

# 作物残茬与生物篱组合对减轻土壤风蚀的作用

赵沛义<sup>1,2</sup>, 李焕春<sup>2</sup>, 妥德宝<sup>2</sup>, 潘学标<sup>3</sup>, 闫伟<sup>1</sup>, 段玉<sup>2</sup>

(1. 内蒙古农业大学林学院, 呼和浩特 010018; 2. 农业部农牧交错带生态环境重点野外科学观测试验站, 内蒙古旱作农业重点实验室, 内蒙古农牧业科学院植物营养与分析研究所, 呼和浩特 010031; 3. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

**摘要:** 为了探究中国北方农牧交错带冬春风蚀季节生物篱与作物残茬组合对间作裸露秋翻地的防护作用, 采用风蚀圈和野外移动式风洞试验的方法对研究区土壤风蚀情况进行监测, 利用 PC-3 型自动气象站进行风速测定。结果表明, 油葵秆生物篱减小了间作裸地近地面风速, 提高了地表粗糙度; 从防风蚀效果看草谷子茬优于油葵秆生物篱; 在距油葵秆生物篱或草谷子茬下风向裸地不同位置处, 土壤风蚀量基本呈先增加后减小的单峰曲线变化趋势, 在 4 m 左右土壤风蚀量最大, 在篱和茬的双重保护下, 距茬 5 m 处发生了风积现象; 土壤风蚀量降低率基本呈“V”字型分布; 土壤风蚀模数随风速增大而增加, 在生物篱的保护下 5~15 m/s 风速时土壤风蚀降低率为 5.03%~20.53%。因此, 油葵秆生物篱具有防风蚀作用, 而且与草谷子残茬组合对间作裸地会起到更好的固土防蚀作用。

**关键词:** 土壤, 风蚀, 生物篱, 作物残茬, 移动式风洞, 风蚀圈

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.042

中图分类号: S343.1, S157.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0231-05

赵沛义, 李焕春, 妥德宝, 等. 作物残茬与生物篱组合对减轻土壤风蚀的作用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 231-235.

Zhao Peiyi, Li Huanchun, Tuo Debao, et al. Effects of crop stubble combined with biological fences on reducing soil wind erosion[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 231-235. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

近年来中国北方地区频繁发生的沙尘暴天气, 给人民生活及工农业生产带来了极大的危害<sup>[1]</sup>。中国科学院“关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策”报告得出沙尘暴的源区主要是旱作农田, 而不是沙漠的结论, 致使科学界对沙尘暴发生源区的认识产生了转变, 人们逐渐意识到保护农田对防治土壤风蚀的重要性, 研究的重心开始向旱作农田转移。沙漠中尘粒较少, 颗粒较大的砂粒只能近地蠕动或跃迁; 能够大量悬浮在空中并漂移到内地的是尘粒, 主要来自被风蚀的农田土壤。

北方农牧交错带, 由于马铃薯种植面积不断增加, 致使冬春季节地表大面积裸露、造成表土疏松, 而同期风大风多, 降雪和降雨稀少, 造成土壤严重风蚀, 成为沙尘暴发生发展的主要源区之一, 因此加强马铃薯等根茎类作物农田土壤风蚀沙化及防治技术研究尤为迫切。

国外研究表明, 植被覆盖可以有效抑制土壤风蚀<sup>[2-5]</sup>, 而且直立植被覆盖减少风蚀的效果更好<sup>[6-7]</sup>。借鉴国外的研究经验, 国内众多学者<sup>[8-12]</sup>在探索农牧交错带旱作农田风蚀规律的基础上研究认为作物残茬覆盖可以大幅度减轻裸露农田的土壤风蚀, 不少学者<sup>[13-15]</sup>以生物篱为研究

对象, 得出生物篱是能够改变小气候、植物和土壤环境, 以致改变周围气流从而减轻风蚀的一种风障形式。笔者多年来在内蒙古阴山北麓的风蚀研究认为, 宽度控制在 10 m 以内的残茬带与等宽秋翻裸地间作对防治农田土壤风蚀效果较好, 带宽大于 10 m 后土壤风蚀率呈直线递增, 作物残茬的防蚀作用将大大降低, 本文针对这种情况以油用向日葵(以下简称油葵)秆为生物篱, 并与草谷子茬为研究对象, 采用风蚀圈和野外移动式风洞试验的方法来探究冬春风蚀季节作物残茬与油葵秆生物篱组合对间作裸露秋翻地的防护作用。

## 1 研究区域概况

本试验在内蒙古武川县境内的内蒙古农牧业科学院旱作农业研究中心(41°08'22.8"N, 111°17'43.6"E)进行。研究区域位于北方农牧交错带的中段, 是中国典型的半干旱偏旱农业区。多年平均降水量仅有 350 mm 左右, 全年平均温度 2.6℃, 年积温 2 241~2 900℃·d, 无霜期 90~120 d, 土壤为栗钙土, 质地偏砂, 无论气候条件和土壤类型都适合马铃薯生长。由于土壤砂粒含量大, 气候干燥以及每年 20 d 左右的大风和沙尘暴天气, 使这里面临着严重的土壤侵蚀和荒漠化威胁, 加上马铃薯种植和收获需要深层翻耕, 使大面积土壤长期呈疏松状态, 加重了该地区的土壤风蚀沙化。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验田土壤基本信息

为保证试验区土壤质地和粒级等理化性状的一致

收稿日期: 2009-7-17 修订日期: 2009-7-30

基金项目: 国家自然科学基金(40661009); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD29B09、2006BAD15B05)

作者简介: 赵沛义(1972—), 男, 内蒙古乌兰察布市人, 研究员, 博士, 主要从事土壤肥料和保护性耕作研究。内蒙古呼和浩特市玉泉区昭君路 22 号 内蒙古农牧业科学院, 010031。Email: zhpy@263.net

性, 尽可能减小试验误差, 在试验前一年春季作物播种前将整块试验田 0~25 cm 耕层土壤全部用推土机推起, 充分混匀后回填, 马铃薯田块收获后耕翻整平, 试验区

土壤为砂质栗钙土, 利用 ASI 法<sup>[16]</sup>测得的土壤有机质质量分数为 8.6 g/kg, 比重法<sup>[17]</sup>测定的土壤机械组成结果见表 1。

表 1 土壤粒径测定  
Table 1 Measurement of the soil particle size

								%
>2 mm	2~1 mm	1~0.25 mm	0.25~0.05 mm	0.05~0.01 mm	0.01~0.005 mm	<0.005 mm	1~0.01 mm	
11.41	4.55	18.34	33.77	12.61	5.04	14.29	64.71	

2.2 研究方法

主要采用在田间放置风蚀圈的方法<sup>[18]</sup>来测定土壤风蚀量的变化, 为进一步验证田间试验的结果, 应用野外移动式风洞装置进行土壤风蚀模数的原位测定, 由此定量分析油葵秆和草谷子茬及其组合对减轻土壤风蚀的作用。

2.2.1 田间试验设计及观测

田间试验设 4 个处理: 大面积秋翻裸地(裸地)、油葵秆生物篱+草谷子留茬+秋翻裸地(篱+茬+裸)、油葵秆生物篱+秋翻裸地(篱+裸)、草谷子留茬+秋翻裸地(茬+裸)。油葵种植带宽约 1 m, 共 3 行, 株行距均为 30 cm, 秋季收获葵饼后保留油葵秆, 平均高度 68.6 cm。秋翻裸地在马铃薯收获后形成, 草谷子收获后留茬高度 20 cm, 草谷子茬和秋翻裸地带宽均为 6 m, 长 40 m, 呈带状分布。大面积秋翻裸地在 100 m 范围内无任何遮挡物。该地区盛行西北风, 所以作物种植方向为南北向, 采用裂区设计, 3 次重复, 田间布局如图 1。

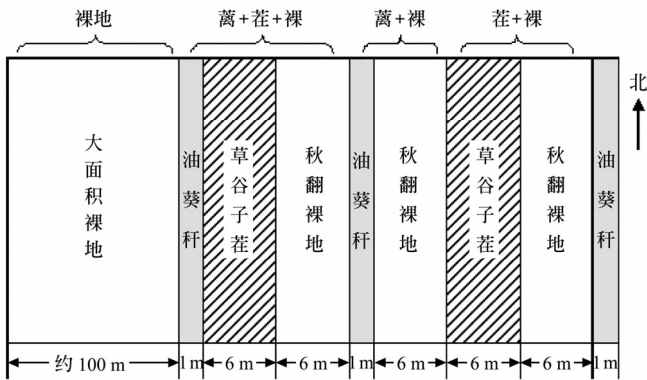


图 1 生物篱保护下的作物间作留茬试验设计  
Fig.1 Design of field experiments for intercropping with crops under the biological fence

土壤风蚀量于 2007 年 10 月 21 日—2008 年 4 月 19 日利用风蚀圈法测定, 重复 3 次。田间风速在大面积秋翻裸地和篱+裸地两个处理利用 PC-3 型自动气象站(锦州阳光科技发展有限公司生产)每 10 s 记录 1 个数据, 测定时长为 3 min, 然后取平均值作为测定风速。

2.2.2 野外风洞试验

为证明油葵秆生物篱对间作秋翻裸地的保护作用, 2008 年 4 月 27 日利用内蒙古农业大学研制的 OFDY-1.2 型野外移动式风洞进行原位测试, 受风洞试验段长度限制, 试验时只设计了有油葵秆生物篱保护的裸地(篱+裸地)和无生物篱保护的裸地(裸地)两个处理, 所用油

葵秆取自内蒙古农牧业科学院旱作农业研究中心带田生物篱营建技术长期定位试验田, 按照大田实际播种密度在风洞中设计 3 行油葵秆, 株、行距均为 30 cm, 贴近风洞气流入口处按三角状错位插入地表, 株高约 70 cm, 裸地宽度为 3 m。按照风洞中心风速大小设计 5 个风速进行历时 10 min 吹蚀, 即 5、6、9、12 和 15 m/s, 各风速吹蚀下的土壤风蚀模数利用 MATLAB 7.4.0 (R2007) 软件采用三次样条插值拟合法将风洞中旋风式集沙仪收集的垂直方向上 10 个不同高度的风蚀物沙蚀量进行积分, 通过换算计算得出, 单位为  $\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot \text{min})^{-1}$ 。

3 结果与分析

3.1 油葵秆生物篱降低风速的作用

地表粗糙度(简称粗糙度)是近地面风速廓线上平均风速等于零的高度, 用于衡量地表的粗糙状况, 一般用  $Z_0$  表示。 $Z_0$  可由拉依哈特曼公式<sup>[19]</sup>进行计算

$$\lg Z_0 = (V_1 \lg Z_2 - V_2 \lg Z_1) / (V_1 - V_2)$$

式中  $V_1$ 、 $V_2$ ——距地表  $Z_1$ 、 $Z_2$  高度上的水平风速, 所以  $Z_0$  可由任意两个已知高度上的水平风速测定值计算出。按照公式要求一般  $Z_1$  取 50 cm (或 30 cm),  $Z_2$  取 200 cm, 测定和计算时分别对两个高度的风速测定 10 次左右, 不得低于 5 次, 然后取其平均值, 带入公式计算  $Z_0$ , 本试验为了解距地表较近距离的风速变化, 选择  $Z_1$  高度为 30 cm。

试验结果表明(表 2), 生物篱下风向地表粗糙度随着与生物篱距离的增加而减小, 在测定范围内, 粗糙度在距离生物篱 0.2 m 处最大, 在 0.2~1 m 之间迅速降低, 到距离生物篱 1 m 处时减小了 40.8%, 之后变化平缓, 在 1~5 m 之间又减少了仅 0.8%。裸地粗糙度最小, 仅为最大值的 9.2%。可见, 生物篱的保留明显增大了地表粗糙度, 有利于降低风速, 减少地表风蚀的发生。

表 2 距生物篱不同位置平均风速和粗糙度变化  
Table 2 Changes of average wind speed and roughness on different plots of the biological fence

与篱距离 /m	200 cm 高度风速 / $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	30 cm 高度风速 / $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	地表粗糙度 /cm
0.2	4.2	1.7	2.50
0.3	6.1	3.2	1.76
0.5	4.6	2.4	1.78
1.0	4.4	2.5	1.48
3.0	4.4	2.5	1.48
5.0	2.1	1.2	1.46
裸地	6.31	4.93	0.23

从 200 cm 高度风速测定结果看,在距离生物篱 0.2~0.3 m 之间风速迅速增加,可能是由于油葵秆生物篱的阻挡使气流抬升所致,在距离生物篱 0.3~5 m 范围内呈减小趋势,其中 0.3~1 m 之间降低速度较快,1~5 m 之间降低缓慢。最大风速出现在距离生物篱 0.3 m 处 (6.1 m/s), 接近大面积裸地的风速 (6.31 m/s), 最小风速在 5 m 处, 为 2.1 m/s。所以在一定范围内, 油葵秆生物篱对其附近地面风速有明显的削弱作用。

30 cm 高度的风速和 200 cm 高度风速变化趋势一致, 在距离生物篱 0.2~0.3 m 之间迅速增加, 在距离生物篱 0.3~5 m 范围内呈缓慢减小趋势。最大风速出现在距离生物篱 0.3 m 处 (3.2 m/s), 远小于大面积裸地的风速 (4.93 m/s), 最小值在 5 m 处, 为 1.2 m/s。可见, 与大面积裸地相比, 油葵秆生物篱对间作农田土壤有很好的保护作用。

3.2 作物残茬及生物篱对减轻土壤风蚀的作用

表 3 数据显示, 大面积秋翻裸露农田风蚀量最大, 多点平均值为 2.875 t/hm<sup>2</sup>, 草谷子残茬与油葵秆生物篱保护下的裸地不同位置风蚀量平均值最小, 为 0.496 t/hm<sup>2</sup>, “茬+裸”和“篱+裸”处理中裸地风蚀量平均值分别为 0.932 和 1.258 t/hm<sup>2</sup>, 可见, 无论是油葵秆生物篱还是草谷子茬对间作裸地都有明显的降低风蚀作用。从有篱和无篱保护的 2 个草谷子茬中央的风蚀圈测定结果看, 有篱时, 风蚀量为 0.304 t/hm<sup>2</sup>, 无篱为 0.888 t/hm<sup>2</sup>, 因此不论在间作裸地还是残茬中都表明油葵秆有很好的防蚀效果。

从图 2 所示结果看, 与油葵秆或草谷子茬间作的裸地中土壤风蚀量随着与生物篱或残茬距离增大呈单峰曲线变化, 在 4 m 处达到最大值, 各处理的变化趋势一致, 其中仅由 3 行油葵秆生物篱保护的裸地风蚀量最大, 在 20 cm 高的草谷子残茬保护下的裸地次之, 而在油葵秆生物篱和草谷子残茬双重保护下的裸地风蚀量最小, 甚至

表 3 残茬和生物篱对相邻裸地风蚀量的影响

Table 3 Amount of wind erosion at different distance from biological fence or stubble in different field t/hm<sup>2</sup>

处理	与篱/茬不同距离的裸地风蚀量						茬中央风蚀量
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	均值	
篱+裸	0.851	0.771	1.443	1.955	1.269	1.258	—
篱+茬+裸	0.092	0.258	0.899	1.496	-0.266	0.496	0.304
茬+裸	0.389	0.431	1.017	1.842	0.982	0.932	0.888
裸地	2.875						—

在距离保护带 5 m 处出现了“风积”现象, 说明篱与茬组合不仅显著减小了土壤风蚀, 还在一定范围内有截留风蚀量的作用。由于油葵秆生物篱和草谷子茬的存在, 其下风向秋翻裸地距篱或茬不同位置土壤风蚀量降低率基本呈“V”字型分布, 距离篱或茬越近, 土壤风蚀量降低率越大, 然后逐渐减小, 临近下一生物篱时土壤风蚀量降低率又增大。与大片裸地相比, 单纯的油葵秆生物篱降低土壤风蚀量的效果不及草谷子残茬, 基本都在距篱或茬 4 m 的地方风蚀量降低率达到最小值, 在距篱或茬 5 m, 也就是距下一带油葵秆生物篱 1 m 的地方风蚀降低率提升, 这一位置土壤风蚀量的降低率大致与距篱或茬 3 m 的位置相当。油葵秆生物篱和草谷子茬双重保护下的秋翻裸地与只有草谷子茬保护的秋翻裸地进行比较, 发现篱降低风蚀率在距茬 3 m 左右最小, 5 m 处最大, 在距茬 5 m 处由于土壤风蚀量小或有富集, 降低土壤风蚀率高于 100%; 如果再与篱+裸地比分析草谷子茬的保护作用, 发现草谷子茬降低风蚀率趋势与篱相似, 只是在降低风蚀的作用上更好, 而且在 4m 左右最低。因此从这个角度分析认为, 草谷子残茬和油葵秆生物篱对间作秋翻裸地都具有很好的保护作用, 草谷子茬防风蚀效果更好, 贡献率更大, 如果将二者组合起来对间作秋翻裸地进行双重保护, 会起到非常好的防护效果。

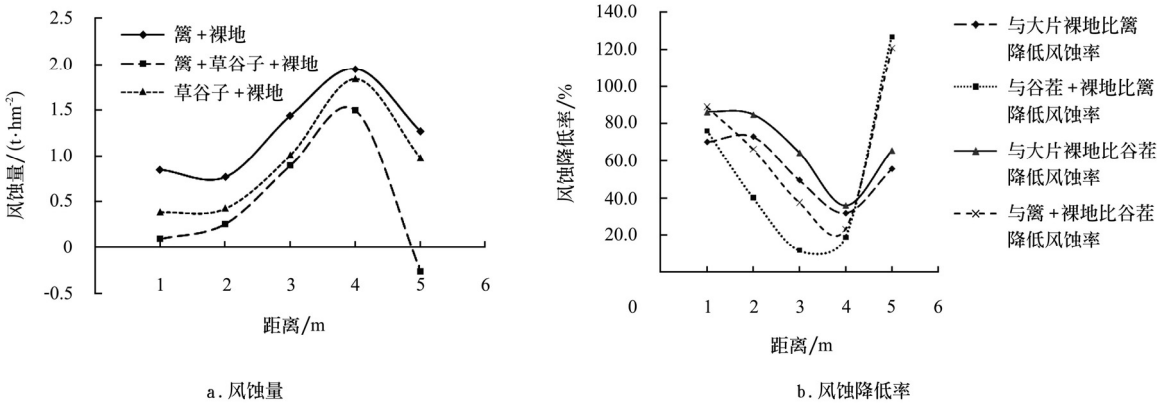


图 2 距残茬/生物篱不同距离的裸地风蚀量及风蚀降低率

Fig.2 Quantity and percent to reduce wind erosion from biological fence or stubble at different distance

3.3 油葵秆生物篱对土壤风蚀模数的影响

为进一步证实油葵秆生物篱对减轻间作裸地土壤风蚀的作用, 利用野外移动式风洞进行了模拟测试, 结果表明 (表 4), 风蚀模数随风速的增大而增加, 当风速从 5 m/s 增加到 15 m/s 时, 裸地风蚀模数增加幅度较大

(1.35 g · (m<sup>2</sup> · min)<sup>-1</sup>), 生物篱保护下的裸地增加较小 (1.26 g · (m<sup>2</sup> · min)<sup>-1</sup>)。两个处理相比, 有油葵秆生物篱保护的裸地风蚀模数均小于无油葵秆生物篱裸地, 风速为 5、6、9、12 和 15 m/s 时油葵秆生物篱降低土壤风蚀率分别为 10.26%、20.53%、16.68%、5.03%和 6.60%, 证

明油葵秆生物篱对间作裸地具有保护作用。

表 4 油葵秆生物篱降低土壤风蚀模数的效果

Table 4 Effects of oil sunflower fence on reducing wind erosion

处理	不同风速下风蚀模数/(g·(m <sup>2</sup> ·min) <sup>-1</sup> )				
	5 m/s	6 m/s	9 m/s	12 m/s	15 m/s
裸地	0.117	0.214	0.348	0.570	1.464
篱+裸地	0.105	0.170	0.290	0.541	1.367

#### 4 结论与讨论

1) 风速测定结果表明, 油葵秆生物篱的保留可以使下风向裸地地表粗糙度增大, 近地面风速降低, 可以减少地表风蚀的发生。

2) 野外观测结果表明: 草谷子残茬和油葵秆生物篱对间作裸地均具有防护作用, 而且前者的防风蚀效果优于后者, 二者组合起来防风蚀效果更好; 在距油葵秆生物篱或草谷子残茬下风向的裸地不同位置处, 土壤风蚀量基本呈现先增加后减小的单峰曲线变化趋势, 大致在距油葵秆生物篱或草谷子残茬 4 m 左右土壤风蚀量达到最大, 在油葵秆生物篱和草谷子残茬的双重保护下, 在距草谷子残茬 5 m 处发生了风积现象; 在有油葵秆生物篱或草谷子残茬保护时裸地土壤风蚀量的降低率大体呈“V”字型变化。

3) 风洞试验表明: 土壤风蚀模数随风速增大而增加, 油葵秆生物篱具有降低间作裸地土壤风蚀的作用, 在油葵秆生物篱的保护下 5~15 m/s 风速吹蚀时土壤风蚀降低率为 5.03%~20.53%。

4) 通过本文的试验及其他学者<sup>[15,20]</sup>研究结果, 认为向日葵是阴山北麓农牧交错带比较适宜的生物篱种类, 但在冬春季节, 由于葵饼被收获, 叶片全部脱落, 和其他灌木如柠条、沙棘等相比没有灌幅, 因此在消减风速上还存在局限, 而柠条、沙棘等灌木由于根系扩展面大, 根扎的深, 在旱作农田隔一定宽度间隔分布会与邻近作物造成很大的水肥竞争, 导致作物减产, 因此只能在大面积退耕还林还草地中被广泛应用。鉴于此应该研究筛选一种或几种既不会对临近作物造成大的水肥竞争, 又能发挥自身的经济价值, 同时由于较大的灌幅存在能起到比葵秆生物篱更能消减风速和降低风蚀作用的小(半)灌木来逐步替代油用向日葵的种植或补充完善生物篱种类。其次, 灌木生物篱的适宜栽培技术、篱与篱间的宽度确定以及作物残茬如何耦合还需要通过大量的田间试验来明确, 只有通过深入研究, 才能更好地总结完善生物篱网营建技术体系。

#### [参 考 文 献]

- 常旭虹, 赵广才, 张雯. 作物残茬对农田土壤风蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 28—31.  
Chang Xuhong, Zhao Guangcai, Zhang Wen. Effect of crop stubble mulch on farmland wind erosion[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(1): 28—31. (in Chinese with English abstract)
- Englehorn C L, Zingg A W, Woodruff N P. The effect of plant residue cover and clod structure on soil losses by wind[J]. Soil Sci Soc Am J, 1952, 16: 29—33.
- Fryrear D W, Skidmore E L. Methods of controlling wind erosion[M]// Follett R, Stewart B A. Soil Erosion and Crop Productivity. Madison, WI: ASA, CSSA, SSSA, 1985: 443—457.
- Lyles L, Allison B E. Equivalent wind-erosion protection from selected crop residues[J]. Transactions of the ASAE, 1981, 24: 405—408.
- Van den Ven TAM, Fryrear D W, Spaan W S. Vegetation characteristics and soil loss by wind[J]. Soil Water Cons, 1989, 44: 347—349.
- Siddoway F H, Chepil W S, Armbrust D V. Effect of kind, amount, and placement of residue on wind erosion control[J]. Transactions of the ASAE, 1965, (8): 327—331.
- Unger P W. Managing Agricultural Residues[M]. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994: 289.
- 妥德宝, 段玉, 赵沛义. 带状留茬间作对防治干旱地区农田风蚀沙化的生态效应[J]. 华北农学报, 2002, 17(4): 63—67.  
Tuo Debao, Duan Yu, Zhao Peiyi. Ecological effect of intercropping strips keeping stubble on preventing field from wind Erosion in dryland farming areas[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2002, 17(4): 63—67. (in Chinese with English abstract)
- 赵举, 郑大玮, 妥德宝. 阴山北麓农牧交错带带状留茬间作轮作防风蚀技术[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(2): 5—9.  
Zhao Ju, Zheng Dawei, Tuo Debao. Study on the technique of strip intercropping with stubble for controlling wind erosion at ecotone in the north area of the Yinshan Mountains[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2002, 20(2): 5—9. (in Chinese with English abstract)
- 赵沛义, 妥德宝, 郑大玮. 带状留茬间作减轻旱作农田土壤风蚀的生态效应研究[J]. 中国农学通报, 2007, 23(10): 171—174.  
Zhao Peiyi, Tuo Debao, Zheng Dawei. The ecological effect of strip intercropping together with stubble-keeping on reducing wind erosion in dry farming land[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(10): 171—174. (in Chinese with English abstract)
- 秦红灵, 高旺盛, 马月存. 免耕条件下农田休闲期直立作物残茬对土壤风蚀的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 66—71.  
Qin Hongling, Gao Wangsheng, Ma Yuecun. Effect of standing crop stubble on soil erosion by wind under no-tillage[J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(4): 66—71. (in Chinese with English abstract)
- 陈智, 麻硕士, 范贵生. 麦薯带状间作农田地表土壤抗风蚀效应研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 51—54.  
Chen Zhi, Ma Shuoshi, Fan Guisheng. Effect of wind erosion resistance of soil for wheat and potato strip intercropping farm land[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 51—54. (in Chinese with English abstract)
- 王玲玲, 何丙辉, 李贞霞. 等高植物篱技术研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(3): 131—133.  
Wang Lingling, He Binghui, Li Zhenxia. The recent development of technique of contour hedgerows[J]. Chinese

- Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(3): 131—133. (in Chinese with English abstract)
- [14] 唐政洪, 蔡强国, 许峰. 半干旱区植物篱侵蚀及养分控制过程的试验研究[J]. 地理研究, 2001, 20(5): 593—600. Tang Zhenghong, Cai Qiangguo, Xu Feng. A simulation study on the hedgerow s control process of erosion and nutrient in semiarid region[J]. Geographical Research, 2001, 20(5): 593—600. (in Chinese with English abstract)
- [15] 刘晓光, 郑大玮, 潘学标. 油葵秆生物篱和作物残茬组合抗风蚀效果研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22 (12): 60—64. Liu Xiaoguang, Zheng Dawei, Pan Xuebiao. Effects of the integration of sunflower hedge and crop stubles on wind erosion prevention and control[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22 (12): 60—64. (in Chinese with English abstract)
- [16] 金继运, 白由路. 高效土壤养分测试技术与设备[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [17] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [18] 赵沛义, 妥德宝, 闫伟. 野外土壤风蚀定量观测方法的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(29): 12810—12812. Zhao Peiyi, Tuo Debao, Yan Wei. Study on the method of quantitative observation on soil wind erosion in field[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(29): 12810—12812. (in Chinese with English abstract)
- [19] 马玉明, 王林和. 风沙运动学[M]. 呼和浩特: 远方出版社, 2004.
- [20] 古书鸿, 潘学标, 赵沛义. 内蒙古后山地区带田生物篱防蚀增产综合效应研究[J]. 中国农业气象, 2007, 28(增): 85—89. Gu Shuhong, Pan Xuebiao, Zhao Peiyi. Synthetic effects of biologic hedge in intercropping field in North Yinshan area of Inner Mongolia[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2007, 28(Suppl): 85—89. (in Chinese with English abstract)

## Effects of crop stubble combined with biological fences on reducing soil wind erosion

Zhao Peiyi<sup>1,2</sup>, Li Huanchun<sup>2</sup>, Tuo Debao<sup>2</sup>, Pan Xuebiao<sup>3</sup>, Yan Wei<sup>1</sup>, Duan Yu<sup>2</sup>

(1. College of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China;

2. Key Observation Station of Ecologic Environment of Ministry of Agriculture, Inner Mongolia Key Laboratory of Dry Farming, Institute of Plant Nutrition and Analysis, Inner-Mongolia Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010031, China;

3. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

**Abstract:** In order to explore protective effects of crop stubble combined with biological fence on bare intercropping autumn-ploughed farmland in spring and winter in ecotone between agriculture and animal husbandry, the methods of wind erosion ring and field movable wind tunnel instrument were adapted to monitor soil wind erosion with PC-3 automatic weather station used for measurement of wind speed in study region. The results showed that wind velocity near land surface was decreased and land surface roughness was increased by sunflower stalk as biological fence. It was found that the effect of reducing wind erosion of the millet stubble was better than that of biological fence, the reducing rate of wind erosion showed a shape of letter “V”, and the amount of wind erosion reached the maximum when the distance from biological fence or millet stubble was about 4 m. The wind deposit appeared at 5 m distance of the millet stubble in the bare field due to the protective effects of biological fence or millet stubble. The amount of wind erosion in the bare field was increased with the wind speed increased by movable wind tunnel, and the reducing rate of wind erosion was 5.03%—20.53% with the wind speed of 5 m/s to 15 m/s due to protection of biological fences. Therefore, sunflower stalk as biological fence can control the wind erosion and will play more efficient roles in holding soil if combining with crop stubble.

**Key words:** soil, wind erosion, biological fence, crop stubble, movable wind tunnel, wind erosion ring