

土壤风蚀容忍量 (T 值) 研究的现状与问题

研究
简报

严 平 董光荣 邹学勇

中国科学院
(林 业 部) 兰州沙漠研究所 · 兰州市 · 730000

摘 要 针对目前国内外土壤风蚀研究存在的问题,提出了研究土壤风蚀容忍量的目的和意义;并对风蚀容忍量的四个主要问题即成土速率、风蚀危害、风蚀预测及风蚀控制的 T 值计划作了详述

关键词: 土壤风蚀容忍量 成土速率 T 值计划

The Present Situation and Problems of Wind Erosion Tolerance (T- Value) Study

Yan Ping Dong Guangrong Zou Xueyong

(Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000)

Abstract In the view of existing problems in the wind erosion research, the concept of Wind Erosion Tolerance derived from the Soil Loss Tolerance is introduced along with its goals and significance, and four main fields of the wind erosion tolerance, i. e. soil formation rate, wind erosion effect on soil productivity, wind erosion prediction and T- Value planning to control wind erosion are discussed in detail as well.

Keywords Wind erosion tolerance; Soil formation rate; T- Value planning

1 前 言

土壤风蚀是沙漠化过程的首要环节,严重制约我国北方干旱、半干旱和部分半湿润地区的资源开发和社会经济持续稳定发展。所谓“土壤风蚀容忍量”(Wind Erosion Tolerance)是从研究土壤水蚀的“土壤侵蚀容忍量”(Soil Loss Tolerance)即 T 值^[1]引伸而来的,是指在土壤经济而永久地维持高水平生产力前提下的最大风蚀速率。其研究内容不仅涉及通常研究的土壤风蚀速率,更重要的是综合考虑自然和人为参与情况下成土过程、土地利用方式、耕作制度等与土壤风蚀过程的相对平衡。因此,风蚀容忍量研究在理论上可以较准确地确定自然风蚀与人为加速风蚀两者之间的关系,及其在土地沙漠化过程中的作用,正确把握沙漠化形成、程度划分和发展趋势,丰富土壤风蚀与沙漠化研究的理论体系;在实践上可以为土壤风蚀区经济发展、土地持续利用提供科学的指导,特别是随着我国依法使用和管理土地的工作力度加强,风蚀容

忍量研究将为土壤风蚀和土地沙漠化防治提供指导性标准和法律依据

2 问题的提出

纵观国内外土壤风蚀研究^[2-4],在一些基础性理论问题,如风蚀过程机理、影响因子、风蚀模型和预报方程等方面,已得到普遍重视,并取得了很大的进展,所提出的土壤风蚀防治原理与措施对风蚀控制起到了一定的积极作用。但从总体上难以满足土地可持续利用的要求。首先,现有关于土壤风蚀研究的成果,都集中在探讨风蚀速率方面,没有考虑自然因素和人为因素的正面影响,即自然成土过程和人为加速土壤熟化的作用。如果将风蚀速率和自然、人为因素的正面作用综合考虑,风蚀对土地退化的影响就不会象以往的研究结果那样严重。只要把风蚀速率控制在一定的水平上,使其与成土速率保持动态平衡,就能够达到土地的永续利用。其次,土壤风蚀作为一种不可抗拒的地质过程,要绝对控制风蚀过程是不可能的。正因如此,导致一种不甚恰当的观点出现,即在土壤风蚀区应退耕还牧,严禁开垦土地。事实上,我国人多地少,在提高现有耕地作物单产的基础上,不可避免地要开辟新的农田,这是一个十分突出的社会、经济问题。第三,由于未能提出符合自然条件和经济发展要求的控制土壤风蚀的临界值以及相应的防治措施,使土地持续利用与风蚀控制之间相互对立,不能协调发展。特别是在土地利用中,风蚀引起的土地退化是由人为因素还是自然因素为主造成的尚无法判定,对依法治理土地退化造成严重障碍。例如,经常把人为造成的土壤风蚀引起的土地退化,归结为自然因素的作用。

土壤风蚀容忍量(T值)正是针对上述问题而提出来的。这一概念起源于美国,在研究土壤侵蚀与土地生产力关系问题时,D. D. Smith(1941)观测到,在 Shelby 侵蚀土壤上,9.0 t/(hm²·a)的侵蚀量对维持正常的土地生产力是过高的^[5];D. E. Hays 等(1941)认为 Fayette 粘壤土侵蚀量必须控制在 6.7 t/(hm²·a)以内^[6];G. M. Browning 等(1947)列举了美国中西部地区 12 种土壤的“不降低土地生产力的年平均最大允许侵蚀量(Permissible Soil Loss)”^[7]。随着 50~60 年代 T 值的深入研究和广泛应用,美国水土保持局(SCS)于 70 年代确定了全国的土壤侵蚀容忍量在 4.5~11.2 t/(hm²·a)之间^[8],以此作为国家水土保持的指导性标准。这一标准在一些州(如 Iowa 和 Illinois 等)作为地方性法律加以执行^[9]。T 值研究在世界其它国家,如捷克、英国和肯尼亚等也取得了一定的进展,并在水土保持工作中得到应用^[10-13]。然而,作为土壤侵蚀容忍量的重要内容之一的土壤风蚀容忍量(风蚀 T 值)研究一直未得到足够的重视。虽然 N. P. Woodruff 等(1968)采用了 11.2 t/(hm²·a)作为风蚀 T 值,并认为这是一个“武断的”估计^[14],但并未由此开展细致的研究;秦作栋(1996)在研究晋西北地区风动力荒漠化分级时,提出了“容许风力侵蚀量”指标,基于观测和计算将 T 值定在 3.4 t/(hm²·a)^[15],但尚未涉及到 T 值与成土速率及土地生产力之间的关系,而这正是 T 值研究的核心问题所在。

3 风蚀 T 值研究的几个主要问题

3.1 土壤形成速率

土壤形成速率是确定 T 值的主要因素。一般认为,T 值是与土壤形成速率相平衡的土壤侵蚀量^[12]。E. L. Skidmore(1982)把土壤形成速率对应于 T 值的下限(T_i)^[16]。在这方面,国内外学者开展了一些研究工作,普遍认为自然条件下的土壤形成过程是非常缓慢的,而在人为条件下,成土过程可以加速。如 H. H. Bennett(1955)总结到,在具有良好的植被并采取有效的土

壤保持措施的情况下,要形成 2~3 cm 厚的土壤需要 200~1 000 年,即成土速率为 0.3~1.6 t/(hm²·a)^[17]; H. Kohnke 和 A. Bertrand (1959) 观测到,沙丘固定 100 年后可形成 7.5 cm 厚的土壤层,并认为在人为影响下,土壤形成速率可达到 6.2~13.4 t/(hm²·a)^[18]; Z. Kukul (1964) 根据文献已公开发表的数据,估算出地球表面土壤形成的平均速率为 10 cm/1 000 a,相当于 1.3 t/(hm²·a)^[19]; 据董光荣等 (1993) 估算,在青海共和盆地,0.5~1 m 厚较成熟土壤至少需要 100 年至上千年以上时间才能形成^[20]。

以上成果多是从地质或人类历史时期土壤形成过程中推断而来,忽视了对土壤形成现代过程的深入研究,这与 T 值“时间区间”不相符合(一般认为小于 10² 年^[21])。而且还必须注意到,不同层次不同母质土壤形成速率是有所差别的,如土壤表层(A 层或腐殖质层)形成速率远远高于生根层;对于未固结土壤母质来说,其成土速率可达到 1.1 t/(hm²·a),而对于固结的土壤母质来说,其成土速率则小于这一数值^[22]。所以,T 值也应随之变化。

考虑到上述 T 值与土壤形成速率的关系,在土壤形成速率研究中应注重以下三个方面:

(1) 不同地区不同条件下土壤形成现代过程,尤其要考虑到人为利用土地方式的不同影响;

(2) 不同层次不同母质土壤形成速率的差异;

(3) 确定合理的与土壤形成速率相对应的风蚀 T 值。

3.2 土壤风蚀对土地生产力的危害

从 T 值概念可以看出,T 值是相对于一定土地生产力而言的,所以,风蚀对于土地生产力的危害程度也是确定 T 值的关键性因素。在 E. L. Skidmore (1982) 采用的双重 T 值标准中,其下限 T₂ 即为侵蚀危害^[16]。对于这一问题的研究应考虑以下两个方面:

第一、土地生产潜力与土壤风蚀及 T 值的关系,包括土层厚度、土壤水分、有机质含量等理化指标随风蚀发展的降低程度,达到何等极限是可以承受的,即可以通过耕作和技术进步得以弥补的。L. L. Hagen 等 (1980) 估计美国玉米带 (the Corn Belt) 土壤侵蚀 1 英寸相当于损失产量 478 kg/hm²。^[23] 董光荣等 (1993) 认为青海共和盆地因土壤风蚀而造成的经济损失高达 14.26 亿元^[24]。在这些损失中,哪部分是自然因素引起的? 哪部分是人为加速的,可得以控制的? 这要从 T 值与土地生产力关系研究中得到解释。

第二、不同土壤类型、作物和不同耕作方式对风蚀危害的响应程度是不一样的。W. D. Shrader 等 (1979) 认为评价土壤侵蚀对作物产量的影响必须考虑到一定的作物、土壤和管理水平^[25]。这意味着 T 值的确定及应用会更加复杂和因地制宜。

3.3 土壤风蚀预测

T 值是随着土壤侵蚀预测研究的发展而得以确定的。40 年代第一个土壤侵蚀方程对美国不同地区土壤侵蚀速度进行了预测,之后才产生了 T 值概念^[26]; 50 年代至 60 年代,土壤侵蚀通用方程 (USLE) 得到广泛的应用,使全面精确预测土壤侵蚀量成为可能,进一步促进了 T 值研究广泛而深入地开展^[9]。在土壤风蚀方面,N. P. Woodruff 和 F. H. Siddoway (1965) 提出了通用风蚀方程 (WEQ)^[27]后,才出现了 T 值评估方法^[14]。

由此可见,风蚀 T 值研究必须建立在成熟准确的土壤风蚀预测方法的基础上,它们的结合才能使土壤风蚀防治具有数量指标和实用价值。所以,土壤风蚀预测作为 T 值研究的基础性工作,必须同时开展,甚至优先发展。在这方面,国外学者已开展了一定的研究工作,如 WEQ^[27]、WEPS^[28] 和 RW EQ^[29] 等。总的来说,所建立的风蚀模型要么太理论简单化,不适合

我国的具体国情,要么太复杂化难以操作。目前我国风蚀研究学者正借鉴国外研究成果,力图建立适合我国具体国情(自然条件、经济发展状况和农业管理水平等)的土壤风蚀预报模型^[4],这对风蚀 T 值研究的深入发展是非常有利的。

3.4 土壤风蚀防治的 T 值计划

在综合分析土壤形成速率和风蚀危害的基础上,确定合理的风蚀 T 值,并结合土壤风蚀预测结果,把我国土壤风蚀防治战略确立在 T 值计划(T-Value Planning)上,即满足 $T-(E_N+E_A) > 0$ 的风蚀控制计划^[21,26](这里 T 表示 T 值; E_N 表示自然风蚀速率; E_A 表示人为加速风蚀速率),将 T 值作为土壤风蚀防治的根本指标。由此提出增加经济投入,加快土壤熟化过程以提高 T 值,或控制人为加速风蚀以降低 E_A 值的双向风蚀防治措施,并全面分析其经济效益和可持续性,使其达到事半功倍和可持续发展的目标。为此,应开展以下研究工作:

(1) 风蚀防治的 T 值效益分析。在当今市场经济条件下,风蚀防治措施应注重实用性,正确划分自然风蚀与人为加速风蚀之间的界限,结合具体情况,分析 T 值控制下的经济投入与产出比,选取最佳模式,达到 T 值控制的要求。

(2) 风蚀防治的可持续性,即 T 值时间区间问题。风蚀防治工作不能急功近利,而是要以可持续发展作为目标,要对土地生产力平衡机制及时间进行探讨,从理论上,达到 T 值概念中的“永久性”时间标准^[1]。当然,在实践上,还应注重实用性,一般认为,将 T 值时间区间定在 10~100 年是比较适中的^[21],但尚需做进一步研究。

(3) 风蚀防治的 T 值政策。将风蚀 T 值研究成果落实在风蚀防治政策上,建立全国性或地方性的 T 值指导标准及有关政策,加大 T 值控制力度,促进风蚀防治工作的全面实施和深入开展。

参 考 文 献

- 1 Wishmeier, W. H., and D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses—A Guide to Conservation Planning. Agric. Handb. 537. USDA, Washington, D. C.
- 2 Fryrear, D. W., and Leon Lyles. 1977. Wind erosion research accomplishments and needs. TRANSACTIONS of the ASAE, 20(5): 916~918.
- 3 董治宝,李振山,严平. 国外土壤风蚀的研究历史与特点. 中国沙漠, 1995, 15(1): 100~104.
- 4 陈渭南,董光荣,董治宝. 中国北方土壤风蚀问题研究的进展与趋势. 地球科学进展, 1994, 9(5): 6~11.
- 5 Smith, D. D. 1941. Interpretation of soil conservation data for field use. Agric. Eng., 22 173~175.
- 6 Hays, D. E., and N. Clark. 1941. Cropping systems that help control erosion. State Soil Conserv. Comm. Bull. 452, in cooperation with the Soil Conserv. Service, USDA, and the Agric. Exp. Stn., Univ. of Wisconsin, Madison.
- 7 Browing, G. M., G. L. Parish, and John Glass. 1947. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in the control of soil erosion in Iowa. J. Am. Soc. Agron, 39 65~73.
- 8 Schmit, B. L., R. R. Allmaras, J. V. Mannering, and R. I. Papendick (editors). 1982. Preface In Determinants of Soil Loss Tolerance. ASA Special Publication No. 45, Am. Soc. Agr., Madison, Wisconsin.
- 9 Ken Cook. 1982. Soil loss a question of values. J. Soil and Water Conserv., 37(2): 89~92.
- 10 M. 霍利. 侵蚀与环境(余新晓,陈利华译). 北京: 中国环境科学出版社, 1987, 33.
- 11 Zachar, D. 1982. Soil Erosion. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 83~84.
- 12 M. J. 克比, P. P. C. 摩根. 土壤侵蚀(王礼先译). 北京: 水力电力出版社, 1987, 280~281.
- 13 N. W. 哈德逊. 土壤保持(窦葆璋译). 北京: 科学出版社, 1975, 17~18.
- 14 Woodruff, N. P., and D. V. Armbrust. 1968. A monthly climatic factor for the wind erosion equation. J. Soil and Water Conserv., 23(3): 103~104.

(4)股份合作制弥补了承包、拍卖的不足。在社会主义市场经济条件下,承包和拍卖均发挥了一定的积极作用,但也存在明显的不足之处。承包和拍卖管理行政化,缺乏民主监督,只有少数人参加,不利于调动大多数人积极性,同时也使大区域“四荒”地的开发治理受到限制。在股份制经济条件下,分散经营的单家独户可以因某种经济目标而聚合成一个经济联合体,这个经济联合体在章程的约束下进行活动,股权平等,利益直接,企业化管理,民主化监督,自主经营,风险共担,利益均享。这种形式使每个人或每个团体均有机会参加。原来一家一户办不成的事得到了解决,原来因缺劳少资而无力充分利用的土地资源得到了有效的开发,从而真正形成了人人为水保,全民齐上阵的局面。

(5)土保资源得到有效管理,科学技术得到普遍推广。水土保持股份制把水土保持治理成果作为各个股东的共同资产进行管理,这样不仅确定了水土保持治理成果的资产属性,同时把水土保持治理成果的管理规范化。水土保持股份制把土地的使用权作价入股,从而使土地作为生产要素进入市场,不仅体现了公平、公正和自由竞争的市场经济原则,同时以法律的形式固定和约束了土地的所有者和使用者的行为,有利于土地的有效管理与开发。

当前,黄土高原区水保持科技状况不尽人意,水保科技进步缓慢,水保科技成果推广迟缓。股份制形式把科学技术作为生产要素入股,为水保科研与实践相结合创建了机会,也为水保科技的推广与开发提供了广阔的市场。同时实行水土保持股份制,把分散经营的单家独户因某种经济目标而聚合成一个经济联合体,把因资金、劳力、物资等生产要素的缺乏而进行的零星分散治理变成统一地点、统一时间、统一规划的规模开发治理,这样有利于进行专业化生产,一体化经营,区域化布局,也有利于水保科技和农业科技的推广。

(上接第 16 页)

- 15 秦作栋. 晋西北地区土地荒漠化及其整治对策研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 43.
- 16 Skidmore, E. L. 1982. Soil loss tolerance. In Determinants of Soil Loss Tolerance. ASA Special Publication No. 45, Am. Soc. Agr., Madison, Wisconsin. 87- 94.
- 17 Bennett, H. H. 1955. Elements of Soil Conservation. McGraw- Hill, New York.
- 18 Kohnke, H., and A. Bertrand. 1959. Soil Conservation. McGraw- Hill, New York.
- 19 Zachar, D. 1982. Soil Erosion. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsteram. 82.
- 20 董光荣,高尚玉,金炯. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径. 北京: 科学出版社, 1993. 113.
- 21 Cole, G. W., and J. J. Hggins. 1985. A probability criterion for acceptable soil erosion. TRAN SACTIDNS of the ASAE, 28(6): 1921- 1926.
- 22 McCormack, D. E., K. K. Young, and L. W. Kimberlin. 1982. Current criteria for determining soil loss tolerance. In Determinants of Soil Loss Tolerance. ASA Special Publication No. 45, Am. Soc. Agr., Madison, Wisconsin. 95- 112.
- 23 Hagen, L. L., and P. T. Dyke. 1980. Yield-soil loss relationship. In Proc., Workshop on Influence of Soil Erosion on Soil Productivity. Sci. and Educ. Admin. - Agr. Res., USDA, Washington, D. C.
- 24 董光荣,高尚玉,金炯. 青海共和盆地土地沙漠化与防治途径. 北京: 科学出版社, 1993. 53
- 25 Shrader, W. d., and G. W. Langdale. 1979. Effects of soil erosion on productivity. In Frontiers in Conservation. Soil Conserv. Soc. Am., Ankeny, Iowa.
- 26 Schertz, D. L. 1983. The basis for soil loss tolerance. J Soil and Water Conserv., 38(1): 10- 14.
- 27 Woodruff, N. P., and F. H. Siddoway. 1965. A wind erosion equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 29(5): 602- 608.
- 28 Hagen, L. J. 1991. A wind erosion prediction system to meet user needs. J Soil and Water Conserv., 46(2): 106- 111.
- 29 Fryrear, D. W., A. Saleh, J. D. Bilbro, T. M. Zobeck, and J. E. Stout. 1994. Field tested wind erosion model. In Proceedings of the International Sympasium. Wind Erosion in West Africa: The Problem and its Control. Margaf Verlag, Weik- ersheim, Germany.