关于土壤风蚀风洞模拟实验的某些结果

董光荣 李长治 金 炯 高尚玉 吴 丹

（中国科学院兰州沙漠研究所）

干旱、半干旱地区环境严重退化的一种表现——土地沙漠化，已日益受到各国政府和科学家的深切关注．但对其成因现在仍有较大分歧．因为对成因看法不同，防治沙漠化的着眼点和途径也有明显差异[1,2]．

作者认为，土地沙漠化既然以风沙活动为其主要景观标志[3]，实质上便是风作用于沙质地表而产生的土壤风蚀、风沙流、风沙沉积和沙丘前移等风沙地貌过程的产物．不言而喻，土壤风蚀不仅是沙漠化的重要组成部分，而且是其中的首要环节．因此，如果能定量、半定量地确定自然因素和人为因素在土壤风蚀中的作用，那么就有可能通过比较，对沙漠化成因、过程以及防治原则、途径等问题获得一些新的认识．为此，我们于 1985 年 8 月在青海省共和盆地干草原区采集具有代表性的栗钙土型土壤——粉沙质壤土、沙质壤土和固定风沙土[4]各三箱以及其下伏古风成沙一箱，共十箱（土样尺寸 95 × 30 × 15cm，每箱重 60kg 左右，土壤表面长有针茅、固沙草等植被，覆盖度 60% 以上），在室内进行了风洞模拟实验．

一、实验条件和方法

本实验是在我所的沙风洞[5]内进行． 沙风洞为直流闭口吹气式低速风洞． 实验段全长 16.23m，截面 0.6 × 1m²，实验点位于实验段入口下风 12m 处．风速从 0.5m/s 至 35m/s 连续可调．实验时将土样（一箱或两箱并排）水平置于实验段尾部木槽内，使土样表面与风洞底部齐平（土样箱可任意升降）．沙子（系天然风成沙）平铺于土样上风向，面积 8 × 1m²、厚 4—6cm，土样箱尾端架设测风速的比托管（图 1）． 因为自然风速从 1—12 级都存在，而引起土壤风蚀的风速一般从 4 级开始（详见后），采用的实验风速是从 4 级到 12 级，每级风速取其中数（表 1）．为了便于对比，各种土样吹蚀的每一级风，持续时间均为 10min． 对土壤风蚀强度的观测同时采用三种方法进行：（1）称重． 实验前将土样称重作为原始数据，然后每吹一级风后称重一次，这样即可求得各级风的风蚀量和总风蚀量．（2）文字记录．将观测到的风蚀状况用文字记录下来．（3）照像．对原始土样表面以及每吹一级风后各照像一次，以了解土壤表面风蚀变化的连续过程．

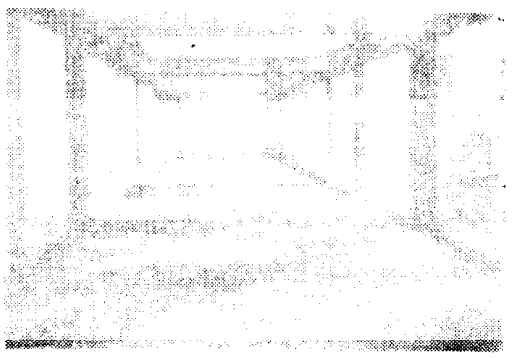

图 1 风洞实验布置

1．土样（两箱并排）； 2．平铺于风洞底部的天然沙； 3．比托管

本文 1986 年 2 月 17 日收到．

表 1　风力等级与风速对照

风力等级	4	5	6	7	8	9	10	11	12
风速(m/s)	6.7	9.4	12.3	15.5	19.0	22.6	26.5	30.5	32.6

二、实验结果讨论

土壤风蚀是个较复杂的物理过程．影响土壤风蚀量的因素很多．这次仅对自然因素中的风况(包括是否含沙和风速大小)，土壤表面的覆盖状况(主要是植被)、地表物质组成和人为因素中的开垦、放牧等与土壤风蚀量的关系，进行模拟实验．现对实验结果讨论如下：

1. 净风和挟沙风与土壤风蚀量的关系　由表 2 可见，在同一风速下，挟沙气流(或称风沙流）与不挟沙气流(净风)作用于同一种粉沙质壤土或固定风沙土引起的风蚀量具有明显差异．前者是后者的 4.36 至 5.24 倍．表明前者除了同样有净风对土壤表面产生的风压之外，还有沙粒弹跳和蠕移对土壤表面产生的撞击力影响．因此，设法切断沙源，避免风沙流对地表的直接冲击，是减少土壤风蚀的一个重要方面．

表 2　净风和挟沙风与土壤风蚀量的关系

土壤类型	气流状况	风力等级	实验前重	实验后重	总蚀量 (kg)	倍数
粉沙质壤土	净风	4—12	59.30	57.24	2.06	1
	挟沙风	4—12	60.59	51.60	8.99	4.36
固定风沙土	净风	4—12	62.54	60.19	2.15	1
	挟沙风	4—12	63.72	52.45	11.27	5.24

2. 风力等级与土壤风蚀量的关系　由不同等级风力对古风成沙与翻耕粉沙质壤土的吹蚀实验（参看表 3 和图 2 与图 5 中的翻耕风蚀曲线)来看，在相同条件下，风速越大，风蚀愈烈．由于古风成沙质地略紧实，被击碎的粉沙质壤土表面含一定土块、杂草阻挡，大致从 4—5 级风时才开始出现轻微风蚀现象．4—7 级风的风蚀量只占总风蚀量的 3.3%．8—12 级风的风蚀量却占 96.7%．可见土壤风蚀主要是 8 级以上的大风造成的．这与一场大风就可摧毁农田的调查结果基本符合．因而，在上风向设置层层林带或机械障碍使风速降低至风蚀临界值以下是减少和避免土壤风蚀的根本方法．

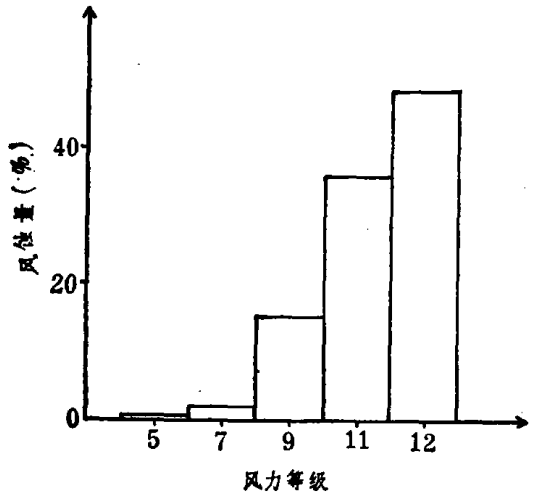

图 2　古风成沙风蚀强度与风力等级的关系

3. 土壤表面有无植被与土壤风蚀的关系

实验表明，土样表面经 4—12 级风吹蚀后，无植被或少植被区明显降低，形成沟槽；有草丛及其根系区仍保护着土层 (图 3)．土壤经风蚀后，细颗粒的粉沙、粘土乃至细沙被吹扬，土面逐渐粗化，形成与一定风力相对应的粗沙、土块与砾石层，对下伏土层起着明显的保护作用．随着风力的进一步加大，一些粗沙、小土块与细砾再次

受到吹扬，形成更粗、更厚的沙土、砾石层（图 4）．这大致反映了区内斑块状风蚀劣地（或假戈壁）的形成过程．说明保护和建立人工植被是增加土壤抗风蚀能力的重要方法．

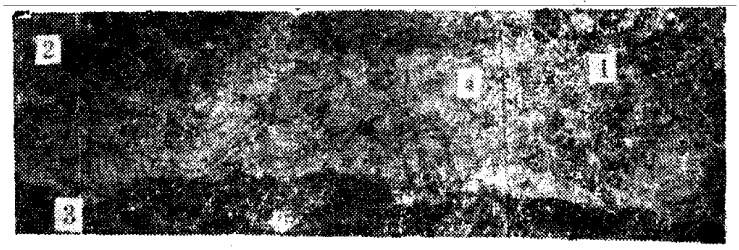

图 3　植被的抗蚀作用
1.草丛顶部；　2、3.土壤风蚀区；　4.保护区



图 4　风蚀后土壤表面的砂土砾

4. 地表物质组成与土壤风蚀量的关系　表 3 中的土壤样品取于同一古沙丘的上下两层．因地表物质组成不同，在各级风作用下出现的风蚀量差别极大．下伏古风成沙的风蚀量比上覆粉质壤土高达 131 倍．主要是因为粉沙质壤土结持力比风成沙大的多，且有植被覆盖．

表 3　粉沙质壤土与古风成沙风蚀量对照表

土壤类型	各级风 10 分钟风蚀量（kg）									合计	倍数
	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
粉沙质壤土	0.20		0.40		0.46		0.66		0.34	2.06	1
古风成沙	1.12		7.90		52.55		125.10		85.91	272.58	132

这是本区固定沙地一旦遭到人为和自然破坏，地表风蚀尤其是流沙极度发展的原因所在．所以，必须尽力保护地表土壤层，以免下伏古沙翻新．

5. 土地翻耕与土壤风蚀量的关系　基于我国北方农村每年都要翻耕土地这一事实，选用同一地点的两箱粉沙质壤土作翻耕与未翻耕模拟实验．作翻耕处理的一箱，将 0—7cm 的一层表土打碎刮平，土中杂草和草根任其保留；另一箱保持原状．实验结果（图 5）表明，在各种等级的风力作用下，翻耕与未翻耕土壤的风蚀量，在 7 级风力以下差别较小，7—12 级风力之间相差悬殊，翻耕地总风蚀量相当于未翻耕地的 14.8 倍．这是由于翻耕土地彻底破坏了地表植被和土壤结持力．因此，无防护措施的开垦，是加剧区内草原沙漠化的主要原因．

6. 牲畜践踏与土壤风蚀量的关系　牲畜对土壤践踏的程度与自身重量、行动速度、践踏密度等有关，要使模拟实验与实际完全一致是不可能的．我们选用同一地点采集的两箱沙质壤土，将其中一箱平放于地面，用 400g 重的法码在高 30cm 的空中自由落下，冲击土壤表面，平

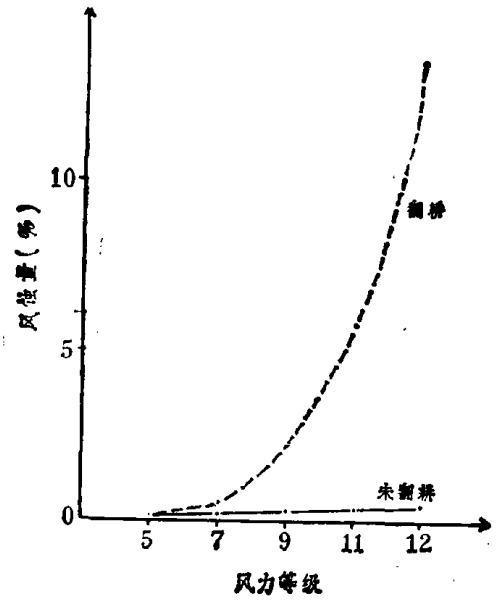

图 5　翻耕与未翻耕风蚀量对比

表 4　土壤风蚀与牲畜践踏的关系对照表

土壤类型	土壤状况	各级风 10 min 风蚀量 (kg)									合计	%
		4	5	6	7	8	9	10	11	12		
沙质壤土	未践踏	0.12		0.44		0.43		0.70		0.46	2.15	100
	已践踏	0.20		0.47		0.53		0.64		0.62	2.46	114.4

均在每 9cm² 面积内冲击一次，直至整个土面．然后与未做处理的另一箱同时进行风蚀对比实验．结果（表 4）遭践踏的总风蚀量相当于未践踏的 1.144 倍，即践踏后的土壤风蚀速度加快 14.4％．显然，如果草场牲畜超载或放牧不合理，其加快值将更大．它同样与草场植被和土壤层遭到破坏有关．表明滥牧也是草场沙漠化的重要因素．

樵采与土壤风蚀量的关系这次未作实验．由于当地群众为了烧柴和出售药材，将川青锦鸡儿、沙蒿和麻黄、甘草等多年生灌木丛常常成片刨挖，连根取走．推测其加速土壤风蚀值可能在牲畜践踏与耕翻土地之间．故樵采同样亦是沙漠化的一个因素．

三、初步结论

综上所述，可以得出以下初步结论：

1．土壤风蚀是土地沙漠化过程的重要组成部分和首要环节，而造成土壤风蚀的因素有自然和人为两方面，由此可将当前土地沙漠化区分为在自然因素和人为因素作用下的自然沙漠化和人为沙漠化两个过程．前者是不依人的意志为转移的自然过程，后者是在前者基础上出现的人为加速过程．显然，若不存在自然沙漠化过程，人为沙漠化过程将不复存在；倘若只有自然沙漠化过程，土地沙漠化也不致现在这么严重．当今草原区土地沙漠化正是上述两个过程迭加的结果．防治土地沙漠化应该同时考虑逐步消除沙漠化的自然因素和人为因素，才能从根本上制止沙漠化过程的发生、发展，恢复和建立新的生态平衡，收到最佳治理效果．

2．在影响土壤风蚀的诸自然因素中，以风况、有无植被和地表物质组成最为重要．在当地

风况和地表物质组成不变的情况下，防治土壤自然风蚀的有效办法只能是保护天然植被，建立人工植被，或采取其他机械措施保护土壤层．因而人工种树种草，以便尽可能避免或减少风对土壤的自然风蚀作用，始终是防治土地沙漠化的根本途径。

3. 人类不合理翻耕土地、放牧和樵采等经济活动，在自然条件相同的情况下，其加速土壤风蚀值可达百分之十几、十余倍至百余倍以上．因此，它是加剧草原区土地沙漠化不可忽视的重要人为因素．在目前自然条件下，禁止乱垦、乱牧、乱伐等不合理经济活动，建立合理的农耕、放牧和樵采制度，使人为加速土壤风蚀的强度降至最低限度，也是防止和控制土地沙漠化进一步扩大、加剧的可行途径。

致谢：本实验曾得到刘贤万、贺大良关心和支持，刘景璜、曹传俊协助照相、洗印照片，成文过程中承蒙朱震达、王乃樑、李孝芳教授审阅、修改、指导，特此感谢．

参　考　文　献

[1] H. N. Le 乌艾鲁，沙漠化——世界干旱区的威胁(译文集)，科学出版社，1983，20—30.
[2] Michel M. Verstraete，世界沙漠研究，1986，1：22—27.
[3] 朱震达、刘恕，中国沙漠，1984，3：2—8.
[4] 中国科学院南京土壤研究所主编，中国土壤，科学出版社，1978，682—692.
[5] 贺大良、刘贤万，地理研究，1983，4：99—105.