

留茬高度对带状留茬间作农田土壤防风蚀效果的影响

高 婕, 李 倩, 刘景辉, 李立军, 崔凤娟, 李 军

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘 要: 针对内蒙古阴山北麓农牧交错带土壤风蚀严重的问题, 研究了带状留茬间作的防风蚀效果, 通过测定风速、地表粗糙度和土壤风蚀量, 揭示不同留茬高度对留茬地和相邻裸露地的防风蚀效果。结果表明, 随着留茬高度的增加, 作物残茬带近地表风速降低, 且留高茬 (30 cm) 效果最明显; 随着测定高度的增加, 同一留茬高度对风速的降低程度减小。地表粗糙度随留茬高度的增加而增大, 留高茬地 (30 cm) 和邻高茬裸地的地表粗糙度分别较对照增加了 466.67% 和 126.98%。土壤风蚀量随留茬高度的增加而减少, 留高茬地 (30 cm) 和邻高茬裸地的风蚀量分别较对照减少了 90.21% 和 65.51%。因此, 作物残茬既增强了自身带的防风蚀效果, 又在一定程度上保护了邻茬裸露带, 留茬高度 30 cm 时防风蚀效果最好, 对相邻裸露带的保护作用最明显。

关键词: 带状留茬间作; 留茬高度; 风速; 地表粗糙度; 风蚀量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0029-04

中图分类号: S34

Effects of Stubble Height on Wind Erosion Prevention in Strip Intercropping Farmland with Stubble

GAO Jie, LI Qian, LIU Jing-hui, LI Li-jun, CUI Feng-juan, LI Jun

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010018, China)

Abstract: The effects of controlling wind erosion by strip intercropping with stubble were studied to solve the problem of serious wind erosion in the ecotone between agriculture and animal husbandry in the north area of Yinshan Mountains, Inner Mongolia. Through the measurements of the wind, land surface roughness and the amount of wind erosion, the effects of different heights of stubble on controlling wind erosion in stubble field and neighboring bare field were revealed to provide a theoretical basis for controlling wind erosion. Results showed that with the increased stubble height, wind velocity near ground decreased and the effect of high stubble (30 cm) was the best. With the increase of measured height, the effect of stubble height on wind velocity decreased. Land surface roughness increased with the increase of stubble height. Compared with the control, the surface roughness in high stubble (30 cm) field and neighboring bare field of high stubble increased by 466.67% and 126.98%, respectively. Wind erosion decreased with the increase of stubble height. Compared with the control, the amount of wind erosion in high stubble (30 cm) field and neighboring bare field of high stubble decreased by 90.21% and 65.51%, respectively. Crop stubble can enhance not only its effect in controlling wind erosion, but also the protection of neighboring bare field. The effect of high stubble (30 cm) on controlling wind erosion was best, and it also had the best protective effect on neighboring bare field.

Keywords: strip intercropping with stubble; stubble height; wind velocity; land surface roughness; amount of wind erosion

近年来, 气候变异, 人们对土地的不合理利用, 沙尘暴天气日益加重, 给生产和生活带来了极大的危

害。阴山北麓农牧交错区是我国沙漠化发展最快、生态环境最为脆弱的地区之一^[1]。该地区大面积种植

收稿日期: 2012-05-11

修回日期: 2012-06-18

资助项目: 国家“十一五”科技支撑重点项目课题“农牧交错风沙区保护性耕作技术集成研究与示范”(2006BAD15B05); 内蒙古农业大学科技创新团队建设计划项目“燕麦种质资源创新与利用”(NDTD2010-8)

作者简介: 高婕 (1988—), 女 (汉族), 山东省东明县人, 硕士, 研究方向为保护性耕作。E-mail: gaojie6779@163.com。

通信作者: 刘景辉 (1965—), 男 (汉族), 内蒙古自治区通辽市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为耕作制度与农业生态系统。E-mail: cauljh@yahoo.com.cn。

马铃薯,收获后进行秋翻耕,造成大面积土地冬春季处于裸露状态,加之土壤干燥疏松,气候干旱少雨,风大沙多,土地极易沙化^[2],因此具有防风固沙、保水保肥作用的保护性耕作措施得到了广泛的应用,它不但能够扼制沙尘暴的产生,而且还给社会带来了良好的生态效益和经济效益^[3-4]。随着保护性耕作在我国北方干旱、半干旱地区的推广,我国开始将保护性耕作与土壤风蚀防治结合起来。带状留茬间作方式是采用保护性耕作带保护裸露马铃薯带的一种措施,作物残茬在降低自身带风蚀的同时,又防护了邻茬裸露带。作物残茬覆盖地表可以提高土壤水分^[5],增大土壤颗粒之间的亲和力,而且还可以降低近地表风速,防止风力直接作用于地表土壤,残茬还能截留被风带起来的土壤颗粒,减少土壤沙化^[6-11],在作物留茬带的保护下,相邻翻耕裸露带的风速也被有效地降低^[12-14]。

本文通过对免耕燕麦留茬地、邻茬裸露地和对照翻耕地近地表风速、风蚀量等指标的研究,明确不同高度的燕麦茬对农田的防风蚀效果,为农牧交错带的农田风蚀防治提供理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验地选在内蒙古武川县保护性耕作项目示范区。武川县地处阴山北麓农牧交错区,位于内蒙古中部,境内地形由南至北逐渐低缓,海拔 1 800~2 200 m,属中温带大陆性季风气候,年平均降水为 354.1 mm 左右,年蒸发量高达 1 848.3 mm,是降水量的 5 倍多^[9]。该区适宜栽培一年一熟作物,主要农作物有春小麦、燕麦、马铃薯、油菜等,其中马铃薯是主要的经济、粮食和蔬菜作物,作物生产方式主要是旱作雨养农业。年平均风速为 3 m/s 左右,月平均风速为 4.5 m/s,4—5 月风速最大,该月份平均风速可达 6 m/s。冬春季节风大沙多,盛行西风和西北风,全年 8 级以上大风天数平均在 20~80 d,年均沙尘暴天数为 10~20 d。

1.2 试验设计与研究方法

2010 年 5 月在宽度均为 4 m 的免耕燕麦留茬带、邻茬裸露带、对照翻耕地进行试验。试验处理见表 1。留茬地为 6 a 免耕地,前茬种植燕麦,种子用量为 150 kg/hm²,行距为 20 cm,底肥统一施磷酸二铵 120 kg/hm²,田间管理措施同常规耕作,收获后进行不同高度留茬。邻茬裸地种植马铃薯,用量为 3 000 kg/hm²,行距为 50 cm,株距为 50 cm,施专用复合肥 750 kg/hm²,为常规翻耕地,进行正常的秋翻耕。

表 1 试验处理

处理	代码	处理方式
对照翻耕地	CK	没有残茬带保护的翻耕地
免耕留低茬	A ₁	留茬 10 cm 高的残茬带
免耕留中茬	A ₂	留茬 20 cm 高的残茬带
免耕留高茬	A ₃	留茬 30 cm 高的残茬带
邻低茬裸地	B ₁	邻 10 cm 残茬带裸地
邻中茬裸地	B ₂	邻 20 cm 残茬带裸地
邻高茬裸地	B ₃	邻 30 cm 残茬带裸地

试验研究利用三杯风速仪传感器和 LVCJY-02 数据采集仪,采集点选在各小区下风向的边缘位置,使风杯垂直于主风向,从下午 3:00 开始,连续测量 30 min,分别采集各处理的风速数据,研究留茬高度对近地面风速的影响。风速仪的风杯高度设 5 cm 和 50 cm 这 2 个高度。

风蚀量采用风蚀圈法^[12],测定风蚀前后土壤重量的变化。风蚀圈是一个直径为 25 cm、高度为 3.5 cm 的铝圈,下面用透水、通气的尼龙布隔离。测定方法是在秋季收获后把风蚀圈埋入各处理的土壤表面,使风蚀圈上缘与农田地表一样高,并测定风蚀圈中的土壤含水量和土壤重量,在第 2 a 春季播种前取回风蚀圈,同时测定其中的土壤含水量和土壤重量,计算前后 2 次土壤干重的差值即为土壤风蚀量。

空气动力学地表粗糙度(R_0)运用下列公式^[15]求算:

$$\lg R_0 = (V_1 \lg Z_2 - V_2 \lg Z_1) / (V_1 - V_2)$$

式中: Z_1, Z_2 ——2 个风蚀圈距离地表的高度(m);
 V_1 ——高度 Z_1 处的风速(m/s); V_2 ——高度 Z_2 处的风速(m/s)。地表粗糙度 R_0 是地表上平均风速减小到 0 的高度,可以反映地表对风速的减弱作用和对地表起沙的影响,它取决于地表的起伏、植被类型及组成。 R_0 的值越大意味着土壤表面越粗糙,对地表风的阻碍作用越大,削弱效果越明显^[16]。

2 结果与分析

2.1 带状留茬间作对休闲期近地表风速的影响

在休闲期,大面积土地处于裸露状态,土壤极易发生风蚀。土壤近地表风速是发生土壤风蚀的动力因素,免耕留茬通过减小风速,降低风能而达到防风固沙的效果。表 2 是测量高度为 5 cm 和 50 cm 时不同处理近地表的平均风速,在距离地面 5 cm 高度处,免耕留茬茬地的风速随着留茬高度的增加而减小,表现为:CK>A₁>A₂>A₃,与 CK 相比,A₃,A₂,A₁ 处理的风速分别降低了 79.46%,53.49%和 37.98%。留茬地对其邻茬裸露地的风速有一定的影响,表现为

CK>B₁>B₂>B₃,且 B₃,B₂,B₁ 处理分别比 CK 的风速降低了 34.11%,23.26%和 12.79%。各处理 5 cm 处风速,除了 CK 与 B₁ 处理,B₁ 与 B₂ 处理,B₂ 与 B₃ 处理,B₃ 与 A₁ 处理,A₁ 与 A₂ 处理差异性不显著外,其他处理间均在 0.05 水平存在显著差异性。在距离地面 50 m 高度处,免耕留茬带风速也随着留茬高度的增加而减小,降低效果不如 5 cm 处明显,A₃,A₂,A₁ 处理的风速分别比 CK 降低了 21.68%,14.77%和 10.28%。邻茬裸露带 50 cm 高度处的风速也有小幅度降低,B₃,B₂,B₁ 处理的风速分别比 CK 降低了 9.72%,7.66%和 2.43%。各处理 50 cm 处风速,只有 CK 与 A₂,A₃ 处理间在 0.05 水平存在显著差异性,其他各处理间均不存在显著差异性。通过比较,带状留茬间作方式通过留茬既可以降低残茬带的近地表风速,又可以削弱邻茬裸露带的近地表风速,并且留茬带自身的地表风速降低程度大于邻茬裸地。作物留茬高度越高,近地表的风速越小,残茬对风速的削减作用越明显,留茬高度相同时,风速随着测量高度的增高而增大,可见作物留茬对距离地面越高处风速影响越小。所以,通过作物留茬形成保护带可以降低自身和相邻裸地的风速,进而起到减少土壤风蚀的作用。

表 2 不同处理方式对风速的影响

处理	5 cm 处平均 风速/ (m·s ⁻¹)	风速降低 率/%	50 cm 处平均 风速/ (m·s ⁻¹)	风速降低 率/%
A ₁	1.60cd	37.98	4.80ab	10.28
A ₂	1.20d	53.49	4.56bc	14.77
A ₃	0.53e	79.46	4.19c	21.68
B ₁	2.25ab	12.79	5.22ab	2.43
B ₂	1.98bc	23.26	4.94ab	7.66
B ₃	1.70c	34.11	4.83ab	9.72
CK	2.58a	—	5.35a	—

注:表中同列不同小写字母表示数值间差异为 0.05 水平显著。下同。

2.2 带状留茬间作对地表粗糙度的影响

地表粗糙度反映了作物留茬对土壤近地表风速的消减作用和对风沙活动的影响^[15]。带状留茬间作各处理的地表粗糙度如表 3 所示。各处理的地表粗糙度大小均表现为:A₃>A₂>A₁>B₃>B₂>B₁>CK,且各处理在 0.05 水平上差异显著。作物残茬可以增加地表粗糙度,随留茬高度的增加,地表粗糙度逐渐增加,留茬带的地表粗糙度大于邻茬裸露地。与 CK 相比,A₃,A₂,A₁ 处理的地表粗糙度分别增加了 466.67%,247.62%和 152.38%,与高、中、低茬带

相邻的等宽裸露地各处理的粗糙度分别增加了 126.98%,69.84%和 39.68%。可见,作物留茬不仅可以提高残茬带的地表粗糙度,也可以促进相邻秋翻裸露带地表粗糙度的增加,进而对间作裸露地起到保护作用,地表粗糙度的增大加强了地表对气流的阻碍作用,减轻了农田风蚀灾害。

表 3 不同处理的地表粗糙度比较

处理	粗糙度/cm
CK	0.63g
A ₁	1.59c
A ₂	2.19b
A ₃	3.57a
B ₁	0.88f
B ₂	1.07e
B ₃	1.43d

2.3 带状留茬间作对土壤风蚀量的影响

土壤风蚀会造成地表细粒物质和土壤营养物质的流失,严重地破坏地力,影响植物的正常生长。通过作物留茬能增加地表粗糙度,提高风速出现的高度,从而增强地表气流的阻碍作用,减小地表面风速,达到降低地表风蚀量的效果。不同处理的土壤风蚀量大小表现为:CK>B₁>B₂>B₃>A₁>A₂>A₃,各处理在 0.05 水平上差异显著(表 4)。作物留茬可以大幅度降低土壤风蚀量,并且随留茬高度的增加对土壤风蚀量的降低效果更明显,由于作物留茬带对邻茬裸露带的保护,邻茬裸露带的土壤风蚀量也得到了一定程度地降低。与 CK 相比,A₃,A₂,A₁ 处理的土壤风蚀量分别降低了 90.21%,86.90%和 83.13%,B₃,B₂,B₁ 处理的土壤风蚀量分别降低了 65.51%,61.14%和 57.23%,降低程度小于留残茬地。可见,作物残茬带与翻耕裸露带等距离间隔分布既可以降低残茬带本身的土壤风蚀量,又可以降低间作裸露地的风蚀量,起到防风固沙的作用。

表 4 不同处理方式对土壤风蚀量的影响

处理	土壤风蚀量/(t·hm ⁻²)	较对照减少/%
A ₁	1.12c	83.13
A ₂	0.87c	86.90
A ₃	0.65c	90.21
B ₁	2.84b	57.23
B ₂	2.58b	61.14
B ₃	2.29b	65.51
CK	6.64a	—

2.4 近地表风速和地表粗糙度及土壤风蚀量的相关性分析

农田近地表风速和地表粗糙度的大小严重影响着土壤风蚀量。由表 5 可以看出,土壤风蚀量和 5 cm,50 cm 高处风速有极显著的正相关性,分别达到 0.829 和 0.688,和地表粗糙度有极显著的负相关性,达到 0.751。5 cm 和 50 cm 高处风速和地表粗糙度有极显著的负相关性,分别达到 0.933 和 0.774。

表 5 近地表风速和地表粗糙度及土壤风蚀量的相关性

指标	5 cm 高处 风速	50 cm 高处 风速	地表粗 糙度	土壤风 蚀量
5 cm 高处风速	1			
50 cm 高处风速	0.893**	1		
地表粗糙度	-0.933**	-0.774**	1	
土壤风蚀量	0.829**	0.688**	-0.751**	1

注: ** 表示在 $p < 0.01$ 水平下相关显著。

3 结论

本研究表明,带状留茬间作通过留茬可以降低残茬带和邻茬裸露带的近地表风速;作物留茬高度越高,近地表风速越小,残茬对风速的削减作用越明显;留茬高度相同时,作物留茬对距地面越高处风速影响越小。留 30 cm 高度燕麦茬时,距离地面 5 cm 高度处残茬带和邻茬裸露带的风速降低程度较大,分别比对照降低了 79.46% 和 34.11%。

作物留茬可以提高残茬带和邻茬裸露带的地表粗糙度,留残茬带的地表粗糙度要大于邻茬裸露带。随留茬高度的增加,粗糙度也随之增加。当燕麦留茬高度为 30 cm 时,残茬带和邻茬裸露带的地表粗糙度分别比对照增加了 466.67% 和 126.98%。

作物留茬可以大幅度降低土壤风蚀量,且随留茬高度的增加对土壤风蚀量的降低效果越明显。由于留茬带对间作裸露带的保护,间作裸露带的土壤风蚀量也得到了了一定程度的降低。土壤风蚀量与近地表风速呈极显著正相关,与地表粗糙度呈极显著负相关关系。

可见,采用带状留茬间作方式,在冬春大风季节可以保护农田土壤,有效缓解土壤风蚀危害,对该地区农田风蚀的防治有一定的实际意义。

[参 考 文 献]

- [1] 董治宝,陈广庭. 内蒙古后山地区土壤风蚀问题初论[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(2):84-90.
- [2] Han Yongwei, Han Jianguo, Zhang Yunwei, et al. Effects of transforming cropland into grassland on soil phosphorus and potassium in agro-pastoral transitional zone[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(4):24-28.
- [3] 路明. 现代生态农业[M]. 北京:中国农业出版社,2002:88-96.
- [4] 高国雄,吴发启,闫维恒. 保护性耕作是防止沙尘暴发生的有效途径[J]. 水土保持通报,2004,24(1):66-68.
- [5] 郭晓霞,刘景辉,张星杰,等. 不同耕作方式对土壤水热变化的影响[J]. 中国土壤与肥料,2010(5):65-70.
- [6] 陈智. 阴山北麓农牧交错区地表土壤抗风蚀能力测试研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2006.
- [7] 臧英. 保护性耕作防治土壤风蚀的试验研究[D]. 北京:中国农业大学,2004.
- [8] 刘目兴,刘连友. 农田休闲期作物留茬对近地表风场的影响[J]. 农业工程学报,2009,25(9):295-300.
- [9] 孙悦超,麻硕士,陈智,等. 植被盖度和残茬高度对保护性耕作农田防风蚀效果的影响[J]. 农业工程学报,2010,26(8):156-159.
- [10] 秦红灵,高旺盛,马月存,等. 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):66-70.
- [11] 赵永来,麻硕士,陈智,等. 保护性耕作农田对近地表风速阻挡效果分析[J]. 农业工程学报,2011,27(10):33-38.
- [12] 赵沛义. 作物残茬生物篱防治农田土壤风蚀及其影响机理研究;以阴山北麓农牧交错带为例[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [13] 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研究[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(2):5-9.
- [14] 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.
- [15] 杨明元. 对地表粗糙度测定的分析与研究[J]. 中国沙漠,1996,16(4):383-387.
- [16] 张春来,邹学勇,董光荣,等. 耕作土壤表面的空气动力学粗糙度及其对土壤风蚀的影响[J]. 中国沙漠,2002,22(5):474-475.