东北农业科学 2019,44(4):85-88
Journal of Northeast Agricultural Sciences DOI: 10.16423/j.cnki.1003-8701.2019.04.018

气候变化背景下黑龙江省主栽作物稳产类型区划

王 萍,李秀芬,姜丽霞,朱海霞,宫丽娟,姜蓝齐,赵慧颖*
(1. 黑龙江省气象科学研究所/中国气象局东北地区生态气象创新开放实验室/黑龙江省气象院士工作站,哈尔滨 150030)

摘 要:在气候变化背景下,利用黑龙江省1949~2012年产量资料,对单产稳产类型进行区划。利用WOFOST作物模型,结合RCP4.5未来情景资料模拟2017~2060年黑龙江省水稻、玉米、大豆的产量,对未来情景黑龙江省主栽作物进行单产稳产类型区划。结果表明:1949~2012年研究区域水稻单产的变异系数为0.44~0.78,玉米单产的变异系数为0.56~0.77,大豆单产的变异系数为0.26~0.58。未来情景下研究区域三大主栽作物高产稳产区主要分布在东部和南部,高产不稳产区主要分布在南部和西部,低产稳产区分布在北部和东部,低产不稳产区分布在北部和中部。

关键词:气候变化;主栽作物;变异系数;未来情景;区划
中图分类号:S16 **文献标识码**:A **文章编号**:2096-5877(2019)04-0085-04

Regional Division of Major Crop Yield Stability Types in Heilongjiang Province under the Background of climatic change

WANG Ping, LI Xiufen, JIANG Lixia, ZHU Haixia, GONG Lijuan, JIANG Lanqi, ZHAO Huiying*
(*Institute of Meteorologic Science of Heilongjiang / Innovation Opening laboratory of Regional Eco-Meteorology in Northeast / Meteorological Academician Workstation of Heilongjiang Province*, *Harbin* 150030, China)

Abstract: Under the background of climatic change, regional division of main crop yield stability type was established based on the data of yield during 1949-2012 in Heilongjiang Province. Based on the data of future climate scenarios RCP 4.5 and crop yield during 2017-2060 of Crop Growth Simulation Model, regional division of main crop yield stability in future climate scenarios was set up using WOFOST Crop Model. The main conclusions were as follows: The coefficient of variation of rice yield was 0.44-0.78 from 1980 to 2012 and corn was 0.56-0.77 and soybean was 0.26-0.58. On the background of future climate scenarios, the high and stable yield of crop will be scattered in the south and east, the high and unstable yield will be mainly in the south and west, the low and stable yield will be in the north and east, and the low and unstable yield will be in the north and the middle part.

Key words: Climatic change; Major crops; Coefficient of variation; Future climatic scenarios; Regional division

近年来,在气候变化的影响下,干旱、洪涝、冰雹、大风等极端气候事件等频繁发生[1-2],作物的生长发育、产量及质量受到了严重影响[3-7]。东北地区受气候变化影响最为明显,近百年来东北温度增加了1.43℃/100 a,是全球增温率的2倍,全国增温率的3倍[8-10],黑龙江地处东北地区的最北部,对气候变化更为敏感,黑龙江省是我国最大的商品粮生产基地,被称为"中国粮仓",自2011年开始粮食总产稳居全国第一位,肩负保障国家粮食安全的重任,但黑龙江省地广人稀,"靠天吃饭"现象普遍存在,加之在气候变暖的影响下,农业气象灾害频发[11-13],农业生产受到影响,受灾及减产的风险加大。

目前,气候变化对作物影响研究成果大多集中于增温和极端气候事件的增加对作物发育期[14-16]、粮食产量的影响[17-18],对于过去时段的气候资源的演变规律、各种作物生长发育和产量受到影响等方面研究成果更是趋于成熟[19-20],尤其是东北地区为全国大粮仓,主栽作物对气候变化的响应更为明显[21-26]。本文利用未来情景数据,基于作物长势监测系统中作物生长模拟模式

收稿日期:2018-12-22
基金项目:中国气象局东北地区生态气象创新开放实验室基金项目(stqx201807);国家自然科学基金(31671576、31671575)
作者简介:王 萍(1976-),女,高级工程师,研究方向:应用气象。
通讯作者:赵慧颖,男,硕士,正高级工程师,E-mail: zhaohhyy2008@aliyun.com

2017～2060年黑龙江省水稻、玉米、大豆的单产，对未来情景黑龙江省主栽作物进行单产稳产类型区划，为当地农业结构调整、合理利用气候资源、农业生产活动等提供科学参考，从而达到提升农业气象决策服务能力的目的。

1 材料与方法

1.1 资料来源

本文选取黑龙江省农区观测站的1949～2012年产量资料，RCP4.5未来情景资料。

1.2 研究方法

1.2.1 产量变异系数

本文的变异系数为均方差与均值的比值，体现了不同观测序列差程度的大小，变异系数越大，所描述的要素变化越剧烈，即越不稳定[27]。作物单产的变异系数可按下式计算：

$$C_{vn} = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}$$

S：均方差，x_i：第i年的单产，$\bar{x}$：单产多年平均值，C_{vn}：单产的变异系数。

1.2.2 稳产类型区划指标

（1）高产稳产区：单产大于平均单产且单产变异系数小于平均值；（2）高产不稳产区：单产大于平均值且单产变异系数大于平均值；（3）低产稳产区：单产小于平均值且单产变异系数小于平均值；（4）低产不稳产区：单产小于平均值且单产变异系数大于平均值。

2 结果与分析

2.1 产量稳产类型区划

2.1.1 单产变异系数

利用1949～2012年黑龙江省水稻、玉米、大豆主产区单产资料计算产量变异系数，结果显示：

（1）研究区域水稻单产的变异系数为0.44～0.78，宝清、肇源、双城、富锦单产的变异系数较高，在0.7以上；中部大部县市及泰来、讷河变异系数较低，在0.6以下；其它地区在0.6～0.7之间。

（2）研究区域玉米单产的变异系数为0.56～0.77，松嫩平原的龙江、安达、拜泉、讷河、肇源、肇洲、肇东、依安、青冈、五常单产的变异系数较高，在0.7以上；勃利、方正、哈尔滨、富裕、绥化市、木兰、呼兰、佳木斯市、阿城、宾县、望奎、集贤变异系数较低，在0.6以下；其它地区在0.6～0.7之间。

（3）研究区域大豆单产的变异系数为0.26～0.58，西部、黑河北部及巴彦、尚志、双城、抚远、富锦、穆棱单产的变异系数较高，在0.4以上；集贤、宾县、桦南、勃利、哈尔滨变异系数较低，在0.3以下；其它地区在0.3～0.4之间。

2.1.2 稳产类型区划

（1）由黑龙江省水稻稳产类型区划图可知：低产稳产区和低产不稳产区范围较大，高产稳产区和高产不稳产区范围较小，低产稳产区集中在西部和北部，低产不稳产区集中在东部。①高产稳产区：分布在中南部，包括绥棱、汤原等10个县；②高产不稳产区：分布在中南部，包括绥化、肇东等5个县；③低产稳产区：分布在西部和北部，包括讷河、泰来等7个县；④低产不稳产区：分布在东部，包括北安、龙江等12个县。

（2）由黑龙江省玉米稳产类型区划图可知：低产稳产区和高产不稳产区范围较大，低产稳产区集中在中部的北部、高产不稳产区集中在东部。①高产稳产区：分布在南部及东部，包括望奎、绥化等9个县；②高产不稳产区：分布在南部和东部，包括海伦、肇东等12个县；③低产稳产区：分布在中部和北部，包括逊克、北安等12个县；④低产不稳产区：分布在中部和西部，包括讷河、龙江等11个县。

（3）由黑龙江省大豆稳产类型区划图可知：高产稳产区和高产不稳产区范围较大，低产稳产区和低产不稳产区范围较小，高产稳产区和高产不稳产区主要集中在中东部。①高产稳产区：分布在松嫩平原中部及东部，包括宝清、北安等17个县；②高产不稳产区：分布在中部及东部，包括巴彦、富锦等9个县；③低产稳产区：分布在西部和北部，包括拜泉、宾县等9个县。④低产不稳产区：分布在西部和北部，包括抚远、甘南等10个县。

2.2 未来情景下产量稳产类型区划

利用RCP4.5未来情景数据，基于作物长势监测系统（CGMS）中作物生长模拟模式（World Food Studies Crop Growth Model，简称WOFOST）预测2017～2060年黑龙江省水稻、玉米、大豆主产区的产量，利用预测的2017～2060年单产资料计算产量变异系数，利用玉米单产变异系数及2017～2060年单产资料，对未来情景黑龙江省水稻、玉米、大豆单产类型进行区划。

2.2.1 单产变异系数

（1）研究区域水稻单产的变异系数为0.10～

0.18,松嫩平原中南部及三江平原大部县(市)的变异系数较低,在0.10~0.15之间,其它大部农区在0.15~0.18之间。

(2)研究区域玉米单产的变异系数为0.17~0.34,松嫩平原南部及大部县(市)及逊克、嘉荫、密山单产的变异系数较高,在0.25以上;龙江单产的变异系数较低,在0.17;其它地区在0.20~0.25之间。

(3)研究区域大豆单产的变异系数为0.15~0.49,松嫩平原西部部分县(市)、黑河东部、牡丹江南部的变异系数较高,在0.30~0.49之间,其它农区在0.15~0.30之间。

2.2.2　稳产类型区划

(1)由黑龙江省水稻稳产类型区划图可知:①高产稳产区:零星分布在南部及东部,包括龙江、海伦等11个县;②高产不稳产区:主要分布在南部,包括汤原、依兰等4个县;③低产稳产区:分布在北部和东部,包括绥棱、佳木斯等5个县;④低产不稳产区:分布在北部、中部,包括讷河、北安等12个县。

(2)由黑龙江省玉米稳产类型区划图可知:①高产稳产区:分布在南部及东部,包括龙江、富裕等15个县;②高产不稳产区:主要分布在南部,包括青冈、绥化等8个县;③低产稳产区:分布在北部和东部,包括讷河、北安等9个县;④低产不稳产区:分布在中部,包括逊克、嘉荫等12个县。

(3)由黑龙江省大豆稳产类型区划图可知:①高产稳产区:松嫩平原部分县(市)三江平原大部,包括中东部大部大豆主产区;②高产不稳产区:主要分布在中部和西部,包括龙江、依安等5个县;③低产稳产区:主要在北部,包括呼玛、嫩江;④低产不稳产区:呈零星分布在各地,包括黑河、孙吴等10个县。

3　结论与讨论

(1)未来情景下研究区域水稻单产的变异系数为0.10~0.18,玉米单产的变异系数为0.17~0.34,大豆单产的变异系数为0.15~0.49,未来情景下研究区域三大主栽作物高产稳产区主要分布在东部和南部,高产不稳产区主要分布在南部和西部,低产稳产区分布在北部和东部,低产不稳产区分布在北部、中部。

(2)未来情景下作物产量稳产类型与1949~2012年比较:水稻高产稳产区和高产不稳产区均向西部扩展,三江平原南部由低产不稳产区转为低产稳产区;玉米高产稳产区增大、高产不稳产区缩小;大豆高产稳产区和高产不稳产区向东部扩展。

参考文献:

[1] 雷秋良,徐建文,姜　帅,等.气候变化对中国主要作物生育期的影响研究进展[J].中国农学通报,2014,30(11):205-209.

[2] 余卫东,赵国强,陈怀亮,等.气候变化对河南省主要农作物生育期的影响[J].中国农业气象,2007,28(1):9-12.

[3] 高　涛,陈彦才,于　晓.气候变暖对内蒙古三种主要粮食作物单产影响的初步分析[J].中国农业气象,2011,32(3):407-416.

[4] 周广胜.气候变化对中国农业生产影响研究展望[J].气象与环境科学,2015(1):80-94.

[5] Tubiello F N, Soussana J F, Howden S M. Crop and pasture response to climate change[J]. PNAS, 2007, 104(50): 19686-19690.

[6] Liu Y, Wang E, Yang X, et al. Contributions of climatic and crop varietal changes to crop production in the North China Plain, since 1980s[J]. Global Change Biology, 2010, 16: 2287-2299.

[7] 徐　冲,王丕武,侯立刚,等.分蘖期低温胁迫对东北水稻主栽品种产量及光合特性的影响[J].吉林农业科学,2015,40(1):10-16.

[8] 纪瑞鹏,张玉书,姜丽霞,等.气候变化对东北地区玉米生产的影响[J].地理研究,2012,31(2):290-298.

[9] 马树庆.气候变化对东北区粮食产量的影响及其适应性对策[J].气象学报,1996,54(4):484-492.

[10] 赵秀兰.近50年气候变化对东北农业的影响[J].东北农业大学学报,2010(9):144-149.

[11] 杜春英,姜丽霞,李秀芬,等.寒地水稻冷害监测预警技术[M].北京:气象出版社,2017:12.

[12] 李　帅,杜春英,姜丽霞,等.黑龙江农业气象应用服务手册[M].哈尔滨:东北林业大学出版,2013:2.

[13] 庞艳梅,陈　超,马振峰,等.未来气候变化对四川省水稻生育期气候资源及生产潜力的影响[J].西北农林科技大学学报,2015,43(1):58-68.

[14] 李彤霄.河南省气候变化对大豆生育期的影响研究[J].气象与环境科学,2015,38(2):24-38.

[15] 程志强,蒙继华.作物单产估算模型研究进展与展望[J].中国生态农业学报,2015,23(4):402-415.

[16] 蔡承智,陈　阜,隋　鹏,等.作物产量潜力极限研究[J].中国生态农业学报,2005,13(2):145-148.

[17] 庞艳梅,陈　超,潘学标,等.未来气候变化对四川盆地玉米生育期气候资源及生产潜力的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(12):1526-1536.

[18] 桑建人,刘玉兰,邱　旺.气候变暖对宁夏引黄灌区水稻生产的影响[J].中国沙漠,2006,26(6):953-958.

[19] 王占彪,王　猛,尹小刚,等.气候变化背景下华北平原夏玉米各生育期水热时空变化特征[J].中国生态农业学报,2015,23(4):473-481.

[20] 成 林,李彤霄,刘荣花.主要生育期气候变化对河南省冬小麦生长及产量的影响[J].中国生态农业学报,2017,25(6):931-940.

[21] 赵俊芳,李 宁,候英雨,等.基于APSIM模型评估北方八省春玉米生产对气候变化的响应[J].中国农业气象,2018,39(2):108-118.

[22] 穆 佳,赵俊芳,郭建平.近30年东北春玉米发育期对气候变化的响应[J].应用气象学报,2014,25(6):680-689.

[23] 吴海燕,孙甜田,范作伟,等.东北地区主要粮食作物对气候变化的响应及其产量效应[J].农业资源与环境学报,2014,31(4):299-307.

[24] 李树岩,刘伟昌.基于气象关键因子的河南夏玉米产量预报研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(5):223-227.

[25] 宫丽娟,李宇光,王 萍,等.黑龙江省玉米气候适宜度变化分析[J].吉林农业科学,2012,37(5):75-80.

[26] 王冬妮,曲思邈,姚渝丽,等.吉林省主要农区气候变化特征及其对玉米农田土壤湿度的影响[J].吉林农业科学,2015,40(6):42-46.

[27] 王 静,杨晓光,吕 硕,等.黑龙江省春玉米产量潜力及产量差的时空分布特征[J].中国农业科学,2012,45(10):1914-1925.

(上接第24页)

[9] 孙宁川,唐光木,徐万里,等.棉秆炭和炭基专用肥对棉花生长及产量的影响[J].新疆农业科学,2016,53(1):163-169.

[10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:25-109.

[11] Wang J, Xiong Z, Kuzyakov Y, et al.Biochar stability in soil:meta- analysis of decomposition and priming effects[J].Global Change Biology Bioenergy, 2016, 8(3): 512-523.

[12] Sun F, Lu S.Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore- space properties of clayey soil[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2014, 177(1): 26-33.

[13] Dai Z,Zhang X,Tang C, et al.Potential role of biochars in decreasing soil acidification-A critical review[J].Science of the Total Environment, 2017, 581-582: 601-611.

[14] Ali S, Rizwan M, Qayyum M F, et al. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants:a critical review[J].Environmental Science and Pollution Research,2017,24(14):1-13.

[15] Bruun E W, Petersen C T, Hansen E, et al. Biochar amendment to coarse sandy subsoil improves root growth and increases water retention[J].Soil Use and Management,2014,30(1): 109-118.

[16] Zhang A F, Zhou X, Li M, et al. Impacts of biochar addition on soil dissolved organic matter characteristics in a wheat- maize rotation system in loess plateau of China[J].Chemosphere,2017, 186:986-993.

[17] Chen J H, Sun X, Zheng J F, et al. Biochar amendment changes temperature sensitivity of soil respiration and composition of microbial communities 3 years after incorporation in an organic carbon- poor dry cropland soil[J].Biology and Fertility of Soils, 2018,54(2):175-188.

[18] Zhou Y X, Berruti F, Greenhalf C, et al. Increased retention of soil nitrogen over winter by biochar application:implications of biochar pyrolysis temperature for plant nitrogen availability[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2017,236:61-68.

[19] Steiner C, Teixeira W G, Lehmann J, et al.Long term effects of manure,charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil[J].Plant and Soil, 2007, 291: 275-290.

[20] Yamato M, Okimori Y,Wibowo I F, et a1. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium on the yield of maize* cowpea and peanut and soil chemical properties in South Sumatra,Indonesia[J].Soil Science and Plant Nutrition, 2006, 52: 489-495.

[21] 何绪生,张树清,佘 雕,等.生物炭对土壤肥料的作用及未来研究[J].中国农学通报,2011,27(15):16-25.

[22] Fungo B, Lehmann J, Kalbitz K, et al. Aggregate size distribution in a biochar- amended tropical Ultisol under conventional hand- hoe tillage[J].Soil and Tillage Research,2017,165: 190-197.

[23] Hammer E C, Balogh-Brunstad Z, Jakobsen I, et al. A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2014, 77(7):252-260.

[24] 陈温福,张伟明,孟 军.生物炭与农业环境研究与展望[J].农业环境科学学报,2014,33(5):821-828.