

残茬高度对土壤风蚀量影响的试验研究

刘汉涛, 麻硕士, 窦卫国, 童淑敏

(内蒙古农业大学机电工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 在内蒙古自治区武川县建立农田土壤风蚀试验区, 采用内蒙古农业大学研制的移动式风蚀风洞和旋风分离式集沙仪, 观测不同残茬高度条件下农田土壤的风蚀情况。试验结果表明: 土壤风蚀量和扬起沙尘的高度随风速的增加而增加, 随着作物秸秆残茬高度的增加而降低, 且风蚀量与高度变化符合指数函数关系, 土壤颗粒主要集中在近地表层内运动。保护性耕作可明显地提高起沙风速, 减少农田土壤损失, 当秸秆高度为 30 cm 时, 风蚀量仅为传统耕地的 1/4 左右。

关键词: 农业工程; 保护性耕作; 土壤风蚀; 风洞试验; 移动式风蚀风洞

中图分类号: S151⁺.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)01-0030-05

植被防治土壤风蚀的作用早已被人们所认识, 国内外许多农学家、气象学家等对此都作过相应的研究, 并得出一致的结论。但关于作物的秸秆残茬减少农田土壤风蚀及扬沙效果的研究并不多见。本文使用内蒙古农业大学研制的移动式风蚀风洞, 通过对不同残茬高度的农田地表进行原位试验, 测量不同残茬高度地表的起沙风速、风蚀量、风蚀产物的空间分布等, 定量化地研究作物的残茬高度在防治土壤风蚀方面的效果, 揭示土壤风蚀量随残茬高度的变化规律, 提出防治土壤风蚀的秸秆残茬高度的参数指标。

1 材料与方法

1.1 试区基本概况

在保护性耕作防治土壤风蚀和沙尘暴效应试验区的选择上, 应充分考虑以下三个条件: 一是当地存在严重的农田土壤风蚀; 二是在试验区内具有能够满足防治土壤风蚀及沙尘暴试验研究的不同地表; 三是从应用的角度, 应具有经济建设和社会发展两方面的现实意义。基于以上考虑, 本研究的试验区选在内蒙古自治区武川县。该试验区是多个保护性耕作和风蚀试验的场所, 各种资料较为齐全, 便于比较。

武川县位于内蒙古自治区中部、阴山山脉的北麓, 土地面积 4 885 km², 海拔 1 500~2 000 m, 地处冷凉风沙农牧交错带。气候特点为春季干燥、季风强烈, 夏季短促、降雨少, 冬季寒冷漫长; 年均气温

2.5℃, 降水量 360 mm 左右, 无霜期 110 d 左右, 年积温 2 100℃。土壤以栗钙土、灰褐土、石质土为主, 沙性较重; 主要农作物有小麦、莜麦、马铃薯、菜籽等, 适宜栽培一年一熟小日期农作物。全县总人口 17.1 万人, 其中农业人口 14.4 万人, 农民人均年收入 1 200 元左右, 是典型的国家级贫困县。经济结构是以农为主、农牧结合; 有耕地 14.32 万 hm², 其中旱地 13.6 万 hm², 是典型的旱作农业区^①。

1.2 试验设计

试验地表为麦茬地, 土壤以栗钙土为主, 沙性较重。保护性耕作的残茬高度分别取 10、20、30 cm, 试验风速分别取 6、9、12、15、18 m/s。覆盖率均为 30%, 风洞与垄向垂直布置。传统对照组为秋翻麦茬地, 残茬高度为 0, 覆盖率为 0。

1.3 试验仪器与方法

本文所使用的 OFDY-1.2 移动式风蚀风洞是由内蒙古农业大学研制的(见图 1)^[1]。风洞的全长为 11.8 m, 其中试验段长 7.2 m; 截面宽为 1.0 m, 高为 1.2 m; 配套风机为出风口直径 1.4 m 的轴流风机, 由 40 kW 发电机组驱动; 配套的测试装置包括由皮托管、微差压变送器、模数转换模块和计算机所组成的压力、风速测试系统、风速廓线仪和旋风式集沙仪; 配置的辅助功能部件有加沙器和人工大气边界层模拟装置。风洞的风速在 0~20 m/s 范围内连续可调。风洞各段之间易于连接和分离, 实现了野外测试时便于移动和运输的功能。

收稿日期: 2006-03-03

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30260092); 国家农业科技成果转化资金资助项目(2004150100282); 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(200508010708)

作者简介: 刘汉涛(1971—), 男, 内蒙古包头市人, 博士研究生, 主要从事农业机械新技术和土壤风蚀方面研究。E-mail: Hantao.Liu@

通讯作者: 麻硕士(1939—), 男, 山西省山阴县人, 教授, 博士生导师, 主要从事工程测试技术和土壤风蚀等方面的研究。

① 农业部农业机械化推广司. 2002 年度农业部保护性耕作示范推广项目总结交流会议交流材料. 2003. 110—116.

该风洞的人工大气边界层调节装置能将边界层厚度从 10 cm 增厚至 96 cm 左右,并能将风速廓线调节至所需的形状,实现了气流边界层的层厚和风速廓线的调节功能;旋风式集沙仪对于 0.076 mm 以上粒径的土壤悬浮颗粒的收集效率可达 97% 以上。

本文中风速与风蚀量关系的野外风洞观测主要是通过观测不同风速下的风蚀量(10 min 内单位宽

度上的风蚀量)来实现的。风速为 0.6 m 高程处的平均风速,集沙时间为 10 min。

每次试验结束后,分别取出每个集沙盒,采用 0.01 g 灵敏度的电子天平对收集到的土样称重,计算每个集沙盒单位面积上的风蚀量,通过非线性回归,分析 0~70 cm 高度内土壤风蚀量随风速的变化规律。

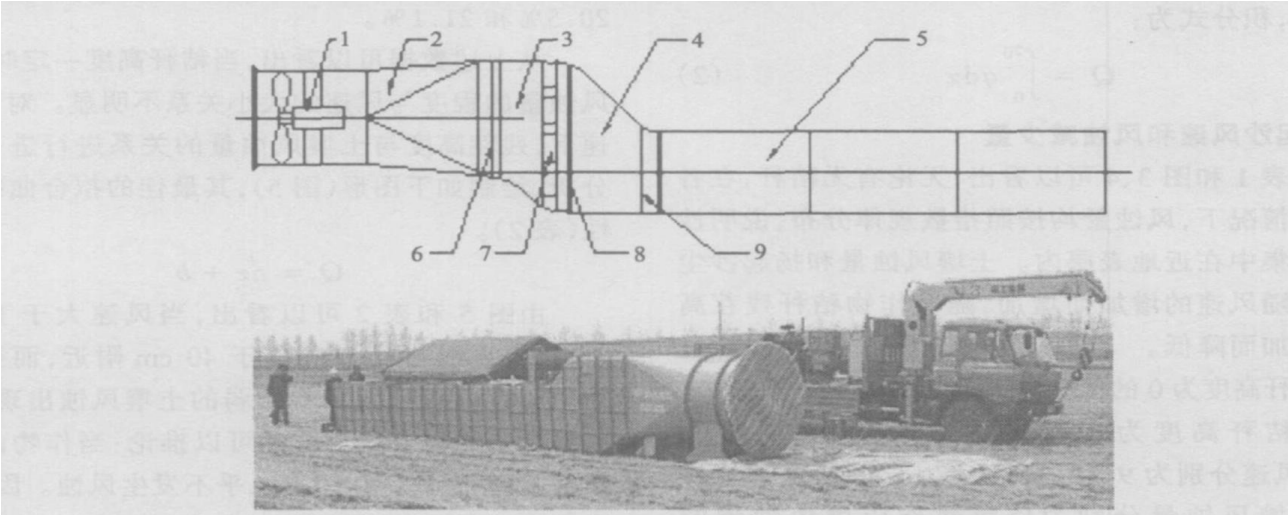


图 1 内蒙古农业大学 0FDY-1.2 移动式风蚀风洞

1. 风机段 2. 扩散段 3. 沉降扩散段 4. 收缩段 5. 试验段 6. 多孔板 7. 蜂窝器 8. 阻尼网 9. 棒栅

Fig.1 Movable wind erosion tunnel, Inner Mongolia Agricultural University

1. air blower section 2. spread section 3. subside and spread section 4. shrink section 5. test section

6. porous board 7. honeycomb device 8. damping network 9. bars

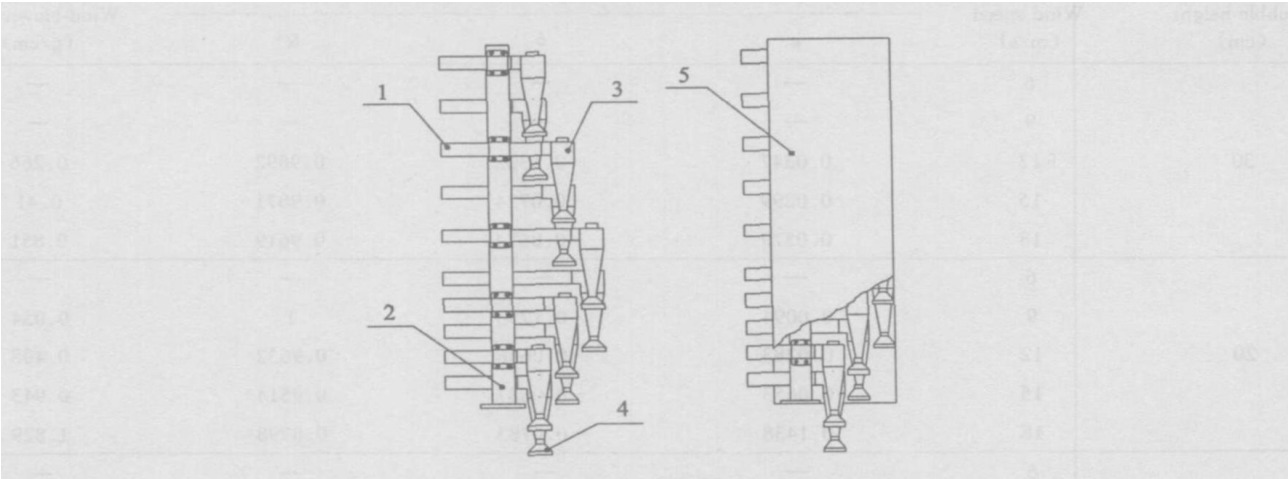


图 2 旋风分离式集沙仪示意图

1. 气流管 2. 支撑座 3. 旋风分离器 4. 集沙盒 5. 防护罩

Fig.2 Whirl type separation sand sampler, Inner Mongolia Agricultural University

1. air tube 2. support seats 3. whirlwind separator 4. sand box 5. protection cover

2 结果与分析

2.1 风蚀量与残茬高度的关系

风蚀量与残茬高度之间进行对数、幂函数、线性函数以及指数函数的相关分析,结果表明,在不同残

茬高度以及不同的风速情况下,所测得的风蚀量随高度的变化均遵循指数函数曲线,风蚀量与高度的指数函数关系的相关指数 R^2 达到 0.87 以上,说明这一关系式能够反映该高度范围内风蚀量垂直分布的实际状况。如表 1 所示,其关系式如下:

$$q = a e^{bz} \tag{1}$$

式中： q 为各高度层风蚀量(g/cm^2)， z 为气流管中心距地表高度(cm)， a 、 b 为回归系数。

该方程是通过在不同残茬高度以及不同风速采集的样品进行分析的结果。表中风蚀量 Q 为采样期间穿过 1 cm 宽、从地表到 70 cm 高垂直面吹蚀 10 min 的风蚀量，其值是将 q 从 0~70 cm 积分计算得出，积分式为：

$$Q = \int_0^{70} qdz \tag{2}$$

2.2 起沙风速和风蚀减少量

从表 1 和图 3、4 可以看出，无论有无秸秆，在各个风速情况下，风蚀量均按照指数规律分布，说明沙量主要集中在近地表层内。土壤风蚀量和扬起沙尘的高度随风速的增加而增加，随着作物秸秆残茬高度的增加而降低。

秸秆高度为 0 的传统耕作，起沙风速为 5.65 m/s。当秸秆高度为 10 cm 时，起沙风速为 8.60 m/s。风速分别为 9、12、15 和 18 m/s 时，保护性耕作的土壤风蚀量分别为传统耕作土壤风蚀量的 54.5%、66.8%、65.5%和 66.1%。

当秸秆高度为 20 cm 时，起沙风速为 8.84 m/s。风速分别为 9、12、15 和 18 m/s 时，保护性耕作的土壤风蚀量分别为传统耕作土壤风蚀量的 25.8%、45.3%、47.2%和 45.4%。

当秸秆高度为 30 cm 时，起沙风速为 9.78 m/s。风速分别为 12、15 和 18 m/s 时，保护性耕作的土壤风蚀量分别为传统耕作土壤风蚀量的 29.5%、20.5%和 21.1%。

从上述数据可以看出，当秸秆高度一定时，降低风蚀量的程度与风速的大小关系不明显。对不同风速下，残茬高度与土壤风蚀量的关系进行进一步的分析，绘制如下图形(图 5)，其最佳的拟合曲线为线性(表 2)。

$$Q = az + b \tag{3}$$

由图 5 和表 2 可以看出，当风速大于 12 m/s 时，拟合直线与 x 轴相交于 40 cm 附近，而当风速为 12 m/s 以下时，只有微弱的土壤风蚀出现，因此不作为研究的重点。由此可以推论：当作物的残茬高度达到 40 cm 时，土壤几乎不发生风蚀。因此，在许可的情况下，应尽可能地保留 40 cm 以上的作物秸秆残茬。

Table 1 Parameters of regressions of the formula relating wind-blown mass to height					
残茬高度 Stubble height (cm)	风速 Wind speed (m/s)	统计参数 Parameters of regressions			风蚀量 Q Wind-blown mass (g/cm)
		a	b	R^2	
30	6	—	—	—	—
	9	—	—	—	—
	12	0.0347	−0.1302	0.9692	0.266
	15	0.0299	−0.0724	0.9071	0.41
	18	0.0579	−0.0674	0.9619	0.851
20	6	—	—	—	—
	9	0.0094	−0.1733	1	0.054
	12	0.0283	−0.0688	0.9632	0.408
	15	0.0653	−0.0687	0.9514	0.943
	18	0.1438	−0.0783	0.8798	1.829
10	6	—	—	—	—
	9	0.0126	−0.1103	0.9988	0.114
	12	0.0417	−0.0687	0.9506	0.602
	15	0.0772	−0.058	0.9802	1.308
	18	0.2049	−0.0766	0.948	2.662
0	6	0.0126	−0.1103	0.9988	0.114
	9	0.0188	−0.0897	0.9675	0.209
	12	0.0613	−0.0674	0.9702	0.901
	15	0.1187	−0.0584	0.8883	1.998
	18	0.2499	−0.0612	0.976	4.027

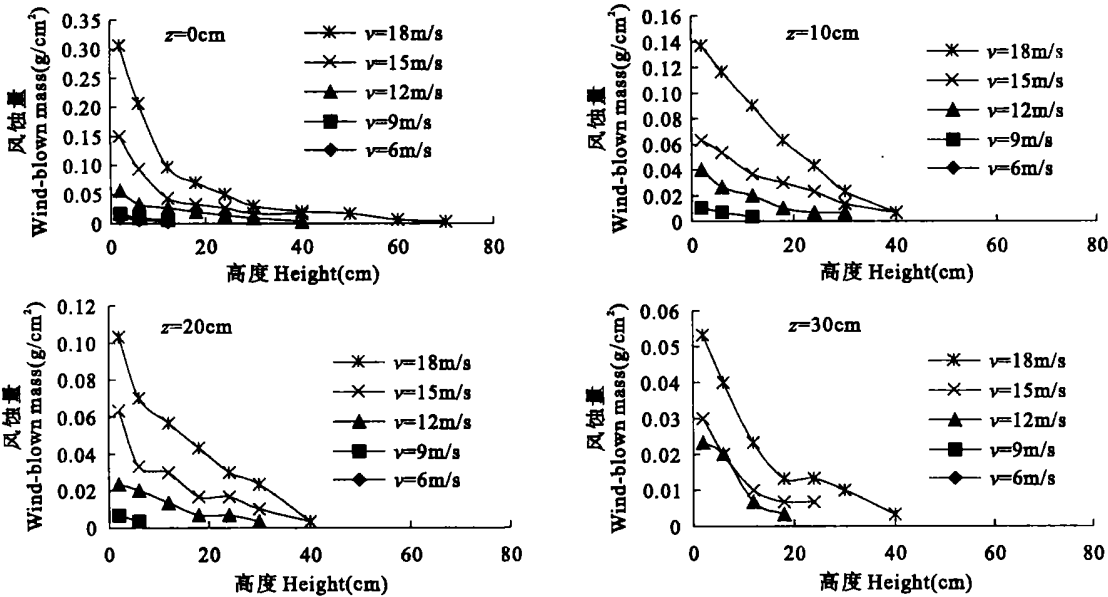


图 3 相同残茬高度不同风速情况下的单宽风蚀量
Fig.3 Wind-blown mass at different wind speeds

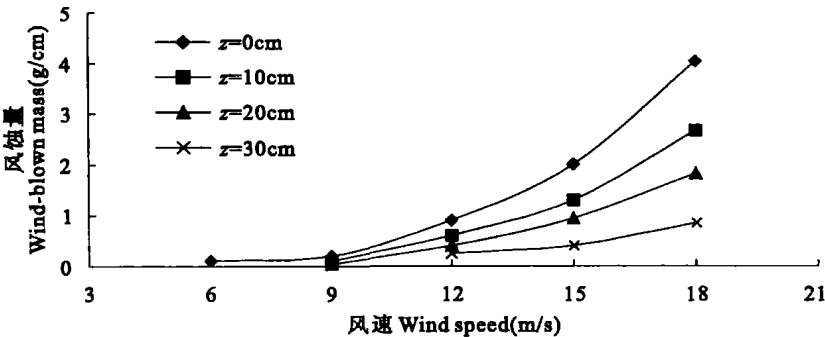


图 4 不同残茬高度与土壤风蚀量的关系
Fig.4 Relationship of the wind-blown mass and stubble height

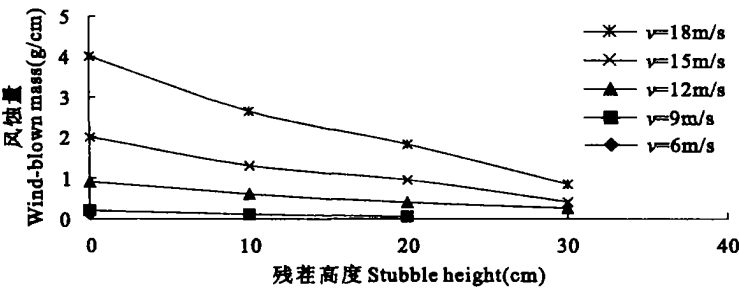


图 5 不同风速下土壤风蚀量与残茬高度的关系
Fig.5 Relationship of the wind-blown mass and stubble height at different wind speeds

表 2 不同风速情况下风蚀量与残茬高度函数关系式统计参数

Table 2 Parameters of regressions of the formula relating soil mass to height at different wind speeds

风速(m/s) Wind speed	统计参数 Parameters of regressions			土壤风蚀量为零时的残茬高度(cm) Stubble height when wind-blown mass is zero
	a	b	R ²	
18	-0.1036	3.8964	0.9889	37.61
15	-0.0513	1.9341	0.9863	37.70
12	-0.021	0.8591	0.9722	40.91
9	-0.0078	0.2032	0.9833	26.05

如果仅考虑降低风蚀量,那么留茬越高越好,但是,当地小麦留茬还需要考虑以下两个实际问题。一是农田肥力薄,小麦长势较差,留茬太高会造成小麦收获时漏穗;二是麦秸秆在当地有实际用途,可以用做牲畜饲料和烧火炕使用,因此农民不习惯留高茬。

综上所述,本文认为在干旱、半干旱寒冷易沙化农业区实施保护性耕作,在保留 30% 的植被覆盖率时,农田地表保留 30 cm 高的秸秆残茬,不仅可以有效地控制土壤风蚀及大风条件下的农田地表起沙扬尘现象的发生,而且也照顾了当地实际情况。30 cm 麦茬地表的风蚀量在风速超过 12 m/s 时,平均风蚀量相当于传统耕作地表的 1/4 左右。因此,建议在寒冷干旱易沙化的农业区推行保护性耕作过程中,当植被覆盖率为 30% 时,应使作物秸秆残茬高度不低于 30 cm。

3 结 论

1) 在距地表 0~70 cm 高度范围内,不同耕作体系土壤风蚀量和扬起沙尘的高度随风速的增加而增加,随着作物秸秆残茬高度的增加而降低。且风蚀量与高度变化符合指数函数关系,土壤颗粒主要集中在近地表层内运动。

2) 保留作物秸秆残茬的保护性耕作可以明显

地提高启动风速,减少近地表土壤的风蚀量,直立秸秆的高度越高,降低的风蚀量越大。当秸秆高度为 30 cm 时,风蚀量仅为传统耕地的 1/4 左右。此外,即使残茬高度很低,也可以显著地减少农田土壤的风蚀量。

3) 建议在寒冷干旱易沙化的农业区推行保护性耕作过程中,当植被覆盖率为 30% 时,应使作物秸秆残茬高度不低于 30 cm。

参 考 文 献:

- [1] 范贵生. 可移动式风蚀风洞设计及其空气动力学性能研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2005.
- [2] 荣姣凤, 张海涛, 毛 宁. 土壤风蚀量随风速的变化规律研究 [J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(2): 149—153.
- [3] 朱朝云, 丁国栋, 杨明远. 风沙物理学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992.
- [4] Fryear D W, Stout J E, Hagen L J, et al. Wind erosion: field measurement and analysis [J]. Transactions of the ASAE, 1991, 34(1): 155—160.
- [5] Nickling W G and Gillies J A. Dust emission and transport in Mali [J]. West Africa Sedimentology, 1993, 40: 859—868.
- [6] John F, Leys, David R, et al. Simulated wind erosion in the south Australian MURRY MALLEE [A]. The soil conservation service of NSW. A component of the MURRAY MALLEE farm management project 1987~1991 [C]. The soil conservation service of NSW, 1991.

Experimental study on wind-blown mass affected by stubble height

LIU Han-tao, MA Shuo-shi, DOU Wei-guo, TONG Shu-ming

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, 010018, China)

Abstract: An experimental field of soil wind erosion was established on the farmland in Wuchuan, Inner Mongolia, to measure the soil loss by wind erosion under different stubble height treatments. A movable wind erosion tunnel and whirl type separation sand sampler designed by Inner Mongolia Agricultural University were used to collect the soil particles during the soil erosion by wind event. The result showed that with increasing wind speed, wind-blown mass and height of the particles suspended increased, while with increasing stubble height, mass and height of the particles suspended decreased. Also, the relationship between the mass of the particles suspended in the air and the height fits an exponential function and the majority of the eroded materials moved near the surface. Compared with conventional moldboard plough practice, the conservation tillage with 30 cm height stubble could remarkably increase threshold velocity and reduce the soil loss by about 3/4.

Keywords: agricultural engineering; conservation tillage; soil erosion by wind; tunnel experiment; movable wind erosion tunnel