

雨滴打击作用对黄土结皮影响的研究

刘 志 江忠善

(中国科学院西北水土保持研究所)

提 要

土壤表层结皮硬度与地面径流的大小、土壤侵蚀的程度密切相关，而土壤表层结皮主要是天然降雨击实的结果。本文根据野外定位观测资料，定量评价天然降雨的雨滴打击作用对黄土结皮硬度的影响，为进一步研究土壤抗蚀性和揭示雨滴侵蚀发生机制提供了科学依据。

一、前 言

根据有关研究资料，土壤表层结皮影响土壤侵蚀、地面径流和降雨入渗的作用极为显著^{〔1〕〔2〕}。天然降雨的雨滴打击作用，是地表结皮的主要原因。在坡面上，降雨的雨滴打击力对表层土壤的作用有两点：一是雨滴击碎溅起的土粒，堵塞表层孔隙；二是雨滴冲击力对地表频繁的机械压实作用和剪切作用。上述作用的结果，表现在降雨侵蚀和表土结皮或板结，结皮层一般很薄，国外学者把这个结皮层分为两部分：一部分是非常薄（约0.1毫米）的致密层；另一部分是大约5毫米厚的洗入层^{〔2〕}。

土壤表层硬度（即紧实度、含水量、质地和粘性矿物的综合反映），是土壤抗蚀性的一个重要指标，它是复杂的物理过程和物理化学过程相互作用的结果。因此从物理过程（功能转换）研究土壤结皮硬度与外营力的关系具有重要意义，同时为深入研究土壤因子在土壤侵蚀过程中的作用提供了科学依据。

二、研究方法

本试验在陕北安塞水土保持试验站土壤侵蚀试验场进行。试验站位于陕北黄土丘陵沟壑区中部的杏子河下游茶坊村，属于黄土丘陵区第二副区。试验场土壤为黄土母质性黄绵土。采用吸管法进行土壤颗粒分析结果：砂粒（>0.05毫米）含量为12.4%，粉粒（0.05—0.005毫米）为71.7%，粘粒（<0.005毫米）含量为15.9%，为轻粉质壤土。土壤有机质含量介于0.3—0.45%之间。

试验小区分为10°、15°、20°、25°、30°、35°共6级坡度，水平投影面积为1平方米，宽度为0.6米。小区表土处理为人工翻动的裸露休闲地，在每次降雨产流观测后松动表土层约5厘米，消除表土结皮或硬壳的影响，在观测期间采用人工拔草方法保持地面处于无植物生长状态。

观测项目有降雨量、降雨强度、雨滴组成和表土硬度。降雨观测和雨滴组成观测采用常规方法^{〔3〕}，在此不再介绍。表土硬度采用国产的TFS—Ⅲ型土壤硬度计测定，降雨产流后几小时内（基本消除太阳能辐射对结皮影响）在小区的上中下部均匀取6点测定（消除测量的随机误差）。

取 6 次平均值作为该小区的表土硬度。

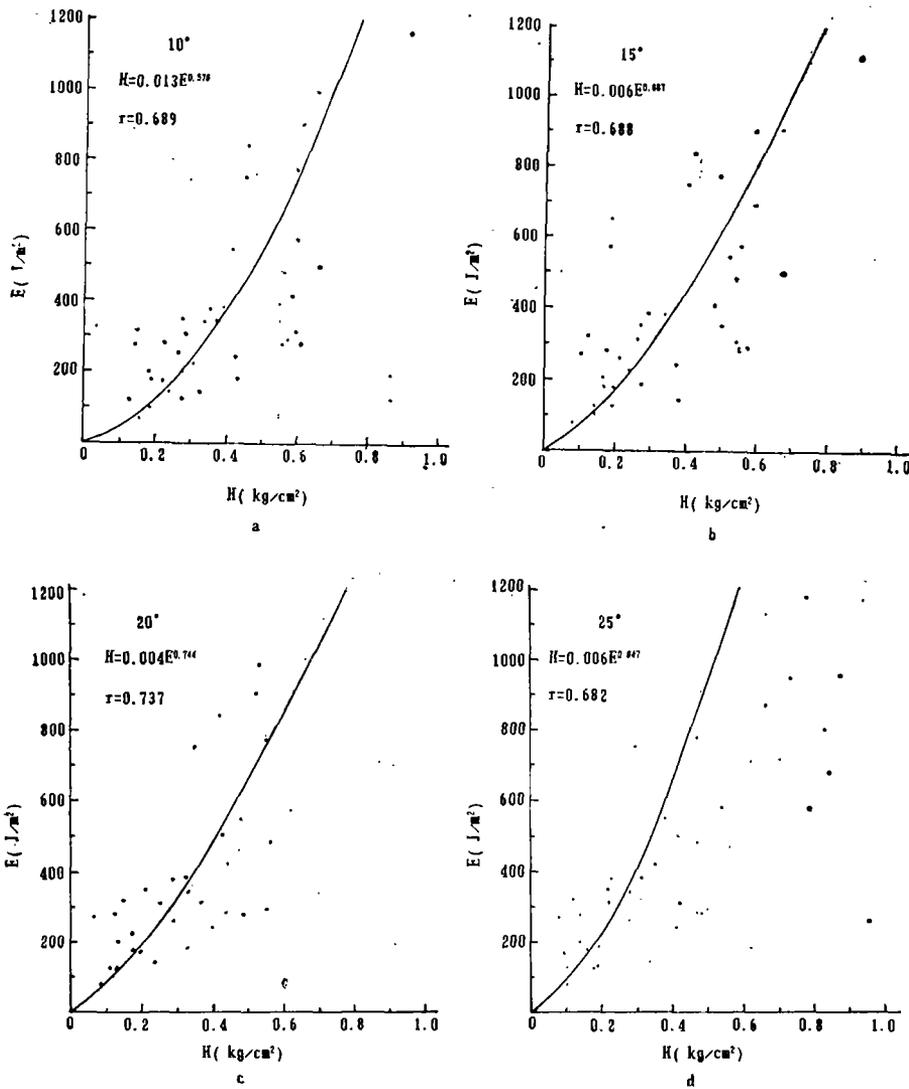
三、试验研究分析结果

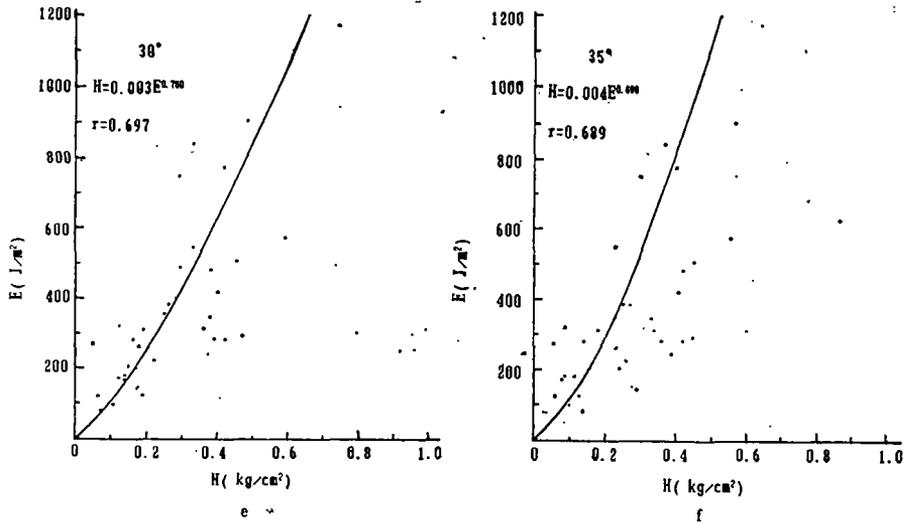
雨滴打击力与雨滴的动能是密切相关的，因此本文分析采用雨滴动能表示。雨滴动能计算采用江忠善同志建立的黄土高原降雨动能经验公式进行计算〔4〕。

目前由于直接测量表土结皮层强度存在很大困难，但它与表土硬度密切相关，因而以土壤硬度计测定的表土硬度值作为结皮层强度的相对指标。由于试验处理是在每次降雨产流后松动表土，因而处理后的地表硬度可以认为趋于一个常数。据 3 年试验的 33 次资料分析，当坡度一定时，表土硬度与降雨动能为非线性关系，以下式表示它们之间相互关系：

$$H = aE^b \dots \dots \dots (1)$$

式中：H——表土硬度（公斤/平方厘米）；E——一次降雨动能（焦尔/平方米）；a、b——待定





a-f 各阶试验坡度上的表土硬度H与降雨动能E的关系图

系数和指数。

经过相关分析，其结果见图a-f所示。由图可以看出，在坡度相同时，表土硬度随着降雨动能的增大而增加，并且有良好的相关性（均在0.01水平上高度显著）。因此，降雨动能是影响表土硬度变化的重要因素。

根据理论力学原理，雨滴在坡面上打击力可以分解为垂直坡面的压实力和沿着坡面向下的剪切力。在相同的雨滴打击条件下，雨滴冲击压实力将随着坡度的增加而减小，反映在表土硬度上应是随着坡度的增加而减小。通过对资料分析得到如下关系式（198个样本）：

$$H = 0.0146E^{0.688} \cdot J^{-0.33} \dots \dots \dots (2)$$

式中：J——坡面坡度（度）。

式（2）的复相关系数R = 0.71，经显著性检验（ $F = 96.60 \gg F_{\frac{\alpha}{2}; \frac{\alpha}{1} \frac{\alpha}{6}} = 4.79$ ）在0.01水平上高度显著。这说明试验结果和理论分析是吻合的，为进一步从理论上研究土壤侵蚀物理机制开拓了思路。

四、结 语

通过野外定位试验研究，分析探讨了降雨动能对黄土结皮硬度的影响，为进一步揭示雨滴侵蚀发生机制提供了科学依据。试验研究表明，降雨雨滴打击作用对黄土结皮硬度的影响显著，在同一坡度下，地表结皮硬度随着降雨动能的增加而递增；在相同降雨打击力条件下，地表结皮硬度随着坡度的增大而减小。

参 考 文 献

- [1] L. D. Baver et al; Soil Physics, Fourth Edition; 1972.
- [2] M. J. Kirby, R. P. C. Morgan; Soil Erosion, John and Wiley Sons Ltd., 1980.
- [3] 窦葆璋、周佩华：“雨滴观测方法和计算方法”，《水土保持通报》，1982年第1期。
- [4] 江忠善：“黄土高原天然降雨雨滴特性研究”，《中国水土保持》，1983年第3期。