

# 中国土壤风蚀灾害发生的范围

李 玉 宝

(温州大学生命与环境科学学院,浙江 温州 325027)

**摘 要:**从大尺度讨论土壤风蚀灾害,认为风蚀是侵蚀因子(风力、可蚀表面等)和抑制因子(植被、水分等)斗争的结果,风蚀灾害发生在侵蚀风和干燥无覆被土壤共同出现的时段,所以说气候决定风蚀灾害的范围。依据李世奎等的《中国农业气候区划》诊断各个农业气候区发生风蚀灾害的时间和强度,农业土壤和非农业土壤采用的方法相似,但指标体系不同,确定了中国土壤风蚀灾害发生的范围。结果表明中国土壤风蚀灾害主要发生在温带,范围涉及国土面积 60.9% 的广大地区,其中,东部季风农业气候大区 and 青藏高寒农业气候大区,土壤风蚀灾害以农业土壤为主;西北干旱农业气候大区,农业和非农业土壤均遭受风蚀灾害,而且风蚀程度也大于其他气候大区。

**关键词:**土壤风蚀;区域尺度;范围;农业气候区划

**中图分类号:**S157.1

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)02-0037-03

## Areas of Wind Erosion in China

LI Yu-bao

(College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325027, China)

**Abstract:** Generalization of wind erosion hazard from a viewpoint of the whole nation found out the climatic pattern decides the areas of wind erosion hazard in China. It was concluded that erosive factors, wind and erodible surface, and restricting factors, such as vegetation cover and moisture, fight each other and results in whether wind erosion occurs. This study diagnosed each agro-climatic subregion which is the third class of "China Agro-Climatic Zonation" by Li Shikui et al. Both croplands and non-croplands were separately diagnosed to find out probabilities for a period of time of erosion hazard to occur in a year. From the east to the west, all the areas of wind erosion hazard for the whole country were finally determined. The results showed that wind erosion hazards cover all the temperate zones, involving 60.9% of the total territorial area of China, among which both croplands and non-croplands in the Northwest arid agro-climatic region are affected by wind erosion, whereas wind erosion hazards hit only croplands in the east monsoon and tibet frigid agro-climatic regions.

**Key words:** wind erosion; regional scale; areas affected; China agro-climatic zonation

中国幅员辽阔,是遭受风蚀灾害严重的国家。我国的土壤风蚀研究起步较晚,20 世纪 90 年代,沙尘暴沙尘源地问题曾在媒体和学术界引起争论,但至今中国土壤风蚀灾害的范围没有系统的研究。本质上,土壤风蚀灾害发生的时间、频率和程度由气候因素和人为土地利用决定,农业土壤是人为土地利用影响深刻的类型。因此根据农业气候区划能够确定中国土壤风蚀灾害的范围。本文将在讨论区域尺度上土壤风蚀的本质问题基础上,根据《中国农业气候区划》提出中国土壤风蚀灾害发生的范围。

### 1 气候决定风蚀灾害发生的范围

#### 1.1 区域尺度上的土壤风蚀过程

土壤风蚀的研究存在 3 个尺度,分别是点、地(田)块和区域,在不同的尺度上,风蚀研究的内容和意义不一样。实际上,突然风蚀研究的历史也是从一个点上的物理过程开始,经历不同阶段,到 20 世纪 90 年代才重视区域风蚀问题,也就是风蚀原理的应用<sup>[1,3]</sup>。

##### 1.1.1 风力作用下土壤颗粒的运动

在土壤表面的一个点上,研究的重点是颗粒受到风力的

作用发生运动的物理过程。土壤风蚀的物理过程指土壤颗粒在风力作用下的运动,研究的主要内容是颗粒本身的结构、位置等属性以及受到风力作用的过程。R. A. Bagnold 的《风沙与荒漠沙丘物理学》奠定了风蚀物理过程的基础。他最重要的贡献有 4 个方面<sup>[1,2]</sup>:(1)从运动力学的角度划分颗粒类型,认为砾、沙和尘之间的界限是 1 mm 和 0.01 mm;(2)颗粒在风力作用下的运动形式有蠕移、跃移和悬移;(3)空气动力学粗糙度的概念和估算方法;(4)输沙率和沙粒粒径、风速的关系,即断面上的输沙率与风速的三次方和粒径的平方根成正比。W. S. Chepil 继续着 R. A. Bagnald 的风洞实验研究,发现 > 0.084 mm 的土壤颗粒难以被风力移动,因此提出 < 0.084 mm 的表层土壤物质为可风蚀组分。

##### 1.1.2 田块尺度上的风蚀过程

一个均质的地块具有明确的边界,除风力外,运动的颗粒对其他土壤物质产生作用,影响土壤物质运动的因素很多。在风力作用下,土壤颗粒发生第一次运动后,跃移颗粒落到表面撞击其他土壤物质,从而导致更多颗粒的运动。在一个均质的田块,一场风带走多少表层土壤物质是被关注的主要问题。20 世纪 30 年代美国大平原地区的“黑风暴”以

\* 收稿日期:2005-04-26

基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号 30360088/C020609);教育部留学回国人员启动基金资助

作者简介:李玉宝(1963-),男,博士,副教授,土壤风蚀。

后,美国农业部的科学家展开了农田风蚀的系统研究。近 20 年的研究导致了 1965 年通用风蚀方程(Wind Erosion Equation, WEQ)的发表,这是一个基于影响因子和过程的方程,它的价值在于揭示一块农田一场风的风蚀过程,建立了土壤年风蚀量与土壤可蚀性、气候因子、土壤粗糙度因子、田块裸露长度和植被因子的数学关系<sup>[5]</sup>。70 年代以后,WEQ 写成 FORTRAN 计算机程序,被美国农业部用来预测农田土壤风蚀量。后来,为了连续模拟农田的风蚀过程和预测任一时间段的风蚀量,美国的风蚀研究者借助计算机技术,推出了风蚀预测系统(Wind Erosion Prediction System, WEPS)<sup>[6,7]</sup>。

WEQ 标志着土壤风蚀研究从理论研究的重大突破和开始向应用的转变,WEPS 就是证明。WEPS 是基于过程的、按照时间和事件顺序模拟一个均质农田的计算机系统,它帮助我们理解土壤风蚀过程,指导采取正确的耕作和栽培措施控制风蚀,在美国还用于预测农田的风蚀量。因此,在田块尺度上的风蚀研究已经相当深入,而我国在这方面起步较晚,把世界上的先进的技术引进和应用到我国是我国风蚀研究的主要任务。

### 1.1.3 区域尺度上的风蚀灾害

在区域尺度上,系统边界也模糊难辨,受到气候、水文、地貌、植被以及人为因素的影响,在大尺度上的风蚀过程更加复杂。虽然一个区域可以划分土地类型,或者说很多个地块组成一个区域,但是区域尺度上的土壤风蚀问题和田块尺度上有很大差异。土壤物质的悬移、特别是进入平流层离开本地地区的飘尘受到更多的关注,风力和水力交替侵蚀造成严重的土壤损失。一个地区,风蚀灾害的损失有多大,是不是重要的沙尘暴的沙尘源地。治理上,政府通过产业政策和土地利用结构调整控制土壤风蚀灾害。研究方法上,更多的采用土地类型和土地利用类型研究方法、遥感和地理信息系统技术。

### 1.2 气候决定风蚀灾害发生的范围

一个田块,我们可以在垂直于侵蚀风的田块边界断面上观测土壤风蚀量。一个区域,风蚀有 2 个途径造成土壤物质在这个区域的损失,一是悬浮的飘尘可以大范围运动,使得区域土壤物质损失;一是风蚀的物质堆积于附近的沟道,然后在雨季随洪水流失,或者直接被风力运送到河流而损失。影响土壤风蚀的因素有土壤(可蚀性)、气候(风力、水分等)、植被等,如果讨论中国土壤风蚀的范围,可以认为气候是决定因素,因为:

(1) 一个区域包括多种土壤类型,任何类型的土壤,表层均含有丰富的可风蚀颗粒。

(2) 植被是影响风蚀的重要因素,而植被也是由气候决定的,水热条件决定植被生物量和季相。

(3) 一般风蚀具有明显的季节性,植被、水分、温度和风力在时间上的分配和组合决定风蚀灾害的发生。

(4) 区域尺度上人为土地利用的影响主要体现在农业土壤的耕作和栽培。

## 2 界定风蚀灾害发生范围的方法

既然土壤风蚀灾害是由气候决定的,中国土壤风蚀灾害的范围应依据气候区划确定。农业土壤是中国风蚀范围的重要部分,农作物也就成为影响风蚀的重要因子,李世奎等编制的“中国农业气候区划”就是“反映全国农业生产与气候关系的区域划分”。本项研究依据 1988 年的“中国农业气候区划”,诊断和识别中国土壤风蚀灾害的范围。

中国农业气候区划分 3 个等级,第一级是农业气候大

区,全国共有 3 个,第二级叫农业气候带,共 15 个,第 3 级为农业气候区,全国有 55 个。诊断风蚀灾害的程序就是逐个分析 55 个农业气候区的水、热、风指标,首先得出水热条件支持的植被类型和季相,把植被和水分作为风蚀灾害的抑制因子,把风力作为风蚀灾害的动力因子,判断每个农业气候区有没有明显的风蚀灾害发生的季节。诊断还需把土壤利用类型区别对待,分 2 个类型。

### 2.1 农业土壤

从收获到下一茬生长发育并且积累到一定生物量的期间,农作物保护土壤免受风蚀的作用失去或者很小,认为是潜在风蚀期,综合这一期间的长短、风力、土壤水分等因素,可以诊断该农业气候区是否存在明显的风蚀季节。

(1) 诊断指标和诊断方法。诊断农业土壤风蚀灾害的指标包括温度、降水量、作物生物量、风速。土壤可蚀性也是一个重要指标,但是在区域尺度上可以认为土壤都是可蚀的,任何一个农业气候区都有多种类型的土壤,因此土壤不是风蚀灾害的限制因子。

诊断方法就是把诊断指标在时间上的叠加。即一年内的月份作横坐标,绘制温度、降水量、作物生物量、平均风速的年内变化曲线,从曲线的变化上诊断风蚀灾害的时间。作物生物量的数据难以获得,这里采用平均播种后的时间长度代替。

(2) 主导因子、灾害期和强度。主导驱动因子和限制因子决定风蚀灾害的时间和强度。不同的农业气候区,风蚀灾害的主导因子和限制因子不一样,比如温带漫长的冬春季作物收获、土壤裸露,又正值偏北风盛行的时间,限制风蚀灾害的作物因子的作用几乎不存在,主导因子侵蚀风决定风蚀灾害的时间长短和强度。在其他的农业气候区,植被和水分作为限制因子,则可能起着主导制约作用。

### 2.2 非农业土壤

非农业土壤风蚀的主要限制因子是天然植被,其他指标和诊断方法与农业土壤类似。

## 3 结果与讨论

中国遭受风蚀灾害的面积占到国土面积的 52.7%,分布在东部季风农业气候大区的温带和西北干旱农业气候大区、青藏高原农业气候大区(表 1)。

### 3.1 东部季风农业气候大区

这是我国农业生产条件最好的大区,风蚀灾害主要发生在本区的温带,面积达到国土面积的 20.1%,以农业土壤风蚀为主。其中中温带风蚀灾害时间长、风蚀灾害严重,而且非农业土壤也会发生风蚀灾害。北温带只包括一个农业气候区,即大兴安岭北部区,气候湿润,寒冷且积雪期长。风蚀易发生在农业土壤的播种期前后,这一期间气温升高,土壤表面干燥裸露,正值偏北风盛行。

中温带包括 7 个农业气候区,其中长城沿线区较干旱,农牧交错,春季温度回升快,日平均风速  $5 \text{ m/s}$  的天数大于 30 d,风蚀灾害时间长,风蚀强度大;除农业土壤外,风沙土和沙质土壤的非农业土壤也存在相当程度的风蚀灾害。其他各气候区的风蚀灾害主要发生在 3~5 月的农业土壤,危害性大。

南温带,风蚀灾害的程度远较中温带轻,气候上,除了关中平原区,都存在春季干旱多大风的风蚀季节,如果农业土壤春季裸露,很容易发生风蚀灾害;但是本气候带的北京-唐山-大连区、黄海平原区和黄河下游南部区是冬小麦主产区,越冬的小麦有效地遏制了春季的风蚀,因此,除黄土高原区外,南温带的风蚀灾害比较轻,危害较小。

黄土高原区以水力侵蚀著称,实际上风力侵蚀对土壤损失的贡献也颇大。黄土母质上发育的农业土壤,在传统的耕作模式下约有半年的时间是裸露的,晚秋作物收获后,冻融、剥蚀、风力等作用使表层的部分土块分解、破碎,积累了可风蚀的土壤物质,春季气温升高,土壤表面干燥,大风天气增多,微小的颗粒随气流进入平流层,飘落远方;其余的可蚀颗粒则最终堆积于非常发育的沟壑里,等到雨季又随洪水进入河流和湖泊。

表 1 中国土壤风蚀灾害的范围

农业气候大区 (占国土面积/ %)	农业气候带 (面积/ %)	农业气候区 (面积/ %)
东部季风 农业气候大区 (20.1 %)	1 北温带 (1.3 %) 2 中温带 (10.6 %) 3 南温带 (8.2 %)	1 (1) 大兴安岭北部区 (1.3 %)
		2 (2) 博克图 - 呼玛区 (1.1 %)
		2 (3) 嫩江 - 小兴安岭区 (2.0 %)
		2 (4) 松花江 - 牡丹江区 (2.8 %)
		2 (5) 松辽平原区 (1.3 %)
		2 (6) 长白山区 (0.6 %)
		2 (7) 辽西 - 辽南区 (0.8 %)
		2 (8) 长城沿线区 (1.1 %)
		3 (9) 北京 - 唐山 - 大连区 (0.6 %)
		3 (10) 黄 - 海平原区 (1.3 %)
		3 (11) 黄河下游南部区 (1.7 %)
		3 (12) 淮北 - 鲁东区 (1.6 %)
		3 (13) 黄土高原区 (2.4 %)
		3 (14) 关中平原区 (0.6 %)
西北干旱 农业气候大区 (28.2 %)	11 干旱中温带 (19.8 %) 12 干旱南温带 8.4 %	11 (37) 科尔沁区 (1.7 %)
		11 (38) 呼伦贝尔 - 锡林郭勒高原区 (3.2 %)
		11 (39) 东胜 - 兰州市 (1.7 %)
		11 (40) 二连区 (1.4 %)
		11 (41) 河套 - 河西区 (2.5 %)
		11 (42) 阿拉善高原区 (2.7 %)
		11 (43) 阿勒泰 - 塔城区 (0.8 %)
		11 (44) 准葛尔盆地 (2.8 %)
		11 (45) 天山区 (3.0 %)
		12 (46) 塔里木 - 哈密盆地 (8.4 %)
青藏高寒 农业气候大区 (4.4 %)	15 高原温带 (4.4 %)	15 (51) 柴达木盆地 (2.7 %)
		15 (52) 青海湖盆地 - 祁连山区 (1.7 %)

注:表中区划系统的编号和面积数据均来自文献[4]。

3.2 西北干旱农业气候大区

干旱中温带包括草原、农牧过渡、灌溉农业和荒漠 4 个类型,东部呼伦贝尔草原,除局部沙地外,植被可以保护土地免受风蚀灾害。中南部是锡林郭勒草原和科尔沁草原,植被盖度不足以完全抵御强烈的风蚀,风蚀灾害取决于降水,遇到连续干旱的年份,草原干渴,往往沙尘暴频繁发生,构成北

参考文献:

[1] Bagnald, R. A. Physics of Blown Sand and Desert Dunes[M]. USA, Chapman & Hall, 1995,320.

[2] 董治宝. 拜格诺的风沙物理学研究思想[J]. 中国沙漠,2002,22(2): 101 - 105.

[3] 杨秀春, 严平, 刘连友. 土壤风蚀研究进展与评述[J]. 干旱地区农业研究,2003, 21(4): 147 - 153.

[4] 李世奎, 欧阳海, 侯光良, 等. 中国农业气候资源和农业气候区划[M]. 北京:科学出版社, 1988. 134.

[5] Woodruff N P, Siddoway F H. A wind erosion equation[J]. Soil Sci Soc. Amer. Proc., 1965, 29: 602 - 608.

[6] Hagen L J. A wind erosion p rediction system to meet the users need[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1991, 46 (2): 107 - 111.

[7] Hagen, L.J. Wind erosion in the United States[A]. Proc. of Wind Erosion Symposium[C]. Poznan Poland, 1994. CCLX:25 - 32.

[8] Wang Shigong, Wang Jinyan, Zhou Zhijiang et al. regional characteristics of dust events in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2003, (1): 35 - 44.

[9] 李玉宝. 干旱地区土壤风蚀研究方法[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(2): 96 - 100.

方沙尘暴的重要沙尘源地之一。向西到内蒙古高原,属于荒漠草原,植被低矮而稀疏,草场土壤风蚀灾害严重,抵消了成土作用,土层浅薄。内蒙古草原沙丘地分布面积大,有科尔沁沙地和浑善达克沙地,风蚀十分强烈。

农牧过渡带年降水量 400 mm 出现频率为 20 % ~ 50 %,日平均风速 5 m/s 的天数大于 20 d,分布范围广,东起呼伦贝尔,西至兰州南部,南北宽从 50 ~ 350 km 不等<sup>[4]</sup>。共同的特点是作物一年一熟,春季的 3 ~ 6 月,大风、干燥裸露的可蚀土壤为严重的风蚀灾害提供了条件,风蚀时间长,强度大。荒漠和灌溉绿洲是干旱中温带和南温带的主要类型,后者面积相比只占很小比例,往往有防护林的保护,但是,在大风干燥的春季,防护林是落叶期间,防护作用差,农田风蚀依然相当严重。绿洲外围便是荒漠,特别是沙质荒漠,是风蚀灾害最严重的类型,也是沙尘天气发生频率最高的地区<sup>[8]</sup>。

3.3 青藏高寒农业气候大区

青藏高寒区的风蚀灾害仍然以农业土壤为主,集中在柴达木和青海湖盆地。播种期前后存在大风、干燥裸露的风蚀条件,高原年大风日数多,农田风蚀的强度也很大,主要分布在盆地和高平原。非农业土壤或者常年冻结和冰雪覆盖、或者受到植被保护、或者表层是岩石,因而风蚀灾害不是主要问题。

4 结 论

土壤风蚀是积累的过程,可风蚀的土壤表面是可蚀颗粒逐渐积累而形成的<sup>[9]</sup>。风蚀是侵蚀因子(风力、可蚀表面等)和抑制因子(植被、水分等)斗争的结果。在大尺度上,气候格局决定土壤风蚀的范围和程度。中国土壤风蚀灾害的范围涉及国土面积 60.9 % 的广大地区,呈现以下的特点。

(1) 中国土壤风蚀灾害主要发生在温带。东部季风农业气候大区和青藏高寒农业气候大区,土壤风蚀灾害以农业土壤为主;西北干旱农业气候大区,农业和非农业土壤均遭受风蚀灾害,而且风蚀程度也强于其他气候大区。

(2) 侵蚀风、干燥裸露的土壤表面是造成风蚀的客观条件,这 2 个条件的共同出现决定风蚀灾害发生的季节和时间长度,侵蚀风的风速和频率是决定风蚀强度的重要因素。

(3) 从气候条件看,农牧过渡带风蚀灾害的时间长、强度大,不仅本地区人口和经济密度较大,而且邻近包括首都在内的大城市和经济发达地区,应该引起重视。

(4) 黄土高原区风力侵蚀也是土壤损失的重要原因,风力侵蚀发生在春季,水力侵蚀发生在夏秋雨季,二者的交替侵蚀导致了严重的水土流失。