

秦王川大规模农垦中土壤风蚀初研*

肖 洪 浪

(中国科学院兰州沙漠研究所·兰州市·730000)

摘 要 正在大规模农垦中的秦王川为一较强风蚀区。旱地改水地过程中完全清除了砂砾覆盖层的新垦区土壤抗蚀能力极差,土壤侵蚀机理与强度产生了本质性变化,90%左右的土壤物质有遭受风蚀和参与大气的远程输送的潜在威胁,风的阵性波动和风热条件组合吻合于耕播过程构成较强的侵蚀力。土壤日均侵蚀深度0.03mm,月侵蚀量12.24t/hm²。侵蚀过程表现为蚀积相互作用的结果,其与风速变化的关系并无明显规律,人类不合理的灌溉耕作过程是土壤侵蚀的主要因素。

关键词 侵蚀因子分析 输沙通量对比 土壤侵蚀特征 秦王川垦区

A Study on Soil Wind Erosion in Qinwangchuan Reclamation Area

Xiao Honglang

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

Abstract Qinwangchuan, being brought under cultivation in a large scale, is a area of higher erosion and margin of dryland farming in the process of improving dryland into irrigation farms with clearing away the grit cover, soil material to be apt to be eroded by wind makes up about 90% of reclaimed surface soils. The fitful blast and combination of wind and temperature come into a stronger erosive force. Soil mass loss is 12.24t/hm² per month from winter to the next early summer, which results from the interaction of erosion and sediment. The change of wind erosion amount has no obviously relationship with wind speed, however the irrational human activities in irrigation and cultivation are the main factors of wind erosion.

Keywords erosion factor analysis; sand flux comparison; erosion characteristic; Qinwangchuan reclamation area

秦王川地区位于兰州市以北60km,海拔2100m左右,坡度小于2°,周边缓丘相对高度很少超过百米。年平均气温6℃~7℃;年降水量250mm;干燥度1.5~2.0。地带性景观为正常干旱土丛生禾草荒漠草原。堪称中国一绝的砂田依靠其防风蚀抗干旱的独特功能维持着这片旱作农业极限区的种植业。“引大入秦”工程1994年竣工后,每年可引大通河水4.43×10⁸m³,可灌面积57300~66700hm²,千古荒漠正在变为灌溉绿洲。旱地改水地过程中砂田表面10~20cm厚的砂砾覆盖层被清除,砂壤质的底土完全裸露于风沙流场之中,大规模开发正导致灌

① 收稿日期:1996—10—15 * 西部资源环境科学研究中心,中国科学院兰州分院资助项目。

区土壤的严重风蚀,它不仅影响本区农业生产,而且威胁周边地区环境建设。1995年12月至1996年6月,在新灌区的中东部,以板式积沙仪对比研究砂田与已清除砂砾层的灌溉地近地表风沙流,采用插钎法在控制面积各为120m²清砂后的灌耕地和非灌耕地监测风蚀量深度;研究期间同时完成日风速和风向观测。

1 试验区风蚀概况

风是土壤侵蚀的原动力,试验区1995年12月25日~1996年5月21日1.5m高处平均风速1.95m/s(表1),按 $V_1 = V_2(\lg Z_1 - \lg E_0)/(\lg Z_2 - \lg E_0)^{[1]}$,并取糙度 $E_0 = 0.18\text{cm}^{[2]}$,有对应10m高处风速2.50m/s,较周边地区永登和皋兰的同期平均值2.23m/s高出0.27m/s。揭示了秦王川为一较强风蚀区。这可能形成于东西山地夹持的高平原地貌对近地面风场的影响。区域性的冬季风场以北风和偏北风为主,其风蚀产物对下风方向的西北重镇兰州市区环境造成不良影响。

风的侵蚀性有两个特点:其一是最大风速大多变化于6m/s左右,转换到10m高度为7.69m/s,足以起动0.4mm的土壤颗粒^[3],这包括了清砂田土壤机械组成的90%以上(表2)。其二是风的阵性波动在1~4月较大(图1),对应于3月的整田播种至5月中旬苗齐前的地表裸露期,导致了土壤侵蚀与人类活动强度相一致的特征。

风热条件组合对侵蚀力的强化表现在日变化上,通常情况下灌溉有利于提高土壤抗蚀能力,但在昼夜频繁的冻融交替过程中(表3)冬灌后表土结构极易破坏,提供了充足的可供蚀物质;而风速日变化又具有从早到晚逐渐增强趋势(表1),19时的平均风速较之7时增加了42.58%,以致冬季并不是最大风季,但却保持着较大风蚀量,尤其灌溉地最明显(图1)。

“引大入秦”前,砂田条件下土壤风蚀极其微弱。清砂后地面丧失了覆盖层,裸露的细土物质将遭受风蚀。许多研究认为>0.84mm的土粒有很好抗蚀性,称为不可蚀颗粒;并认为<

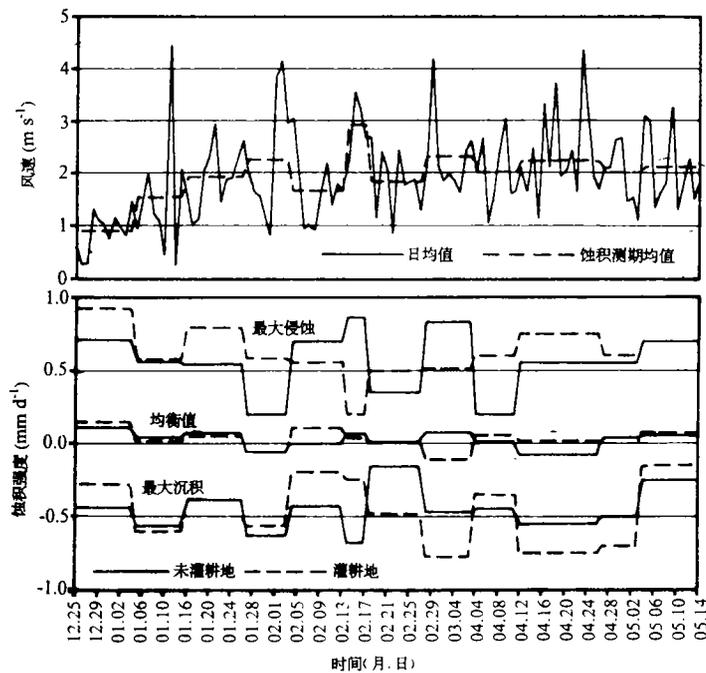


图1 土壤蚀积强度与1.5m高处风速变化

0.1mm 的颗粒可参与大气环流的远程输送^[4]。照此标准,即使砂层底部 10~20cm 深度的颗粒组成不可蚀颗粒含量也在 73% 以上,可参加远程传输的颗粒仅 19.14%。而清除砂砾层后表土的不同参数则恰好相反,不可蚀颗粒剧减到 10% 以下,且远距离输送的颗粒猛增至 88.56% (表 2),足以见得本区土壤风蚀的严重性及其对周边地区的威胁。

表 1 秦王川 1.5m 高处平均风速

m/s*

项目	12月	1月	2月	3月	4月	5月	平均
7时	0.35	1.06	1.63	1.81	1.88	1.64	1.55
13时	1.29	1.93	2.35	2.39	2.09	1.80	2.09
19时	0.75	1.83	2.62	2.39	2.46	2.01	2.21
平均	0.80	1.61	2.20	2.20	2.14	1.82	1.95
对应 10m 高处	1.03	2.06	2.82	2.82	2.74	2.33	2.50
最大	2.08	5.90	5.74	8.04	6.06	4.66	5.41
最小	0.08	0.00	0.26	0.65	0.58	0.84	0.40

* 12月值为 12月 25日至 31日均值,5月值为 5月 1日至 21日均值。

表 2 秦王川土壤质地特征

%

类型	深度 (cm)	颗粒含量百分数(粒径:mm)								
		>1	1~0.1	0.1~ 0.05	0.05~ 0.01	0.01~ 0.005	0.005~ 0.001	<0.001	<1	<0.1
砂田	10~20	73.04	7.82	9.24	3.00	1.36	4.07	1.45	26.93	19.14
清砂田	0~20	9.73	1.71	14.54	50.17	7.58	5.23	11.01	90.24	88.56

表 3 秦王川周边地区地面极端温度

℃

站名	12月		1月		2月		3月		4月		5月	
	最高	最低	最高	最低								
永登	23.2	-32.0	27.5	-29.1	32.5	-28.2	45.0	-23.5	54.4	-15.5	61.9	-6.6
皋兰	22.8	-30.4	26.1	-26.5	34.5	-26.1	48.0	-20.5	58.4	-15.5	63.6	-6.0
兰州	21.0	-28.2	24.9	-27.7	35.9	-27.0	50.9	-17.2	59.1	-11.3	64.0	-5.5

2 输沙通量对比所揭示的侵蚀机理变化

为了对比清砂田与砂田的抗蚀能力,分别选定相距 600m 的砂田和灌溉的清砂田,在 5月 12日至 6月 10日期间的 133h,用板式积沙仪不连续地同时监测近地表输沙量,较好揭示了二者本质区别,反映出清除砂层后风蚀过程的严重影响。首先是总输砂量的巨大差异。5~25cm 高度范围内清砂田上方输沙量是砂田的 5 倍(表 4)。沉积物以极细砂和粉砂为主,并非砂田表面物质,因此砂田上方的沉积实为过境风沙流沉积。

其次是沉积物运动方式明显不同。在观测高度范围砂田风沙流沉积物随高度的增加不显示明显的量变规律,大部分高度上输沙通量在 2~4mg/(cm²·h)(图 2),说明运动物体较少受制于重力以跃移为主,处于侵蚀过程的初期^[5]。与此相反,清砂田输沙通量随高度增加而规律性地减少,显示运动物体受重力约束以悬移为主,已发展成稳定侵蚀过程。这种区别还明显表

现在二者的最佳拟合方程上,砂田为: $q = 34.4950 + 2.4535h - 0.3375h^2 + 0.0082h^3$ (q ——沙通量; h ——离地高度),而清砂田则为: $q = \exp(4.1977 - 0.074h)$;其拟合相关系数和 F 统计量分别为砂田 0.777 和 6.98;清砂田 0.981 和 411.30。

表 4 输沙通量对比

测点中心 高度 (cm)	观测值 (g)		沙通量 (mg/cm ² · h)		沙通量拟合值 (mg/cm ² · h)	
	清砂田	砂田	清砂田	砂田	清砂田	砂田
6	20.33	8.18	38.21	15.38	42.68	13.33
8	19.81	2.39	37.24	4.49	36.80	7.95
10	18.69	2.30	35.13	4.32	31.74	4.41
12	14.73	1.47	27.69	2.76	27.37	2.42
14	13.34	1.55	25.08	2.91	23.61	1.66
16	11.18	1.86	21.02	3.50	20.36	1.82
18	8.64	0.87	16.24	1.64	17.56	2.59
20	7.87	2.10	14.79	3.95	15.14	3.65
22	6.77	0.99	12.73	1.86	13.06	4.70
24	6.12	3.80	11.50	7.14	11.26	5.41
合计	127.48	25.51	239.62	47.95	239.59	47.95

3 灌区土壤侵蚀特征所反映出的问题严重性

秦王川土壤侵蚀实验在清砂后的两种地上进行,一是耕翻冬灌地;二是未耕灌地。耕翻灌溉地垄间距 20~25cm,起伏度 10~20cm,插钎按 2m 的行距和 3m 的列距与土垄走向(偏东)成 45°交角布设,以避免风向和土垄影响。未耕灌地整体向东北微倾,坡度不到 1°,没有耕翻之地,插钎的行列走向和间距同耕灌地。实验结果显示下述特点。

侵蚀过程明显为蚀积平衡的结果,侵蚀是总趋势。侵蚀过程线绕零轴波动,无论是灌耕地还是非灌耕地侵蚀曲线多数时间都在零以上运行;最大侵蚀和沉积曲线也分别绕±0.5mm 轴演变(图 1)。其侵蚀和沉积在数值上较接近。日侵蚀深度平均为 0.03mm,最大可达 0.92mm(表 5)。按试验区土壤平均容重 1.36g/cm³ 计算得日平均侵蚀量为 0.41t/hm²。如每年从出苗至收割期间的 3

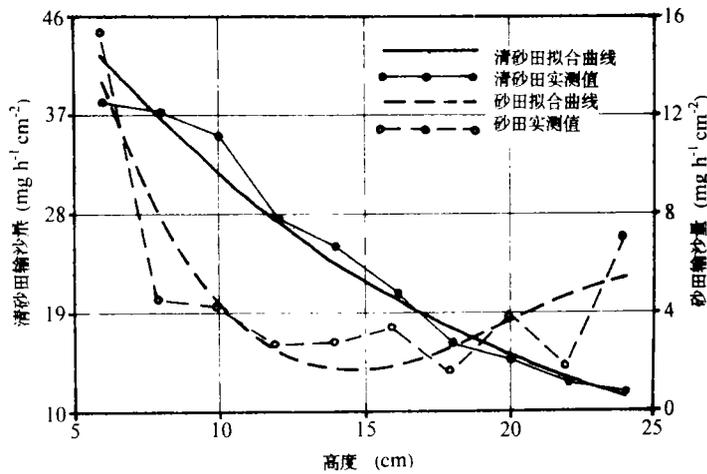


图 2 输沙量随高度的变化

个半月土壤侵蚀量忽略不计,有 106.08t/hm² 的年侵蚀量。目前国内外实测的土壤风蚀数据不多,尤其类似地区尚未检索到该方面的工作而难以对比。依据野外风洞实验估算的黄土高原北

部沙黄土和裸露沙黄土的年风蚀量分别为 $34\text{t}/\text{hm}^2$ 和 $154\text{t}/\text{hm}^2$ ^[2]; 美国的西部干旱区土壤侵蚀深度为 $1\text{mm}/\text{a}$ ^[6]。干旱地区想要完全控制土壤风蚀几乎是不可能的。耕地每年 $11\text{t}/\text{hm}^2$ 的侵蚀量被认为是可接受的^[7], 对比这些数据足以显示本区土壤侵蚀的严重性。

表 5 不同利用类型土壤蚀积变化

利用类型	观测起止日期(年、月)	日均侵蚀深度(mm)	日最大侵蚀深度(mm)	日最大沉积厚度(mm)	日平均侵蚀量(t/hm^2)	月侵蚀量(t/hm^2)	年侵蚀量(t/hm^2)	平均风速(m/s)
耕 灌	199512~199603	0.02	0.66	0.54	0.27	8.16	70.72	1.820
耕 灌	199604~199605	0.04	0.65	0.48	0.54	16.32	141.44	2.100
未耕灌	199512~199603	0.05	0.55	0.47	0.68	20.40	176.80	1.820
未耕灌	199604~199605	0.00	0.47	0.42	0.00	0.00	0.00	2.100
均 值	199512~199605	0.03	0.57	0.46	0.41	12.24	106.08	1.97

侵蚀量和沉积量与风速的变化无明显规律, 而人类的耕种过程主导本区土壤侵蚀。同一灌耕地 1996 年 4 月至 1996 年 5 月的耕播期日均侵蚀量是 1995 年 12 月至 1996 年 3 月的休闲期侵蚀量的两倍, 两期日最大侵蚀深度二者相差无几, 但日最大沉积厚度减少 11.11%; 而未灌耕地的 4~5 月却趋于蚀积平衡的演变过程(表 5)。灌耕地与未灌耕地对比休闲期日均侵蚀量前者小于后者, 耕播期则反之; 而后期的耕种对风蚀贡献更大, 从而导致了整个观测期灌耕地遭受更严重的风蚀。土壤风蚀的这一时序过程特征恰好吻合于区域性的沙尘暴多发期(表 6), 揭示了土壤风蚀对气候的影响。

表 6 秦王川周边地区月平均沙尘暴日数

站名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均
永登	0	0	0.6	1.0	0.5	0.2	0.3	0.1	0.1	0.1	0	0	3.0
皋兰	0	0.2	0.9	0.7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	1.7
兰州	0	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.1	0	0	0	0	0	1.7

4 结 论

正在大规模开发的秦王川为一较强风蚀区, 10m 高处日平均风速 $2.50\text{m}/\text{s}$, 高出周边地区 10%; 最大风速 $7.69\text{m}/\text{s}$ 。清除砂砾覆盖层的灌耕地抗蚀能力极差, 90% 以上土壤物质有遭风蚀的可能, 且 88% 土壤颗粒可参与大气远程输送。风的阵性波动和风热条件组合构成较强的侵蚀力, 其时变过程与人类活动的一致性导致了耕播期具有最大侵蚀强度。

砂田与清砂田输沙量对比研究揭示了风蚀过程本质区别。5~25cm 高度范围内清砂田上方输沙量是砂田的 5 倍, 前者以悬移为主, 处于稳定侵蚀过程; 而后者以跃移为主, 停滞在侵蚀的初期阶段。

土壤日均侵蚀深度为 0.03mm , 最大可达 0.92mm , 最大沉积深度为 0.87mm , 月侵蚀量为 $12.24\text{t}/\text{hm}^2$ 。侵蚀过程表现为蚀积相互作用的结果, 其与风速的变化并无明显规律, 人类不合理的灌溉耕作过程是土壤侵蚀的主要因素。

(下转第 75 页)

特别是废水再利用、海水淡化及苦咸水灌溉等方面,已取得很大成就。60%的城市生活废水都经过国家污水处理中心,利用微生物氧化池和沙丘渗滤等方法,使废水重新用于农田灌溉(85%用于灌溉棉花);海水淡化已从实验室走向应用,位于以色列南端的城市依拉特(Elit),全市生活用水均为淡化处理的海水;采用地下苦咸水灌溉内格夫沙漠中的棉花、小麦及大部分蔬菜,其蔬菜(如西红柿、西瓜等)含糖量更高,别具风味。

3 节水高效农业的科研与交流

3.1 节水高效农业与科研紧密结合

以色列水资源贫乏,“水贵如油”。所以,无论是政府行为、法律制定还是公民意识上,节水的意识非常明确。在科研上,不仅大力发展节水灌溉新方法,而且努力致力于解决生产存在问题。例如,对于滴灌带来的土壤盐碱化问题,主要研究植物对盐碱的生长适宜性和生理反应,选育抗盐碱植物并合理布局;在水资源管理的研究中,以色列根据科学家确定的不同土地和不同作物的需水量,来确定给予生产者的配水定额。在配水定额内,85%实行平价供水,另外15%实行加价,而超出配水定额的水价,将提高2~10倍。这样就有力地促进了节水高效农业的发展。灌溉水利用系数达0.9以上。

3.2 注重国际交流,促进科研水平提高与成果转化

以色列外交部国际合作交流中心(MASHAV)和农业部农业研究组织(ARO),是以色列国在农业方面对外交流的两个主要组织机构,每年在以色列就举办国际培训班或专题研讨会数10次。仅“灌溉与土壤管理国际高级培训班”自1969年至今,每年举行一次,已有103个国家的1000多名学者参加。以色列科学家充分利用这些国际交流活动,介绍与推广以色列成功的节水高效农业技术与成就,并因此与欧美一些发达国家,以及南非、亚洲(包括中国)等地区建立广泛的合作项目。通过技术转让和咨询,将以色列的科研成就在世界各地广泛推广。另一方面,以色列科学家亦不断吸收学习世界各地的最新科研经验,提高自身实力,使农业科研水平永远处于世界的最前沿。

(上接第30页)

参 考 文 献

- 1 拜格诺 R A. 风沙和荒漠沙丘物理学. 北京:科学出版社,1959. 51
- 2 朱朝云. 土壤风蚀的野外实验研究. 干旱区资源与环境, 1987, 1(1): 125~130
- 3 邹桂香, 高宏智, 董光荣. 流沙地区沙通量的计算与观测初议. 中国沙漠, 1986, 6(2): 8~15
- 4 Skidmore E L. Wind erosion, In: soil erosion research methods, Lal R, ed. 6700AJ Wageningen, The Netherlands, 1988, 203~233
- 5 Gillette D A, Goodwin P A. Microscale Transport of sandsized soil aggregates eroded by wind. J. Geophys. Res. ,1974, 79: 4080~4084
- 6 Beinhauer R, Kruse B. Soil erosivity by wind in moderate climates. Ecol. Model. ,1994, 75/76: 279~287
- 7 Fryrear D W. Wind erosion on arid cropland. Sci. Reviews, Arid Zone Research, 1984, 2: 31~48