

徐 霆,郑德明. 棉田下垫面风沙特征[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):391-394.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.121

棉田下垫面风沙特征

徐 霆,郑德明

(塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300)

摘要:在棉田中设置小型气象站,收集每次沙尘天气沙尘量,并记录有关气象数据,研究棉田下垫面风力和沙尘量的特征以及两者的关系。结果表明:起沙风主要分布在4月中旬到5月下旬,5月下旬以后各高度的风速总体呈下降趋势。棉田中风速随高度的增加而增大,并且整体分布遵循对数函数规律。沙尘天气主要在4月下旬到5月下旬发生较为频繁,并且沙尘总量总体较高。棉田中沙尘量随高度的整体变化规律比较符合幂函数递减趋势。随着高度的增加,沙尘量呈下降趋势,沙尘主要集中在20 cm高度内。沙尘量(y)与垂直高度(x)可以用方程 $y = ax^{-b}$ 来表示。在2 m高度内,棉田中风速与沙尘量整体符合幂函数关系,沙尘量随着风速的增大而增加。

关键词:棉田;风速;沙尘量;下垫面

中图分类号:S424 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)12-0391-04

阿拉尔垦区是南疆优质棉生产基地,也是新疆维吾尔自治区重要的植棉地区之一。阿拉尔垦区位于塔克拉玛干沙漠北缘,沙源十分丰富,近年来,当地土地开垦的步伐不断加大,导致垦区生态环境遭到严重破坏。春耕春播季节是阿拉尔垦区一年中风沙最严重的时期。棉苗遇到风灾常常要重播,既浪费人力、物力、财力,又影响棉花正常生长。特别是新开垦荒地及沙漠边缘耕地由于条田四周林网未建成或不健全,在风沙活动最强烈的春季,种子常被吹露地表而枯死,幼苗极易被打伤,造成极大的经济损失。沙漠边缘种植作物一直是困扰人们的一大难题。因此,根据风沙活动特征对新垦绿洲防风沙保苗措施进行探讨,针对不同风力所引起的风沙灾害提出切实有效的预防、补救措施,对沙区农业生产具有十分重要的意义。

风沙活动(风沙运动)是在风力作用下,地表物质被吹蚀、搬运、再沉积的过程,简称风沙^[1-2]。近年来,国内外学者对我国风沙活动规律以及沙尘暴天气下大气输沙量及沿高度的分布等开展过不少研究。杨兴华等利用多种积沙仪,通过野外实时输沙观测,对塔克拉玛干沙漠腹地塔中的地表风沙流特征进行了分析,结果表明,在100 cm高度范围内,总输沙量的63.1%分布在20 cm高度内,72.4%分布在30 cm高度内,随着高度的增加,输沙量呈负指数函数下降,推论该地区的风沙活动主要集中在近地20~30 cm高度范围内^[3]。吴正野外观测也表明,气流携带的沙绝大部分(90%以上)是在离沙质地表不到30 cm的高度内通过的,其中又特别集中在0~10 cm的气流层内(约占80%),吴正等认为风沙运动是一

种近地面的沙粒输运现象^[4]。王仁德等对半湿润区农田风蚀物垂直分布规律进行研究,认为半湿润区农田风蚀物含量垂直分布遵循幂函数递减规律^[5]。张琦等研究了沙尘暴天气对温室环境因子的影响,结果表明,沙尘暴天气温室外光照度高于温室内,温室内温度、湿度、土壤湿度高于温室外,温室封闭条件、覆盖材料直接影响温室环境因子^[6]。本试验以棉田下垫面为观测点、切入点,对风沙特征进行实地观测,旨在为防风减灾、确保棉花稳产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2013年4—8月在新疆维吾尔自治区阿拉尔市南口农场十一连进行。该区地处塔克拉玛干沙漠北缘,塔里木河上游,地势平坦,土壤类型为林灌草甸土,土壤质为沙土。当地属典型暖温带大陆性气候,全年干旱少雨,蒸发强烈,日照充足,热量丰富,全年平均降水量42.7 mm,年蒸发量2 110.5 mm,年平均气温10.8℃,昼夜温差大。土壤干燥度大,风沙频繁,沙粒粒径极细,地表物质易于流动。

1.2 试验设计

在受风沙影响较大的棉田中设置1个梯度集沙仪。梯度集沙仪可以监测5、10、20、50、100、200 cm共6个高度的风沙流特征,集沙盒进沙口的宽、高分别为2.5 cm,从低到高将积沙盒依次编号为1、2、3、4、5、6。将梯度集沙仪的集沙盒固定在装有轴承的支架上,支架一端为风向板,另一端为集沙盒座,轴承和风向板可使集沙盒自由转动,收集迎风向的沙。采用自动风速仪观测风速,风杯距地高度分别为5、10、20、200 cm,风速数据采集间隔1 h。根据天气预报,每次4~5级以上大风开始之前先将沙盒清理干净,按试验设计将集沙盒放于已固定安装在棉田的支架上,在风沙天气结束后,将集沙盒取回,用蒸馏水将集沙盒内的沙尘全部冲洗入干净的烧杯中,并将装有沙尘的烧杯放入105℃烘箱中,待烧杯内的水完全烘干后,用万分之一电子天平称取质量,记为M1,再将烧杯洗净并烘干,称取质量为M2,(M1-M2)则为不同高度的

收稿日期:2014-12-19

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201106025)。

作者简介:徐 霆(1980—),男,黑龙江佳木斯人,硕士研究生,主要从事植物营养与土壤养分研究。E-mail:815051765@qq.com。

通信作者:郑德明,教授,硕士生导师,主要从事植物营养与土壤养分研究。E-mail:zdmzky@163.com。

沙尘含量。同时记录烧杯所对应的高度以及风沙发生的时间。

1.3 方法

2013 年 4—8 月测定每场 4~5 级以上风力大小,每场风后测定沙尘量。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003、DPS v7.05 软件处理数据并绘图。

2 结果与分析

2.1 棉田下垫面风力特征

风是沙粒发生运动的动力因素。风沙运动是贴近地表的气流对沙粒搬运的现象。要研究棉田下垫面中风沙的运动,首先要了解近棉田下垫面层风的性质;其次,还要了解下垫面的粗糙度与植被覆盖度。

2.1.1 棉田下垫面风力垂直空间分布 利用自动风速仪测定沙尘天气各个高度 1 d 之内的平均风速、最大风速,自动风速仪只能监测 5、10、20、200 cm 高度处的风速,取天气预报极端天气特征最为明显的、跟大田棉花生产有关的、不同高度的最大值进行分析,得到 4 月 28 日、5 月 2 日、5 月 4 日、5 月 9 日、5 月 15 日的平均风速与最大风速平均值的空间分布图(图 1、图 2)。由图 1、图 2 可知,棉田下垫面日平均风速值、最大风速平均值整体呈递增趋势,都随着高度的增加而增大。

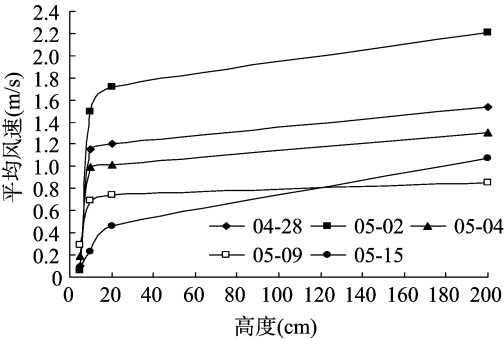


图1 日平均风速的空间分布

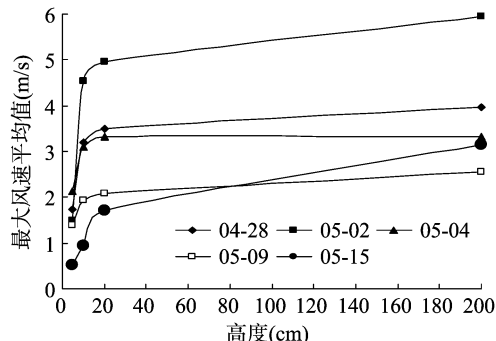


图2 日最大风速平均值的空间分布

对棉田下垫面的平均风速值(y)和高度(x)进行回归分析(表 1),整体遵循对数函数,5 月 15 日平均风速值遵循指数函数。查表可知,只有 5 月 15 日平均风速值与高度相关性达到了显著,其余 4 日的相关系数均比较接近 5% 显著值。

表 2 为棉田下垫面最大风速平均值(y)与高度(x)的回归方程,整体遵循对数函数,5 月 15 日最大风速平均值遵循

表 1 平均风速与高度回归方程

观测日期 (月-日)	回归方程	相关系数
04-28	$y=0.993\ 2\ \ln x+0.209\ 3$	0.959\ 7
05-02	$y=1.497\ 7\ \ln x+0.180\ 3$	0.979\ 1
05-04	$y=0.765\ 6\ \ln x+0.268\ 2$	0.960\ 7
05-09	$y=0.393\ 2\ \ln x+0.334\ 6$	0.972\ 0
05-15	$y=0.035\ 2\ e^{0.864\ 8x}$	0.995\ 5

指数函数。查表可知,只有 4 月 28 日最大风速平均值与高度相关性达到了显著,5 月 15 日最大风速平均值与高度相关性极显著,其余 3 日的相关系数均比较接近 5% 显著值。

表 2 最大风速平均值与高度的回归方程

观测日期 (月-日)	回归方程	相关系数
04-28	$y=1.580\ 5\ \ln x+1.845\ 2$	0.983\ 9
05-02	$y=3.123\ 2\ \ln x+1.753\ 9$	0.976\ 5
05-04	$y=0.895\ 4\ \ln x+2.264\ 9$	0.946\ 5
05-09	$y=0.769\ 1\ \ln x+1.381\ 5$	0.978\ 7
05-15	$y=0.282\ 6e^{0.600\ 7x}$	0.999\ 9

由表 1、表 2 可知,风速随高度的整体分布接近对数函数规律,主要由于棉花生长后期,下垫面环境对气流流动性的影响较大,并且在垂直高度 20~200 cm 没有设置自动风速仪,导致曲线拟合效果不太明显。

2.1.2 棉田下垫面风力时空分布 根据试验地自动气象站提供的风力数据,得到试验地棉田下垫面 4—7 月距地面 5、10、20、200 cm 高度风速仪所测风速,计算得到 4—7 月平均风速平均值、旬最大风速平均值。图 3、图 4 分别为 4—7 月棉田中距地面 5 cm、10 cm、20 cm、200 cm 高度的平均风速、最大风速平均值时空分布。由图 3、图 4 可以看出,起沙风主要分布在 4 月中旬至 5 月下旬。4 月下旬各高度风速均达到了最大,5 月下旬以后各高度的风速总体呈下降趋势。5 cm 高度处的平均风速在 6 月中旬以后几乎接近零。10、20 cm 高度处的平均风速在 7 月上旬也几乎接近于零。这是由于随着棉花的生长,棉花枝叶茂密,影响了近地面风的运动。6 月下旬以后,20 cm 高度处的平均风速几乎接近于零,对棉花的生长发育几乎没有影响。200 cm 高度处风的活动几乎不受棉花的影响,风速一直比较稳定,并且风速在 5 月下旬以后总体呈下降趋势,7 月下旬风速达最小值。

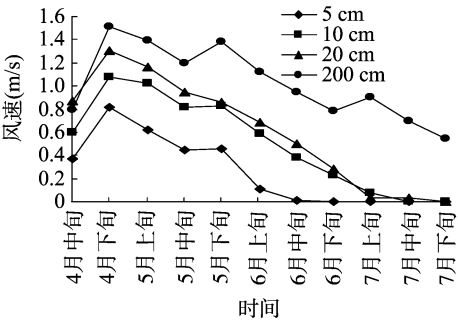


图3 4—7 月不同高度旬风速的平均值

2.2 棉田下垫面沙尘量特征

2.2.1 棉田下垫面沙尘量垂直分布 风沙流结构指气流中

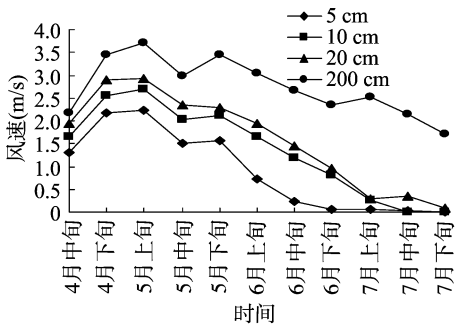


图4 4—7月不同高度旬最大风速平均值

所搬运沙粒在搬运层内随高度的分布状况,它表征了沙粒的运动形式。从梯度集沙仪测得的对棉花生长发育有直接影响的、不同高度中的沙尘量最大值分别出现在 2013 年 5 月 2 日、2013 年 5 月 4 日、2013 年 5 月 11 日、2013 年 6 月 15 日、2013 年 7 月 25 日(图 5)。虽然梯度集沙仪所测的每次沙尘天气过程延续的时间、风速不同,但是各高度层输沙量随高度的变化情况比较一致,即随着高度的增加,沙尘量呈下降趋势,贴地表 5 cm 高度层沙尘量最大,5~20 cm 左右沙尘量比重大幅度下降,20~200 cm 高度处沙尘量平缓下降,200 cm 高度处沙尘量最少。

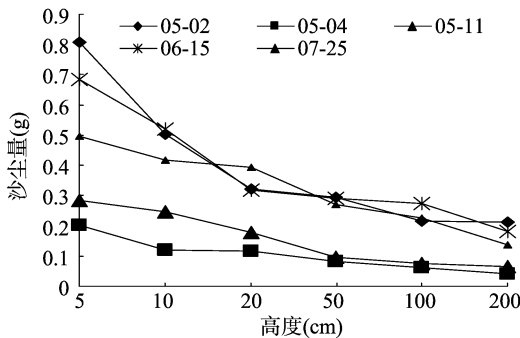


图5 5次沙尘天气沙尘量的垂直分布情况

表 3 为梯度集沙仪在棉田中观测的 0~200 cm 不同高度气流层内输沙量 15 次结果的平均百分比。由表 3 可知,0~20 cm 的输沙量占总输沙量的 66.32%,50~200 cm 的输沙量仅为总输沙量的 33.69%。由此可见,棉田中的风沙运动主要集中在近地表 0~20 cm 高度范围内。

表 3 0~200 cm 不同高度层输沙量比例

高度 (cm)	输沙量比例 (%)
5	28.74
10	21.04
20	16.54
50	13.18
100	11.41
200	9.10

对棉田中风沙流沙尘量(y)与垂直高度(x)进行一元非线性回归分析结果表明,幂函数拟合效果最好(表 4),沙尘量随高度的整体变化情况比较符合幂函数递减趋势。

由表 4 可知,各高度层的沙尘量与高度的相关方程为: $y = ax^{-b}$,式中: y 为沙尘量, x 为高度, a 、 b 为系数,相关系数均

表 4 沙尘量与高度的拟合方程

观测日期 (月-日)	拟合函数	F 值	P 值	相关系数
05-02	$y = 1.5634x^{-0.451429}$	55.1612	0.0018	0.9656
05-04	$y = 0.358881x^{-0.398212}$	67.8181	0.0012	0.9718
05-11	$y = 0.812228x^{-0.284621}$	73.5512	0.0010	0.9739
06-11	$y = 1.186x^{-0.363584}$	65.7410	0.0013	0.9709
07-25	$y = 0.592021x^{-0.424416}$	125.5354	0.0004	0.9844

在 0.96 以上,相关性比较好。本研究表明,沙尘量随高度的整体变化符合幂函数递减趋势。

2.2.2 棉田下垫面沙尘量的时间分布 2013 年 4—7 月,利用梯度集沙仪共收集到 14 次沙尘天气的沙尘量,将各高度层的沙尘量总和与收集日期对应,图 6 为 4—7 月棉田沙尘量的时空分布图。由图 6 可以看出,沙尘天气主要在 4 月下旬到 5 月下旬发生较为频繁,并且沙尘总量总体较高。从 5 月下旬到 7 月下旬沙尘天气的发生频率明显减少。这是由于春季土地疏松、干燥,地表裸露,一旦刮起大风,就会引发沙尘、扬沙天气。4 月下旬到 5 月上旬正是南疆棉花出苗的关键时期,此时棉苗较弱,幼苗极容易被沙打死,因此在此时期应做好保苗措施。

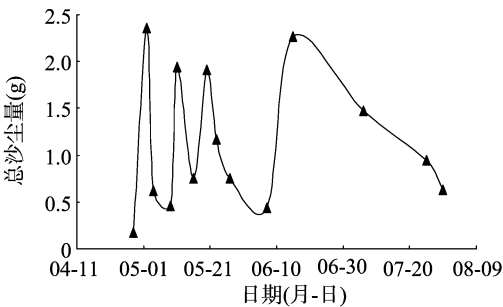


图6 棉田沙尘量的时间分布

2.3 棉田下垫面风力与沙尘量的关系

风速是影响土壤风蚀的重要因子。随着风速增大,土壤风蚀强度增加,风沙流结构也发生改变。由于试验过程中 5、10 cm 处的自动风速仪在后期出现故障,所以在 5、10 cm 高度处只选取了 5 次天气过程,20、200 cm 高度处均选取了 7 次天气过程。每次沙尘天气风速持续的时间不同,利用自动风速仪测出 5、10、20、200 cm 高度处的平均风速,与单位时间沙尘量建立关系,进行曲线拟合,得出各高度平均风速与单位时间沙尘量的关系幂函数拟合效果最好。由图 7 可以看出,在同一高度处,平均风速与单位时间沙尘量整体都符合幂函数关系,单位时间沙尘量随着平均风速的增大而增加。由于在 10 cm 以下随着风速的变化,含沙气流的能量分布变化很大,导致在 10 cm 高度范围内沙尘量变化很大。在 10~20 cm 这一高度层内,沙尘量相对较低,对风速影响不明显。20 cm 以上高度处沙尘量极低,风速比较稳定。

3 结论与讨论

3.1 棉田下垫面风力特征原因

本研究结果表明,对棉田下垫面构成直接影响的风沙运动主要分布在 4 月中旬到 5 月下旬,5 月下旬以后各高度的

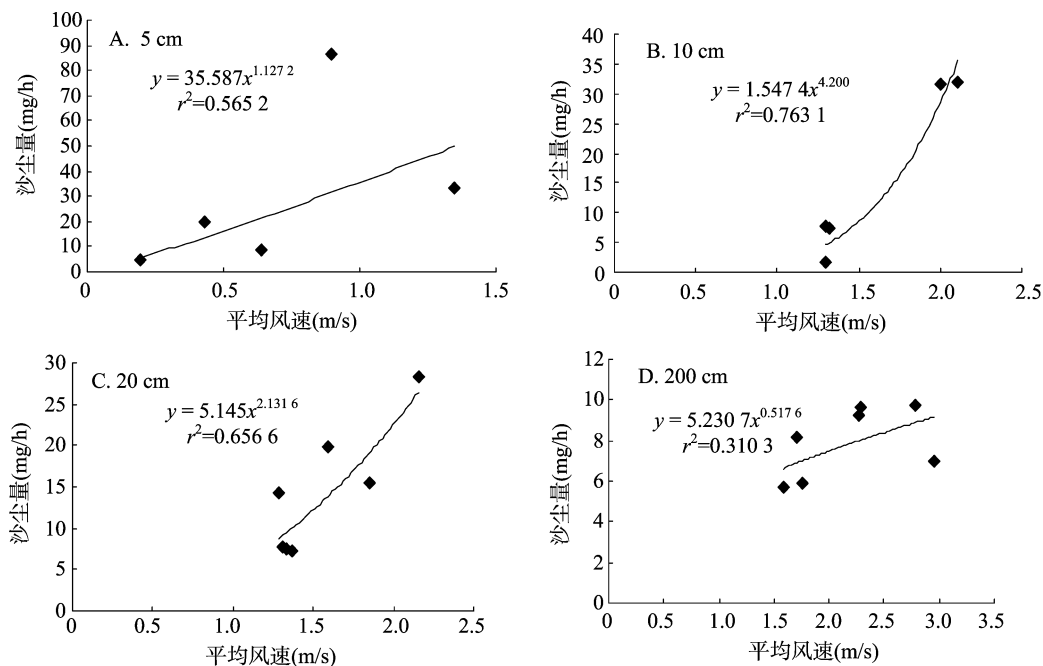


图7 各高度平均风速与单位时间沙尘量的关系

风速大小总体呈下降趋势,这是由于随着棉花的生长,棉田下垫面植被度与粗糙度有质的变化,直接影响棉田下垫面的风速^[7]。6月下旬以后,20 cm高度以内的平均风速几乎接近零,对棉花的生长发育几乎没有影响。200 cm高度处风的活动几乎不受棉花影响,7月下旬200 cm高度处风速达到最小值。由此可知,棉田下垫面中风速随高度的增加而增大,并且整体分布遵循对数函数规律,这与张克存等的研究结果^[8]相一致。

3.2 棉田下垫面沙尘量特征原因

沙尘天气主要在4月下旬到5月下旬发生较为频繁,并且沙尘总量总体较高。由于本试验在棉田下垫面进行,沙尘量随高度的整体变化比较符合幂函数递减趋势。随着高度的增加,棉田下垫面沙尘量呈下降趋势,这与王仁德等研究结论^[5]一致。本研究结果表明,沙尘量(y)与垂直高度(x)可以用方程 $y = ax^{-b}$ 来表示,此时棉田下垫面沙尘主要集中在20 cm高度内。杨兴华等通过野外实时观测输沙过程,结果表明,在100 cm高度范围内,总输沙量的63.1%分布在20 cm高度内^[3],本研究结果与之比较接近。

3.3 棉田下垫面风力与沙尘量的关系

由于试验地下垫面性质不同,棉田下垫面的植被覆盖度、地表粗糙度与没有任何植被覆盖度的裸露地表有很大不同^[9]。在200 cm高度内,棉田下垫面风速与沙尘量整体符合幂函数关系,沙尘量随着风速的增大而增加。棉田下垫面风力特征主要表现在4—8月,对棉花生长直接构成灾损性影响的风沙运动出现在4月中旬到5月下旬。棉田下垫面风力特征规律可以直接用于农业生产,有实践意义。4月中旬到5月下旬,棉田下垫面沙尘量的高度范围恰好覆盖棉花的苗期和蕾期的生长高度,此时采取必要的防风护沙措施尤为必要。虽然棉花在生长发育期会遭受沙尘天气的影响,但只在棉花苗期、蕾期沙尘量最大,容易构成灾损,其他时期沙尘天气对

棉花生长影响甚微,故在棉花其他生长阶段没有测量阶高、密度,只进行棉田下垫面风沙特征的规律描述,让从事大田生产的农民便于结合棉花生长期的各个阶段,采取行之有效的方法预防补救。棉田下垫面的风速越大,沙尘量越大,对棉花构成的灾损性影响也越大。改变风向与下垫面性质可以减少沙尘量对棉花的不利影响。建议加强林带建设,保水保肥,进一步改良土壤。由于本研究旨在揭示棉田下垫面风沙特征的规律性,并不是从微观角度研究风沙的物理学意义,所以对沙粒能给予棉田下垫面与裸露地面以不同的撞击力度没有做系统的测量分析,本研究主要从农业大田生产的角度总结棉田下垫面风沙特征的规律。

参考文献:

- [1] 王涛. 中国沙漠与沙漠化[M]. 石家庄:河北科学技术出版社,2003:816-822.
- [2] 王涛,陈广庭. 中国的沙漠戈壁[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,2008:28-31.
- [3] 杨兴华,何清,艾力·买买提明. 塔克拉玛干沙漠腹地塔中地区风沙输移特征研究[J]. 干旱区地理,2011,34(3):479-485.
- [4] 吴正. 风沙地貌学[M]. 北京:科学出版社,1987:167-241.
- [5] 王仁德,邹学勇,吴晓旭,等. 半湿润区农田风蚀物垂直分布特征[J]. 水土保持学报,2009,23(5):39-43.
- [6] 张琦,余孟云,郑德明. 沙尘暴天气对温室环境因子的影响[J]. 中国果菜,2013(7):32-33.
- [7] 毛东雷,雷加强,曾凡江,等. 策勒不同下垫面风速廓线时空差异研究[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(11):171-177.
- [8] 张克存,屈建军,俎瑞平,等. 戈壁风沙流结构和风速廓线特征研究[J]. 水土保持研究,2005,12(1):54-55,58.
- [9] 王志强,黄晟敏,于涛,等. 戈壁地表风沙运动特征的野外观测研究[J]. 新疆环境保护,2010,32(3):10-13.