

试验研究

# 不同降雨类型下的南方典型土壤侵蚀量差异研究

张黎明<sup>1,2</sup>, 于东升<sup>2</sup>, 史学正<sup>2</sup>, 林金石<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学 资源与环境学院, 福建 福州 350002;

2. 中国科学院 南京土壤研究所 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 江苏 南京 210008)

**摘要:** 利用江西省鹰潭市红壤国家生态实验站 1997—2003 年度自然降雨观测资料和该站我国南方主要类型土壤径流小区的流失量实测数据, 研究了 5 组降雨类型(I: 12.7 mm < 次降雨量 < 20 mm; ④ 20 mm ≤ 次降雨量 < 30 mm; ④ 30 mm ≤ 次降雨量 < 40 mm; ⑤ 40 mm ≤ 次降雨量 < 50 mm; ⑥ 次降雨量 > 50 mm) 在单位降雨(1 mm) 和单位降雨侵蚀力(1 个数值侵蚀力) 条件下不同类型土壤的流失量差异。结果表明: (1) 单位降雨产生侵蚀力的规律为: ⑥ > ④ > ⑤ > ⑦ > iv 类降雨。(2) 不同土壤在单位降雨下的产沙量趋势呈: iv > ⑤ > ④ > ⑥ > ⑦ 类降雨。(3) 在单位降雨侵蚀力下, 除 ⑦ 类降雨的产沙量相对比 ④ 类降雨的产沙量大以外, 其它各类降雨的产沙量规律与单位降雨的产沙规律相一致, 均呈现: iv > ⑤ > ④ 类降雨。

**关键词:** 降雨类型; 土壤流失量; 降雨侵蚀力; 南方土壤

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0001-06

中图分类号: S157.1

## Soil Loss of Different Typical Soils in South China Under Different Rainfall Types

ZHANG Li-ming<sup>1,2</sup>, YU Dong-sheng<sup>2</sup>, SHI Xue-zheng<sup>2</sup>, LIN Jin-shi<sup>1,2</sup>

(1. College of Resource and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University,

Fuzhou, Fujian 350002, China; 2. State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture,

Nanjing Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

**Abstract:** According to the observation data of rainfalls and soil loss in the ecological experiment station of red soil(EESRS) in Yingtan City of Jiangxi Province from 1997 to 2003, the amounts of soil erosion of single precipitation and single rainfall erosivity in different soils of south China were analyzed. The results were as following: (1) The tendency of rainfall erosivity in single precipitation was: ⑥ > ④ > ⑤ > ⑦ > iv(I: 12.7 mm < rainfall < 20 mm; ④ 20 mm ≤ rainfall < 30 mm; ④ 30 mm ≤ rainfall < 40 mm; ⑤ 40 mm ≤ rainfall < 50 mm; ⑥ rainfall > 50 mm). (2) The tendency of unit precipitation on soil loss in different soil types was: iv > ⑤ > ④ > ⑥ > ⑦. (3) The tendency of soil loss in single rainfall erosivity was the same as that of unit precipitation, except grade ⑦ rainfall.

**Keywords:** rainfall types; amounts of soil erosion; rainfall erosivity; soils of South China

我国是世界上土壤侵蚀最严重的国家之一, 全国水力侵蚀面积  $1.79 \times 10^6 \text{ km}^2$ , 每年土壤流失量达到  $8.00 \times 10^9 \text{ t} \sim 1.20 \times 10^{10} \text{ t}$ , 直接影响到社会经济的可持续发展<sup>[1,2]</sup>。土壤侵蚀的产生是多种自然与社会因素相互作用的结果, 而降雨是土壤侵蚀自然因素的主要动力, 雨滴击溅和分离土壤颗粒以及径流冲刷和转运导致了土壤流失<sup>[1,2]</sup>。自从人们认识到这一点以后, 降雨与土壤侵蚀的关系也成为水土保持科学研究的重点。从 1751 年开始, 俄国科学家罗蒙诺索夫<sup>[3]</sup>首次涉及到暴雨对土壤的溅蚀作用。到 1940 年

Laws<sup>[4]</sup>对自然降雨的特征进行了研究。1947 年 Ellison<sup>[5]</sup>对降雨的侵蚀机制作了分析, 极大地改变了人们对土壤侵蚀的认识, 并促进了许多学者对雨滴直径、雨滴分布、雨滴下落的终点速度以及降雨能量的研究。Legout 等<sup>[6]</sup>采用人工模拟降雨方法研究了 4 种不同土壤类型在相同降雨条件下的溅蚀距离和团聚体的分配情况。周佩华等人<sup>[7]</sup>真正将降雨与土壤侵蚀视为一体进行研究, 得出了雨滴动能与降雨强度之间的关系, 并进一步分析了降雨能量与侵蚀量之间的关系。焦菊英等<sup>[8]</sup>通过分析黄土高原不同类型暴

收稿日期: 2010-12-01

修回日期: 2010-12-21

资助项目: 国家重点基础研究(973) 发展计划项目“中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究”(2007CB407206); 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-YW-Q1-07); 国家自然科学基金项目(41001126)

作者简介: 张黎明(1979—), 男(汉族), 甘肃省临夏县人, 博士, 讲师, 研究方向为土壤资源与 GIS 应用。E-mail: lmzhang\_1979@163.com。

通信作者: 于东升(1967—), 男(汉族), 江苏省海安县人, 副研究员, 研究方向为土壤资源与 GIS 应用。E-mail: dshyu@issas.ac.cn。

雨的降水侵蚀特征,得出次雨量为 10~30 mm 的 A 型暴雨是引起土壤侵蚀的主要原因。近些年来,在我国南方土壤上关于降雨与土壤侵蚀关系的研究也很多。例如,孙昕等<sup>[9]</sup>对江西省兴国县塘背河、廖公坑和蕉溪河 3 个小流域水土保持综合效益进行了评价。梁音等<sup>[10]</sup>研究提出了新的土壤侵蚀综合指数 (*EI* 值)的计算方法,并对南方红壤区 476 个县的土壤侵蚀综合指数进行了计算。

尽管国内外水土保持工作者对降雨与土壤侵蚀的关系做了很多研究。但利用次降雨量大小分类方法对单位降雨(1 mm)和单位降雨侵蚀力(1 个数值侵蚀力)条件下不同类型土壤的流失量差异方面的研究却相对较少。

为此,本研究利用江西省鹰潭市中国科学院红壤国家生态实验站径流小区 1997—2003 年间土壤流失量实测数据和自建气象台站的降雨观测资料,研究了不同降雨类型下单位降雨和单位降雨侵蚀力对我国南方不同典型土壤流失量的影响,以便为进一步提高

我国南方地区不同土壤流失量预报精度和合理制定水土流失模型参数提供参考依据(表 1)。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 径流小区概况及布设

红壤生态国家实验站隶属于中国科学院南京土壤研究所,是科学院在南方红壤地区设置的一个长期、综合的试验研究基地。该站位于江西省鹰潭市余江县,东经 116°55′3″,北纬 28°15′20″,距南昌市 135 km,离鹰潭市 13 km,属中亚热带北缘湿润季风气候区。该区地势较平坦,以低丘岗地为主,海拔均在 100 m 以下,年均气温为 17.7℃,最高温在 7 月份,平均温为 29.5℃,最低温在 1 月份,均温 5.1℃,≥10℃的积温为 5 627.6℃,年均日照时数为 1 852.4 h,年平均降水量 1 752 mm。年内降雨分配极为不均,干湿期非常明显,雨季 3—6 月的降水量占全年总降水量的 60%,而旱季 9 月至翌年 1 月降水量仅占全年的 20%,极有利于土壤侵蚀的发生<sup>[11]</sup>。

表 1 试验小区的基本情况

小区	成土母质	土壤名称	基本情况
9	第四纪红色黏土	红色湿润新成土	土壤原来的 A 和 B 层已全部被侵蚀,仅存红黄相间杂色的网纹层,地貌上形成状如沙丘的“红色沙漠”,已全为裸露地,无植被覆盖。
10	第四纪红色黏土	黏淀湿润富铁土	约 40 a 前曾是原始林地,后开垦为农地,土层深厚,种植油菜和花生,是当地第四纪红色黏土区分布很广的旱耕地土壤类型。
11	第四纪红色黏土	黏淀湿润富铁土	约 40 a 前曾是原始林地,林木砍伐后成为稀疏马尾松草本植物混生的荒地,土层深厚,土壤原来的 A 层已被侵蚀,是第四纪红色黏土区最典型的荒地土壤类型。
12	红砂岩	铝质湿润淋溶土	林木砍伐后,是以稀疏草本植物为主的荒地,土壤原来的 A 层和部分 B 层已被侵蚀,是红砂岩地区有代表性的荒地土壤类型。
13	红砂岩	铝质湿润淋溶土	约 40 a 前由原始林地开垦成的耕地,主要种植油菜和花生。
14	紫红色砂页岩	紫色湿润锥形土	水土流失严重,土壤原来的 A 和 B 层都已被侵蚀,地表仅有少量植被,是紫红色砂页岩风化而来的幼年土壤。
15	花岗岩	铝质湿润淋溶土	林木砍伐之后,仅生长草本植物和灌木,但植被覆盖度高。
16	花岗片麻岩	筒育湿润富铁土	30 a 以前几乎是荒山一片,后经开垦而成,土壤土层深厚,厚度可达 2 m 以上。种植花生、红薯、西瓜等,种植年限已有 15~20 a。
17	云母片岩	黏淀湿润富铁土	荒地土壤,土层深厚,厚度可达 3 m 以上,有机质层较薄,0—30 cm 土层紧实。荒地上除有少量的薪炭林木外,几乎是荒草地。
18	第四纪红色黏土	黏淀湿润富铁土	土壤为原地原状土,详情同 11 号小区。试验区处理与 11 号小区不同。
19	千枚岩	铝质湿润淋溶土	荒地土壤,土壤土层深厚,厚度可达 3 m 以上,荒地上有少量的薪炭林木。采土部位在坡的上部。坡度约为 7°,40 a 前该地也曾是原始林地,后经砍伐撩荒而成。
20	千枚岩	铝质湿润淋溶土	旱耕地土壤,土壤土层深厚,厚度可达 3 m 以上。耕地上种植花生、油菜、红薯等,种植年限已有约 20 a。该旱地土壤处在坡的下部,坡度约为 7°,与 19 号小区土壤处在同一坡向上。
21	第四纪红色黏土	筒育湿润富铁土	荒地土壤,详情同 11 号小区。与 18 号小区相比,该小区的土壤砾石较多,且砾径较粗。原为荒地土壤,后经开垦种植果树,树龄已有 3 a。
22	紫红色砂页岩	紫色湿润锥形土	土壤为旱地土壤,土壤土层深厚,耕地上种植花生、油菜、红薯等,种植年限至少已有 70~80 a。该旱地土壤处在坡的中部,坡度约为 7°,但在坡顶上母质层出露,局部发育成初骨土。

该站建有径流试验小区 22 个, 小区的水平投影长 8 m, 宽 1.5 m。其中 9—22 号小区分别装填我国南方主要类型的土壤, 各试验小区的土壤的一些基本情况见表 1。各小区用水泥板与外界分隔。在小区下方安装集水桶, 用以收集径流和泥沙。在小区径流出口处, 套上自制的 60 目呢绒网袋, 以便收集粗颗粒的泥沙。所有小区均无任何植被覆盖, 在每年的 3 月底翻耕一次。各小区在每次自然降雨前都将土层表面耙平, 以破坏前一次降雨形成的表面结壳。

### 1.2 研究方法

1.2.1 土壤流失量观测 根据红壤生态实验站土壤侵蚀实验区的观测结果表明, 当某一次降雨量  $P < 12.7 \text{ mm}$  时, 该场次的降雨不会引起土壤流失<sup>[11, 13-14]</sup>。因此, 本研究统计的侵蚀性降雨是指次降雨量  $P > 12.7 \text{ mm}$  的降雨。降雨场次按历时 6 h 而降雨量  $P < 12.7 \text{ mm}$  作为划分原则<sup>[11, 13]</sup>。一场侵蚀性降雨过后, 立即测量各个小区的径流量( $R_i$ )、采集径流样品、收集网袋中所有的泥沙样品。然后将样品带回实验室风干后测定其重量( $G_i$ ), 再用烘干法测定径流中的泥沙含量( $C_s$ )和烘干泥沙样中的土壤含水量( $C_w$ )。则每次土壤流失量( $S_i$ )为:  $S_i = R_i \times C_s + G_i / (1 + C_w)$ ; 年径流量为  $\sum R_i$ , 年土壤流失量为  $\sum S_i$ 。

1.2.2 降雨侵蚀力计算 本研究计算红壤生态实验站土壤侵蚀实验区的  $R$  值时, 以 USLE 方程的  $\sum EI_{30}$  算法作为标准方法<sup>[11, 13]</sup>。

$$R = \sum EI_{30} / 100 \quad (1)$$

式中:  $R$  ——某次降雨的侵蚀力值 [ $100\text{m} \cdot \text{t} \cdot \text{cm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ], 此米吨系统转成美制系统后乘以 17.02 即可转成焦耳系统 [ $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ ];  $\sum$

$E$  ——某次降雨的总动能 [ $\text{J} / (\text{m}^2 \cdot \text{mm})$ ];  $I_{30}$  ——某次降雨中最大 30 min 的降雨强度 ( $\text{cm} / \text{h}$ )。

次降雨过程中的某时段雨量的动能  $E$ :

$$E = e \cdot P \quad (2)$$

$$e = 11.897 + 8.731 \lg i \quad (3)$$

式中:  $P$  ——某时段降雨量 ( $\text{cm}$ );  $e$  ——单位降雨强度  $i$  ( $\text{mm} / \text{h}$ ) 决定的单位降雨动能 ( $\text{J} / (\text{m}^2 \cdot \text{mm})$ )。

通过以上公式算出每次侵蚀性降雨侵蚀力, 将每月各场次的次降雨侵蚀力求和, 得到该月的降雨侵蚀力  $R$ , 将全年各场次的次降雨侵蚀力  $R$  求和, 得到本年度的降雨侵蚀力  $R$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 研究区不同降雨类型降雨的分布特征

本研究对红壤生态国家实验站各年的侵蚀性降雨进行了分析, 最后根据次降雨量的大小等值间隔划分为 5 类(表 2)。

从不同类型降雨分布来看, 红壤生态实验站地区主要以 iv, ㊸和 ㊹类降雨为主, 这 3 类降雨占总侵蚀性降雨场次的 81.4%; 而 ㊷类降雨最少, 7 a 中只有 12 次。从各类侵蚀性降雨雨量分布来看(图 1), ㊹类降雨明显高于其它 4 类, 其降雨量占总侵蚀性降雨量的 58.35%, ㊸类降雨是最少的, 其降雨量只占总侵蚀性降雨的 4.78%, 而其它 3 类的降雨量相差不大, 都约在 1 000 mm。这也对水土保持工作者制定鹰潭地区的土壤侵蚀工作计划提供了一个依据, 尤其 ㊹类降雨的增多, 必然造成该地区严重的水土流失。因此, 在该地区应重视气象预报, 提高灾害天气的预报准确度, 严防暴雨造成的突发性水土流失。

表 2 红壤生态实验站不同侵蚀性降雨分类

降雨类型	iv	㊸	㊹	㊷	㊶
雨量/mm	$12.7 < P < 20$	$20 \leq P < 30$	$30 \leq P < 40$	$40 \leq P < 50$	$P > 50$
样本数 $N$	66	63	31	12	55

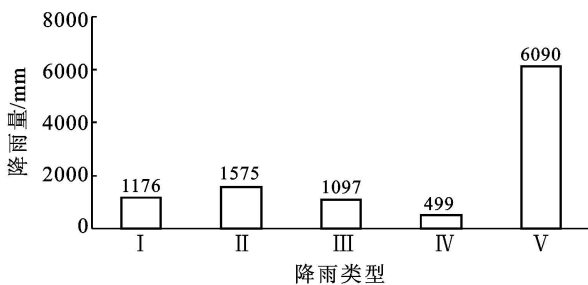


图 1 1997—2003 年不同类型降总雨量分布

### 2.2 不同雨型单位降雨(1 mm)产生侵蚀力的差异 降雨侵蚀力指数是判断降雨侵蚀的最佳指标之

一, 它已成为土壤侵蚀规律研究和土壤侵蚀预报的重要基础。为更好地了解红壤生态实验站地区降雨侵蚀力的特性, 以便提高该地区的水土流失预报精度; 本研究对该地区 1997—2003 年在不同降雨类型下每 1 mm 降雨产生的侵蚀力进行了分析(表 3)。

从表 3 中可以看出, 在不同降雨类型下虽然降雨量相同, 但产生的降雨侵蚀力却存在明显的差异。在 iv 类降雨下产生的侵蚀力最小, 单位降雨只产生  $2.47 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  的侵蚀力; 而在 ㊹类降雨下产生的侵蚀力最大, 单位降雨产生  $5.50 \text{ MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  的侵蚀力, 其它各类降雨下单位降雨产生的侵蚀

力也并不都是随着降雨量的增大而呈现正相关关系。如在 ⑤类降雨下单位降雨产生的侵蚀力比 ④类要小, 这种情况的发生主要是雨强的大小造成的。虽然 ⑤

类降雨的次降雨量较大, 但平均雨强相对较小, 只有 9.83 mm/h, 明显小于 ④类降雨的平均雨强 17.64 mm/h, 以致使最终产生的降雨侵蚀力较小。

表 3 不同降雨类型下的平均雨强和单位降雨量(1 mm)降雨产生的降雨侵蚀力

降雨类型	iv	⑦	④	⑤	⑨
雨量/mm	12.7 < P < 20	20 ≤ P < 30	30 ≤ P < 40	40 ≤ P < 50	P > 50
R 均值	2.47	2.77	4.19	3.08	5.50
I <sub>30</sub> 均值	10.37	12.28	17.64	9.83	22.39

注: R 均值单位为 MJ·mm/(hm<sup>2</sup>·h·a); I<sub>30</sub>均值单位为 mm/h。

### 2.3 不同降雨类型下单位降雨(1 mm)对南方典型土壤产沙量的影响

应用红壤生态国家实验站 1997—2003 年间土壤可蚀性试验区流失量实测数据和自建气象台站的自然降雨观测资料, 得出我国南方典型土壤在不同降雨类型下单位降雨的产沙量(表 4)。

从表 4 可以看出, 我国南方典型土壤在不同降雨类型下单位降雨产生的流失量差异也很大。在 iv 类降雨下产沙量最大的是花岗岩发育的铝质湿润淋溶土(15 号小区), 每 1 mm 侵蚀性降雨产生 7.25 g 泥沙, 其相对于产沙量最小的干枚岩发育的铝质湿润淋溶土(20 号小区)相差将近 4 倍。另外, 在 iv 类降雨下其它土壤间产沙量差异也比较大。如 11, 16, 17, 19 和 22 号小区的产沙量都在 5.0 g 以上, 而 13 和 18 号小区产沙量却在 2.5 g 以下。这主要是由于不同土壤自身属性的差异导致土壤产沙量差异很大, 一般黏粒含量小和有机质含量高的土壤抗侵蚀能力强, 反之则小; 从土壤属性来看, 11, 16, 17 和 19 号小区黏粒含量

都基本在 38% 以上, 明显高于其它多数土壤类型, 这也导致了这几个小区的土壤产沙量相对较大<sup>[12]</sup>。在 ⑦类降雨下各土壤产沙量都普遍较小, 而且差异也不大, 大多在 1~3 g 之间。但在 ④类降雨下产沙量又开始增大, 而且不同土壤间差异也比较大。产沙量最大的也是花岗岩发育的铝质湿润淋溶土(15 号小区), 每 1 mm 降雨下产生 6.02 g 泥沙量, 最小的是第四纪红色黏土发育的黏淀湿润富铁土(18 号小区), 只有 1.03 g, 其它小区产沙量大多在 3~5 g 之间。在 ⑤类降雨下不同土壤间的产沙量差异也比较显著, 产沙量最大的是花岗片麻岩发育的筒育湿润富铁土(16 小区)和紫红色砂页岩发育的紫色湿润锥形土(22 号小区), 每 1 mm 侵蚀性降雨的产沙量都在 7.0 g 以上, 最小的是第四纪红色黏土发育的黏淀湿润富铁土(18 号小区), 每 1 mm 侵蚀性降雨只产生 1.89 g 泥沙, 其它各小区产沙量差异也比较大。在 ⑨类降雨下各小区产沙量都相对较小, 而且各土壤间差异也不大, 大多在 2~5 g 之间。

表 4 不同降雨类型下单位降雨量(1 mm)在不同下垫面条件下的产沙量

小区编号	iv		⑦		④		⑤		⑨	
	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s
9	70	2.94	45	1.47	26	3.18	10	4.49	49	1.98
10	74	4.81	48	1.55	25	3.98	11	5.52	46	2.50
11	64	6.58	46	2.18	26	3.19	11	5.47	48	2.43
12	75	3.28	48	1.33	27	2.80	11	3.23	49	2.41
13	80	2.45	52	1.18	28	4.17	11	4.02	49	2.06
14	85	4.49	57	2.29	29	4.21	10	4.43	49	3.18
15	95	7.25	59	3.03	30	6.02	12	5.64	49	4.54
16	84	6.03	56	2.68	30	4.19	9	7.93	50	4.30
17	88	5.11	58	2.86	29	3.83	12	5.29	50	4.83
18	81	2.33	53	0.71	27	1.03	11	1.89	47	0.91
19	82	5.30	52	3.18	28	4.00	10	4.36	50	3.80
20	81	2.01	51	0.93	27	5.39	11	3.76	50	1.73
21	76	3.33	53	1.33	26	3.33	11	4.38	48	2.39
22	85	5.08	55	2.21	28	3.48	11	7.79	48	3.89

注: n 为样本数; s 为产沙量(g/m<sup>2</sup>)。下同。

通过分析表明, 南方不同类型土壤产沙量呈现: iv> ⑤> ④> ③> ②类降雨的分布规律, 这也与本课题组在江西省红壤区铝质湿润淋溶土上的野外模拟降雨的试验结果相一致<sup>[15]</sup>。但也有部分土壤的产沙量存在与以上趋势不一致的现象, 如在 iv 类降雨下 10, 11, 12, 14, 15, 18 和 19 号小区产沙量比其它各级降雨类型要高出许多; 9, 16, 17, 21 和 22 号小区在 ⑤类降雨量条件下的产沙量是 5 类降雨中最大的, 而 13 和 20 号小区在 ②类降雨下的产沙量比其它各类降雨的要高, 其机理还有待于进一步的研究。

#### 2.4 不同降雨类型下单位侵蚀力对南方典型土壤产沙量的影响

根据土壤可蚀性试验区流失量实测数据和自建气象台站的自然降雨观测资料, 得出我国南方典型土壤在不同降雨类型下单位侵蚀力( $1 \text{ MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ ) 的产沙量结果(表 5)。

从表 5 可以看出, 我国南方典型土壤在不同降雨类型下单位侵蚀力产生的流失量差异也很大。在 iv

类降雨下花岗岩发育的铝质湿润淋溶土(15 号小区)产沙量最大, 其单位侵蚀力产生 2.83 g 泥沙; 与产沙量最小的千枚岩发育的铝质湿润淋溶土(20 号小区)相比, 相差近 4 倍; 而且在这类降雨下其它土壤间差异也是比较大, 如 11, 15, 16, 19 号小区的产沙量都在 2.0 g 以上, 而 9, 13, 18, 21 号小区产沙量却在 1.0 g 左右。但在 ②类降雨下各土壤间的产沙量差异又不大, 各小区的产沙量大多在 0.4~1.0 g 之间。在 ④类降雨下, 除第四纪红色黏土发育的黏淀湿润富铁土(18 号小区)产沙量比较小以外, 其它土壤的产沙量大多在 0.6~1.0 g 之间。在 ⑤类降雨下也是第四纪红色黏土发育的黏淀湿润富铁土(18 号小区)的产沙量比较小, 单位侵蚀力只产生 0.44 g 泥沙量; 产沙量最大的是花岗岩片麻岩发育的筒育湿润富铁土(16 号小区)和紫红色砂页岩发育的紫色湿润锥形土(22 号小区), 单位降雨侵蚀力产沙量都在 1.7 g 以上, 其它各小区产沙量大多在 1.0~1.5 g 之间。在 ③类降雨下各小区产沙量都相对较小, 基本都在 0.3~0.8 g 之间。

表 5 不同降雨量类型下 1 个数值降雨侵蚀力在不同土壤上的产沙量

小区 编号	iv		②		④		⑤		③	
	n	s	n	s	n	s	n	s	n	s
9	70	1.00	45	0.44	26	0.67	10	0.99	49	0.34
10	74	1.80	48	0.47	25	0.72	11	1.28	46	0.44
11	64	2.25	46	0.64	26	0.69	11	1.25	48	0.42
12	75	1.37	48	0.46	27	0.72	11	0.74	49	0.42
13	80	0.93	52	0.41	28	0.93	11	0.92	49	0.36
14	85	1.63	57	0.77	29	0.96	10	1.02	49	0.55
15	95	2.83	59	1.05	30	1.36	12	1.38	49	0.79
16	84	2.23	56	0.93	30	0.99	9	1.77	50	0.74
17	88	1.99	58	0.98	29	0.86	12	1.29	50	0.84
18	81	0.90	53	0.23	27	0.22	11	0.44	47	0.15
19	82	2.04	52	1.03	28	0.90	10	1.04	50	0.87
20	81	0.78	51	0.30	27	1.20	11	0.86	50	0.30
21	76	1.06	53	0.45	26	0.77	11	1.00	48	0.41
22	85	1.99	55	0.75	28	0.74	11	1.78	48	0.68

分析表 5 可知, 从不同降雨类型下各土壤流失量总趋势呈现: iv> ⑤> ④> ③> ②类降雨的分布规律, 这也与不同降雨类型下单位降雨的产沙量规律基本相一致, 不同的是单位侵蚀力下 ②类降雨产沙量要比 ③类降雨的大; 而且与单位降雨下的产沙趋势相比, 各小区在单位侵蚀力下产沙量规律分布都相对比较一致。在 iv 类降雨下除千枚岩发育的铝质湿润淋溶土(20 号小区)以外, 其它各小区产沙量都是在这 5 类降雨中最大的。在 ⑤类降雨下千枚岩发育的铝质湿润淋溶土(20 号小区)以外, 其它小区的产沙量都是小于 iv 类降雨而大

于其它各类降雨。在 ④类降雨下除 13, 17, 18, 19, 20 和 22 号小区以外, 其它各小区产沙量分布也相对比较一致, 均小于 iv 和 ⑤类降雨, 而大于 ②和 ③类降雨。在 ②类降雨下除 17, 18, 19 和 22 号小区外, 其它小区都是产沙量小于 iv, ⑤和 ④级降雨, 而大于 ③类降雨。在 ③类降雨下所有小区的产沙量都是在各类降雨下最小的。

### 3 结论

(1) 从不同降雨类型下单位降雨产生的侵蚀力

可以看出,在Ⅸ类降雨下产生的侵蚀力最大,单位降雨产生  $5.50 \text{ MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  的侵蚀力;而在Ⅳ类降雨下产生的侵蚀力最小,单位降雨只产生  $2.47 \text{ MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$  的侵蚀力;其它Ⅶ、Ⅷ、Ⅴ类降雨产生的侵蚀力值分别为 2.77、4.19 和  $3.08 \text{ MJ} \cdot \text{mm}/(\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a})$ 。从各类侵蚀性降雨量分布来看,红壤生态实验站地区主要是以Ⅸ类侵蚀性降雨为主,其降雨量占总侵蚀性降雨量的 58.35%;而Ⅴ类侵蚀性降雨最少,其降雨量只占总侵蚀性降雨的 4.78%。

(2) 从不同降雨类型下单位降雨对南方典型土壤产沙量影响来看,总趋势呈:Ⅳ>Ⅴ>Ⅷ>Ⅸ>Ⅶ类降雨。但各土壤在Ⅶ类降雨下产沙量都达到最小值以外,其它降雨类型下的土壤流失量分布也存在一定差异。

(3) 从不同降雨类型下单位侵蚀力对南方典型土壤产沙量影响来看,除Ⅶ类降雨的产沙量相对比Ⅸ类降雨大以外,其它不同降雨类型的侵蚀规律与单位降雨下的各土壤产沙量分布趋势相一致,均呈:Ⅳ>Ⅴ>Ⅷ>Ⅸ

#### [ 参 考 文 献 ]

[ 1 ] 章文波,谢云,刘宝元. 用雨量和雨强计算次降雨侵蚀力 [ J ]. 地理研究, 2002, 21(3): 384-390.

[ 2 ] 章文波,付金生. 不同类型雨量资料估算降雨侵蚀力 [ J ]. 资源科学, 2003, 25(1): 35-41.

[ 3 ] 吴发启,赵晓光,刘秉正,等. 黄土高原南部缓坡耕地降雨与侵蚀的关系 [ J ]. 水土保持研究, 1999, 6(2): 53-60.

[ 4 ] Laws J O. Recent studies in raindrops and erosion [ J ]. Agricultural Engineering, 1940, 21: 431-433.

[ 5 ] Ellison W D. Soil detachment hazard by rainfall splash [ J ]. Agricultural Engineering, 1947, 28: 197-201.

[ 6 ] Legout C, Legu doisb S, Le Bissonnaisb Y, et al. Splash distance and size distributions for various soils [ J ]. Geoderma, 2005, 124: 279-292.

[ 7 ] 周佩华. 降雨能量的试验研究初报 [ J ]. 水土保持通报, 1981, 1(1): 51-62.

[ 8 ] 焦菊英,王万中,郝小品. 黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征 [ J ]. 干旱区资源与环境, 1999, 13(1): 34-42.

[ 9 ] 孙昕,李德成,梁音. 南方红壤区小流域水土保持综合效益定量评价方法探讨 [ J ]. 土壤学报, 2009, 46(3): 373-380.

[ 10 ] 梁音,杨轩,苏春丽,等. 基于 EI 的南方红壤区土壤侵蚀县域差异与趋势分析 [ J ]. 土壤学报, 2009, 46(1): 24-29.

[ 11 ] 于东升,史学正. 红壤生态实验站的降雨侵蚀力及其特征 [ C ] // 红壤生态系统研究(第五集). 北京: 中国农业出版社, 1998: 57-62.

[ 12 ] 史学正,于东升,吕喜玺. 用人工模拟降雨仪研究我国亚热带的可蚀性 [ J ]. 水土保持学报, 1995, 9(3): 38-42.

[ 13 ] Wischemeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to Conservation planning [ M ]. USDA, Washington D C: Agriculture Handbook 537, 1978: 58.

[ 14 ] 卜兆宏,宫世俊,阮伏水,等. 降雨侵蚀力因子的算法及其在土壤流失量检测中的选用 [ J ]. 遥感技术与应用, 1992, 7(3): 1-10.

[ 15 ] 刘柳松,任艳艳,史学正,等. 秸秆覆盖对不同初始含水率土壤产沙过程的影响 [ J ]. 农业工程学报, 2010, 26(1): 108-112.