

平原高沙土地区土壤侵蚀规律及主要防治措施

肖海涛¹, 沈波², 姜国华³, 黄俊³, 赵仁奇³

(1. 江苏如皋市农田水利试验站, 江苏 如皋 226551; 2 江苏南通市水利局, 江苏 南通 226006;
3 江苏如皋市水务局, 江苏 如皋 226500)

摘要: 研究了平原高沙土地区农田、内三沟及河坡土壤侵蚀的特点, 农田土壤侵蚀后就近淤积, 内三沟土壤侵蚀量与淤积量基本持平, 河坡土壤侵蚀量小于河床淤积量。植被覆盖率与径流量、含沙量、冲刷量及淤积量存在密切相关关系, 指出高沙土地区减少土壤侵蚀的主要措施。

关键词: 平原高沙土; 土壤侵蚀; 内三沟; 措施

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)02-0131-04

Soil Erosion Regulation and Main Control Measures in High Sandy Soil Area

XIAO Hai-tao¹, SHEN Bo², JIANG Guo-hua³, HUANG Jun³, ZHAO Ren-qi³,

(1. Rugao Water Resources Test Station, Rugao 226551, Jiangsu Province, China; 2 Nantong Water Resources Bureau, Nantong 226006, Jiangsu, China; 3 Rugao Water Affairs Bureau, Rugao 226500, Jiangsu, China)

Abstract: The characteristics of soil erosion on farmland are studied, as well as the slopes of three kinds of inner ditches and river banks in the high sandy soil area of Jiangsu Province. The soil eroded from farmland is usually deposited in the nearby ditches. The soil erosion quantity from the three kinds of inner ditches is roughly the same with the deposition amount in the ditches. But the soil erosion amount from the slopes of river banks is much less than the deposited amount on the river beds. The research results show that there is a closer relationship between vegetation coverage with surface runoff modules, sand content, soil erosion modules and soil deposited amount separately. And also some key measures are given out in order to control soil erosion and decrease erosion modules in the high sandy soil area.

Key words: high sandy soil area; soil erosion, three kinds of inner ditches; control measures

1 高沙土地区概况

平原高沙土地区包括南通、扬州、泰州三市的如皋、海安、江都、泰兴、靖江、姜堰等 6 个县市的大部分或部分地区, 总面积 3 441.3 km², 耕地面积 19.3 万 hm²。人均耕地仅有 0.056 hm²。该区属亚热带湿润气候区, 年平均气温 14.6℃, 年平均降水量 1 062.2 mm, 年际年内降水不均, 年内降水多集中在 5~9 月份, 且以暴雨形式出现。高沙土地区地势平坦, 土质松散, 黏结力弱, 抗蚀性差, 每逢暴雨, 极易产生土壤侵蚀, 造成内三沟及河道的淤积、淤塞, 给当地工农业生产和生态环境造成不利影响, 因此对高沙土地区土壤侵蚀规律及防治措施研究十分必要。

2 试验设计与研究方法

2.1 农田土壤侵蚀试验

观测区选择在如皋市搬经镇朱庄村一组一块平坦农田

中, 田块四周有路埂, 田间三沟配套, 排水条件好, 土壤为壤土, 肥力中等, 主要种植小麦、玉米、黄豆等旱作物, 田头排水处安装翻斗式量水记录仪。详细记载了 1988 年、1989 年及 1991 年三年该区的降水量、径流量、径流含沙量、清理墒沟次数及清淤量。

2.2 内三沟(大、中、小沟)暴雨侵蚀试验

在搬经镇群岸、搬东、搬北村选择大沟一条、中沟三条、小沟三条, 沟波上不同品种树草, 不同覆盖率共 17 个植被类型, 各取沟长 10 m 作试验观测区, 在其首、中、尾三个断面各埋设混凝土测桩一组。1992 年、1993 年及 1994 年分别在汛期(5~10 月份)前后观测断面, 测出各段的冲刷量及淤积量, 同时测定植被覆盖率。

2.3 河坡暴雨侵蚀试验

观测区选择在一级河道如泰运河搬经镇中桥至西桥 800 m 河段, 由西向东每 100 m 河道上坡分别栽松柏、意杨、

水杉、无花果、银杏、芦竹、芒棵、家芦、下坡栽芦柴。1991 年、1992 年、1993 年分别进行河道断面测量，测算出河坡各段冲刷土方及淤积土方，同时测出各段植被覆盖率。

3 结果分析

3.1 农田土壤侵蚀测定

3.1.1 农田土壤侵蚀概况 根据 3 年观测研究，得到农田土壤侵蚀特征(表 1)。由于各年份降水量不同，产流量差异很大，丰水的 1991 年总径流量为 809.6 mm，为 1988 年 199.6 mm 的 4.1 倍，年降水量越大，径流系数越大，反之，径流系数越小。土壤流失量也随降水量增大而增大，1991 年高达 1 850 t/hm²，与降水特征也密切相关，1988 年虽然年降水量比 1989 年少 373.3 mm，但土壤流失量却比较多，这主要

是因为前者降水不均，有大暴雨，侵蚀力强，如 1988 年 6 月 11 日降水 111.4 mm，试区内输出泥沙 94.2 kg，占全年土壤流失量的 41.6%，而后者降水平均，没有特别大的降水。降水期试区内泥沙清淤量也有相似规律。因此不同年份中，产流量、泥沙流失量及清淤量随降水量的增大而增大，并受降水特征的影响。另外由表 1 还可以看出随着径流流出农田的泥沙量远小于清淤量，如 1988 年流出农田的泥沙为 1 079.3 t/hm²，而清淤量为 57.1 t/hm²，是前者的 52.9 倍，1991 年随着径流流出农田的土壤为 1 850.5 t/hm²，而清淤量为 165.0 t/hm²，是前者的 89.2 倍，清淤理墒花费了大量的人力和财力。

表 1 试区农田土壤侵蚀特征表

年份	降水量 /mm	总径流量/mm	年径流系数	实测径流量		实测径流含沙量/kg	总径流含沙量 /kg / (t · hm ⁻² · a ⁻¹)	农田土壤流失量	清淤理墒		单位面积清淤量 / (t · hm ⁻² · a ⁻¹)
				次数	径流量 /mm				次数	清淤量/t	
1988	836.8	199.6	0.239	6	138.0	156.7	226.6	1 079.3	3	12.0	57.1
1989	1210.1	271.2	0.224	7	145.3	108.7	202.9	0 966.1	4	9.6	45.7
1991	1505.4	809.8	0.538	14	515.4	247.3	388.6	1 850.5	7	33.5	165.0

3.1.2 农田土壤侵蚀各因子之间的关系

(1) 降水量与径流量的关系。降雨强度大于入渗速度时，农田就产生地表径流，形成土壤侵蚀。在平原高沙土地区，降水量在雨季一般以暴雨的形式出现，因而降水量与地表径流

量关系密切(表 2)。无论哪个年份，径流量与降水量存在极显著相关关系，1988 年、1989 年和 1991 年相关系数分别为 0.971、0.875 和 0.985。另外求得 3 年产流降水量临界值平均为 17.3 mm。

表 2 农田土壤侵蚀各主要因素之间的关系

相关关系	1988	1989	1991	平均
降水量(x/mm)与径流量(y/mm)的关系	回归方程 Y = - 5 017 + 0 467x 相关系数(r) 样本数 (n) 产流降水量临界值 (mm) r = 0 971 **, n = 610 7	Y = - 27 322 + 0 922x r = 0 875 **, n = 729 6	Y = - 11 117 + 0 970x r = 0 985 **, n = 1 411 5	17.3
径流量(x/mm)与含沙量(y/mm)的关系	回归方程 Y = - 28 626 + 2 38x 相关系数(r) 样本数 (n) 产生土壤侵蚀径流量临界值(mm) r = 0 966 **, n = 612 0	Y = 10 90 + 0 223x r = 0 898 **, n = 7- 48 9 (不作考虑)	Y = - 0 470 + 0 769x r = 0 982 **, n = 140 61	6.3
覆盖率(x/%)与径流量(y/mm)的关系	回归方程 Y = 56 01 - 0 572x 相关系数(r) 样本数 (n) 产流覆盖率的临界值/% r = - 0 975 **, n = 697 8	Y = 4 953 + 0 263x r = 0 715, n = 7- 18 8	Y = 64 017 - 0 509x r = - 0 320, n = 14 125 8	
覆盖率(x/%)与含沙量(y/kg)的关系	回归方程 Y = 108 658 - 1 431x 相关系数(r) 样本数 (n) 产生土壤侵蚀覆盖率的临界值/% r = - 0 990 **, n = 675 9	Y = 10 076 + 0 084x r = 0 788 **, n = 7- 119 6	Y = 48 831 - 0 393x r = - 0 309, n = 14 124 2	

注: 当可信度为 5% 时, 相关性显著, 当可信度为 1%, 相关性极显著。

(2) 径流量与含沙量的关系。地表径流多，对土壤冲刷力大，径流中带走的泥沙也多，因而在含沙量与径流量之间存在着密切的相关关系(表 2)。1988 年、1989 年和 1991 年相关系数分别为 0.966、0.898、0.962，均达到极显著水平。1989 年产沙的临界径流量值为 - 48.9 mm，显然不成立，造成这种情况的原因是部分降雨量少、径流和含沙量也少的过程没观测到，1988 年和 1991 年产沙的临界径流量平均为 6.3 mm。

(3) 覆盖率与径流量的关系。农作物覆盖率越高，植株对降水的阻挡作用越大，土壤渗透率越大，即使产生地表径流，由于秸秆的阻挡，在植株间缓慢流动，使渗透增多，径流量减少，因此覆盖率与径流量之间也有一定关系(表 2)。1988 年、1989 年及 1991 年回归方程相关系数分别为 - 0.975、0.715、- 0.320，经检验只有 1988 年达到极显著水平，其余 2 年均不显著。其原因是 1988 年的观测时间 5- 9 月份农作物覆盖率变化大，对径流影响也大，而 1989 年和 1991 年观测

期农作物覆盖率变化小, 故相关性不高。另外求得 1988 年径流量为 0 时覆盖率临界值为 97.8%, 表明覆盖率大于此值不产生径流。

(4) 覆盖率与含沙量的关系。由于覆盖率越高, 径流量越少, 而含沙量与径流量存在密切正相关关系, 因此覆盖率与含沙量也有密切关系(表 2)。1988 年覆盖率与含沙量具有极显著负相关关系, 相关系数为 -0.990, 即农作物覆盖率越高, 随径流带走的泥沙越少, 径流产沙的覆盖率临界值为 75.9%, 其它 2 年因观测期间覆盖率变化不大, 与含沙量关系不显著。

3.2 内三沟暴雨侵蚀测定

表 3 内三沟暴雨侵蚀状况表

年份	观测期 降水量 /mm	群岸大沟			搬东中沟			搬北小沟		
		平均覆盖 率/%	10 m 沟床平均侵蚀量		平均覆盖 率/%	10 m 沟床平均侵蚀量		平均覆盖 率/%	10 m 沟床平均侵蚀量	
			冲刷量 /m ³	淤积量 /m ³		冲刷量 /m ³	淤积量 /m ³		冲刷量 /m ³	淤积量 /m ³
1992	675.4	61.0	0.88	0.97	68	0.45	0.57	56.3	0.27	0.09
1993	968.6	73.5	1.69	1.97	81.4	0.93	1.45	68.3	0.53	0.19
1994	501.1	86.0	0.83	1.02	86.4	0.6	0.81	75	0.29	0.15

3.2.2 内三沟暴雨侵蚀与沟坡植被覆盖率关系 由于大中沟所测重复处理数据少, 故只对小沟所测数据进行分析, 由于护坡植被覆盖率高, 雨水经植被阻挡后, 对土壤侵蚀力

3.2.1 内三沟暴雨侵蚀状况 根据 3 年内三沟动态观测分析, 得到内三沟暴雨侵蚀状况(表 3)。由表 3 可知, 由于暴雨侵蚀后, 径流从小沟 中沟 大沟 河道逐级排放, 小沟距离短, 且排水涵洞底面与沟平齐, 促进雨止田干和农作物不受渍, 排水速度快, 沟波冲刷后泥沙大部分随径流入中沟, 而中沟、大沟距离是小沟的好几倍, 且沟头建筑物排水面高于沟底, 沟波冲刷后, 泥沙随径流走一段后大部分沉积下来。因此小沟的淤积量远小于冲刷量, 1992 年、1993 年的淤积量是冲刷量的 1/3, 1994 年是 1/2。而大、中沟的淤积量都大于冲刷量。

减弱, 形成径流后, 所夹带泥沙少, 冲刷量就小, 因此沟坡植被覆盖率与沟坡冲刷量呈极显著负相关关系(表 4), 即沟坡植被覆盖率越高, 沟坡冲刷量越少。

表 4 小沟植被覆盖率与冲刷量的关系

相关关系	1992	1993	1994
覆盖率(x /%) 与冲刷量 (y /m ³)的关系	回归方程 $Y = 0.667 - 0.007x$ 相关系数(r) 样本数(n) $r = -0.915^{**}, n = 10$	$Y = 1.147 - 0.009x$ $r = -0.843^{**}, n = 10$	$Y = 0.727 - 0.581x$ $r = -0.781^{**}, n = 10$

注: 当可信度为 5%, 相关性显著, 当可信度为 1% 时, 相关性极显著。

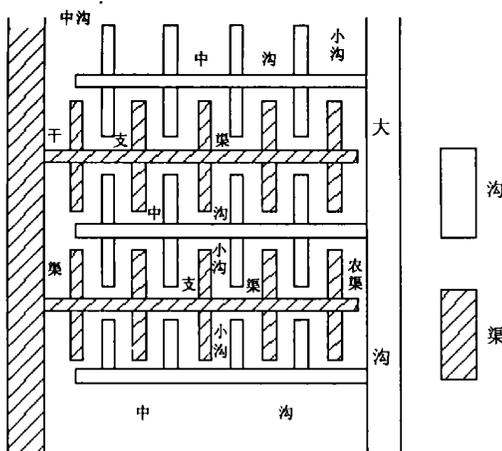


图 1 内三沟示意图

3.2.3 内三沟土壤侵蚀量与土壤淤积量 内三沟布置见图 1, 大沟与大沟间距 2 000 m, 中间建灌溉干渠一条, 中沟与中沟间距 500 m, 中间建支渠一条; 小沟与小沟之间距 200 m, 中间建农渠一条, 排水和灌溉都是“非”字式。每平方公里范围内大沟 1 条长 1 000 m, 中沟 2 条长 2 000 m, 小沟 16 条长

4 000 m。由于内三沟所栽生物品种及管理水平不一致, 造成生物长势和土壤侵蚀量不同, 所测 10 m 沟床侵蚀量都是平均计算值(表 3)。

1992 年内三沟土壤侵蚀量 286 m³/km², 土壤淤积量 247 m³/km²。

1993 年内三沟土壤侵蚀量 567 m³/km², 土壤淤积量 563 m³/km²。

1994 年内三沟土壤侵蚀量 319 m³/km², 土壤淤积量 324 m³/km²。

3.3 河坡暴雨侵蚀测定

3.3.1 河坡暴雨侵蚀状况 对如泰河 800 m 河段 3 年测试结果(表 5), 由于各年份汛期降水量不同, 河坡植被覆盖率不同, 河坡冲刷量差异很大。河坡冲刷量除了与植被覆盖率有关系外, 降水特征对它的影响也很大, 1993 年观测期降水量比 1991 年略少一点, 植被覆盖率是它的 2 倍还多, 但是河坡冲刷量 1991 年为 1 404.5 m³, 而 1993 年却达到 2 565.6 m³, 分析其原因主要是 1991 年降水平均, 日降水量超过 50 mm 仅 3 次, 最大日降水量为 79 mm, 而 1993 年日降水量超过 50 mm 有 5 次, 其中 2 次分别为 110.2 mm、162.3 mm 的特大暴雨, 对河坡的冲刷很厉害, 所以冲刷量就大得多。

3.3.2 河坡暴雨侵蚀与覆盖率的关系

(1) 河坡冲刷量与植被覆盖率的关系。由于河坡坡度陡, 雨水形成径流后, 相对于农田流速更快, 冲刷力更大。河坡植被覆盖率越高, 对雨水的阻挡作用越大, 雨水对土壤冲刷能

力降低, 因此植被覆盖率与冲刷量之间在一定相关关系(表 6)。1991 年、1992 年及 1993 年回归方程的相关系数分别为 - 0.921、- 0.950 和 - 0.954, 均达到极显著水平。

表 5 如泰河河坡暴雨侵蚀状况表

试验地点	1991				1992				1993			
	观测期降水量/mm	平均覆盖率/%	冲刷量/m ³	淤积量/m ³	观测期降水量/mm	平均覆盖率/%	冲刷量/m ³	淤积量/m ³	观测期降水量/mm	平均覆盖率/%	冲刷量/m ³	淤积量/m ³
如泰河搬经 800 m 河段	1020.8	23.5	1404.5	1886.0	675.4	36.8	1230.9	1465.2	968.6	57.8	2565.6	3268.1

表 6 河坡暴雨侵蚀与覆盖率关系

相关关系	回归方程	1992 年	1993 年	1994 年
覆盖率(x /%) 与冲刷量(y /m ³) 的关系	Y = 331.9 - 6.03x 相关系数(r) 样本数(n)	Y = 331.9 - 6.03x r = - 0.921 ^{**} , n = 8	Y = 256.5 - 2.84x r = - 0.905 ^{**} , n = 8	Y = 555.3 - 3.81x r = - 0.954 ^{**} , n = 8
覆盖率(x /%) 与淤积量(y /m ³) 的关系	Y = 348.9 - 4.9x 相关系数(r) 样本数(n)	Y = 348.9 - 4.9x r = - 0.631, n = 8	Y = 316.6 - 3.69x r = - 0.893 ^{**} , n = 8	Y = 690.9 - 4.97x r = - 0.849 ^{**} , n = 8

注: 当可信度为 5% 时, 相关性显著, 当可信度为 1% 时, 相关性极显著。

(2) 河坡淤积量与植被覆盖率的关系。由于如泰河属一级河道, 相对来说水流流速远小于内三沟, 河坡土壤冲刷后基本就近淤积在河道中, 因此河坡植被覆盖率与河床淤积量之间存在相关关系(表 6), 但相关性没有覆盖率与冲刷量之间关系显著, 这主要是河床淤积不仅与河坡冲刷有关, 还与外来引潮水及排水中的泥沙沉积有关。

生物措施提高植被覆盖率。有些地方采取了沟坡衬砌, 固然能防止土壤侵蚀, 但有两个不利因素: 衬砌比植树栽草费用高, 且本身不能产生经济效益。衬砌对生态环境造成不利影响。

4 结论与措施

(1) 高沙土地区农田土壤侵蚀总量达到强度至极强水平, 但随径流输出量远小于淤积量, 农田土壤侵蚀后就近淤积是高沙土地区土壤侵蚀特点。因而高沙土地区主要靠提高农作物复种指数, 采取合理耕作措施来减轻土壤侵蚀。

(3) 河坡土壤侵蚀可采取生物措施与工程措施相结合的防治方法。生物措施主要是提高植被覆盖率, 可选择一些经济价值较高的树草, 既能发挥社会效益, 又能产生经济效益。工程措施可采取: 集水槽、排水沟, 减轻了堤岸上径流对河坡冲刷。薄壁连拱护岸墙, 遏制了河坡径流及船行波对河坡冲刷, 防止河坡坍塌。中段跌井式排水涵洞, 解决了高沙土地区各级河道河底高差较大, 常规涵洞排水冲刷力大, 易造成河坡倒塌的问题。

(2) 内三沟的土壤侵蚀量与土壤淤积量基本持平, 土壤侵蚀主要是与沟坡植被覆盖率有关, 因而防治措施主要采取

参考文献:
 [1] 水利电力部农村水利水土保持司 水土保持试验规范[M]. 北京: 水利电力出版社, 1988
 [2] 胡海波, 林文棣, 张金池 江苏沿海平原沙土区土壤侵蚀规律的研究[J]. 南京林业大学学报, 1992, 16(2): 25—30
 [3] 沈波, 胡海波, 肖海涛 通南高沙土区农田土壤侵蚀规律研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 131- 133
 [4] 陶澍 应用数理统计方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1994

(上接第 57 页)

草丛沙滩珠地区。图像基本色调偏暗。干旱区会形成风蚀洼地, 像片上出现微小白点。片状流沙起伏甚微, 色调清淡。灌丛背风外可见风影。强度沙化地区, 地表出现斑点状分布流动沙丘且已连接成片, 像片上呈现灰到浅灰色, 彩色外相片上则由浅绿到黄色, 可以看到平行状、树枝状、蜂窝状沙垄。严重沙化地区广泛颁密集的流动沙丘, 面积可点 50% 能上能下, 沙丘多为新月形, 基本色调是淡白色。沙丘顺主导风向伸展。

(2) 在新疆荒漠平原区, 大面积分布有盐渍土, 多位于洪积冲扇扇缘、大河三角洲。边缘、现代冲积平原上的河滩地、河阶地及湖滨平原上, 表层结盐壳或盐皮, 地表光滑, 坚实而发白, 其光谱反射率要比其它土壤强, 因而在影像上色调比其它土壤淡, 可以根据影像白色色调的多少来分析不同程度的盐渍化土壤。除沼泽盐土、草甸盐土外, 新疆相当一部分盐渍化现象是由于灌溉不当或灌排工程不配套引起地下水位升高形成, 分布于灌区低地或灌区边缘, 在影像中可见因耕作而遗留下的格状田块。