

# $^{137}\text{Cs}$ 应用于我国西部风蚀地区土地退化的初步研究\*

——以新疆库尔勒地区为例

濮励杰 包浩生 彭补拙 David L Higgitt

(南京大学城市与资源学系, 南京 210093)

(University of Durham, DH1 3LE, UK)

**摘要** 本文以新疆库尔勒地区为例,首次运用 $^{137}\text{Cs}$ 示踪分析法对我国西部风蚀地区土壤侵蚀的强度与区域分布进行了研究,分别计算出该地区荒地、耕地、草地等土地利用类型的土壤侵蚀模数的平均值为 5987.21 吨/平方公里·年、3537.29 吨/平方公里·年和 3171.31 吨/平方公里·年,其土壤侵蚀强度依次为荒地 > 耕地 > 草地。并据此探讨了不同土地利用类型与土地退化之间的相关关系及空间特征。这对于丰富风蚀地区土地退化研究的理论和方法,制订准确的土地退化防治对策,进一步合理利用土地资源具有理论和实践意义。

**关键词** 土地退化, 风蚀,  $^{137}\text{Cs}$  分析法, 土壤侵蚀强度

**中图分类号** S151.3

土地退化被认为是人类面临的严峻挑战之一,已成为学术界和各国政府公认的重大环境问题之一<sup>[1]</sup>,它不仅降低了土地的生产能力,破坏了自然资源,使人类生存环境进一步恶化,而且危及到子孙后代的永续利用。土地包括土壤及其成土环境条件,土地退化从这个意义上看就是土壤退化<sup>[2]</sup>。土壤侵蚀是土地退化的首要问题,根据引起土壤侵蚀的动力机制,土壤侵蚀又可分为水蚀和风蚀等类型<sup>[3]</sup>,但其相同的结果均表现为土地(土壤)数量的减少和土地质量的下降。我国风蚀(含戈壁)面积约 130 万平方公里,水蚀面积约 150 万平方公里<sup>[2]</sup>,合计约占国土面积的 29.1%,形势十分严峻,研究和揭示土壤侵蚀的强度以及区域分布规律,对于水土保持以及土地资源的合理利用无疑具有十分重大的理论与实践意义。近几十年来,关于土壤侵蚀的定量研究已有较多报道<sup>[4-6]</sup>,但研究手段和方法多集中在建立监测站或试验站、模型以及运用水土流失方程(如 USLE, WEPP)等,尚缺乏简便、有效的研究中长期土壤侵蚀强度及区域分布的方法,对风蚀地区的定量研究则更少。本文根据国外近二十年来日益广泛应用的 $^{137}\text{Cs}$ 分析方法,以新疆库尔勒地区为例,首次对我国风蚀地区土壤侵蚀的强度及区域分布特征作一初步研究,并以此探讨土地利用与土地退化的相关关系。

\* 本文为中英合作项目(SHA, 0992/259)的一部分。

收稿日期:1997-04-5; 收到修改稿日期:1997-12-15

## 1 研究区概况

库尔勒地区位于我国新疆天山南麓,塔里木盆地东北部,东北方隔库鲁克塔山、霍拉山与焉耆、博湖两县相望,南至塔里木河与尉犁县相邻,西至库克西卖与轮台县接壤,总面积 7209.96 平方公里,其中山地面积占 1 / 5,其余均为海拔 890 米至 950 米的绿洲平原,由孔雀河三角洲、塔里木冲积平原和山前洪冲积平原组成,北部地势由东北向西南倾斜,南部由西北向东南倾斜,平均坡降 1 / 1000 至 1 / 2000。

本区在大陆腹地,气候上属暖温带大陆性荒漠气候。年平均气温为 11.4℃,夏季炎热,冬季寒冷,极端最高和最低气温分别达到 40.0℃ 和 - 28.1℃。光照和热量资源丰富,全年大于等于 10℃ 积温 4273℃,无霜期 190—210 天。降水少而蒸发强烈,年均降水量和蒸发量分别为 50.1mm 和 2788mm。大风较多,受地形影响,秋末至冬季盛行偏西风,春、夏季盛行东-东北风,8 级以上大风全年达 32 天,年均风速 3 米 / 秒,最大风速 20—22 米 / 秒。气候极端干燥,是形成沙漠土壤的基本原因,也是本区土壤侵蚀动力机制以风蚀为主的前提。

## 2 样品的采集与测定

### 2.1 样品的采集

土壤样点全部采集于 1995 年 8 月,共计 29 个,其中 16 个采集于耕地,6 个采集于牧草地(含人工草场),6 个采集于荒地,1 个采集于天然草场作为标准剖面样点。供试样点土壤均属于干旱土,颗粒细小,质地较为均一。耕地农作物部分为水稻,部分为麦和棉,一年一熟。由于本区大部分土壤剖面疏松,采样深度一般至 90cm(分层间距 30cm),少量样品至 60cm 和 120cm。

本区垦荒历史悠久,风蚀十分严重,已很难找到未受干扰或侵蚀的原始剖面(即标准剖面),因此,在距本研究区以西 30km 处轮台境内的天然草场采集样点(即 NO.29),作为本研究的标准剖面样点,因样点距本研究区不远,且地形平坦,因此符合分析要求<sup>[7]</sup>。

### 2.2 样品的测定

2.2.1 <sup>137</sup>Cs 测试技术原理 <sup>137</sup>Cs 是本世纪中叶全球大气核试验的产物,为人工放射性元素,1956 年至 1965 年是核尘埃的主要产出期,其中以签订禁止大气核试验条约的 1963 年的浓度最大<sup>[8,9]</sup>,70 年代后产出甚微。由于<sup>137</sup>Cs 随大气环流在全球分布,并被表层土壤迅速而牢固地吸附,极难被植物吸收或淋溶,其后的运动主要伴随土壤颗粒的侵蚀、搬运和沉积而进行。同时,<sup>137</sup>Cs 的半衰期为 30.17 年,因此,<sup>137</sup>Cs 是一种研究土壤中长期(如 30 年)侵蚀强度和空间分布的极好的示踪元素<sup>[10-12]</sup>。

2.2.2 样品测试 土壤样品经风干后,研磨过筛(孔径为 1.0mm),剔去大颗粒及草根等,供测试用。<sup>137</sup>Cs 具有 $\gamma$  放射性,其发射的射线能量为 661.6keV,测度仪器为美国坎培拉公司(ORTEC)生产的高纯锗(Ge)探测器,经前置放大和数字转换后,经 4096 道多道分析仪,用道边界法测定。温度漂移 < 0.01% / ℃,分辨率对<sup>60</sup>Co1.33keV,峰康比为 49:1。标准源采用由加拿大贝德福海洋研究所提供的强度为 1.16Bq / g,重 65.4 克。全部样品供测试时的重量约 100 克 / 个,测试时间大于 30000 秒,样品重复测试结果相对误差 < 10%。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 $^{137}\text{Cs}$ 浓度随土壤深度变化分析

(1) 土壤剖面  $^{137}\text{Cs}$  浓度的分布值可综合反映土体垂直空间的交换强度或人类活动(如犁耕)对土地的利用强度,根据 Walling E, Sutherland, 张信宝等研究,  $^{137}\text{Cs}$  浓度之分布一般随土壤剖面深度的增加而急剧减少,通常集中于土壤表层(20cm 左右)或犁底层以上<sup>[8-10]</sup>。从本研究区土壤剖面  $^{137}\text{Cs}$  的浓度分析值(表 1)看,除样点 3, 4, 12, 24 以外,均

表 1 土壤剖面中  $^{137}\text{Cs}$  浓度分布值

Table 1 The  $^{137}\text{Cs}$  activity in the soil profiles

样点号 Sample No.	$^{137}\text{Cs}$ 强度(0-30cm) $^{137}\text{Cs}$ activity (Bq/kg)	$^{137}\text{Cs}$ 强度(30-60cm) $^{137}\text{Cs}$ activity (Bq/kg)	$^{137}\text{Cs}$ 强度(60-90cm) $^{137}\text{Cs}$ activity (Bq/kg)	$^{137}\text{Cs}$ 强度(90-110cm) $^{137}\text{Cs}$ activity (Bq/kg)
1	7.62±0.53	7.42±0.52	3.92±0.39	—
2	9.49±0.62	5.29±0.49	0.8±0.17	—
3	9.13±0.61	13.12±0.69	7.24±0.52	5±0.46
4	12.48±0.67	4.51±0.40	21.05±0.88	4.3±0.39
5	10.34±0.61	7.17±0.51	4.91±0.42	—
6	9.12±0.57	4.44±0.40	5.55±0.45	—
7	9.8±0.58	4.67±0.41	4.36±0.40	—
8	10.8±0.62	8.6±0.56	4.3±0.39	—
9	7.26±0.50	4.33±0.39	5.47±0.44	—
10	5.44±0.44	4.81±0.42	4.85±0.42	—
11	15.32±0.91	5.46±0.50	6.86±0.53	—
12	6.9±0.62	6.23±0.52	10.74±0.66	—
13	12.09±0.66	4.36±0.40	4.88±0.42	—
14	19.73±1.03	9.01±0.91	5.7±0.52	—
15	22.6±1.1	5.23±0.50	6.36±0.53	—
16	8.39±0.55	4.85±0.42	3.67±0.36	—
17	4±0.56	6.29±0.47	—	—
18	2.02±0.27	18.73±0.83	3.03±0.37	—
19	7.3±0.55	3.85±0.37	5.37±0.47	—
20	12.48±0.67	4.69±0.41	4.49±0.40	—
21	2.36±0.30	8.25±0.58	—	—
22	9.64±0.62	6.08±0.48	5.45±0.47	—
23	12.32±0.98	1.05±0.22	5.46±0.47	—
24	4.19±0.59	4.28±0.45	—	—
25	34.32±1.12	5.79±0.46	5.5±0.44	—
26	9.79±0.59	3.95±0.37	—	—
27	5.69±0.53	5.31±0.52	—	—
28	29.88±1.65	9.92±1.01	12.94±1.23	19.5±1.46
29	21.03±1.16	7.56±0.52	—	—

呈现土壤表层中<sup>137</sup>Cs 浓度高于下层的普遍结果,且表层<sup>137</sup>Cs 浓度比次表层要高得多,说明土壤剖面上层的土体交换并不频繁<sup>[9]</sup>。而 3, 4, 12, 24 样点均属于农区的边缘部分,样点 3, 4 位于沙漠与农区交界区域,并处于沙漠的东南部;样点 12, 24 则分布于农区与北部和东北部戈壁与农区的交界区域,分别位于戈壁的南部和西南部,本区常年主导风向为西北风和东北风,全年大风次数频繁,上述样点均处于戈壁或沙漠的下风向,直接受到风力的侵蚀,因此,可初步认为,剖面<sup>137</sup>Cs 浓度分布的离异性与此相关。

(2) 大部分样点在土壤剖面深度 90cm 以内均有<sup>137</sup>Cs 检出(除样点 17, 21, 24, 26 和 29 以外),部分剖面甚至在深至 110cm 仍有检出。此结果在目前世界上同类研究中尚属首次。从剖面 90cm 以上<sup>137</sup>Cs 浓度分布值看,样点表层<sup>137</sup>Cs 浓度差距并不太大,大部分在 8-10Bq / kg,而在 60-90cm 未检出的样点 17, 21, 24 中,表层<sup>137</sup>Cs 浓度均仅在 4Bq / kg 以下,大体相当于其它样点第二层(30-60cm)中<sup>137</sup>Cs 的浓度值,而上述样点分布于农区的西北和东部边缘地带,加上本农区北部和东部均有山脉分布,大风次数多且涡旋风频繁,可以初步推断上述样点土壤表层受局部风力侵蚀所致。而样点 26 和 29 虽第三层也未检出<sup>137</sup>Cs,但表层含量高,样点 26 可以认为处于频繁风力侵蚀的某一状态,在受侵蚀的同时亦承受了局部地表土壤的堆积;样点 29 则位于本研究区西 30cm 左右的轮台县天然草场内,几十年内基本未受侵蚀和人类干扰,且其<sup>137</sup>Cs 浓度在剖面的分布符合目前已有同类研究要求,因此,可作为研究值的标准剖面。

### 3.2 <sup>137</sup>Cs 强度值的计算和分析

<sup>137</sup>Cs 浓度仅表示单位质量土壤中<sup>137</sup>Cs 的含量,而表示样点所在区域的单位面积的<sup>137</sup>Cs 的含量,即<sup>137</sup>Cs 的强度,可反映出研究区内不同地点的<sup>137</sup>Cs 含量差异。从理论上讲,由于<sup>137</sup>Cs 随大气环流并随降水分布于地表,因此,在一定的区域内,如果不发生土壤的物理运动(如侵蚀、搬运、堆积等),<sup>137</sup>Cs 分布值大致相等。据此前提,可根据不同地点<sup>137</sup>Cs 的强度差异,揭示土壤侵蚀的强度以及空间分布。

由于本研究区首先测定其<sup>137</sup>Cs 的浓度(Bq / kg),可根据下述公式计算出相应地点的<sup>137</sup>Cs 强度值(Bq / m<sup>2</sup>)。

$$C_s = \sum_{i=1}^n C_i \cdot BD_i \cdot DI_i \cdot 1000 \quad (1)$$

式中:  $C_s$  表示样点单位面积<sup>137</sup>Cs 的含量 Bq / m<sup>2</sup>,  $i$  为采样层数序号,  $n$  为采样层数,  $C_i$  为相应采样层数序号  $i$  的<sup>137</sup>Cs 浓度(Bq / kg),  $BD_i$  为相应采样层数序号  $i$  的土壤容重值(Mg / m<sup>3</sup>),  $DI_i$  为相应采样层数序号  $i$  的土壤深度值(m)。

根据式(1)和表 1 中<sup>137</sup>Cs 的浓度值,可计算出 29 个样点所在区域的<sup>137</sup>Cs 强度值,标准剖面样点 29 的<sup>137</sup>Cs 强度值见表 2,经过分类(耕地、草地、荒地和标准剖面)的样点<sup>137</sup>Cs 强度的平均值如表 3 所示。

表 2 标准剖面中<sup>137</sup>Cs 强度值

Table 2 The <sup>137</sup>Cs activity of the soil sample in reference site

样点号	采样位置	土地利用类型	<sup>137</sup> Cs 强度(Bq / m <sup>2</sup> )
Sample No.	Sampling site	Land use type	<sup>137</sup> Cs activity (Bq / m <sup>2</sup> )
29	库尔勒以西	天然草场	10292.40

表 3 各土地利用类型土壤样点  $^{137}\text{Cs}$  强度平均值Table 3 The average activity of  $^{137}\text{Cs}$  in different land use types, Korla area

土地利用类型	正常样点数	$^{137}\text{Cs}$ 强度平均值 ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )	样点总数	$^{137}\text{Cs}$ 强度总平均值 ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )
Land use type	Samples number of the normal	Average activity of $^{137}\text{Cs}$	Samples number of the total	Average activity of $^{137}\text{Cs}$
耕地	12	7157.37	16	8431.85
牧草地	4	7481.7	6	6241.80
荒地	4	4986	6	9225.00
平均值	20	6787.96	28	7966.22
标准剖面	1	10292.4	1	10292.40

3.2.1 耕地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度分析 大部分耕地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度值在  $6000\text{Bq}/\text{m}^2$  左右, 和标准剖面  $^{137}\text{Cs}$  强度值相比低 40% 左右。耕地样点中, 以样点 3, 4 以及部分农二师团场样点 (12 至 15)  $^{137}\text{Cs}$  强度值最高, 从上述样点区域分布来看, 前者位于农区西南部沙漠边缘, 有近半年时间受主导风向西北风的影响, 可能较多地承受了上风向即样点西北部的表层堆积作用, 因此,  $^{137}\text{Cs}$  强度值显著高于耕地其他样点, 并略超过标准剖面值; 而后者样点基本平行分布于农区北缘东西向山脉的冲积扇上, 在遭受侵蚀的同时亦承接了一定的山体表层的土壤堆积,  $^{137}\text{Cs}$  强度值略高于其他耕地样点。16 个耕地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度平均值为  $8431.85\text{Bq}/\text{m}^2$  (表 3), 约为标准剖面相应值的 80%, 初步说明, 大部分耕地表层土壤遭受一定程度的侵蚀。

3.2.2 草地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度分析 由于本区没有类似标准剖面 (样点 29) 保存完好的天然草场, 已有的草场由于受水资源的限制和自然条件的影响, 草场质量差, 建场时间短, 因此, 大部分草地样点的  $^{137}\text{Cs}$  强度并不高, 6 个样点的  $^{137}\text{Cs}$  强度平均值  $6241.80\text{Bq}/\text{m}^2$ , 约为标准剖面值的 62%。草地样点中, 以样点 17 和 21 的  $^{137}\text{Cs}$  强度值最低, 仅为 3000 多  $\text{Bq}/\text{m}^2$ , 从样点区域分布看, 分别位于农区的西部和东北部, 均与戈壁相连, 可以初步推断为每年的盛行风向东北风和西北风的风力侵蚀作用所至, 表土侵蚀较为严重。

3.2.3 荒地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度分析 荒地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度值总体上分布差异较大, 其中样点 28 和 25 分别位于洪冲积扇上部和农区西南下风区域,  $^{137}\text{Cs}$  强度值异常偏高, 前者可能由于山区水蚀作用所致, 堆积了大量的经山区径流带来的泥沙和地表细土, 而后者由于风力侵蚀经过农区绿洲的缓冲, 细土沉积于下风向的结果。其他四个荒地样点  $^{137}\text{Cs}$  强度平均值在  $5000\text{Bq}/\text{m}^2$  左右, 和标准剖面相比, 即约有含 50% 左右  $^{137}\text{Cs}$  的表土遭到侵蚀。

3.2.4 综合分析 据以上分析, 作者认为异常样点的  $^{137}\text{Cs}$  强度表征了微地貌形态局部区域的土壤侵蚀状况, 而不能整体反映区域土地利用类型与土壤侵蚀的相关关系。表 3 中分别为总样点  $^{137}\text{Cs}$  强度值与剔除异常样点后  $^{137}\text{Cs}$  强度值的情况, 根据与标准剖面  $^{137}\text{Cs}$  强度值的对比分析, 可以得出以下初步结论:

(1) 通过对正常样点的  $^{137}\text{Cs}$  强度分析, 耕地、草地、荒地的  $^{137}\text{Cs}$  强度平均值分别为  $7157.37\text{Bq}/\text{m}^2$ 、 $7481.7\text{Bq}/\text{m}^2$  和  $4986\text{Bq}/\text{m}^2$ 。与标准剖面相应值比较可以认为不同土地利用类型的土壤侵蚀强度有一定差别, 即荒地 > 耕地 > 草地, 其中, 荒地侵蚀强度最大, 草地最弱。

(2) 如果从总体样点数分析,则不同土地利用类型的土壤侵蚀强度次序与上述结论完全相反,即由强到弱依次为草地 > 耕地 > 荒地,显然,此结果由于部分异常结果(分析见前述)的影响所至。从野外实际情况考察,此总体结果与现实不符。

### 3.3 土壤侵蚀强度与空间分布初步研究

通过以上结果分析,可以推断不同土地利用类型土壤侵蚀强度的相对大小,而绝对值的确定即土壤侵蚀速率以及空间分布的研究,则必须建立 $^{137}\text{Cs}$ 强度与土壤侵蚀强度之间的相关模型。由于本区土壤类型简单,地形平坦,还具有土壤颗粒组成细且相对均一,分选性好、土壤剖面深等特点,因此,可根据样点和标准剖面 $^{137}\text{Cs}$ 强度值的比较,测算出 $^{137}\text{Cs}$ 的空间分布差异。土壤侵蚀的空间差异与 $^{137}\text{Cs}$ 的空间分布在本研究区呈线性相关关系<sup>[7,9-11]</sup>,可用公式:

$$C_{sn} = (C_{ss} - C_{sr}) / C_{sr} \quad (2)$$

式中, $C_{sn}$ 为样点所在区 $^{137}\text{Cs}$ 含量的变化率,正值说明该区堆积;负值说明遭侵蚀; $C_{ss}$ 为样点 $^{137}\text{Cs}$ 的强度值( $\text{Bq} / \text{m}^2$ ); $C_{sr}$ 为标准剖面 $^{137}\text{Cs}$ 的强度值( $\text{Bq} / \text{m}^2$ )。

因此,假设土壤侵蚀的空间分布和 $^{137}\text{Cs}$ 呈线性相关,则土壤净空间分布值 $S_{ni}$ 为:

$$S_{ni} = C_{sn} \cdot BD \cdot DI \cdot 10000 / T \quad (3)$$

式中, $S_{ni}$ 为年平均土壤侵蚀模数(吨/平方公里·年);正值表示堆积,负值表示侵蚀; $BD$ 为样点土壤容重( $\text{Mg} / \text{m}^3$ ); $DI$ 为采样间距(cm); $T$ 为本研究区发现 $^{137}\text{Cs}$ 含量最高值的年份与采样时间所在年的差值的绝对值。本研究采样时间为1995年,我国已有研究表明<sup>[12,13]</sup>, $^{137}\text{Cs}$ 在土壤中出现峰值年份为1964年,则 $T = 31$ 年。根据公式(3),计算耕地、草地以及荒地各样点以及各类型的平均侵蚀速率或侵蚀模型见表4,表5和表6。

表4 耕地 $^{137}\text{Cs}$ 强度差异及相应土壤侵蚀速率计算值

Table 4 The estimates of the  $^{137}\text{Cs}$  redistribution and the soil loss or gain rates in arable land, Korla area, Xinjiang

样点号 Sample No.	$C_{ss}$ 值( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) $C_{ss}$ ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )	$C_{sr}$ 值( $\text{Bq}/\text{m}^2$ ) $C_{sr}$ ( $\text{Bq}/\text{m}^2$ )	$C_{ss}/C_{sr}$ 值 $C_{ss}/C_{sr}$ value	$C_{sn}$ 值 $C_{sn}$ value	$S_{ni}$ 值( $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{year}$ ) $S_{ni}$ ( $\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{year}$ )
1	6825.6	10292.4	0.663169	-0.33683	-4020.08
2	5349.6	10292.4	0.519762	-0.48024	-5731.64
3	8071.2	10292.4	0.78419	-0.21581	-2575.69
4	6843.6	10292.4	0.664918	-0.33508	-3999.21
5	6778.8	10292.4	0.658622	-0.34138	-4074.35
6	8532	10292.4	0.828961	-0.17104	-2041.35
7	6141.6	10292.4	0.596712	-0.40329	-4813.24
8	5436	10292.4	0.528157	-0.47184	-5631.45
9	9550.4	10292.4	0.927908	-0.07209	-860.42
10	8593.2	10292.4	0.834907	-0.16509	-1970.38
11	7678.8	10292.4	0.746065	-0.25393	-3030.71
12	6087.6	10292.4	0.591466	-0.40853	-4875.86
平均值	7157.37	10292.4	0.69540	-0.30460	-3537.29

表5 草地中 $^{137}\text{Cs}$ 强度差异及相应土壤侵蚀速率计算值Table 5 The estimates of the  $^{137}\text{Cs}$  redistribution and the soil loss or gain rates in grass land, Korla area, Xinjiang

样点号	$C_{ss}$ 值(Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{sr}$ 值(Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{ss}/C_{sr}$ 值	$C_{sn}$ 值	$S_{nt}$ 值(r/km <sup>2</sup> ·year)
Sample No.	$C_{ss}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{sr}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{ss}/C_{sr}$ value	$C_{sn}$ value	$S_{nt}$ (t/km <sup>2</sup> ·year)
13	8560.8	10292.4	0.831759	-0.16824	-2007.95
14	5947.2	10292.4	0.577824	-0.42218	-5038.67
15	7797.6	10292.4	0.757608	-0.24239	-2892.95
16	7621.2	10292.4	0.74469	-0.25953	-3097.51
平均值	7481.7	10292.4	0.726915	-0.273085	-3171.31

表6 荒地中 $^{137}\text{Cs}$ 强度差异及相应土壤侵蚀速率计算值以及样点总平均值Table 6 The estimates of the  $^{137}\text{Cs}$  redistribution and the soil loss or gain rates in barren land, Korla area, Xinjiang and the total average value

样点号	$C_{ss}$ 值(Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{sr}$ 值(Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{ss}/C_{sr}$ 值	$C_{sn}$ 值	$S_{nt}$ 值(r/km <sup>2</sup> ·year)
Sample No.	$C_{ss}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{sr}$ (Bq/m <sup>2</sup> )	$C_{ss}/C_{sr}$ value	$C_{sn}$ value	$S_{nt}$ (t/km <sup>2</sup> ·year)
17	6778.8	10292.4	0.658622	-0.341378	-4074.35
18	3049.2	10292.4	0.296257	-0.703743	-8399.17
19	4939.2	10292.4	0.479888	-0.520112	-6207.54
20	5176.8	10292.4	0.502973	-0.497027	-5932.02
平均值	4986	10292.4	0.484435	-0.515565	-5987.21
总平均值	6787.96	10292.4	0.659512	-0.340488	-3954.06

## 4 结 语

1. 根据不同土地利用类型土壤侵蚀模数的计算,可以看出,荒地的侵蚀模数最大,达5987.21吨/平方公里·年,其次为耕地3537.29吨/平方公里·年,草地最小为3171.31吨/平方公里·年。全部正常样点包括三种土地利用类型均不同程度地受到土壤侵蚀的

表7 部分样点(异常)土壤侵蚀速率值

Table 7 The soil loss or gain rates of some abnormal sites

样点号	土地利用类型	$S_{nt}$ 值(吨/平方公里·年)
Sample No.	Land use type	$S_{nt}$ (t/km <sup>2</sup> ·year)
3	耕地	375.74
4	耕地	3944.94
14	耕地	2442.10
15	耕地	2341.92
17	草地	-7639.48
21	草地	7505.82
25	荒地	7505.82
28	荒地	10081.51

危害,研究区平均侵蚀模数为 3954.06 吨 / 平方公里 · 年,参照 1991 年水电部制定的土壤侵蚀强度分级指标,本区属中度侵蚀(2500~5000 吨 / 平方公里 · 年),而荒地土壤侵蚀属强度侵蚀(5000—8000 吨 / 平方公里 · 年)。

2. 表 4 至 6 为正常样点的土壤侵蚀模数值,异常样点侵蚀模数值见表 7,从中可以看出,除 17 号样点(草地,前已分析)受到强度侵蚀以外,其余七个样点均有不同程度的堆积,反映了本区在一定范围内土壤侵蚀与堆积的空间分布。

3. 本研究结果为本区近 31 年来土壤侵蚀的净侵蚀模数或堆积模数,说明了本区域在较长的时期内长期处于中度侵蚀阶段,而荒地侵蚀尤为严重,表明本区土地退化的趋势是由风蚀为主要动力的沙漠化过程,而绿洲由于人类合理的土地利用,包括草地和合理的农作,一定程度上阻止或减弱了土地退化的进程。

致谢:本研究<sup>137</sup>Cs 测定由南京大学物理系核物理实验室徐其高副教授等协助测定,城市与资源学系高翔工程师等协助部分样品处理,深表谢意!

## 参 考 文 献

1. 联合国粮农组织. 土地退化. 罗马, 1971. 1—20
2. 龚子同, 史学正. 我国土地退化及防治对策. 见: 全国土地退化学术讨论会文集. 北京: 中国科技出版社, 1991. 15—20
3. 赵其国, 刘良梧. 人类活动与土地退化. 全国土地退化学术讨论会文集. 北京: 中国科技出版社, 1991. 1—5
4. 倪 森. 灰色系统理论在水土流失因素分析中的应用. 水土保持通报, 1986, 2: 80—83
5. 王德甫. 黄土高原区土壤侵蚀量的遥感测量方法. 国土资源与遥感, 1991, (1): 48—53
6. 马蔼乃, 林 逸, 姚金刚. 土壤侵蚀因子的信息提取及建模应用. 中国水土保持, 1990, (3): 44—46
7. Sutherland R A, Kowalchck T, Dejong E. Caesium-137 estimates of sediment redistribution by wind. Soil Sci., 1991, 151(15):387—396
8. Ritchie C, McHenry J R. Application of radioactive caesium-137 for measuring soil erosion and sediment accumulation rates and patterns, A Review. J. Environ. Qual., 1990, (19):215—233
9. Walling D E, Quine T A. Calibration of caesium-137 measurements to provide quantitative erosion rate data. Land Degradation and Rehabilitation, 1990, (2):161—175
10. Higgitt D L. The development and application of caesium-137 measurements in erosion investigation. In: Foster, I D L, Gurnell A M, Webb B W eds. Sediment and Water Quality in River Catchments. Chichester Wiley: 1995. 287—305
11. Sutherland R A, E DeJong. Estimation of sediment redistribution within agricultural fields using caesium-137. Crystal Springs. Saskatchewan, Canada: Applied Geography, 1990, (10):205—221
12. 张信宝, 李少龙, 王成华等. 黄土高原小流域泥砂来源的<sup>137</sup>Cs 法研究. 科学通报, 1989, 210—213
13. 张信宝, Higgitt D L, Walling E. <sup>137</sup>Cs 法测算黄土高原土壤侵蚀速率的初步研究. 地球化学, 1991, (3): 212—218



**PRELIMINARY STUDY ON THE POTENTIAL OF USING  $^{137}\text{Cs}$  TO ESTIMATE SOIL EROSION RATES IN WIND ERODED AREA, CHINA: CASE STUDY ON THE KORLA AREA, XINJIANG AUTONOMOUS REGION**

Pu Li-jie Bao Hao-sheng Peng Bu-zhuo

*(Department of Geography, Nanjing University, Nanjing 210093, China)*

David L Higgitt

*(Department of Geography, University of Durham, DH1 3LE, UK)*

**Summary**

The Korla area, Xinjiang Autonomous Region was selected as the case study of the wind eroded area in western China. The Caesium-137 technology was employed first time to elucidate the relationship between the land use types and land degradation. Sampling sites can be divided into three groups, including barren land, arable land and grass land. The average soil loss rates in the past 31 years for barren land, arable land and grass land are 5987.21, 3537.29 and 3171.31t / km<sup>2</sup> · year respectively. It is significant to apply the new tracing technology to do some quantitative research on land degradation in the wind eroded area in China.

**Key words** Land degradation, Wind erosion, Caesium-137 technology, Soil loss rate