

# 土壤抗蚀抗冲性研究综述

高维森 王佑民

(中科院成都山地灾害研究所·四川成都·610015) (西北林学院·陕西杨陵)

## 提 要

该文是对土壤抗蚀抗冲性与其内在性质研究历史和特点的综述,并提出了今后研究的方向。

关键词: 土壤抗蚀性 土壤抗冲性

## Review on the Study of Soil Anti-erosibility and Anti-scourability

Gao Weisen

(Chengdu Institute of Mountain Disasters and Environment, Academia Sinica and  
Ministry of Water Resources, Chengdu 610015)

Wang Youmin

(Northwestern College of Forestry, Yangling, Shaanxi 712100)

## Abstract

The authors reviewed the development, characteristics and problems in the study of soil anti-erosibility and anti-scourability, and pointed out the research directions in the future.

Key words soil anti-erosibility soil anti-scourability

早在40年代W. D. 埃利森 (Ellison 1947年) 曾对土壤侵蚀下了这样的定义: “土壤侵蚀是侵蚀营力对土壤物质的分散和搬运过程”。因此, 土壤水蚀取决于引起侵蚀的降雨和径流的侵蚀力与土壤抵抗侵蚀能力的组合, 研究揭示土壤抗侵蚀能力成为认识降雨侵蚀过程机制的一个重要环节<sup>[17]</sup>。50年代后期, 朱显谟先生发现在疏松黄土进行的水蚀常是分散和冲刷同时进行, 而且冲刷过程进行得非常强烈, 常常大大地掩盖了分散的强度。张俊民等 (1958年) 在研究广西有色地区红壤土时发现, 该土壤分散系数很小, 而侵蚀却很严重。因此他们也提出: “这些土壤遭受侵蚀一般不是采取悬移的方式, 而是采取推移的方式, 形成沟状侵蚀”<sup>[22]</sup>。随后朱显谟先生 (1960年) 提出土壤“抗冲性”概念, 并将土壤的抗侵蚀力区分为抗蚀性和抗冲性。同时期国外著名的土壤侵蚀研究者埃利森 (Ellison)、威斯奇迈尔 (Wischmeier)、和梅耶尔 (Meyer) 及其他人 (1969年) 也相应提出此概念, 他们认为, 既然降雨侵蚀过程是由降雨雨滴的打击和径流的冲刷作用引起的, 那么土壤的抗侵蚀能力应区分为抗溅蚀能力和抗冲刷能力<sup>[16]</sup>来研究。他们认为分散是溅蚀的主要作用。朱显谟认为土壤抗蚀性是指土壤抵抗水的分散和悬浮之能力, 其大小主要取决于土粒和水的亲和力及土粒间的胶结力, 胶结力越小和水亲和力越大的土粒, 则越易分散和悬浮, 结构体越易受到破坏和解体, 致使土壤颗粒变小, 封堵地表表面, 从而减少土壤渗透量和增加地表径流量。在这种情况下, 即使地表径流速度很小, 土壤也会因分散悬移而发生侵蚀。抗冲性系指土壤抵抗径流的机械破坏和搬运的能力。它主要取决于土壤抵抗径流推移

的强弱,在冲刷过程中,土壤颗粒或土块不一定在水中分散和悬浮,但只要能被径流推动就可发生侵蚀。由此可见,土壤抗蚀性与抗冲性是两种不同的性能。抗蚀性与雨滴溅蚀和片蚀有密切关系,而抗冲性则与沟蚀关系密切。总的来说它们既有区别又有联系,土壤抗蚀性与其内在的理化性质关系较大,而后者则与土壤的物理性质和外生生物因素关系较大。在地面径流不大的情况下,土壤中有机质增加,进而增加土壤渗透能力与团聚力,水稳性团粒的形成,使土粒难于在水中分散、悬浮,致使土壤抗蚀性增加。这同时也标志着土壤抗冲性的相应增加,这很大程度上取决于植被覆盖度和对植被的管理状况。一旦这个环境有所变化,例如林地和草地破坏开垦后,土壤失去根系的固结保护作用,抗冲能力则明显下降;与此同时由于植被的破坏,使植物的枯落物损失而不能归还土壤,成为新的有机质,经过若干年后,这种有机质的损失将导致土壤水稳性团粒含量减少,最终使土壤抗蚀性能减低。它也会影响土壤抗冲性。另一方面,农地撩荒后,草本植物繁殖,土壤的抗冲性也会增加。因此,为了更好地揭示土壤侵蚀的内在规律,有必要将两种性能加以区分和研究<sup>[8,13,15,16,22]</sup>。

## 一、土壤抗蚀性研究概况

土壤抗蚀性是鉴定土壤侵蚀作用强弱的主要参数之一,它与土壤的性质有关。国内外研究者就是从这个角度入手根据实验中所测得的特征指标如土壤结构体的水稳性、土壤的某些理化性质及作物产量来评价土壤侵蚀强弱,但这些间接特征指标必须通过函数关系才能转为直接评价侵蚀的数值。有关这类间接特征指标很多,研究方法也各异。

(一) 评价土壤侵蚀强度的各类指标 基于土壤抗蚀性的本质,研究者们先后提出了适应各地区的土壤抗蚀性指标。主要有硅铝铁率,即 $S_2O_3$ 比率(Bennett, 1929年)<sup>[22]</sup>,分散率(DR)和侵蚀率(ER)(Middleton, 1930年)<sup>[4,14,17]</sup>,团聚状况和团聚度(L. D. Barer, 1932年)<sup>[8]</sup>。随后一个与土壤多种特性(如侵蚀、入渗、蒸发和通气)相关的特征参数——平均重量直径(Mean Weight Diameter)(Van Bevel, 1949年; Youker和Mc. Guinness, 1956年)<sup>[23]</sup>出现,它是基于不同级别团聚体的重量和大小而拟定的,通过MWD的干湿筛处理变化反应团聚体的稳定性。类似还有几何平均直径(GMD)(Mazurak, 1950年),团聚化系数(Reter和Russell, 1941年)等<sup>[23]</sup>,这些指标多从反应团聚体大小分布角度来说明土壤抗蚀性强弱,在国内目前尚未见应用此类指标反应土壤抗蚀性的研究报导。苏联还以团粒结构及水稳性团粒含量,阿拉伯指数来综合评价土壤抗蚀性<sup>[22]</sup>。60年代,日本学者川村秋男提出水稳性团聚体风干率<sup>[17]</sup>:即是从风干土测得的水稳性团聚体含量与从毛管饱和水土样所测得的水稳性团聚体含量之比,并得出侵蚀量与风干率成反相关<sup>[17]</sup>。还有人用水稳性指数<sup>[16,17,27,34]</sup>,即水滴撞击团粒,根据团粒的分散快慢来反应土壤抗蚀性强弱。日本学者(1983年)曾试用粘粒比率〔(粉砂粒+砂粒)%/粘粒%〕来研究土壤的抗蚀性<sup>[20]</sup>。在这些众多的指标中各个指标的实用范围是不一样的。国内外研究者进行了大量的比较应用和改进<sup>[6,16,7,8,10,12,13,16,17]</sup>,与此同时,有人还提出过分散系数,结构系数等指标。

(二) 土壤抗蚀性评价研究 早期一般使用单一指标来衡量土壤抗蚀性强弱,到60年代逐步使用几个或多个指标同时评价土壤抗蚀能力;80年代开始系统的使用综合指标即通过多种指标综合比较分析,结合数学分析来评价土壤抗蚀性。使精度有明显提高。主要成果有:

1. 土壤侵蚀量与土壤的水稳性团粒含量和有机质含量相关性最高,即后者的含量越高,土壤抗蚀性越强,其侵蚀亦越小。同时说明这二指标是评价土壤抗蚀性的理想指标<sup>[5,6,8,10,12,6]</sup>。

2. 评价土壤抗蚀性的其它指标有一定的区域性,例如分散系数和结构系数二指标在评价黑

土的抗蚀性时，随着土壤侵蚀程度加重分散系数越来越大，结构系数愈来愈小<sup>[10]</sup>。这个规律在黄土区则表现不明显<sup>[12、16]</sup>。USLE中的K因子，由于过分笼统而适用性差。水稳性指数适用性报导不一，其适用范围是有区域性的<sup>[9、16、28、29、34]</sup>。

3. 植被能明显提高土壤抗蚀性，减轻其侵蚀量。就土壤表层而言，林地和草地的土壤抗蚀性大于农地；同一剖面从上到下，土壤抗蚀性逐渐减弱；防治黄土高原水土流失极为有效的措施是恢复和建造植被<sup>[2、6、8、8、12、16、16、18、19、22]</sup>。

## 二、土壤抗冲性研究概况

从以上各研究结果看，单从土壤固有的理化性质去认识土壤侵蚀的本质是远远不够的。随着抗冲概念的提出，人们开始从土壤侵蚀力学的角度进行研究。由于此项工作同前面一样，非常艰苦，所以呼吁加强防治土壤侵蚀方面的人多，而实际从事研究者却甚少。目前，在土壤抗冲性方面，国内外研究不多。苏联学者B.b古沙克曾用B.b古沙克8型水槽，内装风干磨碎过筛的扰动土样进行试验，但此方法在我国黄土区试用，结果不好。目前主要用原状土冲刷土槽法<sup>[22]</sup>，即将原状土置于一定水流中冲刷，和使用C.c索波列夫仪用恒压水柱直接冲刷土层法<sup>[6]</sup>。以冲刷模数、抗冲强度及抗冲指数等来评价土壤抗冲性，其实质是以单位水体或单位时间冲走的土量来表示土壤抗冲能力的大小<sup>[1、16、22]</sup>。研究者们先后就这两种方法进行了不同程度的改进和应用<sup>[2、13、16]</sup>。我国水土保持科学领域的研究人员蒋定生、王佑民、刘秉正、郭培才、李勇和高维森等同志，分别就黄土区的不同土壤及部分林地的抗冲性进行了较为系统的研究，并得出：

1. 林地的土壤抗冲性最强，农耕地和黄土母质的抗冲性最差，草地的抗冲性居中<sup>[2、6、13、16、18、22]</sup>。

2. 土壤的抗冲性与其毛根含量成正相关。众多的毛根通过对土壤的固结网络，保护阻挡，吸附牵拉3种方式来提高土壤抗冲性，并得出土壤冲刷模数(M)与其毛根含量(X)的关系式，如刺槐林地为 $M = 0.552 + 0.124/x$ ，沙棘林地为 $M = 1.01/x$ 等<sup>[13、16]</sup>。

3. 土壤抗冲性与其毛根含量、有机质含量、硬度、渗透等相关性高，并以此为基础建立了初步的预报模型<sup>[2、13、18]</sup>。

关于土壤抗冲性研究，有人还从土壤力学的角度来揭示其机制，但目前这方面的研究主要是为解决农耕、交通、建筑、水电、水利、滑坡等问题进行的，应用在侵蚀研究很少见<sup>[18、20、21]</sup>。

## 三、土壤抗蚀抗冲性研究特点与今后研究方向

(一) 研究目的 1. 揭示降雨，特别是雨滴击溅侵蚀和沟蚀过程机制。它是降雨侵蚀过程中的重要环节之一；2. 评价土壤抗蚀抗冲性直接为农业服务。通过不同类型土壤、不同土地利用方式，土壤的理化性质测定来比较分析推测土壤经侵蚀后，其物理、化学性质的变迁，这对于了解侵蚀作用的危害，土壤生产潜力以及土地资源评价十分必要。3. 评价水土保持措施效益。研究不同的防治措施对土壤抗蚀抗冲性的影响来鉴定水保措施对改善环境条件和提高经济效益的作用。4. 预测预报土壤侵蚀程度及数量。用各种抗蚀抗冲性指标间接地或部分直接地综合预测土壤侵蚀的严重程度和侵蚀量，也为土壤侵蚀分类和制定有关规划提供科学依据。

(二) 研究方法 就研究方法大体可分为：1. 土壤物理性质法。即从土壤物理性质，主要是从剖面特征，团聚结构、颗粒分布及其它方面入手来研究土壤抗蚀抗冲性；2. 土壤化学性质法。分析土壤抗蚀抗冲性与土壤化学性质关系，并从中发现规律，揭示土壤内在性质与土壤抗侵蚀能力的关系；3. 土壤力学法。从土壤的容量、紧实度、抗剪抗切等土壤力学角度研究土壤抗

冲抗蚀的本质<sup>[17、20、21]</sup>；4. 人工模拟法。这类方法出发点是通过实验，间接的人工模拟来研究径流与土壤侵蚀的关系，降雨与侵蚀的关系。如定量水流冲刷原状土及水稳性指数等<sup>[6、13、17、18、19、22、25、26、27]</sup>。

**(三) 今后研究方向**

1. 加强研究的系统性。此项研究属基础研究，加之条件复杂，致使其研究断断续续。根据文献可以看出，自从土壤抗蚀抗冲概念提出以来，我国有文献记载的文章不过20篇，且研究者甚少，在时间上，50年代至60年代初为一段，近10年为一段。近10年工作较以前研究虽有很大深入，但还不够全面系统，为使这项研究系统化，还需进行大量工作；
2. 确立明确目标。繁多的各种抗蚀抗冲指标适用性如何？影响这些适用指标的因子有哪些及其作用大小？应尽快进行系统的有重点的研究，制定统一标准，为各地区综合治理提供科学依据，达到应用开发目的；
3. 加强林地抗蚀抗冲性研究。经过40年几代科学工作者的艰辛努力得出一致结论，根治黄土高原的根本措施是增加植被，但西北地区水土保持先锋树种林地抗蚀抗冲性研究甚少。目前，系统研究的只有刺槐、沙棘、柠条等，其它树种研究较少。同时应加强其它水土保持措施效益的相应研究。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编。土壤理化分析。上海：上海科技出版社，1978年
- [2] 李勇等。黄土高原土壤抗冲性机理初步研究。《科学通报》，1990年，第5期
- [3] 唐克丽等。土壤侵蚀的研究及其展望。《水土保持通报》，1984年，第5期
- [4] 王礼先。关于土壤侵蚀规律研究的目的和方法。《中国水土保持》，1983年，第6期
- [5] 黄义端等。土壤内在性质对侵蚀影响的研究。《水土保持学报》，1989年，第3期
- [6] 刘世德等。罗玉沟流域坡面土壤侵蚀与土壤理化性质。《水土保持学报》1989年，第3期
- [7] 何群等。第四纪红土发育的水稻土微团聚体特性的初步研究。《土壤学报》，1964年，第3期
- [8] 田积莹等。子午岭连家砭地区土壤物理性质与土壤抗蚀性能指标的初步研究。《土壤学报》，1964年，第3期
- [9] 史德明。土壤侵蚀调查方法中的试验研究和侵蚀量测定问题。《中国水土保持》，1983年，第3期
- [10] 赵兴安等。黑土侵蚀区土壤理化特性及抗冲性能初探。《中国水土保持》，1981年，第6期
- [11] 李建牢等。罗玉沟流域土壤抗蚀性分析。《中国水土保持》，1987年，第11期
- [12] 王佑民。刺槐林地土壤抗蚀性的研究。《林业科技通讯》，1984年，第5期
- [13] 刘秉正等。刺槐林地土壤抗冲性的试验研究。《西北林学院学报》，1984年，第1期
- [14] M.J.柯克比、R.P.C.摩根编著。王礼先、吴斌等译。《土壤侵蚀》，北京：水利电力出版社，1981年
- [15] 窦葆璋。土地利用方式对黄绵土抗冲性的影响。陕西省土壤学会1978年学术年会论文集，1978年
- [16] 郭培才等。黄土高原沙棘林地土壤抗蚀抗冲性及其指标的研究。《西北林学院学报》，1989年，第1期
- [17] 土壤物理测定委员会编。土壤物理性测定法。重庆：科学技术出版社重庆分社，1979年
- [18] 李勇等。黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究 I 油松人工林根系对土壤抗冲性的增强效应。《水土保持学报》，1990年，第1期
- [19] 吴钦孝等。黄土高原植物根系提高土壤抗冲性能的研究 I：草本植物根系提高表层土壤抗冲刷力的试验分析。《水土保持学报》，1990年，第1期
- [20] 杨维西等。人工刺槐林采伐后根系固土作用的衰退状况。《水土保持学报》，1990年，第1期
- [21] 解明昭。乔灌木根系固坡力学强度的有效范围与最佳结构方式。《水土保持学报》，1990年，第1期
- [22] 蒋定生。黄土抗冲性的研究。陕西省土壤学会1978年学术年会论文集，1978年
- [23] Daniel Hillel. Introduction to soil physics, Academic press. 1982
- [24] Petersen R. G. and calvin I. D. Sampling in Methods of Soil Analysis. ED, C.A.

- Black. US Soc. of Agronomy, Inc., Publisher Madina, Wisconsin, 1965
- [25] H. A. Fleell. Determination of erodibility of a subtropical clay soil, a laboratory rainfall stimulator experiment. *Journal of Soil Science*, 37, 1986
- [26] Quansah C. The effect of soil type, slope, flow rate and their interactions on detachment by over land flow with and without rain, *Cateua Supplement*, Department of Crop Sci, No. 6, 1985
- [27] Canga M.R., Gaveuwka D., Callebaut F., Boot M. DE. The effect of aggregate size on erosion and mechanical resistance of soil sample, a laboratory stimulator rainfall experiment. *Rijksunic, Gent, Belgium*, 1984
- [28] S. N. Bhola and S. Man Mohan. Soil erodibility of black soils of Bellary district. *Indian J. soil conservation*, 10(2/3), 1982
- [29] Kazuhiko Egashira, Yumi Kastsu and Katsutoshi Takuma. aggregate stability as an index of erodibility of Ando soils, *Soil sci. and Plant Nutr.* 29(4), 1982
- [30] K. Chaney and K. S. Swift. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils, *J. Soil Sci.*, 35, 1984
- [31] Chandra S., DE S.K. Effect of cattle manure on soil erosion by water. *Soil Sci.*, 133(4), 1982
- [32] Savat J., Pioey J. DE Sheetwash and rill development by surface flow *Badband Geomophology and Piping*, 1985
- [33] Wustamidim, Douglas L. A. Aggregate breakdown in relation to raindrop energy. *Soil Sci.*, 139(3), 1985
- [34] K. Chaney and R. S. Swift. Studies on aggergate stability, I. Re-formation of soil aggregates, *J. Soil Sci.*, 37, 1988

(上接第58页)

### 三、讨 论

本试验结果表明：春小麦幼苗期植株组织幼嫩，对土壤盐分比较敏感，随着植株的长大和组织的老化，生长后期抗盐害能力增强，即使在较高（0.22%）的土壤盐分条件下，生长状况，除株高有差异外，其它受抑制程度不很明显。同时，盐碱地合理施肥，特别是施磷后，增强了春小麦的耐盐能力，使其营养代谢正常，能促进春小麦的生长发育。在不同盐分条件下，施磷较施氮和对照，功能叶片数增多，光合作用增强，干物质积累增高，植株高度增加较快，为春小麦的籽粒产量增加奠定了良好的物质基础。因而，在不同盐分条件下，籽粒产量施磷比施氮的分别提高76.6%、20.7%、28.5%、18.6%、17.0%。

### 参 考 文 献

- [1] 辛业全等。水土流失区旱地合理深施肥料的增产效益。《水土保持通报》，1986年，第1期
- [2] 黄洪海等。春小麦在不同水分和营养条件下的生理反应。《宁夏农业科技》，1985年，第6期
- [3] 万惠娥等。不同化肥品种对春小麦营养元素的吸收、土壤磷素的释放及其产量的影响。《西北水土保持研究所集刊》，1988年，第8集
- [4] 万惠娥等。无机营养与土壤盐分对春小麦生理反应及干物质影响的研究。《西北植物学报》，1991年，第5期
- [5] 翟凤林，曹鸣庆等。《植物的耐盐性及其改良》。北京：农业出版社 1986年