

# 气候变化背景下吉林省风蚀气候侵蚀力时空特征

任景全<sup>1</sup>, 郭春明<sup>1</sup>, 李建平<sup>1</sup>, 刘玉汐<sup>2</sup>

(1. 吉林省气象科学研究所, 长春 130062; 2. 吉林省气象台, 长春 130062)

**摘要:**利用吉林省50个气象站1961—2015年的观测资料,计算了吉林省不同区域的风蚀气候因子指数,并分析其变化特征及其影响因子。结果表明:风蚀气候因子指数 $C$ 值从1月开始逐渐升高,在4月达到最高,7月最低。 $C$ 值在季节变化上表现为春季>冬季>秋季>夏季。全年尺度上, $C$ 值呈显著的降低趋势( $p<0.001$ ),倾向率为 $-18.7/10$  a。春季、秋季和冬季 $C$ 值降低趋势显著( $p<0.001$ ),夏季 $C$ 值降低趋势不显著。年代际变化上, $C$ 值在近5 a最低。风蚀气候因子指数呈由西向东逐渐递减的空间分布,西部风蚀气候侵蚀力最强,中部次之,东部最弱。吉林省各站风蚀气候因子指数均呈降低趋势,降低最显著的站点主要分布在中部。风速是西部风蚀气候因子指数的主要气候影响因子,大风日数是中部和东部的最主要气候影响因子。

**关键词:**风蚀气候侵蚀力;风蚀气候因子指数;气候变化;时空变化;吉林省

中图分类号:P425.6;S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)06-0233-05

## Spatiotemporal Characteristics of Wind Erosion Climatic Erosivity Under Climate Change in Jilin Province

REN Jingquan<sup>1</sup>, GUO Chunming<sup>1</sup>, LI Jianping<sup>1</sup>, LIU Yuxi<sup>2</sup>

(1. Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062, China;

2. Meteorological Observatory of Jilin Province, Changchun 130062, China)

**Abstract:** Based on the observation data from 50 meteorological stations during 1961 to 2015 in Jilin Province, the index of wind erosion climatic erosivity factor ( $C$ ) and its influenced factors were analyzed. The result showed that the index of wind erosion climatic erosivity factor rose rapidly since January, reached the maximum in April and minimum in July. The seasonal features of  $C$  value decreased in the order: spring > winter > autumn > summer. The annual feature of  $C$  value decreased significantly, which the climatic tendency was  $-18.7/\text{decade}$ .  $C$  values of spring, autumn, and winter decreased significantly, which the  $C$  value of summer was not significantly. The decade feature of  $C$  value was the lowest in recent five years. The index of wind erosion climatic erosivity factor decreased gradually from west to east. The wind erosion climatic erosivity in the west is the strongest, followed by the middle and the east. The  $C$  values of meteorological stations in Jilin Province decreased, which the significant stations were located in the middle part. Wind speed was the primary climatic factor of the index of wind erosion climatic erosivity factor of west zone, while the strong wind days were the primary climatic factor of middle and east.

**Keywords:** wind erosion climatic erosivity; wind erosion climatic erosivity factor index; climate change; spatiotemporal changes; Jilin Province

土壤流失主要受风蚀<sup>[1-2]</sup>,水蚀<sup>[3]</sup>,冻融<sup>[4-5]</sup>等自然因素以及农业开垦的人为因素的共同影响。土壤风蚀是黑土流失的主要方式。松辽委2002年统计报告,吉林省黑土风力侵蚀面积为13 900 km<sup>2</sup>。风蚀不仅造成土壤退化,还会引起沙尘暴,更加剧了土壤养分流失,严重影响农业生产。董玉祥等<sup>[6]</sup>认为我国干旱半干旱地区的风蚀气候侵蚀力主要受降水与风速

影响。祁栋林<sup>[7]</sup>研究表明,青海省风蚀气候侵蚀力在降低,主要受风速的制约。塔里木盆地风蚀气候侵蚀力也在降低,风速是其主要影响因子<sup>[8]</sup>。

在全球变化的背景下,吉林省农作物生长季降水呈减少趋势<sup>[9]</sup>,气候变化以暖干倾向为主<sup>[10]</sup>。吉林省处在世界三大黄金玉米带的东北黑土区上,是全国重要的商品粮基地。随着农业生产及自然环境变化,

收稿日期:2016-11-03

修回日期:2016-11-29

资助项目:公益性行业(气象)科研专项“东北地区春玉米农业气象指标体系研究”(GYHY201206018);吉林省重点科技攻关项目“基于试验的春玉米生育关键期低温冷害农业气象指标研究”(20150204014NY);中国气象局省级气象科研所科技创新发展经费项目“气候变化对吉林省黑土地影响评估及适应对策”

第一作者:任景全(1988—),男,内蒙古赤峰人,工程师,硕士,主要从事农业气象业务及科研工作。E-mail:renjingquan1988@126.com

通信作者:郭春明(1962—),男,吉林公主岭人,高级工程师,主要从事农业气象研究工作。E-mail:gch8188@sina.com

吉林省黑土区的水土流失也愈加严重。鉴于此,本文通过风蚀气候因子指数表征土壤风蚀的风蚀气候侵蚀力,分析气候变化背景下吉林省风蚀气候侵蚀力的变化特征及主要的气候影响因子,以期为东北黑土区防治土壤风蚀提供科学依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究区域及数据来源

吉林省属于温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同季。年均气温为 2~6℃,气温日较差在 10~14℃,全年无霜期为 100~160 d,年平均日照时数为 2 259~3 016 h,年平均降水量为 400~600 mm,季节和区域差异较大,80%的降水集中在夏季,以东部降水量最为丰沛。吉林省西部和中部地势平坦,是玉米主产区,素有“黄金玉米带”之称。根据《中国气象地理区划手册》<sup>[11]</sup>和吉林省地区特点、农业气候特征,以县级为划分单元将全区分为 3 个区域,即西部、中部和东部区域,区域划分和气象站点分布见图 1。本研究气象资料为 1961—2015 年吉林省 50 个站逐月平均气温、降水量、日照时数、平均风速、空气湿度、大风日数等,数据来源于吉林省气象局。季节的划分采用气象季节,3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12—2 月为冬季。



图 1 吉林省区域划分和气象站点分布

### 1.2 风蚀气候因子指数(C)计算

风蚀气候因子指数采用联合国粮农组织(FAO)改进的计算公式:

$$C = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{12} U_i^3 \left( \frac{ETP_i - R_i}{ETP_i} \right) d \quad (1)$$

式中:C为风蚀气候因子指数; $U_i$ 为 2 m 高的月平均风速(m/s); $ETP_i$ 为月潜在蒸散量(mm); $R_i$ 为月降水量(mm); $d$ 为月天数。 $ETP_i$ 采用 FAO Penman-Monteith 公式计算<sup>[12]</sup>。

### 1.3 分析方法

采用线性倾向估计方法分析风蚀气候因子指数的线性变化,计算公式:

$$C = b \cdot t + a \quad (2)$$

式中:C为风蚀气候因子指数; $b$ 为倾向值,本文采用  $b \times 10$  代表 10 a 变化的倾向率。

采用标准化回归分析方法分析风蚀气候因子指

数的主要气候因子,计算公式:

$$C = a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + \dots + a_n \cdot X_n \quad (3)$$

式中:C为风蚀气候因子指数标准化值; $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 为各气候因子的标准化回归系数; $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 为各气候因子的平均值,标准化回归系数越大说明气候因子对风蚀气候侵蚀力的影响越大。

线性倾向估计分析方法由 Excel 完成;标准化逐步回归方法由 SPSS 19.0 完成;风蚀气候侵蚀力及其倾向率空间分布由 ArcGIS 10.0 完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 风蚀气候因子指数的月际和季节变化

吉林省风蚀气候因子指数的月际和季节变化特征见图 2。由图 2 可见,吉林省风蚀气候因子指数具有明显的月际和季节变化特征。从 1 月开始,C 值逐渐升高,在 4 月达到最高,为 15.5,随后逐渐下降,在 7 月达到最低,为 -1.2,之后缓慢升高。C 值在季节变化上表现为春季(38.3) > 冬季(13.9) > 秋季(11.1) > 夏季(1.2)。

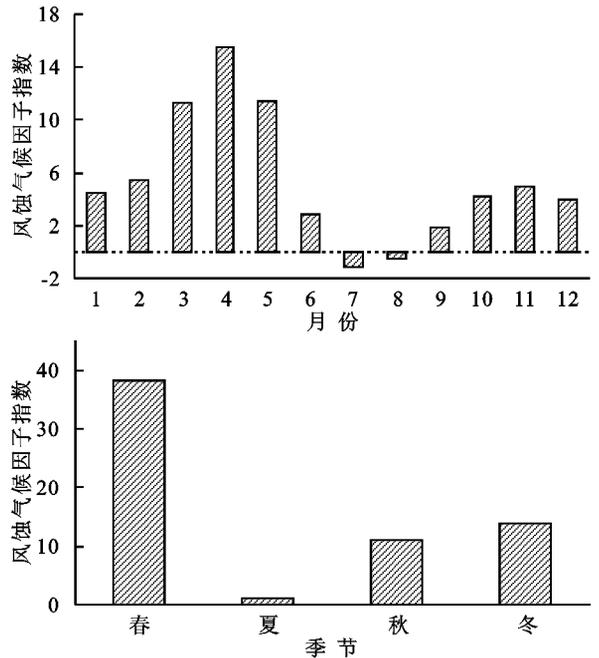


图 2 吉林省风蚀气候因子指数的月际和季节变化

### 2.2 风蚀气候因子指数的年际变化

吉林省风蚀气候因子指数的年际变化特征见图 3。由图 3 可见,吉林省风蚀气候因子指数具有明显的年际变化特征,从全年尺度变化看,C 值呈显著的降低趋势( $p < 0.001$ ),倾向率为 -18.7/10 a,其中,C 值在 2010 年最小,为 7.7,1966 年最大,为 138.0。四季 C 值的年际变化特征与全年一致,均呈降低趋势,其中,春季、秋季和冬季 C 值降低趋势极显著( $p < 0.001$ ),夏季 C 值降低趋势不显著。气候倾向率排序为春季(-10.9/10 a) > 冬季(-4.7/10 a) >

秋季(-2.7/10 a) > 夏季(-0.4/10 a)。

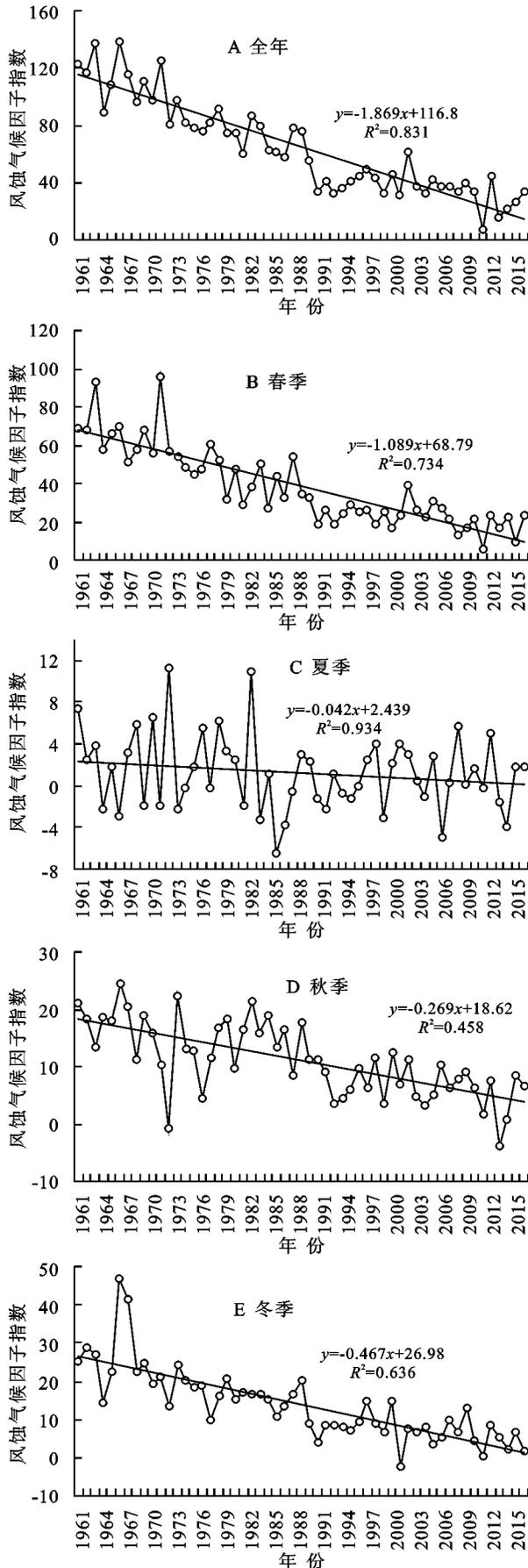


图 3 吉林省风蚀气候因子指数的年际变化

## 2.3 风蚀气候因子指数的年代际变化

吉林省风蚀气候因子指数的年代际变化特征见表 1, 由表 1 可见, 全年尺度的风蚀气候因子指数呈逐年代的降低趋势, 在近 5 a 达到最低值, 为 28.5。除夏季外, 春季、秋季和冬季风蚀气候因子指数均呈逐年代的降低趋势, 均表现为 60 年代最高, 近 5 a 最低。夏季风蚀气候因子指数在 60 年代和 70 年代较高, 80 年代最低。

表 1 吉林省风蚀气候因子指数的年代际变化

年代	春季	夏季	秋季	冬季	全年
1961—1970	65.6	2.4	18.0	27.2	113.2
1971—1980	53.8	2.6	11.8	17.8	86.1
1981—1990	36.0	0.04	15.1	14.0	65.1
1991—2000	23.2	0.7	7.4	8.4	40.0
2001—2010	22.3	0.8	6.6	6.6	36.3
2011—2015	19.2	0.6	3.9	4.8	28.5

## 2.4 风蚀气候因子指数的空间分布

吉林省风蚀气候因子指数的空间分布特征见图 4。由图 4A 可见, 吉林省风蚀气候因子指数呈由西向东逐渐递减的趋势分布, 表明西部风蚀气候侵蚀力最强, C 值为 39.6~228.7, 平均值为 124.6, 其中, 通榆站 C 值最高, 为 190.3; 中部风蚀气候侵蚀力次之, C 值为 6.2~245.5, 平均值为 91.6; 东部风蚀气候侵蚀力最小, 为 0.3~68.3, 平均值为 26.4, 其中, 白山站最小, 为 0.3。由图 4B 可知, 吉林省各站风蚀气候因子指数倾向率均为负值, 即均呈降低趋势。降低最显著的站点主要分布在中部, 如扶余、农安、梨树站气候倾向率为 -59.9~-50.0/10 a。

## 2.5 风蚀气候因子指数的影响因子分析

吉林省风蚀气候因子指数与气候因子的回归分析结果见表 2。由表 2 可见, 影响风蚀气候因子指数的气候因子主要为大风日数、风速、空气湿度和日照时数, 除空气湿度变化对风蚀气候因子指数为负效应外, 其他气候因子均为正效应。在吉林省的不同区域, 影响风蚀气候因子指数的气候因子也有所不同。从标准化回归系数来看, 西部风蚀气候因子指数的主要气候影响因子为风速, 中部和东部主要气候影响因子为大风日数。

吉林省主要气候因子变化趋势见图 5, 由图 5 可见, 吉林省各区域的日照时数、空气湿度、风速和大风日数均呈极显著的降低趋势 ( $p < 0.01$ )。结合图 3 可知, 大风日数、风速变化与风蚀气候因子指数变化趋势最为一致, 说明大风日数和风速是影响风蚀气候侵蚀力的主要因子。

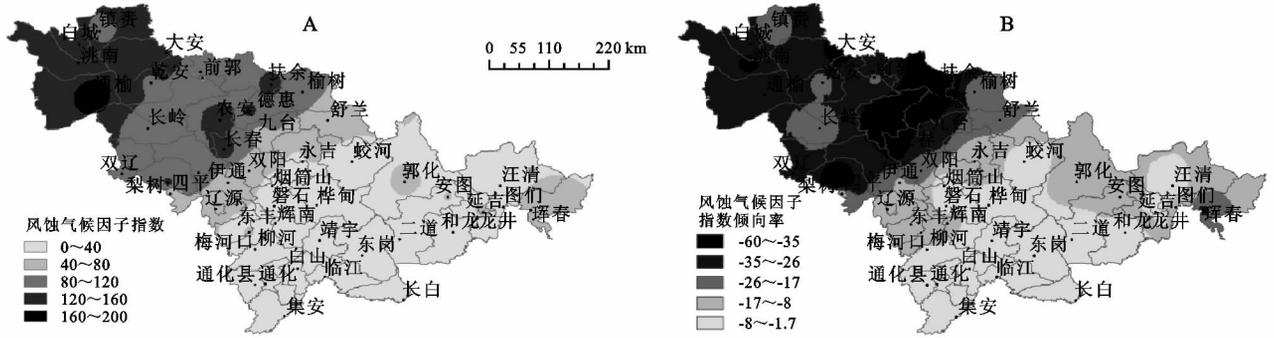


图 4 吉林省风蚀气候因子指数及倾向率空间分布

表 2 风蚀气候因子指数与气候因子的标准化回归系数

	平均气温	降水量	日照时数	空气湿度	风速	大风日数
西部	—	—	0.165**	—	0.788**	0.097*
中部	—	—	—	-0.155**	—	1.011**
东部	—	—	0.312**	-0.152*	—	0.743**

注: \* 为  $p < 0.05$ , \*\* 为  $p < 0.01$ 。

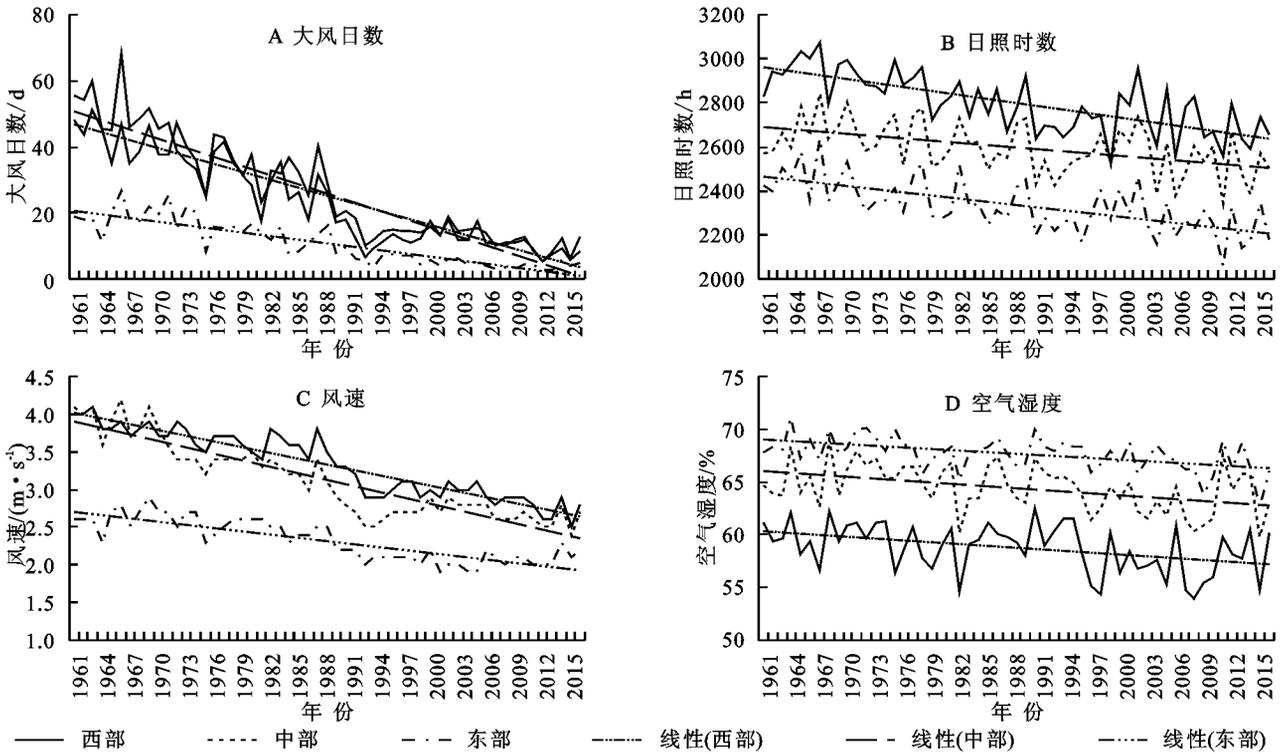


图 5 吉林省各区域气候因子的年际变化

### 3 结论与讨论

#### 3.1 讨论

1961—2015 年吉林省风蚀气候因子指数呈显著的降低趋势,说明风蚀气候侵蚀力在降低,这主要与风速以及大风日数显著的降低趋势有关。吉林省风蚀气候因子指数呈由西向东逐渐递减的趋势分布,与戴全厚等<sup>[13]</sup>研究结论一致,这是由于吉林省西部为亚干旱地区、中部为亚湿润、东部为湿润区<sup>[14]</sup>,加之西部风速大、日照时数多、空气湿度低,导致西部风蚀气候因子指数较大,而东部风速小、日照时数少、空气

湿度高,风蚀气候因子指数小。中部为西部亚干旱和东部湿润区的过渡带,风蚀气候因子指数介于两个区域之间。

在风蚀气候侵蚀力气候影响因子方面与祁栋林<sup>[7]</sup>,杨兴华等<sup>[8]</sup>研究结果较为一致,认为风速是风蚀气候因子指数的主要气候因子,与降水量关系不显著。邹春霞等<sup>[15]</sup>研究表明,内蒙古阴山北麓农牧交错带风蚀气候因子与沙尘暴日数有较好的对应关系。可以说明,在不同气候区风蚀气候因子的影响因子也不同。土壤风蚀是多因素共同作用的结果,除气候因子外,还与土壤含水量、粗糙度、植被覆盖状况等有

关<sup>[13]</sup>,本文仅分析了影响土壤风蚀的气候因子,其他影响因素有待在今后的研究过程中继续开展。

### 3.2 结论

吉林省风蚀气候因子指数从 1 月开始逐渐升高,在 4 月达到最高,7 月最低。 $C$  值在季节变化上表现为春季>冬季>秋季>夏季。全年尺度上, $C$  值呈显著的降低趋势( $p<0.001$ ),气候倾向率为 $-18.7/10 a$ 。春季、秋季和冬季  $C$  值呈极显著的降低趋势( $p<0.001$ ),夏季  $C$  值降低趋势不显著。年代际变化上, $C$  值在近 5 a 达到最低值,为 28.5。除夏季外,春季、秋季和冬季  $C$  值均呈逐年代的降低趋势。

吉林省风蚀气候因子指数呈由西向东逐渐递减的趋势分布,西部风蚀气候侵蚀力最强,中部次之,东部最小。吉林省各站风蚀气候因子指数均呈降低趋势,降低最显著的站点主要分布于中部。西部风蚀气候因子指数的主要气候影响因子为风速,中部和东部主要气候影响因子为大风日数。各区域的日照时数、空气湿度、风速和大风日数均呈显著的降低趋势( $p<0.01$ )。其中,大风日数、风速变化与风蚀气候因子指数变化趋势最为一致。

#### 参考文献:

- [1] 张国平,张增祥,刘纪远.中国土壤风力侵蚀空间格局及驱动因子分析[J].地理学报,2001,56(2):146-158.
- [2] 郑帅,李德明,郭成久,等.辽西北地区风力侵蚀过程分析[J].水土保持研究,2015,22(4):138-142.
- [3] 王禹,杨明义,刘普灵.东北黑土区坡耕地水蚀与风蚀速

率的定量区分[J].核农学报,2010,24(4):790-795.

- [4] 范昊明,张瑞芳,周丽丽,等.气候变化对东北黑土冻融作用与冻融侵蚀发生的影响分析[J].干旱区资源与环境,2009,23(6):48-53.
- [5] 张瑞芳,范昊明,王瑄,等.辽宁省冻融侵蚀发生的气候环境条件分析[J].水土保持研究,2008,15(2):8-12.
- [6] 董玉祥,康国定.中国干旱半干旱地区风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].水土保持学报,1994,8(3):1-7.
- [7] 祁栋林,李晓东,苏文将,等.近 50 年青海省风蚀气候侵蚀力时空演变趋势[J].水土保持研究,2015,22(6):234-239.
- [8] 杨兴华,何清,李红军,等.塔里木盆地风蚀气候侵蚀力的计算与分析[J].中国沙漠,2012,32(4):990-995.
- [9] 廉毅,高枫亭,沈柏竹,等.吉林省气候变化及其对粮食生产的影响[J].气候变化研究进展,2007,3(1):46-49.
- [10] 张伟,闫敏华,陈泮勤,等.吉林省农作物生长季降水资源的时空分布特征[J].中国农业气象,2007,28(4):59-363.
- [11] 中国气象局预测减灾司,中国气象局国家气象中心.中国气象地理区划手册[M].北京:气象出版社,2006.
- [12] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration: Guide-lines for computing crop water requirements[M]. Rome:FAO,1998:41-202.
- [13] 戴全厚,喻理飞,刘明义,等.吉林省西部沙地土壤风蚀机理分析[J].水土保持通报,2008,28(3):81-84,96.
- [14] 张存杰,廖要明,段居琦,等.我国干湿气候区域研究进展[J].气候变化研究进展,2016,12(4):261-267.
- [15] 邹春霞,申向东,李夏子,等.内蒙古阴山北麓农牧交错带风蚀气候侵蚀力特征[J].吉林大学学报:地球科学版,2011,41(4):1172-1178.

(上接第 232 页)

- [6] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等.气象,农业干旱指标综述[J].干旱地区农业研究,2007,25(1):185-189.
- [7] 王春林,邹菊香,麦北坚,等.近 50 年华南气象干旱时空特征及其变化趋势[J].生态学报,2015,35(3):595-602.
- [8] 谢五三,田红.安徽省近 50 年干旱时空特征分析[J].灾害学,2011,26(1):94-98.
- [9] 袁育枝.试论华北半湿润半干旱地区降水资源的农业气候评价:以海河平原为例[J].气象学报,1984,42(4):

440-448.

- [10] 黄晚华,隋月,杨晓光,等.基于连续无有效降水日数指标的中国南方作物干旱时空特征[J].农业工程学报,2014,30(4):125-135.
- [11] 张强,邹旭恺,肖风劲.气象干旱等级[S].北京:中国标准出版社,GB/T20481—2006.
- [12] 黄晚华,杨晓光,李茂松,等.基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近 58a 演变特征[J].农业工程学报,2010,26(7):50-59.