区(长度 22.1 m、坡度 5°的裸露休闲小区)在单位降雨侵蚀指标下的土壤侵蚀量。总之,土壤性质对土壤可蚀性具有直接影响,能够反映土壤可蚀性的指标众多,具体应用时,选用何种指标需根据土壤的理化性质和侵蚀特点而定,同时还要易于观测和计算。目前采用最多的是美国学者 Wischmeier 等人提出的土壤可蚀性因子。

通用土壤流失方程 USLE(Universal Soil Loss Equation)是 60 年代初由 Wischmeier<sup>[23]</sup>和 Smith 根据近万个径流小区试验资料总结出来的一个统计方程。

$$A=RKLS\bar{C}P$$

式中: $A$ ——年均土壤流失量( $t/hm^2$ ); $R$ ——降雨和径流侵蚀因子; $K$ ——土壤可蚀性因子( $t/hm^2$ ),它是唯一具有量纲的因子; $LS$ ——地形因子; $L$ ——坡长因子; $S$ ——坡度因子; $C$ ——耕作和管理因子; $P$ ——治理措施因子。

我国对土壤抗蚀性的研究主要注重于土壤抗蚀性机理、影响因素和指标体系,以及土壤抗蚀性区域变化和垂直变化规律等方面。近年来,黄土高原的土壤抗蚀性研究取得了较大进展。李勇和朱显谟等通过对黄土高原土壤进行抗蚀性试验研究,提出影响土壤抗蚀性的主导因素依次是:粗粉粒(粒径 0.01~0.05 mm)含量、砂粒(粒径 $> 0.05$  mm)含量、土壤紧实度、水稳性团粒含量、土壤容重和土壤孔隙度。安和平<sup>[24]</sup>通过对土壤抗蚀性强弱的定量化对比和机理研究,认为土壤水稳性团粒含量是评定土壤抗蚀性的最佳指标。他还认为 $> 0.25$  mm 的水稳性团粒含量可作为北盘江中柠地区土壤抗蚀性指标。土壤抗蚀性与土壤有机质含量呈正相关,与土壤石砾含量呈负相关,但按影响因子对土壤抗蚀性影响程度大小的排序是:土壤石砾含量 $>$ 岩性 $>$ 土壤有机质 $>$ 坡度 $>$ 土地利用类型。曾慧霞<sup>[25]</sup>等人采用团聚度以 $> 0.05$  mm 微团聚体分析值占土壤相应粒级的百分比来表示土壤抗蚀性强弱。研究发现以分散率和分散系数作为土壤的抗蚀性指标,用来衡量抗蚀性强弱的时候,虽在一定程度上表明了林地的土壤分散程度低,固结能力强,但没有用大粒级水稳性团聚体含量表示土壤的抗蚀性明显。蒋定生<sup>[11]</sup>等研究了晋陕蒙接壤地区的土壤抗冲性的垂直变化和水平变化规律,并用土壤抗冲力表示土壤抗冲性,当冲刷坡度为 15°,农地在作物根系分布比较密集的耕作层(10—25 cm),土壤抗冲性较大。张松阳认为土壤渗透性对降雨径流的产生和发展直接影响到土壤的侵蚀程度大小,其也是表征土壤抗蚀性的重要指标之一。他还认为土壤抗蚀性是由多种因素共同作用的结果,不同治理措施对土壤抗蚀性因子的影响程度是有差别的。

## 3 土壤抗冲抗蚀性研究存在的问题及发展趋势

### 3.1 土壤抗冲抗蚀性研究存在的问题

(1)实验方法与指标不统一,从上述可以看出,研究土壤抗冲抗蚀性的方法很多,不同研究者选取的方法和指标各异,并伴有显著的地域差异,这就使得人们在评价土壤抗冲抗蚀性时没有一个统一的标准。

(2)植物根系对土壤抗冲抗蚀性的作用,由于和其他因素的作用交织在一起,增加了研究的复杂性。

(3)土壤抗冲抗蚀性评价涉及因素繁多且复杂,而目前对土壤抗冲抗蚀性的认识仍多局限于现象,对其本质有待进一步研究揭示。

(4)研究土侵蚀机理缺乏理论性,对土壤侵蚀的力学机理认识不深,特别是将外部因素的抗冲作用与土壤本身的抗冲作用叠加在一起,增加了土壤抗冲抗蚀性研究的难度。即对一些影响侵蚀的间接因素缺乏深入分析,如把冲刷侵蚀的动力因素和土壤的抗侵蚀性因素混淆在一起进行研究,有的把坡度、放水量等作为影响土壤抗冲性的因子进行研究。

### 3.2 土壤抗冲抗蚀性研究的发展趋势

经过长时间对土壤抗冲抗蚀性的研究,随着研究技术的不断发展和相关技术的更新,无论在实验研究方法上或认识深度和评价指标的选取方面都取得了较大进展。

(1)目前土壤抗冲抗蚀性研究主要从3方面着手,即①不同植被下土壤抗冲抗蚀性研究;②不同土地利用类型下的土壤抗冲抗蚀性研究;③根系对土壤抗冲抗蚀性的影响的研究。而不同岩性下的土壤抗冲抗蚀性方面的研究却鲜见,尚处于空白。不同特性的成土母岩发育形成不同的土壤,从而影响土壤的物理和化学性质,同时土壤的侵蚀程度也不同。因此,研究岩性对所发育土壤的抗冲性与抗蚀性的影响有及其重要的意义。相信这个方面的研究将是以后的热点,并且土壤抗冲抗蚀性的研究将必然向具有物理基础的土壤抗蚀理论方向发展。如只有通过研究土壤抗蚀性与降雨及降雨径流侵蚀力的关系,才能从机理上研究清楚土壤的抗蚀性问题,从而对其进行合理量化。

(2)经过近几十年集中在黄土区的研究,黄土区的抗冲抗蚀性研究体系已基本建立。然而,在喀斯特地区由于其土壤发育母岩的特殊性,成土速度极低,土层瘠薄,使得喀斯特、石漠化现在是一个热门的话题。结合贵州地面坡度大,降水丰沛,导致该地区有限的土壤资源严重流失,土壤侵蚀与退化成为制约该区域农业发展的主要因素。坚信将来学者们会把研究目光放在喀斯特地区。

(3)外力对土壤抗蚀性的影响是其影响侵蚀动力的结果,而土地利用方式的不同则是由于它影响了土壤的理化性质,进而对土壤抗冲抗蚀性造成影响。因此,只有将外力和土地利用对土壤的抗蚀性影响分开考虑才能真正做到以侵蚀动力和土壤抗蚀力的作用过程为基础,搞清土壤的抗蚀机理。

参考文献:

[1] 水利部遥感技术应用中心. 全国土壤侵蚀受感调查统计表[Z]. 1990:1-4.  
[2] 朱显谟. 甘肃中部土壤侵蚀调查报告[J]. 土壤专报,

1958,32:53-109

- [3] 朱显谟. 我国十年水土保持工作的成就[J]. 土壤, 1959(10):5-9.
- [4] Gussak V B. Advice for the rapid deremination of erodibility of soils and some results of its application[J]. Abstract in Soils and Fertilizers, 1946, 10:41.
- [5] Alderman J K. The erodibility of granular mater[J]. J. of Agric. Eng. Res., 1956, 1:136-142.
- [6] 苏宁虎. 林地枯落物最佳储积量确定方法的探讨[J]. 生态学报, 1988, 8(2):147-154.
- [7] 李勇, 吴钦孝. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究[J]. 水土保持学报, 1990, 4(1):11-16.
- [8] 汪有科, 吴钦孝, 赵鸿雁, 等. 林地枯落物抗冲机理研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(1):75-80.
- [9] 刘国彬, 张光辉. 原状土冲刷法与人工模拟降雨法研究土壤抗冲性对比分析[J]. 水土保持通报, 1996, 16(2):32-37.
- [10] 周佩华, 武春龙. 黄土高原抗冲性的试验研究方法探讨[J]. 水土保持学报, 1993, 7(1):29-34.
- [11] 蒋定生. 黄土区不同利用类型土壤抗冲刷能力的研究[J]. 土壤通报, 1979(4):20-24.
- [12] 郭培才, 王幼民. 黄土高原沙棘林地土壤抗蚀性及其指标的研究[J]. 西北林学院报, 1989, 4(1):80-86.
- [13] 刘秉正, 王佑民, 陈东立. 刺槐林地土壤抗冲性的试验研究[J]. 西北林学院报, 1984, 1(1):83-94.
- [14] 刘国彬. 黄土高原草地土壤抗冲性及其机理研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(1):93-94.
- [15] 吕春娟, 白中科, 陈卫国, 等. 黄土区大型排土场植被根系的抗蚀抗冲性研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2):35-39.
- [16] 周清, 王翠红, 郭朝晖, 等. 湖南省丘岗红壤抗冲性能研究[J]. 湖南农业大学学报, 2001, 27(3):202-204.
- [17] 邹翔, 崔鹏, 张杰, 等. 小江流域土壤抗冲性实验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2):71-73.
- [18] 雷俊山, 杨勤科, 郑粉莉, 等. 黄土地坡地细沟侵蚀试验研究及土壤抗冲性评价[J]. 水土保持通报, 2004, 24(2):1-4.
- [19] 石生新, 赵崇祯. 土壤抗冲性的研究[J]. 山西水利科技, 1998(3):90-93.
- [20] 曾信波. 贵州紫色土上植物根系提高土壤抗冲性能的研究[J]. 贵州农学院学报, 1995, 14(2):20-24.
- [21] 王礼先. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005:1-200.
- [22] Kazuhiko Egashira. Aggregate stability as an index of Erodibility of Andto soils[J]. Soil Science and Plant Nutrition, 1983, 29(4):473-481.
- [23] Wischmeier W H, Johnson C B, Cross B V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction siles[J]. Jourual of soil and water conservation, 1971(5):26.
- [24] 安和平. 北盘江中游地区土壤抗蚀性及预测模型研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4):38-42.
- [25] 董慧霞, 李贤伟, 张建, 等. 不同草本层三倍体毛白杨林地土壤抗蚀性研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):70-75.