

# 不同降雨和植被类型下 径流小区产流产沙特征分析

刘倩文

(江苏省水文水资源勘测局盐城分局, 江苏 盐城 224001)

**摘要:** 基于滨海水土保持监测站大套坡面径流小区 2022—2023 年监测资料, 利用双累积曲线、Pearson 相关性分析等方法, 探讨盐城市北方土石山区在不同降雨条件下不同植被类型对径流泥沙的影响, 并进行水土保持措施防治效益评价, 旨在为本区域水土流失预防和建设良好的生态环境提供了技术支持。

**关键词:** 侵蚀性降雨; 土石山区; 下垫面; 产流产沙; 盐城市

**中图分类号:** S157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7839(2024)10-0001-0005

## Analysis of runoff and sediment production characteristics in runoff plots under different rainfall and vegetation types

LIU Qianwen

(Yancheng Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau,  
Yancheng 224001, China)

**Abstract:** Based on the monitoring data from 2022 to 2023 of a large set of slope runoff plots from the Binhai Soil and Water Conservation Monitoring Station, this study uses methods such as double accumulation curve and Pearson correlation analysis to explore the impact of different vegetation types on runoff and sediment in the northern rocky mountainous area of Yancheng City under different rainfall conditions. The study evaluates the effectiveness of water and soil conservation measures and provides technical support for the prevention of soil erosion and the construction of a good ecological environment in this region.

**Key words:** erosive rainfall; rocky mountainous area; underlying surface; runoff and sediment production; Yancheng City

水土资源是人类赖以生存和发展的基础性资源, 水土流失是人类不合理开发、滥用水土资源造成的严重后果。水土流失使土地退化, 生产力下降, 生态环境恶化, 对人类社会发展构成威胁<sup>[1]</sup>。近年来, 减缓或控制水土流失一直是世界性的课题, 诸多研究表明, 降雨是水土流失主要驱动力, 它直接打击土壤, 形成击溅侵蚀, 还形成地表径流, 冲刷土体, 并参与形成了土壤内在的一些特征, 以一种综合效应来影响侵蚀<sup>[2-3]</sup>。另外, 下垫面不同的土地利用方式也是影响区域产流产沙的重要因

素<sup>[4-6]</sup>。目前, 有关黄土高原区、东北黑土区、南方山地丘陵区等区域的水土流失研究成果较为丰富<sup>[7-9]</sup>, 但针对盐城地区范围内北方土石山区水土流失研究较为匮乏。径流小区是对坡地水土流失规律和小流域水土流失规律进行定量研究的一种测验设施, 旨在观测不同植被条件下降雨对土壤侵蚀的影响。本文拟通过对滨海水土保持监测站大套坡面径流小区 2022—2023 年监测数据进行分析, 探讨在不同降雨条件下不同植被类型对径流泥沙的影响, 并做好水土保持措施防治效益评价, 旨在为本区域水土

收稿日期: 2024-05-06

作者简介: 刘倩文(1992—), 女, 工程师, 本科, 主要从事水土保持评价、水资源分析等工作。E-mail: 604749004@qq.com

流失预防和建设良好的生态环境提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

大套坡面径流小区位于江苏省盐城市滨海县境内,地处北纬33°43′~34°23′与东经119°37′~120°20′之间,属暖温带与亚热带过渡地区。气候温和,四季分明,夏季炎热多雨。常年平均气温为14.4℃,年平均降水量964.8 mm。植被类型主要包括水杉、意杨、刺槐、银杏、柳树、桃、李、梨、杞柳等100余种,草本植物有200余种。土壤类型主要是水稻土、潮土和盐土,包括沙土、夹沙土、两合土、淤土、盐性土、花碱土等。

1.2 径流小区布设

滨海水土保持监测站位于江苏省盐城市滨海县东坎镇废黄河立交工程管理所内,属于北方土石山区-华北平原区-淮北平原岗地农田防护保土区-宿淮盐黄河故道平原农田防护水质维护区,是江苏省省级水土流失重点预防区。依据当地的土地利用类型,布设了5个5 m×20 m标准径流小区,坡度为3°,监测项目有径流、泥沙、植被覆盖度/郁闭度、土壤水分等。另外,监测站设有1处自动气象站,对径流小区降水量进行监测。径流小区基本特征见表1。

表1 滨海大套径流小区基本特征

小区号	坡度/ (°)	坡长/ m	坡宽/ m	土壤类型	土层厚度/ cm	土地利用 类型	植物措施	种植方法	株(cm)× 行距(cm)	盖度/%
1	3	20	5	黄潮土	50	农地	玉米和小麦轮作	翻耕/穴播	40×50	2~59
2	3	20	5	黄潮土	50	农地	玉米和小麦轮作	翻耕/穴播	40×45	5~65
3	3	20	5	黄潮土	50	农地	花生和油菜轮作	翻耕/穴播	40×30	2~83
4	3	20	5	黄潮土	50	林地	梨树	人工种植	300×200	48
5	3	20	5	黄潮土	50	林地	桃树	人工种植	200×300	49

进行绘图。

2 结果和分析

2.1 降雨特征分析

2022—2023年,大套径流小区共发生降雨147次,累计降水量1 651 mm,其中侵蚀性降雨68次,累计降水量1 576 mm。对大套径流小区2022—2023年月均降水量进行统计分析(图1),全年降雨总体呈现“汛期较多,汛前汛后较少”的特征,主要集中在5—10月份,降水量为623.75 mm,占全年降水量的75.56%;汛前、汛后降水量分别为123.5 mm和78.25 mm,占比分别为14.96%和9.48%。

1.3 研究数据来源

2020年12月,滨海水土保持监测站被列入江苏省水土保持监测与管理信息系统项目监测点,为区域水土流失状况分析研究提供基础数据。本研究使用的基础数据来源于大套径流小区于2022年1月—2023年12月记录的次降雨数据和径流小区产流产沙数据。

降水量采用全自动气象站观测,记录雨量时间间隔为5 min,每次降雨后数据采集器会自动记录降水量数据并通过无线发送至遥测系统。径流量和含沙量数据采用用自动监测设备和人工辅助的方式进行监测。在一次降雨过程中,观测小区产流后轮式泥沙采样器将观测小区内径流量的5%收集到集流桶,可人工取样、烘干进行径流量和含沙量计算;另95%径流量通过翻斗式径流自计仪,与数据采集器连接,实时采集径流数据,每隔30min发送1次数据。

1.4 数据分析方法

2022—2023年共发生68次侵蚀性降雨,利用双累积曲线法分析不同降雨条件下不同植被类型对产流产沙的影响<sup>[4-5,10]</sup>;利用SPSS软件,对不同植被类型下降水量和产流产沙量数据进行Pearson相关性分析<sup>[2,11]</sup>。本文使用Excel进行数据处理,用origin

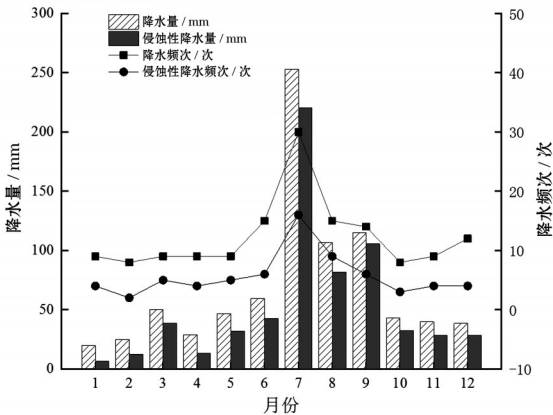


图1 滨海大套径流小区2022—2023年月均降水量和侵蚀性降水量分布

从月际来看,7月份降水量最多,达253 mm,占全年降水量的30.65%;其次是9月份,降水量115 mm,占全年降水量的13.93%;1月份降水量最少,仅19.75 mm,占全年降水量的2.39%。侵蚀性降水量占全年降水量的95.46%,主要集中在5~9月份,其中7月份侵蚀性降水量最高,占全年降水量31.22%。

## 2.2 侵蚀性降雨分类

按照气象学对雨量等级的划分,2022—2023年度大套径流小区侵蚀性降雨共分为5类。

## 2.3 不同降雨等级下不同植物措施产流分析

对不同降雨类型(本文将暴雨和大暴雨合并分

析)、不同植物措施条件下累计雨量和累计径流深作双累积曲线并进行拟合,得到图2。

由图2可知,相同降雨条件下,农地产流能力>林地产流能力,并随着降雨强度增大,相同下垫面条件下径流深越大,增长速率基本变小。这是由于雨强增大的同时,土壤入渗率也在增大,导致地表径流逐渐变小。

增加地表植被覆盖,可以避免坡面土壤受到雨滴击溅和暴雨径流的直接冲刷,所以无论是林地还是农地,均有降低地表径流的功能。图2可看出,相同降雨条件下,梨树、桃树的径流深小于小麦玉米

表2 滨海大套径流小区侵蚀性降雨分类

降雨等级	划分标准	频次/次	雨量范围/mm	I30范围/(mm/h)	降雨侵蚀力范围/(MJ·mm/hm <sup>2</sup> ·h)
小雨	1d降水量<10 mm	25	2~9	1.01~13.09	0.13~22.33
中雨	1 d降水量10~25 mm	22	10~24.5	2.01~29.2	2.17~139.80
大雨	1 d降水量25~50 mm	13	25~49	5.03~50.35	17.42~527.81
暴雨	1 d降水量50~100 mm	6	56.5~90	8.06~73.51	63.02~1 607.8
大暴雨	1 d降水量100~250 mm	2	116~136	46.32~62.43	1 540.93~1 685.92

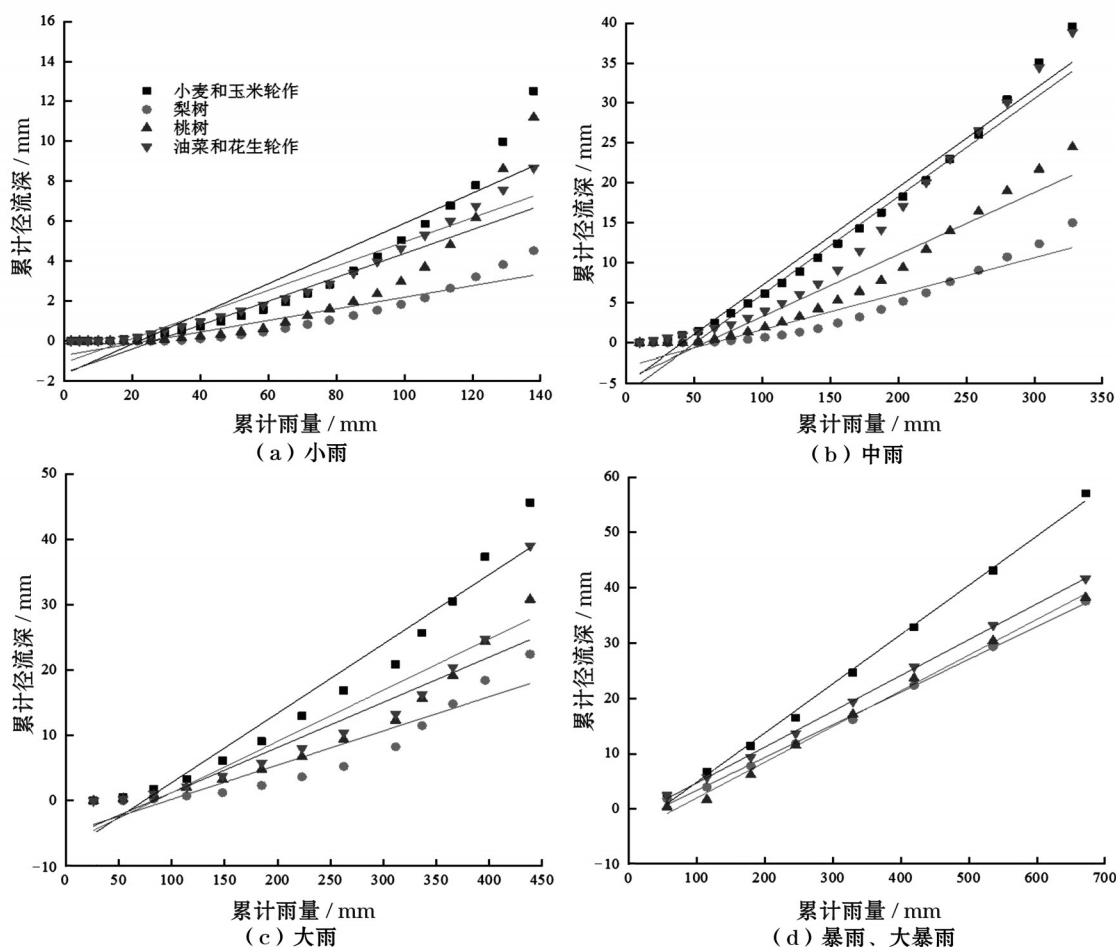


图2 不同雨型下不同植物措施降水量-径流深双累积曲线

轮作和油菜花生轮作的径流深,说明林地比农地具有更好的拦蓄降雨的功能。林地种植梨树、桃树,树冠对降雨起着截留、拦蓄作用。这种调节作用减弱了雨水对地表土层的直接冲击力,使得降雨不会立即在坡面形成径流,滞留和阻延了径流的发生,促进了水分的下渗,这与沂蒙山区孟良崮水土保持试验站径流小区产流规律<sup>[2]</sup>、北方土石山区连云港黑林径流小区产流规律<sup>[4]</sup>是一致的。另外,人工干扰对坡面径流也有很深的影响。根据本年度田间管理记录,1~3号农地小区进行了下垫面改造,对土壤都进行了不同程度的翻耕,尤其是2号小区拔除小叶女贞,改种小麦和玉米,土壤耕作深度达到35 cm。由于1~3号农地小区均为轮作,土壤扰动比4~5号林地小区更加频繁。人为扰动会破坏土壤的结构,使土壤颗粒间的空隙减少,导致土壤密度增加,通气性和渗透性降低,引发地表径流增加。

## 2.4 不同降雨等级下不同植物措施产沙分析

图3是不同降雨等级下累计雨量和累计含沙量的双累计曲线拟合图。总体而言,无论在什么降雨等级下,林地产沙能力较农地来说均较差。结合前文结论,林地比农地具有更好的拦蓄降雨的功能,说明林地较农地而言具有更好的保水保土作用。另外,随着降雨强度增加,不同植物措施的产沙能力差异也适度变小,这是由于降雨强度较小时,林地树冠截留、雨滴击溅作用较为明显<sup>[4]</sup>,产沙能力具有差异,当降雨强度足够大时,土壤达到饱和状态形成坡面径流,截留和雨滴击溅作用等影响能力变小,故产沙差异变小。

就耕作方式而言,由于农地3个径流小区均为轮作,种植和收割作物时,土壤表层存在裸露期,没有植物的根部抓住土壤,土壤相对来说会变得松散;没有植物的叶子去拦截雨水,大量雨水会直接落到泥土表面,冲刷土壤,快速渗透,土壤很快就会达

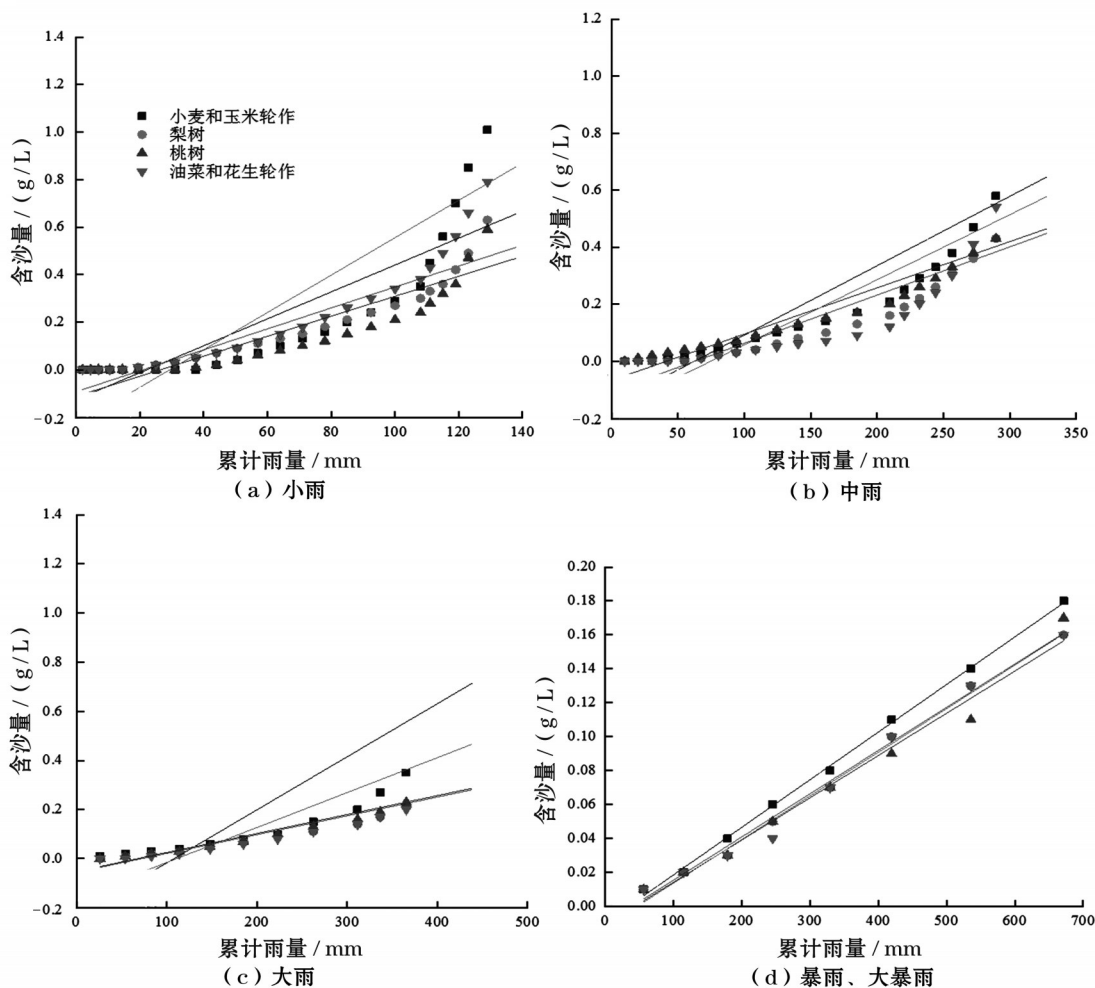


图3 不同雨型下不同植物措施降水量-含沙量双累积曲线



到饱和状态,产沙量随之变高。而林地常年种植,田间管理记录也表明人为扰动较少,土壤翻动少,土壤结构相对稳定,故产沙能力不如林地。

### 2.5 次降雨降水量、径流深、含沙量相关性分析

对不同植被类型下径流小区降水量、径流深、含沙量运用SPSS软件进行Pearson相关性分析,分析结果见表3。由表3可见,不同径流小区降水量和径流深、降水量和含沙量都具有较好的相关性( $P<0.01$ ),充分说明降雨是形成径流和泥沙的主要动力。随着降水量增大,雨水会更快进入地表,土壤迅速达到饱和状态,径流和泥沙量也随之增大。部分径流小区径流深和含沙量的相关性不够显著,可能是因为油菜和花生根系不够发达,保土能力较差<sup>[2]</sup>,并且由于轮作经常翻动,使得雨量达到一定程度时,植物措施便无法有效发挥截留作用,抵御降雨对土壤的侵蚀,产流产沙同步增大。

表3 降水量-径流深-含沙量相关性分析

小区类型	降水量-径流深		降水量-含沙量		径流深-含沙量	
	Pearson 相关性	Sig.(双尾)	Pearson 相关性	Sig.(双尾)	Pearson 相关性	Sig.(双尾)
玉米和小麦轮作	0.667**	0.000	0.733**	0.000	0.015	0.933
油菜和花生轮作	0.842**	0.000	0.895**	0.001	0.873**	0.002
梨树	0.864**	0.000	0.864**	0.000	0.018	0.926
桃树	0.452**	0.009	0.800**	0.010	0.607	0.083

注:\*\*表示在0.01水平上差异显著。

(5)不同径流小区降水量和径流深、降水量和含沙量都具有较好的相关性( $P<0.01$ ),充分说明降雨是形成径流和泥沙的主要动力。

综上所述,研究区范围内,降水量和降雨强度均影响径流小区的产流产沙,不同植物措施类型是影响径流小区产流产沙能力的重要因子。另外,人为扰动也是重要因素。由于监测条件存在限制,数据有限,在今后的水保工作中,北方土石山区盐城地区范围内水土流失特征还需结合其他因素进一步研究探讨。

### 参考文献:

- [1] 徐宪立,马克明,傅伯杰,等.植被与水土流失关系研究进展[J].生态学报,2006(9):3137-3143.
- [2] 林锦阔,李子君,许海超,等.降雨因子对沂蒙山区不同土地利用方式径流小区产流产沙的影响[J].水土保持通报,2016,36(5):7-12,19.
- [3] 李耀明,王玉杰,储小院,等.降雨因子对缙云山地区典型森林植被类型地表径流的影响[J].水土保持研究,2009,16(4):244-249.

## 3 结 论

(1) 2022—2023年,大套径流小区共发生降雨147次,其中侵蚀性降雨68次,累计降水量1 576 mm,占全年降水量的95.46%,主要集中在5-10月份。其中7月份侵蚀性降水量最高,占全年降水量31.22%。

(2)林地(小麦和玉米轮作、油菜和花生轮作)和农地(梨树、桃树)均能避免坡面土壤受到雨滴击溅和暴雨径流的直接冲刷,具有降低地表径流的功能,林地拦蓄降雨的功能优于农地。

(3)人为扰动会破坏土壤的结构,使土壤颗粒间的空隙减少,导致土壤密度增加,通气性和渗透性降低,引发产流产沙。

(4)降雨强度增大的同时,径流深越大,增长速率基本变小。另外随着降雨强度增加,不同植物措施的产沙能力差异也适度变小。

- [4] 陶淑芸,刘沂轩,程建敏,等.连云港市低山丘陵区侵蚀性降雨特征及产流产沙规律[J].水土保持通报,2022,42(4):33-41.
- [5] 寇馨月,黄俊,姜学兵,等.不同下垫面径流小区次降雨对产流产沙的影响[J].水土保持通报,2017,37(2):27-31,38.
- [6] 申震洲,刘普灵,谢永生,等.不同下垫面径流小区土壤水蚀特征试验研究[J].水土保持通报,2006(3):6-9,22.
- [7] 周晗,严俊霞,李洪建,等.晋西黄土区坡耕地不同下垫面水土流失对侵蚀性降雨的响应[J].水土保持研究,2019,26(4):7-12.
- [8] 张瑜,徐子棋,杨献坤,等.东北黑土区山地丘陵区坡面水土保持措施效益研究[J].中国水土保持,2022(12):36-40.
- [9] 史德明.中国南方山地丘陵区土壤侵蚀动态监测的研究[J].南京:江苏省中国科学院南京土壤研究所,2000.
- [10] 穆兴民,张秀勤,高鹏,等.双累积曲线方法理论及在水文气象领域应用中应注意的问题[J].水文,2010,30(4):47-51.
- [11] 王玲莉,张富,胡彦婷,等.侵蚀性降雨分类及植被类型对产流产沙的影响[J].人民黄河,2021,43(10):109-113.