

# 不同地表状况对土壤风蚀的影响

——以内蒙古太仆寺旗为例

胡霞, 刘连友, 严平, 孟祥亮

(北京师范大学资源学院, 北京 100875)

**摘要:**通过对采取不同耕作措施和不同留茬方式的农田土壤进行野外风沙观测。观测结果表明,人为因素对农田土壤风蚀影响非常大,不同地表状况的土壤风蚀特征存在显著差异。留茬地因为表面残茬的存在显著增加了土壤表面粗糙度,从而使得其风蚀强度较小;而秋翻地人为扰动较大,表面覆盖度较小,其风蚀强度在所研究的土壤中为最大。因此,对于内蒙古太仆寺旗农田土壤风蚀较严重区域,应该采取留茬措施以减少人为扰动,增加覆盖度以提高土壤表面粗糙度,从而有效地减少土壤风蚀。

**关键词:**土壤风蚀;留茬地;秋翻地

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)04-0116-04

## The Effect of Different Soil Surface on Wind Erosion in Taipusi County, Inner Mongolia

HU Xia, LIU Lian-you, YAN Ping, MENG Xiang-liang

(College of Resources Science & Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract:** Through field investigation on soils of different tillage ways and soils with different kinds of stubbles, the results indicated that, the effect of anthropogenic factors on wind erosion is great, and wind erosion of grasslands, soils with stubbles and ploughed farmlands was obvious different. The existing of stubble on soils resulted in the increase of soil roughness, and correspondingly the intensity of wind erosion was small. Human turbulence in autumn-ploughed farmland was large, and the surface coverage was almost zero, so the intensity of wind erosion was the maximal of all soils studied. So, stubble mulch should be adopted in Taipusi county, Inner Mongolia, where wind erosion of farmland was serious, and surface coverage should be increased in order to decrease wind erosion.

**Key words:** wind erosion; soils with stubbles; autumn-ploughed farmland

内蒙古太仆寺旗位于浑善达克沙地南缘,由于该地区气候干冷多风以及不合理的人类经济活动,农田土壤风蚀现象日趋严重。严重的土壤风蚀状况造成了当地农民生活困难,社会压力增大等社会问题,是该地区面临的严重自然环境问题。

自从 20 世纪 30 年代以来,美国发生“黑风暴”以及前苏联开垦草地种粮以来就开始认识到合理的耕作方式以及着生在土壤里的残茬可以有效地降低风蚀,其地表稳定覆盖度是控制风蚀的重要参数(Chepil and woodruff, 1963)<sup>[1]</sup>。国内外很多学者已经对此进行了深入研究<sup>[2]</sup>。本文试图在前人研究基础上,结合内蒙古太仆寺旗特殊的环境特征以及农田主要耕作方式以及留茬方式,研究不同地表状况对土壤风蚀的影响。

### 1 研究地区与研究方法

#### 1.1 研究区自然概况

研究区位于浑善达克沙地南缘的太仆寺旗境内,该区属于半干旱大陆性气候。根据太仆寺旗气象站近 30 年(1971~2000 年)的气象观测资料,太仆寺旗年均风速 3.41 m/s,4 月份风速最大,平均 4.75 m/s,风速最大值可达到 10 m/s 以

上,而且受蒙古高压气团的控制,全年多西北风,且风力强劲,年均大风大于 17 m/s 的日数 53.67 d,一般每年均有 20 m/s 的大风出现。内蒙古太仆寺旗年降水量较低,为 407 mm,多集中在 7, 8, 9 月,占全年总降水量的 65%,而年均蒸发量为 1 900 mm,是降水量的 65%。年平均气温较低,仅 1.6℃,年平均地温也较低,为 3.66℃。研究区地带性土壤为栗钙土,该土壤有机质含量较低(0.4%~3.3%),土壤较贫瘠,质地较粗,颗粒组成以中粗砂为主,占土壤颗粒的 50%以上,农田土壤风蚀较严重。

#### 1.2 研究方法

该地区农田土壤耕作方式可分为秋翻地、春翻地以及留茬地三种类型,本文选择这三种类型耕地作为观测地点;留茬地选择小麦茬、油菜茬以及胡麻茬地作为观测点;同时设置草地以及风蚀劣地作为对照观测点。各个观测点的具体情况见表 1。

(1) 风沙流结构以及输沙量观测。观测时间为 2004 年 4 月,此时该地区的土壤已经解冻,草地以及农作物都没有开始生长,表面覆盖度较低,而且强风较多,因此正值风沙活

\* 收稿日期: 2005-07-21

基金项目: 教育部重点项目(104013); 国家自然科学基金(30371191); 国家自然科学基金(40471014) 资助

作者简介: 胡霞(1978-), 女, 江苏淮安人, 北京师范大学资源学院博士生, 主要从事土壤风蚀以及水蚀研究。

动期。选择典型大风日作为观测日, 在每个固定观测点埋设直立集沙仪(图1)(3个重复), 测定0~60 cm 气流层内的输沙量, 每次观测时间8 h。由于实验时仪器有限, 本文只是有选择性的观测了几个样点的输沙量。



图1 野外风沙观测: a、风速梯度仪 b、积沙仪

(3) 植被特征值的观测。采用样方法(1 m×1 m)测定各个观测点的盖度、密度以及高度(重复5次)。

表1 几种不同地表状况

不同地表	地表状况	地表生物量/g
小麦高茬	留茬, 高度 30~40 cm, 覆盖度 3%~4%	83.47
稀小麦低茬	留茬, 高度 10~20 cm, 覆盖度 2%~3%	33.67
胡麻茬地	留茬, 高度 30~40 cm, 覆盖度 2%~3%	13.26
油菜高茬	留茬, 高度 30~40 cm, 覆盖度 2%~3%	125.77
油菜中茬	留茬, 高度 20~30 cm, 覆盖度 2%~3%	63.27
油菜低茬	留茬, 高度 10~20 cm, 覆盖度 2%~3%	49.47
草地	草地, 高度 0~5 cm, 覆盖度 50%~80%	23.00
土豆地	翻耕	
风蚀劣地	未耕, 无茬	
秋翻地	翻耕	

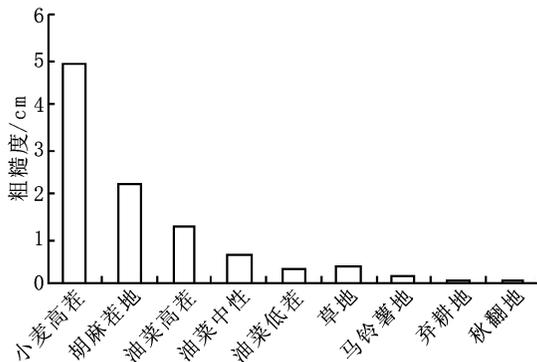
1.3 数据分析方法

地表粗糙度和摩阻速度作为地表粗糙程度影响近地面风况的参量, 已经成为衡量防风抗蚀效能的重要指标。拜格诺认为风速与高度之间的关系为:

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_0} \quad (1)$$

式中:  $k$ ——卡曼常数(一般取值为0.4),  $z_0$ ——地表粗糙度,  $z_0$ ——风速等于零的某一几何高度随地表粗糙度程度变化的常数, 当已知两个高度的风速时, 可通过(2)式计算出来。

$$\lg z_0 = \frac{\lg z_2 - \frac{u_2}{u_1} \lg z_1}{1 - \frac{u_2}{u_1}} \quad (2)$$



(2) 风速测定。在测定风沙流结构的同时, 采用风速梯度仪(风速梯度仪使用计量器具为 DEY3-4 型防沙风速传感器, 由长春仪器厂设计生产, 其数据经过风洞校验)测得 0~4 m 高度风速。观测仪器见图1。

$$u_z = a + b \ln z \quad (3)$$

式中:  $u_z$ ——高度  $z$  处的风速,  $a, b$ ——待定常数。因此, 当  $u_z = 0$  时, 地表粗糙度:

$$z_0 = \exp\left(-\frac{a}{b}\right) \quad (4)$$

同样, 可得出, 摩阻速度  $u_*$ :

$$u_* = kb \quad (5)$$

风的速度脉动特征可以用阵性度表示:

$$g = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{u} \quad (6)$$

2 结果与讨论

2.1 不同地表状况对近地表风况和空气动力学参数的影响

根据典型大风日测得的风速数据, 同时, 依据方程(4)、(5)和(6)可得出不同下垫面状况土壤粗糙度、摩阻风速以及风速阵性度(表2和图2)。

表2 不同下垫面地表粗糙度、摩阻风速以及风速阵性度

不同地表	粗糙度/cm	摩阻风速/(m·s <sup>-1</sup> )	风速阵性度
小麦高茬	4.91	1.00	1.29
胡麻茬地	2.23	0.55	1.27
油菜高茬	1.27	0.67	1.11
油菜中茬	0.64	0.55	0.92
油菜低茬	0.30	0.57	0.75
草地	0.37	0.38	0.83
土豆地	0.14	0.35	0.68
风蚀劣地	0.07	0.29	0.62
秋翻地	0.03	0.16	0.56

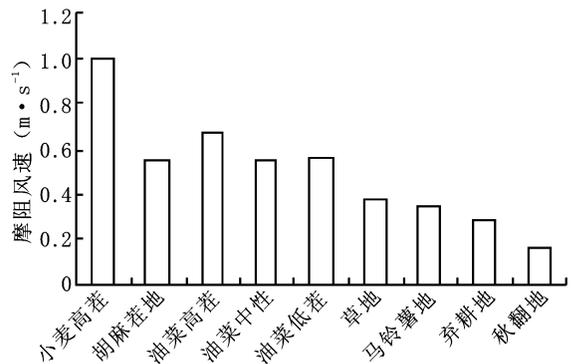


图2 不同地表粗糙度、摩阻风速

从表 1 和图 2 发现,在春季风沙活动期间,小麦高茬、胡麻茬地、油菜高茬、油菜中茬、油菜低茬、草地、马铃薯地、弃耕地以及秋翻地的粗糙度、摩阻风速呈现依次降低的趋势。从整个趋势可以看出,留茬地 > 草地 > 翻耕地,其中小麦高茬的粗糙度、摩阻风速最大,分别是 4.91 cm、1.00 m/s;不同留茬方式中,小麦茬地的粗糙度和摩阻风速最大,胡麻茬次之,油菜茬最小,三者粗糙度分别是 4.91、2.23 和 1.27;三种油菜茬地中,高茬 > 中茬 > 低茬,即随茬高度的增加,地表的粗糙度和摩阻风速也逐渐增加。从表 1 还可以看出,小麦高茬的粗糙度是秋翻地的 163.7 倍。

留茬地的粗糙度与摩阻风速最大是因为,4 月份草地还没有返青,大部分已经枯萎,耕地中作物没有生长,因此,留茬地地表覆盖度大于草地,同时也大于翻耕地,在相同的风速条件下,留茬地抵抗风速的能力最强。同样,随着留茬高度的增加,地表覆盖度也相应增加,从而导致地表留有油菜高茬、中茬以及低茬的粗糙度、摩阻风速呈现逐渐降低的趋势。而马铃薯地的粗糙度和摩阻风速比草地和留茬地小,这是因为在收获马铃薯时,必须翻耕土地,这与秋翻地有“异曲同工”之处,因此,它的粗糙度和摩阻风速也较小。从表 2 和图 2 也可以看出,风速的阵动性也遵循上述规律,即留茬地最大,翻耕地最小。

因此,占我国农业 50% 以上的北方旱作农业中,应该避免秋翻地的产生,国家应该严格控制秋季翻耕土地,大力提倡耕地留茬,留茬的高度至少控制在 20 cm 以上。同时,应该严格控制撂荒地的数量,因为在春季风沙旺盛季节,撂荒地的粗糙度和摩阻风速相对较小。严重的土壤风蚀容易导致农田出现风蚀劣地,甚至出现风蚀沟槽和光板地。

2.2 不同地表风沙流结构特征

图 3 为几种不同地表 0~20 cm 层内总输沙率柱状图,其中 A 图和 B 图分别是 2 个不同风况条件下不同地表输沙率。从图中可以看出,在同一风况条件下,不同地表 0~20 cm 的

输沙率存在显著差异,风蚀劣地的总输沙率大于秋翻地,秋翻地的总输沙率大于油菜茬地,这几种地表总输沙率分别是 4.06 g/(m<sup>2</sup>·min)、1.46 g/(m<sup>2</sup>·min) 和 1.23 g/(m<sup>2</sup>·min);稀小麦低茬的输沙率大于油菜低茬,油菜低茬 > 油菜高茬,这三种不同地表 0~20 cm 输沙率分别是 11.98 g/(m<sup>2</sup>·min)、7.19 g/(m<sup>2</sup>·min) 和 2.97 g/(m<sup>2</sup>·min)。从图 3 还可以看出,作物高茬抗风蚀能力比低茬强,这是因为随着留茬高度的增加,土壤表面覆盖度也相应增加,从而导致土壤表面粗糙度与摩阻风速存在显著差异;稀小麦茬抗风蚀能力比油菜茬差,这是因为同样是低茬作物秸秆,稀小麦茬生物量远小于油菜茬秸秆的生物量(表 1),因此,覆盖稀小麦残茬比覆盖油菜残茬的地表粗糙度与摩阻风速小,从而导致其抗风蚀能力差。

图 4、5 是不同地表 0~20 cm 气流层内输沙率随垂直高度的变化特征,其中图 4 是同一种风况条件下风蚀劣地、秋翻地两种地表 0~20 cm 气流层内输沙率随垂直高度的变化特征,图 5 是同一风况条件下小麦高茬、小麦低茬 2 种地表 0~20 cm 气流层内输沙率随垂直高度的变化特征。从图中可以看出,随着垂直高度的增加,输沙率都呈现逐渐减小的趋势。观测还发现,油菜高茬总输沙率的 80%、风蚀劣地的 92%、秋翻地的 65.5%、小麦低茬的 95.2% 集中在 10 cm 以下高度范围内,这表明植被覆盖能有效地保护地表,从而减少贴地层气流中的固体流量。

因此,留茬地表作物残体的存在可以有效地减少土壤风蚀,这是因为残茬可以增加地表粗糙度,加大风速的脉动性,同时作物残体还可以保护易侵蚀性颗粒,此外作物残体还能减少蒸发量,保护土壤水分,增加土壤表面的抗风蚀性,因此,在秋收时应该增加表面土壤作物残体盖度,以减少风蚀。另外,秋翻地也是极易发生风蚀的一种耕作方式,因为秋翻时对地表的扰动较大,而且地表覆盖度较小,在我国典型农牧交错带——内蒙古太仆寺旗旱作农田区应该尽量避免采用秋翻的耕作措施。

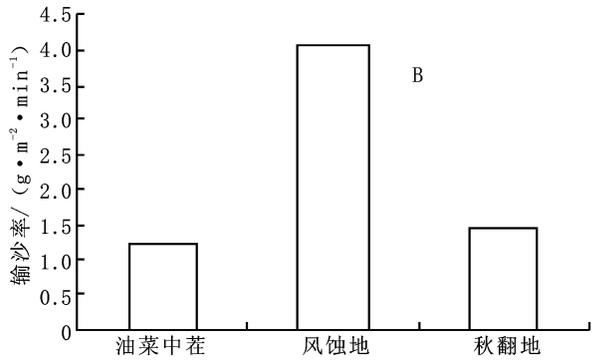
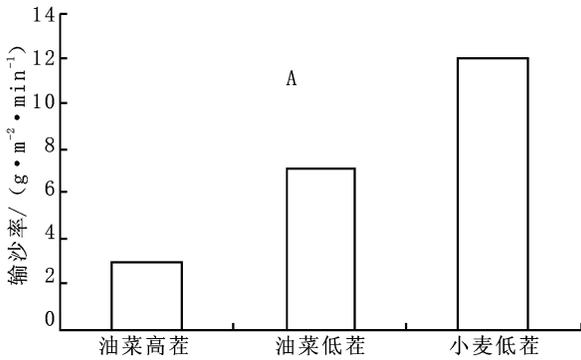


图 3 2 种不同风况条件下不同地表 0~20 cm 层总输沙率

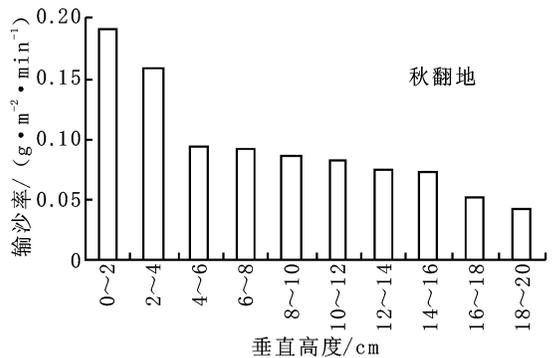
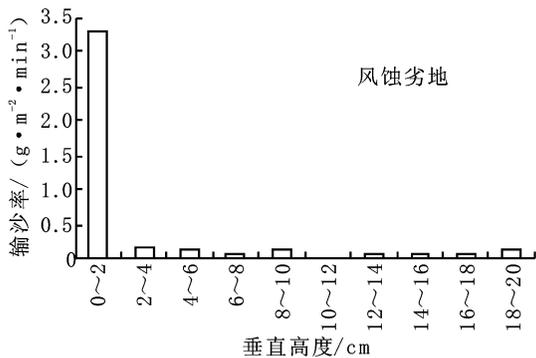


图 4 同一风况条件下风蚀劣地与秋翻地 0~20 cm 高度输沙率随垂直高度变化特征

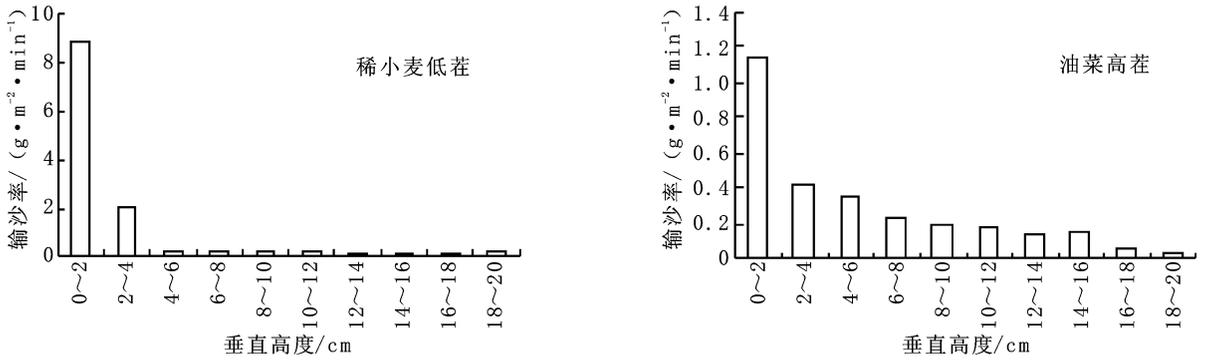


图5 同一风况条件下小麦低茬与油菜高茬地 0~20 cm 高度输沙率随垂直高度变化特征

### 3 结 论

通过内蒙古太仆寺旗风沙旺盛季节风沙观测结果表明,人为因素对农田土壤风蚀的影响非常大。该地区留茬地以及草地的风蚀强度远低于秋翻地。秋翻地土壤,因为人为扰动较大,而且无植被覆盖,容易引起土壤风蚀沙化,导致土壤粗化和肥力下降,因此,秋翻土地很容易引发土地退化;留茬

参考文献:

- [1] Willian F Schilinger. Deep ripping fall-planted wheat after fallow to improve infiltration and reduce erosion[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1997, 53 (3): 198– 202.
- [2] 哈斯, 陈渭南. 耕作方式对土壤风蚀的影响[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2 (1): 11– 18.
- [3] 张华, 李锋瑞, 伏乾科. 沙质草地植被防风抗蚀生态效应的野外观测研究[J]. 环境科学, 2004, 25(2): 119– 124.
- [4] Chepil W S, Woodruff N P, Siddoway F H, et al. Vegetative and nonvegetative materials to control wind and water erosion[J]. Soil Sci. Soc. Proc., 1963, 27(1): 86– 89.
- [5] Dong Z B, Wang X M, Zhao A G. Aerodynamic roughness of fixed sandy beds[J]. J. Res., 2001, 106: 11001– 11011.
- [6] 刘小平, 董治宝. 直立植被粗糙度和阻力分解的风洞实验研究[J]. 中国沙漠, 2000, 22(1): 82– 8.

(上接第 115 页)

延伸到未来任意时刻;但随着时间的推移,未来影响因素将会发生变化,尤其是政策导向的改变,这将很大程度上影响我们的预测结果,精度不能得到保证,故该预测方法在较短期的预测中能发挥很大的作用。由此根据公式(12)我们只是对未来 8 年的湖北省农作物播种面积进行了预测(表 3)。

表 3 2005~2012 湖北省农作物总播种面积预测值

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
面积/10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup>	7242.7	7177.3	7112.4	7048.2	6984.5	6921.4	6858.9	6796.9

### 4 结果与讨论

(1) 根据 1996~2004 年湖北省农作物播种面积,建立了 GM(1,1) 灰色预测模型  $X^{(1)}(t+1) = -8620.39e^{0.009075462t} + 869453.03$ , 经过误差分析,平均相对误差为 1.18%,模型的精度符合要求,预测结果是可靠的、合理的,说明该模型适合做湖北省农作物播种面积预测分析。根据灰色模型预测结果,2005~2012 年湖北省农作物总播种面积呈现逐年下降的趋势。如果不考虑其他意外因素,2012 年湖北省的农作

参考文献:

- [1] 白木, 子荫. 粮食背后潜伏着安全危机[J]. 粮食安全, 2002, (3): 9– 10.
- [2] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1986.
- [3] 高兆蔚. 我国 21 世纪森林资源发展趋势灰色预测[J]. 林业资源管理, 2003, 4(2): 31– 33.
- [4] 国家统计局. 2004 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.

地几乎没有人为扰动,而且残茬的存在增加了表面粗糙度,其土壤风蚀强度较小。在观测中,我们还发现,小麦残茬对减少风蚀危害最有效,其次是胡麻茬,最后是油菜茬;随着残茬高度的增加,土壤粗糙度也相应增加,即抵抗风蚀的能力越强。因此,在内蒙古农牧交错区秋收时,应该选择留茬方式以增加植被覆盖度,避免翻耕土地,以有效防治土壤风蚀,减少农田风蚀危害。

物播种面积将减少到 679 6.9×10<sup>3</sup> hm<sup>2</sup>。

(2) 这种趋势的出现,原因有两个方面,一是耕地面积减少,二是农业产业结构调整以及农民撂荒,人口的增加和城镇的快速扩张以及国家推行的“退耕还林”导致了耕地面积的减少,尤其是城镇建设用地,占用的都是适宜耕种的良田。此外由于国家实行土地使用权有偿出让与行政划拨并存的“双轨制”,城市政府往往运用行政手段低价征用农村土地,再按市场价格高价出让,导致耕地锐减,种植面积减少。农产品价格低迷,农业生产效益偏低,税费负担过重,许多农民弃田外出务工经商或者选择市场前景好的经济林及水面养殖与牲畜养殖模式,弃耕撂荒或耕地挖成鱼塘、改种果树现象极为常见。

湖北省是我国重要的商品粮基地之一,粮食产量的多少影响着全国的粮食供求。农作物播种面积的过度缩减会使粮食产量下降,导致粮食安全问题,因此必须扭转这种局面,否则后果不堪设想。在今后的工作实行严格的耕地保护制度,保护农民的利益,提高农民耕种的积极性。