

# 秸秆还田对农田土壤风蚀影响的试验研究\*

闻 杰<sup>1</sup> 王聪翔<sup>2</sup> 侯立白<sup>1</sup> 张 雯<sup>1</sup> 张 彬<sup>3</sup>

(1 沈阳农业大学农学院, 沈阳 110161)

(2 辽宁省农业科学院环境资源与农村能源研究所, 沈阳 110161)

(3 彰武县农机局, 辽宁彰武 123100)

## EXPERIMENTAL STUDY ON SOIL EROSION BY WIND UNDER STRAW RETURNED TO FIELD

Wen Jie<sup>1</sup> Wang Congxiang<sup>2</sup> Hou Libai<sup>1</sup> Zhang Wen<sup>1</sup> Zhang Bin<sup>3</sup>

(1 Agricultural College of Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

(2 Environmental Resources and Agricultural Energy Research Institute of Agricultural Sciences of Liaoning Academy, Shenyang 110161, China)

(3 Agricultural Machinery Bureau of Zhangwu County, Zhangwu, Liaoning 123100, China)

关键词 秸秆还田; 土壤风蚀; 沙尘暴

中图分类号 S 151.9 文献标识码 A

土壤风蚀是形成沙尘暴导致土壤沙漠化的主要原因,它能够降低耕作层的保水性能和抗蚀能力,导致土壤肥力和生物生产量的下降,影响农业的可持续发展,对人类生存环境造成不同程度的危害<sup>[1]</sup>。土壤风蚀是一个复杂的物理过程,其根源除了严酷的自然气候外,有 94.5% 是人为掠夺式经营方式所致<sup>[2]</sup>。科学家研究了风吹情况下土粒的运动,发现能被风吹到高空,运移千里之外的主要是土粒直径 70  $\mu\text{m}$  以下的微粒或浮尘,微粒主要存在于耕作的农田和草地。沙漠经过多年风蚀,已经没有什么微粒存留下来<sup>[3]</sup>,由于人类不合理翻耕土地、放牧和樵采等活动造成大量疏松裸露的土地,为沙尘暴的发生提供了沙尘源,沙漠化面积不断扩大。以保水保土为出发点的保护性耕作通过在地表采取了特殊保护、增加地表粗糙度、改变土壤特性、微地形和作物残体覆盖等措施而有效抑制土壤风蚀<sup>[4-8]</sup>。本文主要通过田间观测、采样和室内统计分析,探讨了秸秆还田对土壤风蚀的影响以及输沙率的变化规律,为有效地防治土壤风蚀,实现农业的可持

续发展提供依据。

## 1 试验方法

### 1.1 试区基本概况

试区位于辽宁省西北部的阜新市彰武地区,地理坐标位置在 42.7°~ 42.51°N, 121.53°~ 122.58°E 之间。地势为北高南低,海拔最高为 313.1 m,最低为 57.6 m。东西多丘陵,北部多沙荒,中南部为平原。本县属温和半湿润的季风大陆性气候。主要气候特点是四季分明,雨热同季,光照充足,春季风大且多,寒冷期长。全年平均气温为 7.2 °C,平均无霜冻日为 194 d,平均冻土深度为 1.11 m。全县多年平均降雨量不足 484.3 mm,年总降水量为  $1.694 \times 10^9 \text{ m}^3$ ,去除蒸发  $5.4 \times 10^8 \text{ m}^3$  和渗透  $9.46 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,多年平均地表径流量  $2.08 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。每年春季(3~5月)回暖快,干燥,多大风,蒸发和日照均为全年最多季节,易发生春旱。夏季(6~8月)炎热,降水集中。秋季(9~10月)降温快,雨量骤减。冬季(12月到翌年2月)寒冷干燥。本县传统的耕作制度是一年一

\* 作者简介: 闻 杰(1979~),女,辽宁鞍山人,硕士,主要从事农业部“发展生态农业治理沙漠化土地研究与示范”课题在辽宁省彰武地区的试验研究。E-mail: chouchou1979@163.com,手机:013079223713

收稿日期: 2003-12-31; 收到修改稿日期: 2004-03-18

熟制, 多种植玉米和小麦。供试土壤为砂壤土。

## 1.2 试验设计

本试验于 2002 年~ 2003 年在彭武县大冷乡试验田进行, 试验田地势较平坦, 每试区面积  $200\text{ m} \times 200\text{ m}$ 。试验设 2 种处理: (1) 传统耕作 (CK): 秋季收获后用铧式犁翻耕 20 cm 左右同时用圆盘耙整地; (2) 秸秆粉碎还田: 秋季玉米收获后, 用秸秆粉碎机将秸秆粉碎还田, 同时用缺口圆盘耙耙地, 将秸秆混入土中。根据当地春季主风向, 将两处理南北方向顺次排列, 处理间距离较大, 使两处理间互不干扰。每试区布置 3 组 BSNE 采样器, 呈三角形排列, 分别用 A、B、C 表示, 田间安置如图 2, A 点安排在地边以接受来自外界的风沙, B、C 两点与 A 点的距离大于 150 m, 接受经过试验区后改变的风沙量。

## 1.3 试验仪器与方法

测量土壤风蚀量采用的是 BSNE 采样器, 其结构如图 1 所示。风沙流入风口高 5 cm, 宽 2 cm。以  $11^\circ$  的角度渐渐向外扩展, 使得充满沙尘的空气一旦进入采沙盒, 空气速度马上降下来, 然后沙尘靠重力作用沉积在集沙盒里。BSNE 采样器是由镀锌金属板、18 目和 60 目不锈钢筛网构成 (如图 1)<sup>[9]</sup>, 其中 60 目的筛网用于进行空气交换且能够防止沙尘飞出, 18 目筛网用于降低沉积下来的土壤颗粒的运动。

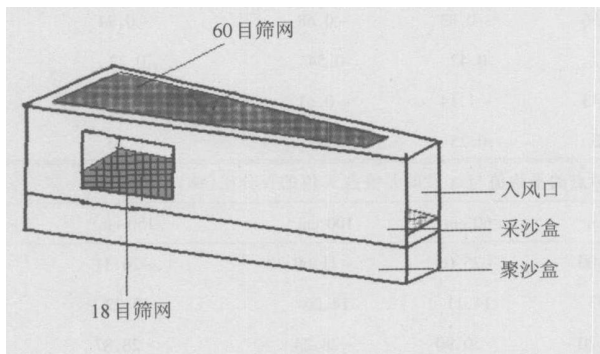


图 1 BSNE 采样器示意图

资料表明<sup>[10]</sup>, 临界地长是指达到风的最大搬运能力 63.2% 的地长, 由于风速和地表状况的不同, 其值变化范围在 31~ 129 m 之间。满足风达到最大搬运能力的地长将是临界地长的几倍, 通常情况设备安装于田间的位置需要至少满足沿主风向的地长达临界地长。根据当地气象站提供的气象数据表明, 所选试区在春季期间的主风向以西北和西南方向为主。在每一试区选定平行主风向的 3 个观测点, 按照主风向的不同进行调整, 3 组采集器呈直角

三角形排列, A、B 间距离大于临界地长, 而且使各采样器在采沙过程中互不干扰, 田间布置示意图如图 2 所示, 由 B、C 两点采沙量的平均值与 A 点同高度采沙量的差值, 可以计算出风沙经过不同处理后沙量的增减情况。每一观测点上, 按入风口距地表 10 cm、25 cm、60 cm、100 cm、150 cm 高度安装 5 个采样器, 通过翼板的作用使得采样器入风口时正对风向。每次扬沙过后将 BSNE 中的沙样清空倒入纸袋内, 带回实验室, 烘干后称重、分级、分析。

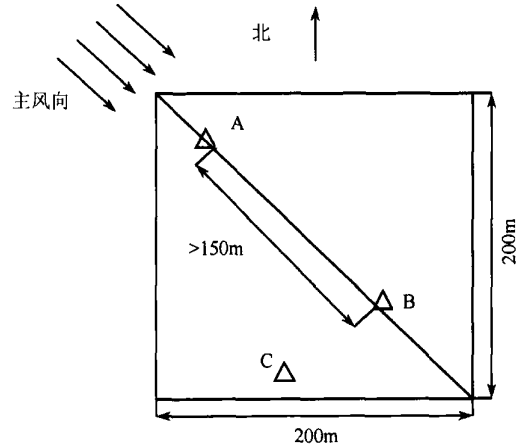


图 2 试验设备田间布置示意图

## 2 结果与分析

### 2.1 输沙量随高度的变化

沙尘暴发生步骤可分为分离、输送和沉积三个过程。分离是土壤运动的开始, 当风力达到使土壤颗粒运动时, 土壤颗粒的分离就发生了。分离的土壤颗粒在风力作用下, 或在空中、或沿土壤表面输送移动。当风速降低时, 漂移或滚动颗粒就会沉积。引起土壤颗粒在风流中开始移动的风速临界值称为临界风速值。临界风速值取决于土壤覆盖物和土壤的可侵蚀性。在大风的袭击下, 在预测风对土表的影响时要考虑许多因子。可蚀的土壤团聚体或颗粒, 当作用于它之上的风速超过临界风速时, 它们就被吹起。土壤颗粒的移动有 3 种类型即: 滚动、跃移和悬浮, 又由于粒径大小不同, 其单位面积上的输沙量随高度而发生变化。在 2003 年 4 月 11 日和 4 月 16 日两次测定风蚀过程, 确定输沙量与高度变化的相关关系如示意图 3 所示, 表明在两处理中, 对于同一组 BSNE 采集器, 所测得的输沙量随高度的变化均遵循幂函数曲线, 其关系模式为:  $q = \alpha \cdot b^z$ 。式中  $q$

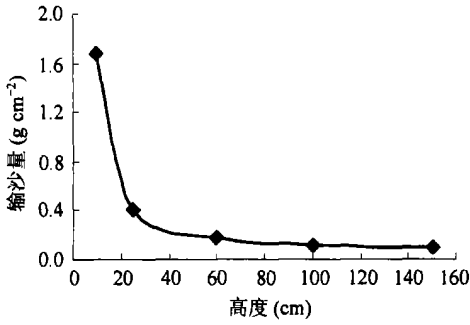


图3 输沙量与高度的关系

为输沙量( $g\ cm^{-2}$ );  $z$  为 BSNE 采样器入风口距地表高度( $cm$ );  $a$  和  $b$  为回归系数。不同耕作方式下地表状况各异, 风蚀强度、输沙量随高度变化的回归模式和参数也不相同(表 1)。

秸秆还田可明显减少风蚀量 28.24%~76.31%(表 2), 而传统耕作风蚀量增加, 因为秸秆还田增加了土壤表面粗糙度, 使土壤风蚀的临界风速值变大, 减少了土壤的风蚀量<sup>[10,11]</sup>, 并且秸秆还田还增加了土壤湿润度, 也起到了减少风蚀的作用<sup>[12,13]</sup>, 传统耕作通过耕翻耙压, 使地表松软细碎利于作物的生长, 但同时也形成大量裸露、疏松土地, 为沙尘暴的发生提供大量的沙尘源。

表1 输沙量与高度函数关系式  $q = az^b$  统计参数

时间	处理	统计参数		
		$a$	$b$	$R^2$
4月11日	传统耕作	5.30	-1.53	0.96
	秸秆还田	0.54	-0.95	0.98
4月16日	传统耕作	7.93	-0.97	0.98
	秸秆还田	4.41	-0.77	0.96

表2 输沙量变化的百分比

时间	处理	B、C 两点的平均值与 A 点的差值				
		10 cm	25 cm	60 cm	100 cm	150 cm
4月11日	秸秆还田	-0.23	-0.56	-0.83	-0.68	-0.94
	传统耕作	0.36	0.17	0.42	0.54	0.22
4月16日	秸秆还田	-1.19	-0.43	-1.14	-0.61	-0.65
	传统耕作	0.69	0.33	0.25	0.21	0.20

时间	处理	B、C 两点的平均值与 A 点的差值占 A 值的百分比 (%)				
		10 cm	25 cm	60 cm	100 cm	150 cm
4月11日	秸秆还田	-32.84	-51.00	-75.05	-71.60	-76.31
	传统耕作	19.50	15.43	14.11	14.26	15.22
4月16日	秸秆还田	-37.12	-32.20	-30.90	-28.24	-28.87
	传统耕作	12.76	7.15	7.26	8.63	7.88

注: 表中 B、C 两点的平均值与 A 点的差值表示风沙经过不同处理后风沙量的增减情况, 负值表示风沙量减少, 正值表示风沙量增加

## 2.2 风蚀土壤颗粒粒度组成随高度的变化

沿着侵蚀地表运动的风蚀物包括不同大小的土壤颗粒。不同粒径大小的颗粒其运动状态不同, 土壤颗粒分析采用简易比重计法<sup>[14]</sup>, 依据不同粒径土壤颗粒的沉降速度不同, 分别测定粒径为 5、20、50、100、125、250、500、1 000、2 000  $\mu m$  的颗粒的含量, 确定出每个粒径占总的风蚀物的百分比。则 150 cm 高度范围内各层土壤颗粒的粒度分析结果如图 4。

可以看出, 无论在何种处理条件下风沙流中沙粒的粒径在垂直分布上是不同的, 随着高度的增加, 风蚀物各粒径含量中砂级(1 000~50  $\mu m$ ) 组分含量减少, 粉砂及粘土(<50  $\mu m$ ) 含量增加, 即越靠近地表的气流所含的沙粒越粗, 而离地表越远的气流所含的沙粒越细。其原因在于较粗的沙粒具有较大的重力, 不能离开地面进入风中, 而只能在土壤表面滚动, 而直径小于 100  $\mu m$  的土壤颗粒将被大风刮起,

悬浮到空气中随风输送, 悬浮颗粒是影响空气质量的最主要成分。

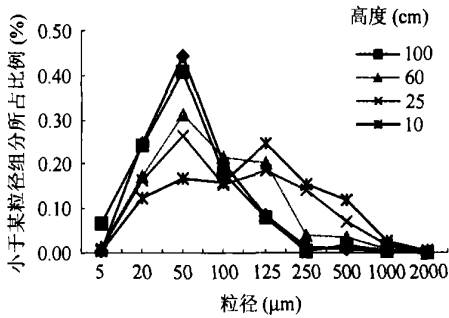


图 4 不同高度颗粒大小分布

研究表明<sup>[15]</sup>, 粒径为 100  $\mu\text{m}$  左右的沙粒冲击起动风速最小, 因而这些颗粒在风力作用下最易移动。其中粒径为 100~ 500  $\mu\text{m}$  的细砂最容易以跃移形式运动;  $\leq 100 \mu\text{m}$  的极细砂、粉砂及粘土等, 由于其颗粒小重量轻, 故常以悬浮形式运动。因此在此研究中, 粒径 100~ 500  $\mu\text{m}$  的颗粒主要以跃移形式运动, 由于其跳跃高度的限制其含量随高度增加而减少;  $\leq 100 \mu\text{m}$  的颗粒主要以悬浮形式运动, 可能搬运到较远的距离, 其含量随高度增加而增加。

### 3 结 论

在风蚀过程中, 土壤颗粒主要集中在近地表层运动, 土壤输沙量随着高度的增加逐渐减少, 且输沙量与高度变化符合幂函数关系。风蚀土壤颗粒粒度组成随高度增加, 砂粒级颗粒含量减少, 而粉砂及粘土含量增加。

秸秆还田比传统耕作减少输沙量 28.24% ~ 76.31%。但在风速超过一定值后秸秆还田的防治风蚀的作用将会减小, 因此发展保护性耕作减少风力对土壤侵蚀的同时建立农田防护系统, 减少直接作用于土壤的风力也是十分必要的。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Fryrear D W, Stout J E, Hagen L J, *et al.* Wind erosion, field measurement and analysis. Transactions of the ASAE, 1990, 34( 1): 155~ 160
- [ 2 ] 高焕文. 机械化保护性耕作技术. 现代化农业, 2002, 4: 31~ 33
- [ 3 ] 朱霞达. 中国沙漠、沙漠化、荒漠化及其治理的对策. 北京: 中国环境科学出版社, 1999. 30~ 46
- [ 4 ] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学. 北京: 中国林业出版社, 1992
- [ 5 ] 哈斯, 陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2( 1): 10~ 16
- [ 6 ] Fryear D W. Soil cover and wind erosion. Transactions of the ASAE, 1985, 28( 3): 781~ 784
- [ 7 ] Homing L B, Stitler L D, Saxton K E. Surface residue and soil toughness for wind erosion protection. Transactions of the ASAE, 1998, 41( 4): 1 061~ 1 065
- [ 8 ] Tibke G. Basic principles of wind erosion control. Agriculture Ecosystems and Environment, 1998, 22/ 23: 103~ 122
- [ 9 ] Fryear D W. A field dust sampler. J. Soil Water Cons., 1986, 41( 2): 117~ 120
- [ 10 ] Bagnold R A. The physics of blown sand and desert dunes. London: Chapman and Hall, 1941
- [ 11 ] Brazel A J, Nickling W G. Dust storms and their relation to moisture in the Sonoran Mojave desert region of the Southwestern United States. Journal of Environmental Management, 1987, 24: 279~ 291
- [ 12 ] Chepil W S. Influence of moisture on erodibility of soil by wind. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 1956, 20( 2): 288~ 292
- [ 13 ] Hagen L J. A wind erosion prediction system to meet user needs. J. Soil Water Cons., 1991, 46( 2): 106~ 111
- [ 14 ] 严旭升. 土壤肥力研究方法. 北京: 科学出版社, 1989
- [ 15 ] Keith Saxton, David Chandler, L.S. B. Lamb, C. Claiborn, B.H. lee, Wind erosion and fugitive dust fluxes on agricultural Lands in the Pacific Northwest. American Society of Agricultural Engineers, 2000, 43( 3): 623~ 630