

# 北京周边典型农田风蚀风洞试验与防治分析\*

冯晓静 高焕文 王丽洁 李洪文

**【摘要】** 利用可移动野外风蚀风洞对北京周边典型农田进行了农田风蚀的研究。主要考察耕作制度、地表状况、风速和作物行向4种因素对风蚀的影响规律。试验结果表明:与传统翻耕对比,一年两熟免耕覆盖地和一年一熟的玉米根茬地都可以减少土壤风蚀。地表覆盖量的增加可以减少地表土壤的风蚀,覆盖量越大,减少愈明显。一年一熟区地表以玉米根茬防治风蚀为主,风向与行向平行时风蚀量最大,垂直时最小,45°时介于两者之间;风速较大时,玉米根茬的根系有较好的固土作用。最后对防治农田风蚀提出了相关对策。

**关键词:** 土壤风蚀 风洞 试验

**中图分类号:** S157.1

**文献标识码:** A

## Wind Erosion Experiment and Countermeasures on Typical Farmlands around Beijing

Feng Xiaojing<sup>1</sup> Gao Huanwen<sup>2</sup> Wang Lijie<sup>3</sup> Li Hongwen<sup>2</sup>

(1. Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China 2. China Agricultural University, Beijing 100083, China 3. Beijing Bureau of Agriculture, Beijing 100029, China)

### Abstract

A series wind tunnel experiments were conducted on in typical farmlands around Beijing. The air-born dusts were measured in the fields under different cultivations, tillage managements, cover rates and intersectional angles between wind and the crop rows. The results show that the amount of raising dust increases with the wind velocity by power function; conservation tillage of one crop a year and two crops a year can reduce wind erosion rate than traditional tillage; the increase of cover rate can reduce the amount, and the more the cover, the better the effect; the amount of raising dust can be changed by the angle between the wind and the crop row, and the amount is highest when zero angle, medium 45° angle, and lowest 90° angle. Finally, some countermeasures such as generalization conservation tillage, hold appropriate stubble and straw in land, were proposed for the wind erosion in typical farmland around Beijing.

**Key words** Wind erosion of land surface soil, Wind tunnel, Experiment

### 引言

北京周边农田是北京沙尘暴的重要沙源<sup>[1~2]</sup>。随着种植结构的调整,北京市冬小麦种植面积减小,冬季裸露休闲农田面积增大,更加促使沙尘暴的发生。国内外学者对地表覆盖物抑制地表土壤风蚀和

保护地表的作用已经有较多研究<sup>[3~10]</sup>。本文首次采用移动式野外风洞,进行风洞模拟扬沙实地试验,研究北京周边典型农作区保护性耕作农田地表耕作制度、覆盖量和根茬对减少农田土壤风蚀的作用,并以数据说明裸露农田风蚀对北京大气环境质量的影响。

收稿日期:2007-08-22

\* 农业科技成果转化基金资助项目(项目编号:02EFN216900734)

冯晓静 河北农业大学机电工程学院 副教授 博士,071001 保定市

高焕文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师,100083 北京市

王丽洁 北京市农业局 高级工程师,100029 北京市

李洪文 中国农业大学工学院 教授 博士生导师

# 1 试验

## 1.1 试验设计

选择北京周边典型的农作区,即一年两熟农作区(位于北京市昌平区)、一年一熟农作区(位于北京市延庆县)进行试验。一年两熟免耕地前茬是小麦地,测试时是碎秸覆盖的免耕残茬地表。试验时选择 3 种覆盖量,覆盖量较大、中等和较小分别用 CM1、CM2、CM3 表示。测量方法为取 1 m<sup>2</sup> 地表残茬,在阳光下晒干称重。一年一熟耕作区的作物为春玉米,收获后留茬至春天翻耕播种,地表残茬为直立根茬。试验时取 3 个方向,第 1 点风向与根茬行向平行,第 2 点与行向呈 45°,第 3 点垂直于行向,分别用 YM1、YM2、YM3 表示。两地均取秋季翻耕地作为对照。不同处理对应的参数见表 1。

表 1 不同处理的参数

Tab. 1 Parameters of different treatments

耕作制度	耕作方式	覆盖方式	覆盖量 /g·m <sup>-2</sup>	作物行向与风向夹角/(°)	对应处理
一年两熟	传统翻耕	—	0	—	CF
	免耕	碎秸覆盖	660	—	CM1
	免耕	碎秸覆盖	390	—	CM2
	免耕	碎秸覆盖	170	—	CM3
一年一熟	传统翻耕	—	0	—	YF
	免耕	直立秸秆	—	0	YM1
	免耕	直立秸秆	—	45	YM2
	免耕	直立秸秆	—	90	YM3

## 1.2 试验设备

试验设备包括中国农业大学移动式野外风洞、狭缝采样器、风速仪、1/100 电子天平和 GS-86 型电动振荡机。通过农田风洞模拟试验,对北京周边典型农作区不同耕作制度下的不同农田处理分别进行风洞模拟扬沙试验,进行采样和室内分析。

## 1.3 测定项目和方法

### 1.3.1 风蚀量

土样的采集使用狭缝采样器,布置在风洞口处。试验时,使用狭缝采样器在每一种风速条件下采样 5 min,将采集到的土样质量除以采样时间和狭缝采样器的进沙口宽度得到试验风蚀量,用 Q 表示,单位 g/(min·m)。

### 1.3.2 风速

风速测量高度为 0.6 m,用风速仪测定,测试 1 min 内的平均风速,用 v<sub>0.6</sub> 表示,单位 m/s。

### 1.3.3 土壤含水率

土壤含水率测定用土壤水分快速测量仪测量。

每个试验区测量 10 点,求平均值。结果表明,两种耕作制度下免耕地的含水率高于翻耕地,说明免耕对雨雪有截留作用,墒情较好。

# 2 结果与分析

## 2.1 秸秆覆盖量

图 1 是对 3 种覆盖量的地表在不同风速下的土壤风蚀量进行拟合建立的风速与风蚀量关系图。由图说明 3 种覆盖量下风蚀量都随风速的增加而增加。相同风速下 CM1 的风蚀量最小,CM2 较小,CM3 最大。说明随覆盖量的增加地表风蚀量减小。CM2 和 CM3 两种覆盖量的曲线接近。风速较小时风蚀量随覆盖量的变化不明显,随着风速的增大,风蚀量曲线之间逐渐拉开距离,并且风速越大拉开的距离也越大。说明增加地表残茬覆盖量可以明显减少土壤风蚀量,尤其是当风速较大时,增加地表覆盖量对减少风蚀量的效果显著;覆盖量小的风蚀曲线呈幂函数变化,覆盖量大的呈近直线变化,反映秸秆覆盖量小的地块的风蚀量随风速加大比覆盖量大的地块增加趋势更加明显。秸秆覆盖量有一临界值,超过临界值,可以更有效地抑制风蚀,低于该值,覆盖量变化对抑制风蚀的作用变化较小。张春来等<sup>[5]</sup>认为存在一个阈值,临界覆盖量将越来越接近于这一值,覆盖量大于该阈值时,任何风力条件下都不会产生风蚀。这一阈值对土壤风蚀的植被控制具有重要意义。

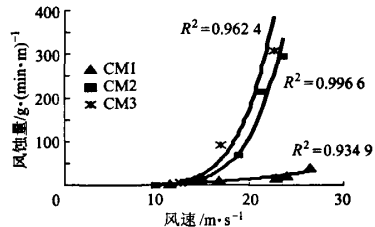


图 1 不同覆盖量风蚀量曲线

Fig. 1 Raising dust amounts at different cover rates

临界覆盖量是指某个风速下由于地表覆盖量的增大,风蚀量开始低于某一值时的地表覆盖量。风蚀量低于 5 g/(min·m) 时,按土壤容积密度为 1.3 g/cm<sup>3</sup> 计算,年风蚀深度小于 1.9 mm,根据 SL190-96《土壤侵蚀分类分级标准》规定(表 2)<sup>[11]</sup>,属微弱侵蚀。对应风蚀量低于 5 g/(min·m),由图 2 知,风速为 8 m/s 和 10 m/s 时,临界覆盖量均小于 100 g/m<sup>2</sup>;风速为 12 m/s 时,临界覆盖量为 295 g/m<sup>2</sup>;风速为 14 m/s 时,临界覆盖量为 640 g/m<sup>2</sup>。风蚀量低于 10 g/(min·m)(年风蚀深度小于 3.8 mm,根据表 2,属轻度侵蚀)时,风速为 8 m/s 和 10 m/s 时,临

界覆盖量均小于 100 g/m<sup>2</sup>;风速为 12 m/s 时,临界覆盖量为 123 g/m<sup>2</sup>;风速为 14 m/s 时,临界覆盖量为 342 g/m<sup>2</sup>。Wasson<sup>[4]</sup>推算了不同风速下土壤风蚀的临界植被盖度(植物群落总体或各个体的地上部分垂直投射面积与样方面积之比,一般指地域内植物的总体情况,与地表覆盖量有一定的正相关性),与本文试验结果总的趋势是一致的,即临界植被盖度随风速的增大而呈非线性增大趋势。

表 2 风蚀强度分级表

Tab.2 Intensity grades of wind erosion

侵蚀模数	微弱	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
年风蚀深度 /mm	<2	2~10	10~25	25~50	50~100	>100

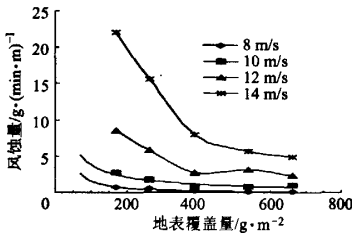


图 2 不同风速下临界覆盖量曲线

Fig.2 Critical cover rates of different wind velocities

### 2.2 作物行向

由图 3 可见,相同风速时,作物行向与风向夹角为 0°(YM1)的风蚀量最大,90°(YM3)的风蚀量最小,45°(YM2)的风蚀量介于两者之间,说明作物行向对风蚀有影响作用。不同行向时风速对风蚀量的影响不同,风速与行向平行时,风蚀量随风速的增大而增长得最快,此结果与文献[9]一致。

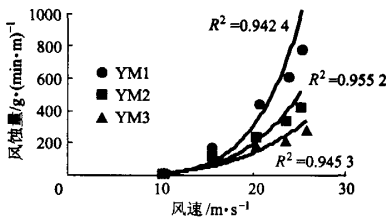


图 3 不同行向地表风蚀量对比

Fig.3 Amounts of raising dust at different angles between the wind and crop row

### 2.3 耕作制度

由图 4 分析可知,当风速小于 19 m/s 时一年一熟直立玉米茬地的风蚀量比一年两熟碎秸覆盖地大,YM1、YM2、YM3 风蚀量相近,CM1、CM2、CM3 风蚀量差别也不大,但总体上 YM 高于 CM。当风速达到 19 m/s 时,YM3 开始低于 CM3,当风速达到 22 m/s 时,YM3 开始低于 CM2,当风速达到 23 m/s 时,YM2 开始低于 CM2。当风速超过 22 m/s 时,

YM3 风蚀量小于 YM1、YM2 和 CM1、CM2、CM3,其风蚀量随风速的变化趋缓。说明玉米根茬的根系在较大风速下比碎秸覆盖具有更强的抑制风蚀作用。

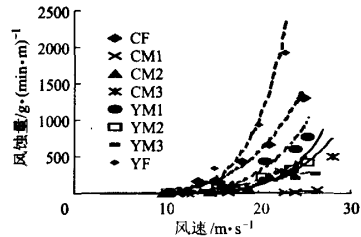


图 4 翻耕与免耕地表风蚀量对比

Fig.4 Raising dust amounts of tillage and no-tillage fields

### 2.4 耕作方式

两个典型农作区传统翻耕地表均为秋翻地,冬季裸露,春天作为与保护性耕作对比的农田土壤类型进行了风洞试验。翻耕地与保护性耕作免耕地表的风蚀量随风速变化曲线见图 4。由图可知,两农作区翻耕地风蚀量均高于保护性耕作免耕地,且相同风速下一年一熟翻耕地风蚀量高于一年两熟。原因之一是延庆县地表含水率高于昌平区,其次是由于延庆县地表土壤可蚀性颗粒高于昌平区。

### 3 对策分析

由于冬春季干旱和大风同步出现,农田风蚀成为影响北京的主要尘源之一。减少农田风蚀的主要对策包括:

(1)种植冬小麦,一年一熟或一年两熟。冬小麦虽然是高耗水粮食作物,但也是一种防风固土的农田覆盖植物。冬春季节麦田地表基本被小麦覆盖,大风时不会有沙尘扬起,可以抑制风蚀。

(2)推广保护性耕作。由于水资源短缺,北京进行农业结构调整,冬小麦种植面积由最高峰时期的 16.8 万 hm<sup>2</sup> 减少到 2.8 万 hm<sup>2</sup>,不能依赖于种植冬小麦减少风蚀。由试验结果可知,保护性耕作农田地表风蚀量少于传统翻耕,在北京周边实行保护性耕作可以减少风蚀,有效控制沙尘暴。一年一熟种植区采用碎秸覆盖地表或者直立根茬,均可以抑制风蚀。

(3)为了将风蚀量控制在某一范围,可由历史气象资料统计该地区的强势风速和持续时间,确定临界覆盖量,以指导选择合适的农田残茬保有量,减少农田土壤的风蚀。北京地区冬春季节风速一般低于 14 m/s,在北京地区要将风蚀控制在轻微风蚀以下,秸秆覆盖量必须高于 350 g/m<sup>2</sup>,而要保证在最高风速下风蚀得到有效控制,秸秆覆盖量应该高于

640 g/m<sup>2</sup>,或者保留一定高度的根茬。

#### 4 结论

(1)保护性耕作农田地表风蚀量小于传统翻耕,在北京周边实行保护性耕作可以减少风蚀,有效控制沙尘暴。

(2)地表覆盖量的增加可以减少地表土壤的风蚀,覆盖量越大,效果越好。在北京地区要将风蚀控

制在轻微风蚀以下,秸秆覆盖量必须高于350 g/m<sup>2</sup>,而要保证在最高风速下风蚀得到有效控制,秸秆覆盖量应该高于640 g/m<sup>2</sup>。

(3)一年一熟农作区地表只有玉米根茬,也可以有效抑制地表风蚀,风向与行向平行时最大,垂直最小,45°时介于两者之间。当风速较大时,玉米根茬的根系有较好的固土作用。在风速高于22 m/s的地区,可以选择留茬和适当的行向来有效抑制风蚀。

#### 参 考 文 献

- 1 陈广庭. 北京强沙尘暴史和周围生态环境变化[J]. 中国沙漠, 2002, 22(3): 210~213.  
Chen Guangting. History of special strong dust storms in Beijing and ecological environmental change in nearby regions[J]. Journal of Desert Research, 2002, 22(3): 210~213. (in Chinese)
- 2 李令军, 高庆生. 2000年北京沙尘暴源地解析[J]. 环境科学研究, 2001, 14(2): 1~4.  
Li Lingjun, Gao Qingsheng. Source analysis of Beijing sand-dust in 2000[J]. Research of Environmental Sciences, 2001, 14(2): 1~4. (in Chinese)
- 3 Wasson R J, Nanninga P M. Estimating wind transports and on vegetated surface[J]. Earth Surface Processes and Landforms, 1986, 11(5): 505~514.
- 4 Lyles L, Aliso B E. Wind erosion: the protective erode of simulated standing stubble[J]. Trans. ASAE, 1976, 19(1): 61~64.
- 5 张春来, 邹学勇, 董光荣, 等. 植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(3): 31~33.  
Zhang Chunlai, Zou Xueyong, Dong Guangrong, et al. Wind tunnel studies on influences of vegetation on soil wind erosion [J]. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 17(3): 31~33. (in Chinese)
- 6 何文清, 高旺盛, 妥德宝, 等. 北方农牧交错带土壤风蚀沙化影响因子的风洞试验研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(3): 1~4.  
He Wenqing, Gao Wangsheng, Tuo Debao, et al. Study on some factors influencing soil erosion by wind tunnel experiment in north ecotone between agriculture and pasture[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2004, 18(3): 1~4. (in Chinese)
- 7 杨秀春, 严平, 刘连友, 等. 农牧交错带不同农田耕作模式土壤风蚀的风洞实验研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 737~742.  
Yang Xiuchun, Yan Ping, Liu Lianyou, et al. Wind tunnel experiment on effect of different cultivation patterns on soil wind erosion in agro-grazing ecotone, Inner Mongolia[J]. Acta Pedologica Sinica, 2005, 42(5): 737~742. (in Chinese)
- 8 辜松, 小松崎将一, 森泉昭治, 等. 覆盖作物与耕作法对土壤性质的影响[J]. 农业机械学报, 2005, 36(7): 37~40.  
Gu Song, Komatsuzaki Masakazu, Shoji Morizumi, et al. Influence of cover crops and tillage treatment on soil properties [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(7): 37~40. (in Chinese)
- 9 荣姣凤, 高焕文, 王晓燕. 河北坝上农田垄向对土壤风蚀的影响[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(3): 13~15, 10.  
Rong Jiaofeng, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan. Effects of ridge direction in a field on soil erosion in Hebei Bashang region [J]. Journal of China Agricultural University, 2004, 9(3): 13~15, 10. (in Chinese)
- 10 冯晓静, 高焕文, 李洪文, 等. 北方农牧交错带风蚀对农田土壤特性的影响[J]. 农业机械学报, 2007, 38(5): 51~54.  
Feng Xiaojing, Gao Huanwen, Li Hongwen, et al. Effect of wind erosion in agro-pastoral regions on soil characteristics[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(5): 51~54. (in Chinese)
- 11 SL 190—96 土壤侵蚀分类分级标准[S].  
SL 190—96 Standard for classification and gradation of soil erosion[S]. (in Chinese)

# 北京周边典型农田风蚀风洞试验与防治分析

作者: [冯晓静](#), [高焕文](#), [王丽洁](#), [李洪文](#), [Feng Xiaojing](#), [Gao Huanwen](#), [Wang Lijie](#),  
[Li Hongwen](#)

作者单位: [冯晓静, Feng Xiaojing \(河北农业大学机电工程学院, 071001, 保定市\)](#), [高焕文, 李洪文, Gao Huanwen, Li Hongwen \(中国农业大学工学院, 100083, 北京市\)](#), [王丽洁, Wang Lijie \(北京市农业局, 100029, 北京市\)](#)

刊名: [农业机械学报](#) 

英文刊名: [TRANSACTIONS OF THE CHINESE SOCIETY FOR AGRICULTURAL MACHINERY](#)

年, 卷(期): 2008, 39(7)

被引用次数: 10次

## 参考文献(11条)

1. [陈广庭](#) [北京强沙尘暴史和周围生态环境变化](#) [期刊论文]-[中国沙漠](#) 2002(03)
2. [李令军](#); [高庆生](#) [2000年北京沙尘暴源地解析](#) [期刊论文]-[环境科学研究](#) 2001(02)
3. [Wasson R J](#); [Nanninga P M](#) [Estimating wind transports and on vegetated surface](#) [外文期刊] 1986(05)
4. [Lyles L](#); [Aliso B E](#) [Wind erosion: the protective erode of simulated standing stubble](#) 1976(01)
5. [张春来](#); [邹学勇](#); [董光荣](#) [植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究](#) [期刊论文]-[水土保持学报](#) 2003(03)
6. [何文清](#); [高旺盛](#); [妥德宝](#) [北方农牧交错带土壤风蚀沙化影响因子的风洞试验研究](#) [期刊论文]-[水土保持学报](#) 2004(03)
7. [杨秀春](#); [严平](#); [刘连友](#) [农牧交错带不同农田耕作模式土壤风蚀的风洞实验研究](#) [期刊论文]-[土壤学报](#) 2005(05)
8. [辜松](#); [小松崎将一](#); [森泉昭治](#) [覆盖作物与耕作法对土壤性质的影响](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2005(07)
9. [荣姣凤](#); [高焕文](#); [王晓燕](#) [河北坝上农田垄向对土壤风蚀的影响](#) [期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2004(03)
10. [冯晓静](#); [高焕文](#); [李洪文](#) [北方农牧交错带风蚀对农田土壤特性的影响](#) [期刊论文]-[农业机械学报](#) 2007(05)
11. [SL 190-1996](#). [土壤侵蚀分类分级标准](#) [期刊论文]-

## 本文读者也读过(8条)

1. [杨志国](#). [赵秀海](#). [周效明](#). [侯丽英](#). [李玉杰](#). [陈万明](#). [YANG Zhi-guo](#). [ZHAO Xiu-hai](#). [ZHOU Xiao-ming](#). [HOU Li-ying](#). [LI Yu-jie](#). [CHEN Wan-ming](#) [北京西部小型沙地不同演替阶段植物群落结构特征](#) [期刊论文]-[林业科学研究](#) 2008, 21(2)
2. [董治宝](#). [罗万银](#). [DONG Zhi-bao](#). [LUO Wan-yin](#) [风沙床面颗粒起动临界受力平衡模型的对比分析](#) [期刊论文]-[中国沙漠](#) 2007, 27(3)
3. [冯晓静](#). [高焕文](#). [李洪文](#). [王晓燕](#). [FENG Xiao-jing](#). [GAO Huan-wen](#). [LI Hong-wen](#). [WANG Xiao-yan](#) [河北坝上风蚀对农田土壤肥力水平影响研究](#) [期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2007, 25(1)
4. [陈渠昌](#). [江培福](#). [雷廷武](#). [李瑞平](#). [唐泽军](#). [Chen Quchang](#). [Jiang Peifu](#). [Lei Tingwu](#). [Li Ruiping](#). [Tang Zejun](#) [利用PAM防治松散扰动沙土风蚀效果的风洞试验研究](#) [期刊论文]-[农业工程学报](#) 2006, 22(10)
5. [付健](#). [张玉钧](#). [王小平](#). [陈峻崎](#). [胡剑非](#). [胡东阳](#). [FU Jian](#). [ZHANG Yu-jun](#). [WANG Xiao-ping](#). [CHEN Jun-qi](#). [HU Jian-fei](#). [HU Dong-yang](#) [北京平原风景游憩林林相改造技术研究](#) [期刊论文]-[河北林果研究](#) 2010, 25(1)
6. [罗万银](#). [董治宝](#). [LUO Wanyin](#). [DONG Zhibao](#) [风蚀对土壤养分及碳循环影响的研究进展与展望](#) [期刊论文]-[地理科学进展](#) 2005, 24(4)
7. [栾汝朋](#). [孙素芬](#). [张峻峰](#). [于峰](#). [Luan Rupeng](#). [Sun Sufen](#). [Zhang Junfeng](#). [Yu Feng](#) [北京农作物种质资源信息服务平台的设计与构建](#) [期刊论文]-[中国农学通报](#) 2010, 26(20)
8. [张志刚](#). [赵燕华](#). [陈万隆](#). [薛玉兰](#). [高庆先](#). [杨新兴](#). [苏福庆](#). [任阵海](#) [北京沙尘天气与源地气象条件的关系](#) [期刊论文]-[安全与环境学报](#) 2003, 3(1)

## 引证文献(13条)

1. [赵永来](#), [陈智](#), [孙悦超](#), [王荣莲](#) [作物残茬覆盖对农田土壤风蚀的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2011(1)
2. [陈智](#), [麻硕士](#), [赵永来](#), [孙悦超](#), [崔红梅](#) [保护性耕作农地地表风沙流特性](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2010(1)
3. [赵永来](#), [陈智](#), [孙悦超](#), [王荣莲](#) [作物残茬覆盖对农田土壤风蚀的影响](#)[期刊论文]-[干旱地区农业研究](#) 2011(1)
4. [王仁德](#), [邹学勇](#), [赵婧妍](#), [张艺磊](#) [北京市平原区农田土壤蚀积特征分析](#)[期刊论文]-[水土保持学报](#) 2011(1)
5. [赵云](#), [穆兴民](#), [王飞](#), [蒋冲](#), [刘振东](#), [李锐](#) [保护性耕作对农田土壤风蚀影响的室内风洞实验研究](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2012(3)
6. [赵永来](#), [陈智](#), [孙悦超](#), [王荣莲](#) [作物残茬覆盖农田地表土壤抗风蚀效应试验](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2011(6)
7. [王仁德](#), [邹学勇](#), [赵婧妍](#) [北京市农田风蚀的野外观测研究](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2011(2)
8. [赵永来](#), [麻硕士](#), [陈智](#), [孙悦超](#), [王荣莲](#) [残茬覆盖地表空气动力学粗糙度变化规律](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2013(4)
9. [王仁德](#), [邹学勇](#), [赵婧妍](#) [半湿润区农田土壤风蚀的风洞模拟研究](#)[期刊论文]-[中国沙漠](#) 2012(3)
10. [赵永来](#), [陈智](#), [孙悦超](#), [王荣莲](#) [作物残茬覆盖农田地表风沙流分布规律](#)[期刊论文]-[中国农业大学学报](#) 2013(2)
11. [王仁德](#), [邹学勇](#), [赵婧妍](#) [北京市农田时空分布与风蚀基本特征](#)[期刊论文]-[地理研究](#) 2011(1)
12. [王仁德](#), [邹学勇](#), [赵婧妍](#) [北京市农田时空分布与风蚀基本特征](#)[期刊论文]-[地理研究](#) 2011(1)
13. [孙悦超](#), [麻硕士](#), [陈智](#), [赵永来](#), [冬梅](#) [北方农牧交错区草原地表土壤风蚀原位测试技术](#)[期刊论文]-[农业机械学报](#) 2010(6)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_nyjxxb200807015.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_nyjxxb200807015.aspx)