

DOI: 10.5846/stxb201610182120

韩语轩, 房世波, 梁瀚月, 周莉, 周广胜. 基于减产概率的辽宁水稻灾害风险区划. 生态学报, 2017, 37(23): 8077-8088.

Han Y X, Fang S B, Liang H Y, Zhou L, Zhou G S. Disaster risk regionalization of rice based on its reduction probability in Liaoning Province. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(23): 8077-8088.

基于减产概率的辽宁水稻灾害风险区划

韩语轩^{1,2}, 房世波^{1,*}, 梁瀚月¹, 周莉¹, 周广胜¹

1 中国气象科学研究院, 北京 100081

2 辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116000

摘要:关于灾害风险评价的危险性研究多考虑某一种或者多种灾害的出现概率, 由于多数灾害指标难以与作物产量直接相关, 常常出现有灾无害现象, 难以正确评价灾害风险; 依据产量变异的风险研究多从产量变异出发, 但对不同减产程度的风险评价研究较少。以辽宁水稻减产风险为例, 分析了辽宁省水稻歉年减产率、灾年减产率变异系数及 5% 和 10% 两种减产率等级风险概率的空间分布特征。采用 K-平均聚类算法将辽宁省水稻产量灾害风险划分为高、较高、中、低 4 类风险区。结果显示: 水稻单产歉年减产率的分布总体呈中部、东部低, 向东北西南增高的趋势。水稻单产的灾年减产率变异系数具有西北—东南方向条带状分布特点, 中部、东部最小, 整体上呈向西南、东北方向递增的趋势。减产率大于 5% 和 10% 的风险概率的低值区主要分布于辽宁中部, 中值区主要分布于中部、北部、东南, 高值区主要分布于东北、西部、南部, 整体呈中间低, 四周高的特点。辽宁省水稻产量灾害的不同等级风险区域呈整体上分散, 小面积连片的特点。辽宁西部、东北部为高风险区, 中南部地区为较高风险区, 而辽宁中部、东南部为中、低风险区。探讨了各地区的地形气候特征与水稻减产的关系, 给出了针对不同区域水稻产量灾损的防御措施。

关键词:水稻; 风险评价指标; 风险区划; 减产率

Disaster risk regionalization of rice based on its reduction probability in Liaoning Province

HAN Yuxuan^{1,2}, FANG Shibo^{1,*}, LIANG Hanyue¹, ZHOU Li¹, ZHOU Guangsheng¹

1 Institute of Eco-environment and Agro-meteorology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China

2 School of Urban and environment, Liaoning Normal University, Dalian 116000, China

Abstract: Normally, research concerning disaster risk evaluation is based on the occurrence probability of one or more disasters. There is little direct association between most disaster risk evaluation indexes and crop production. It is a common phenomenon for disaster to occur with little harm to crops, and this makes it difficult to evaluate disaster risk. Most research on the risk of production variation is simply from the perspective of production variables. Rarely is research conducted that evaluates the risk of different degrees of production reduction. Using the risk of rice yield reduction in Liaoning Province as an example, we adopt a linear sliding average method to calculate meteorological yield. Through the discrimination of normal distribution and the normalization of skewed distributions, this method provides the reduction rate in lean years, a variation coefficient in disaster years, and the spatial distribution law of risk probability in Liaoning Province at 5% and 10% reduction rate. Integrating risk evaluation indexes, we also processed the regionalization of rice yield disaster risk in Liaoning Province using K-Means, which divided Liaoning Province into low, moderate, less high, and high risk areas. The results showed that the reduction rate of rice yield per unit in lean years was between 4.6% and 17.51%. Overall, this was

基金项目:国家公益性行业(气象)科研专项(GYHY201506019);国家自然科学基金项目(41375117,61661136005)

收稿日期:2016-10-18; **网络出版日期:**2017-08-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sbfang0110@163.com

lower in the central and eastern areas and higher in the northeast and southwest. The variation coefficient for rice yield per unit in disaster years was between 0.251 and 0.965. There was a zonal distribution along the northwest to southeast direction, being least in the central and eastern areas, and increasing in the southwest and northeast. The regionalization of rice yield disaster risk was similar when the reduction rate was greater than 5% or 10%. One of the probability ranges was between 22.2% and 42.7% and the other was between 5.4% and 33.3%. These values were low in the central area, and higher in other areas. The different risk areas were scattered overall and only contiguous in a small area. There were 13 areas with high risk, which were distributed in the west and northeast of Liaoning Province. The number of areas with less high risk was 15, and these areas were mainly in south central Liaoning Province. There were 15 and four moderate and low risk areas, respectively, which were mainly distributed in central and southeastern Liaoning Province. Finally, we analyzed the relationships between rice yield reduction and climatic characteristics in all regions in Liaoning Province, and discussed solutions in terms of disaster prevention and reduction. For drought disasters, we could adopt methods to reduce losses, such as loosening fill in the surface soil, promoting water saving irrigation, applying mulch and straw covering techniques, using drought inhibitors or water retaining agents, increasing income and reducing expenditures, impounding in advance, and choosing drought-tolerant species. For rice chilling damage, possible solutions are choosing cold-tolerant species, using warmth-retaining measures such as mulching and smudging, irrigating in advance, and applying deep-water irrigation.

Key Words: rice; risk evaluation index; risk regionalization; yield reduction rate

水稻是我国重要的粮食作物之一,种植面积占粮食作物总面积的 30%,产量占粮食总产量的 40% 以上^[1]。辽宁省作为中国重要的水稻产区 and 商品水稻生产基地,水稻产量的丰歉与本区乃至中国粮食安全密切相关^[2]。近年来,全球气象灾害发生的频率和强度呈增加、增强趋势,由不利气象因素引起的农产品产量下降、品质降低的农业损失事件时有发生。1979—2008 年期间中国主要作物的受灾比例呈逐年增加趋势^[3],因气象灾害所造成的农业损失占国民生产总值的 3%—6%^[4-6]。因此,建立适合辽宁省的农业气象灾害风险评价体系与方法,开展辽宁地区水稻风险评估及其空间分布规律研究,在规避辽宁省水稻生产风险,为农业保险提供技术支撑方面具有重要的现实意义。

当前,关于风险研究大多根据农业气象灾害的危险性、敏感性以及抗灾能力等进行综合风险评价^[7-13],由于方法不同或者 3 因素权重不同,得到的结果差异很大^[14]。现有危险性研究多考虑某一种或者多种灾害出现的风险概率^[15-19],由于多数灾害的评价指标难以与作物产量有直接联系,即常常出现有灾无害的现象,像 2008—2009 年和 2010—2011 年连续 2 年的华北严重的冬春连旱并未导致当年小麦减产^[20];轻度寒害只使云南省香蕉的抽蕾期和挂果期后延,而并未对产量造成影响^[21],而适度的低温还会增强香蕉幼苗的抗冷性^[22]。所以,单纯依据灾害指标难以准确反映减产风险。而依据产量变异的风险研究多从产量变异出发^[23-25],很少对不同减产程度下的风险进行评价^[26]。本研究拟根据辽宁省 47 个县(市)1980—2011 年的水稻单产歉年、灾年的平均减产率、减产率变异系数,并结合 5% 和 10% 两种减产率等级下的风险概率,从水稻产量及不同减产程度的风险出现概率评价风险,并利用 K-平均聚类算法进行分类和风险区划。

1 材料与方法

1.1 数据资料

辽宁省 47 个县(市)1980—2011 年水稻产量与播种面积资料,数据来自中国气象局信息中心。

1.2 气象产量分离

农作物的最终产量是在各种自然和非自然因素的综合影响下形成的。根据影响因素的性质和时间尺度可以将影响作物最终产量因素划分为农业技术措施、气象条件和随机“噪声”三大类^[26-27],即:

$$Y = Y_t + Y_w + \Delta Y \quad (1)$$

式中, Y 为粮食单产, Y_t 是反映一定历史时期社会生产力发展水平的趋势产量, Y_w 为气候产量, ΔY 为随机“噪声”, 它所占比例很少, 在实际计算中常被忽略不计。因此, 式(1)可简化为:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (2)$$

本研究采用直线滑动平均法对趋势产量进行模拟^[28]。设某阶段的线性趋势方程为:

$$Y_i(t) = a_i + b_i t \quad (3)$$

式中, 方程个数 $i = n - K + 1$; n 为样本序列个数; K 为时间步长, 为了消除短周期波动的影响, 滑动步长 k 取 11; t 为时间序号。计算每个方程在 t 点上的函数值 $Y_i(t)$, 这样每个 t 点上分别有 q 个函数值, q 的多少与 n 有关。当 $K \leq n/2$, 则 $q = 1, 2, 3, \dots, K, \dots, K, \dots, 3, 2, 1$; q 连续为 K 的个数等于 $n - 2(K - 1)$ 。当 $K > n/2$, 则 $q = 1, 2, 3, \dots, n - K + 1, \dots, n - K + 1, \dots, 3, 2, 1$; q 连续为 $n - K + 1$ 的个数等于 $2K - n$ 。然后, 再求出每个 t 点上 q 个函数的均值:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{q} \sum_{j=i}^q Y_j(t) \quad (4)$$

连接各点的 $\bar{Y}_j(t)$, 即可表示产量的历史演变趋势。求出趋势产量后, 由(2)式得到气象产量:

$$Y_w = Y - Y_t \quad (5)$$

由(5)式进一步得到相对气象产量:

$$x = Y_w / Y_t \quad (6)$$

1.3 气象产量分布正态检验和正态化处理

因影响作物产量的气象因子具有正态分布的特点, 所以认为消除了生产力水平影响的相对气象产量序列应符合正态分布。采用偏度-峰度检验法对所需研究资料进行正态检验^[28]。理论上, 正态分布的偏度:

$$C_s = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (7)$$

正态分布的峰度:

$$C_e = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2} - 3 \quad (8)$$

式中, x_i 为相对气象产量序列, \bar{x} 为 n 年相对气象产量序列的平均值。可以用偏度峰度检验的临界值作为统计判断的依据, 其判断准则为: 若 $|C_s| < C_{s(a,n)}$, $|C_e| < C_{e(a,n)}$ 则可认为总体为正态分布, 这里 $C_s(a,n)$ 和 $C_e(a,n)$ 分别为在显著性水平 α 、样本数为 n 条件里的偏度和峰度临界值, 可以由临界值表中查到。

经检验, 研究区域有 42 个站点的减产率通过 $\alpha = 0.01$ 水平的正态性检验, 占总研究站的 89%, 表明辽宁省水稻减产率基本服从正态分布。各研究站点峰度偏度值如表 1 所示, 对于不符合正态分布的个别站点数据进行偏态分布正态化处理^[29]。

1.4 风险评价指标

按歉年和灾年两种年型, 选取减产率、减产率变异系数、不同减产风险的概率 3 种指标对辽宁水稻减产风险进行评价。并将歉年定义为相对气象产量小于零的年份, 即歉收年份; 灾年定义为相对气象产量小于 5% (减产率大于 5%) 的年份。

1.4.1 歉年减产率指标

相对气象产量是一个相对值, 表明实际粮食单产偏离趋势产量的程度。当实际产量低于趋势产量, 即相对气象产量为负值时为减产, 实际单产低于趋势产量的百分率称为“减产率”^[30]。对于某一相对气象产量 $\{x_i\}$, 定义 $x_i = 0.0\%$ 为丰歉临界值, $x_i < 0.0\%$ 的年份为歉收年份; $x_i = 5.0\%$ 为成灾临界值, $x_i < -5.0\%$ 的年份

为成灾年份^[26],则平均减产率为:

$$P = (\sum_{i=1}^n x_i) / n \quad (9)$$

式中, x_i 和 n 分别为不同年型对应的相对产量序列和年数。当 n 为歉收年份的年数时,得到歉年平均减产率,当 n 为成灾年份时,得到灾年平均减产率。本研究采用歉年平均减产率结合其他因子进行风险区划。

表 1 研究站点相对气象产量正态性检验偏度-峰度值

Table 1 The values of skewness and kurtosis of normality test of relative meteorological yield array in this study region

站点 Region	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	样本数 Sample size	站点 Site	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis	样本数 Sample size
鞍山**	-0.59	-1.81	31	宽甸**	-0.25	-1.05	29
北镇**	-0.48	0.96	28	辽阳**	0.00	-1.83	29
北票**	0.26	-1.78	28	辽阳县**	-0.77	0.36	29
本溪**	-0.15	-1.65	29	辽中**	-0.18	0.71	27
本溪县**	0.10	-1.88	30	凌海**	-0.34	-1.51	29
昌图**	0.41	0.38	30	盘山	-0.18	2.88	32
金州**	-0.33	1.09	28	普兰店**	-0.72	1.71	31
大石桥	-2.06	5.56	32	清原**	-0.77	1.75	31
大洼**	0.75	1.37	31	沈阳	-1.10	0.68	30
丹东	-1.01	0.29	28	绥中**	-0.47	-1.92	31
灯塔**	-0.17	0.73	28	台安**	0.00	0.03	32
东港**	-0.32	-1.75	29	调兵山**	-0.73	-1.50	29
法库**	0.08	-1.83	31	铁岭**	-0.49	0.58	30
凤城**	-0.13	-1.92	29	铁岭县**	-0.85	0.91	28
抚顺**	-0.21	-1.80	32	瓦房店**	-0.90	0.77	29
抚顺县**	-0.70	0.04	31	西丰**	-0.53	-1.79	30
阜新	1.18	3.45	27	新宾**	-0.82	0.82	32
盖州**	-0.48	-1.85	29	新民**	-0.54	0.36	30
海城**	-0.94	2.18	30	兴城**	0.14	-1.94	28
黑山**	0.60	1.25	28	岫岩**	-0.49	-1.92	32
桓仁**	-0.48	-1.58	29	营口**	-0.10	-1.72	30
建平**	-0.58	0.14	28	彰武**	0.09	-1.59	28
开原**	-0.88	0.45	28	庄河**	-0.96	1.37	30
康平**	-0.40	0.61	30				

注: ** 表示通过 $\alpha=0.01$ 水平的正态检验

1.4.2 灾年减产率变异系数

减产率变异系数是反映某地区水稻产量是否稳定的指标,用减产率的幅度偏离其平均值的程度来表示,其值越大代表产量的年际波动越大,产量越不稳定。本研究采用灾年(减产率大于 5%)减产率变异系数结合其他因子进行风险区划。

$$V = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)}}{\bar{x}} \quad (10)$$

变异系数 V 表示产量偏移平均值的程度, x_i 某年型减产率序列, \bar{x} 为相应年型平均减产率, n 为该年型年数。

1.4.3 不同减产风险的概率指标

风险概率指标是指根据分布函数曲线计算的粮食单产不同增产率和减产率出现的概率。本研究采用年

减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率结合其他因子进行风险区划,风险概率正态分布函数为:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx \quad (11)$$

则随机变量 x 在区间 (x_1, x_2) 内发生的概率为:

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \quad (12)$$

1.5 风险区划方法

K-平均聚类算法是动态聚类方法的一种,其基础是误差平方和准则^[31]。动态聚类方法通过选定某一距离量度作为样本之间的相似度量度确定准则函数,然后给定某个初始分类,用迭代算法找出使准则函数取极值的最好聚类结果^[32]。

本研究以辽宁省 47 个县(市)为样本集,每个样本选取:歉年平均减产率、灾年(减产率大于 5%)减产率变异系数和年减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率 3 个指标,作为评价水稻单产减产的风险要素,采用 K-平均聚类算法将辽宁省分为低、中、较高、高四类水稻单产减产风险区^[26]。

2 结果与分析

2.1 水稻单产风险指标的分布规律

2.1.1 水稻单产歉年减产率的分布

根据统计得到辽宁省 47 个县(市)水稻单产的歉年平均减产率的结果,按减产率的高低分为 3 个级别(表 2,图 1):低值区(4.6%—8.99%)、中值区(8.99%—13.12%)、高值区(13.12%—17.51%)。低值区的县(市)有 13 个,中值区县(市)有 17 个和高值区的县(市)有 17 个。其中低值区主要分布于辽宁中部,中值区主要分布在辽宁中部、东北和东南地区,高值区主要分布于辽宁西部、东北部及南部,总体呈中部、东部低,向东北西南增高的趋势。由于水稻单产灾年减产率不是研究的风险区划因子,故略去。

表 2 水稻单产歉年平均减产率的分布

Table 2 Distribution of average reduction rate of rice yield per unit in lean years

区号 Partition number	级别 Level	减产率/% Reduction rate	分布的地区个数 The number of distributed areas	地区名 Area name
I	低值区	4.6—8.99	13	鞍山、北镇、本溪县、大洼、灯塔、抚顺、辽阳、辽中、凌海、盘山、铁岭、彰武、庄河
II	中值区	8.99—13.12	17	本溪、金州、东港、凤城、盖州、海城、黑山、建平、开原、康平、宽甸、辽阳县、普兰店、清原、沈阳、新民、岫岩
III	高值区	13.12—17.51	17	北票、昌图、大石桥、丹东、法库、抚顺县、阜新县、桓仁、绥中、台安、调兵山、铁岭县、瓦房店、西丰、新宾、兴城、营口

2.1.2 水稻单产灾年减产率变异系数的分布

根据统计得到辽宁省 47 个县(市)水稻单产的灾年减产率变异系数的结果,按减产率变异系数的高低分为 3 个级别(表 3,图 2):低值区(0.251—0.471)、中值区(0.806—0.966)、高值区(0.603—0.965)。低值区的县(市)有 12 个,中值区的县(市)有 16 个、高值区的县(市)有 19 个。其中低值区主要分布于辽宁中部、东部,中值区主要分布于辽宁中部、北部和东南部,高值区主要分布于西部、中南部和东北部。水稻单产的灾年减产率变异系数具有西北—东南方向条带状分布特点,中部、东部变异系数最小,整体向西南、东北方向递增的趋势。此外,灾年平均减产率和灾年减产率变异系数的大小的分布并不一致甚至相反,例如丹东、桓仁、沈阳等地区的平均减产率较大而变异系数则较小,而康平、普兰店、清原等地的平均减产率较小而变异系数较大。由于水稻单产歉年减产率变异系数不是研究的风险区划因子,故略去。

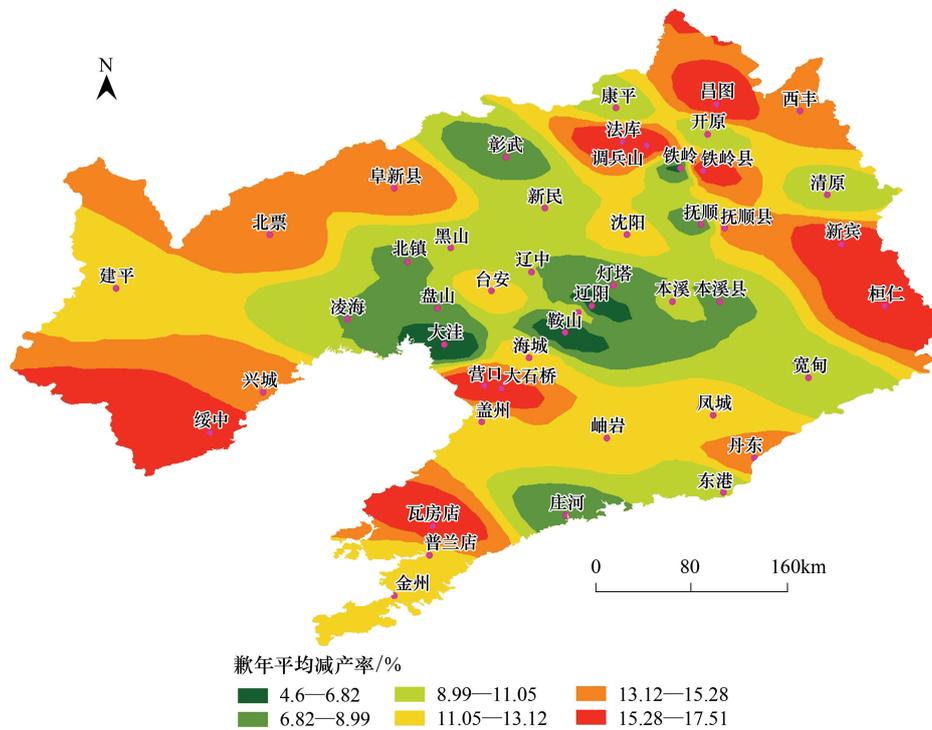


图 1 水稻单产歉年平均减产率的分布

Fig.1 Distribution of average reduction rate of rice yield per unit in lean years

表 3 水稻单产灾年减产率变异系数的分布

Table 3 Distribution of variation coefficient of rice yield per unit in disaster years

区号 Partition number	级别 Level	变异系数 Variation coefficient	分布的地区个数 The number of distributed areas	地区名 Area name
I	低值区	0.251—0.471	12	鞍山、本溪、本溪县、大洼、抚顺、桓仁、宽甸、辽阳、凌海、沈阳、铁岭、彰武
II	中值区	0.471—0.603	16	昌图、丹东、灯塔、东港、法库、凤城、抚顺县、阜新县、黑山、辽中、台安、调兵山、西丰、兴城、岫岩、营口
III	高值区	0.603—0.965	19	北票、北镇、金州、大石桥、盖州、海城、建平、开原、康平、辽阳县、盘山、普兰店、清原、绥中、铁岭县、瓦房店、新宾、新民、庄河

2.1.3 水稻单产减产率≥5%的风险概率分布

根据统计得到辽宁省 47 个县(市)水稻单产的减产率大于 5% 的风险概率结果,按风险概率的高低分为 3 个级别(表 4,图 3):低值区(22.2%—29.03%)、中值区(29.03%—35.86%)、高值区(35.86%—42.7%)。低值区的县(市)有 3 个,中值区的县(市)有 19 个、高值区的县(市)有 25 个。其中低值区主要分布于辽宁中部,中值区主要分布于中部、北部、东南,高值区主要分布于东北、西部、南部,整体呈中间低,四周高的特点。从个级别的地区个数来看,辽宁绝大部分地区水稻单产减产率大于 5% 的风险概率都处于较高水平,且灾年减产率大的地区发生减产的概率也大。

2.1.4 水稻单产减产率≥10%的风险概率分布

根据统计得到辽宁省 47 个县(市)水稻单产的减产率大于 10% 的风险概率结果,按风险概率的高低分为三个级别(表 5,图 4):低值区(5.4%—14.71%)、中值区(14.71%—24%)、高值区(24.11%—33.3%)。低值区的县(市)有 4 个,中值区的县(市)有 21 个、高值区的县(市)有 22 个。其中低值区主要分布于辽宁中部及北部个别地区,中值区主要分布于西部以外的其他地区,高值区主要分布于东北、西部及南部等边缘地区,总体

分布情况与灾年风险概率相似。

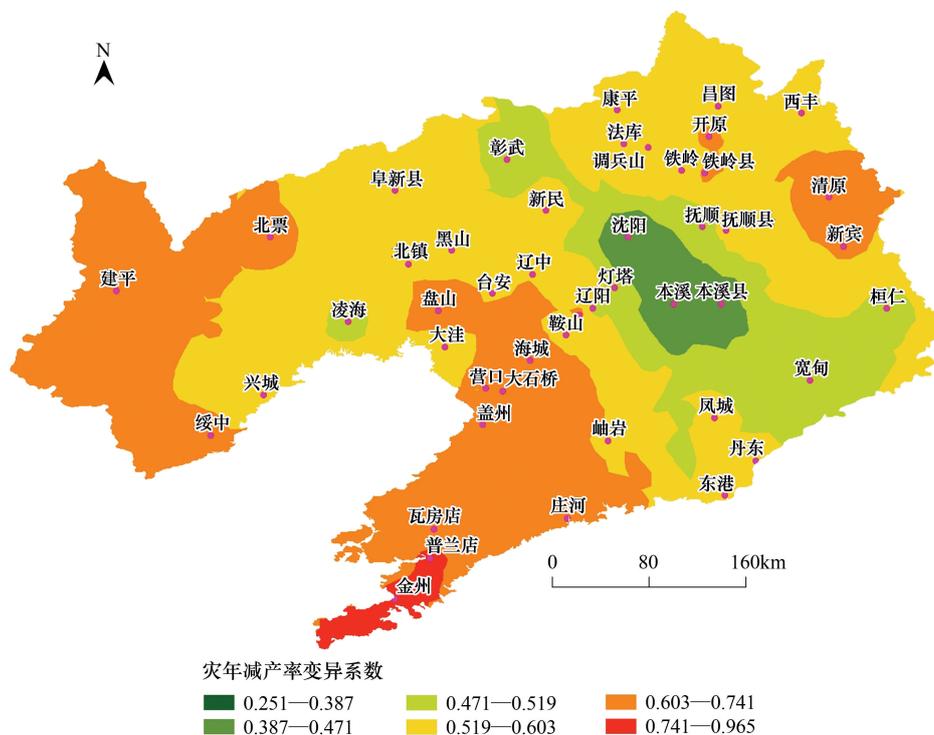


图 2 水稻单产灾年减产率变异系数的分布

Fig.2 Distribution of variation coefficient of rice yield per unit in disaster years

表 4 水稻单产减产率≥5%的风险概率

Table 4 The probability of more than 5% reduction rate of rice yield per unit

区号 Partition number	级别 Level	风险概率/% Probability	分布的地区个数 The number of distributed areas	地区名 Area name
I	低值区	22.2—29.03	3	鞍山、大洼、辽阳
II	中值区	29.03—35.86	19	北镇、本溪、本溪县、丹东、灯塔、东港、抚顺、抚顺县、开原、康平、宽甸、辽中、凌海、盘山、清原、沈阳、铁岭、彰武、庄河
III	高值区	35.86—42.7	25	北票、昌图、金州、大石桥、法库、凤城、阜新县、盖州、海城、黑山、桓仁、建平、辽阳县、普兰店、绥中、台安、调兵山、铁岭县、瓦房店、西丰、新宾、新民、兴城、岫岩、营口

表 5 水稻单产减产率≥10%的风险概率

Table 5 The probability of more than 10% reduction rate of rice yield per unit

区号 Partition number	级别 Level	风险概率/% Probability/%	分布的地区个数 The number of distributed areas	地区名 Area name
I	低值区	5.4%—14.71%	4	鞍山、大洼、辽阳、铁岭
II	中值区	14.71%—24.11%	21	北镇、本溪、本溪县、丹东、灯塔、东港、抚顺、抚顺县、开原、康平、宽甸、辽中、凌海、盘山、清原、沈阳、西丰、新民、岫岩、彰武、庄河
III	高值区	24.11%—33.3%	22	北票、昌图、金州、大石桥、法库、凤城、阜新县、盖州、海城、黑山、桓仁、建平、辽阳县、普兰店、绥中、台安、调兵山、铁岭县、瓦房店、新宾、兴城、营口

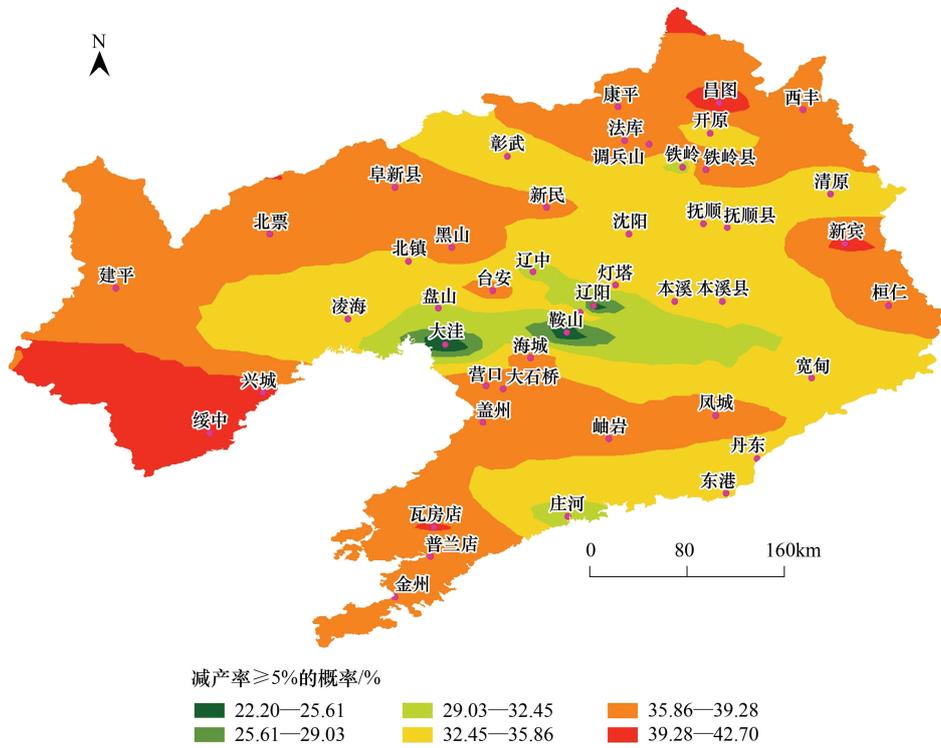


图 3 水稻单产减产率 $\geq 5\%$ 的风险概率

Fig.3 The probability of more than 5% reduction rate of rice yield per unit

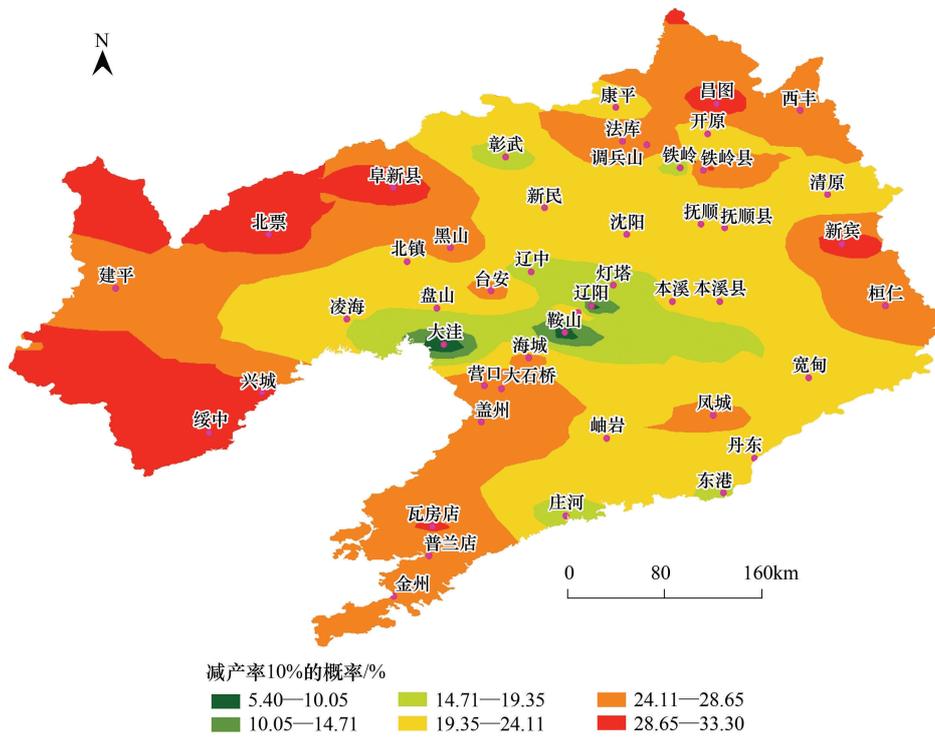


图 4 水稻单产减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率

Fig.4 The probability of more than 10% reduction rate of rice yield per unit

2.2 辽宁水稻产量的灾害风险区划

选取歉年平均减产率、灾年减产率变异系数和年减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率 3 个指标作为评价水稻单产减产的风险要素。采用 K-平均聚类算法将辽宁省分为低、中、较高、高 4 类水稻单产减产风险区,每类风险区划分标准及分布情况见表 6 和图 5。

表 6 辽宁水稻单产减产风险分区指标

Table 6 Risk regionalization index of rice yield per unit in Liaoning

区号 Partition number	风险程度 Degree of risk	聚类中心 Cluster Center			分布的地区个数 The number of distributed areas
		歉年平均减产率 Average reduction rate in lean years	灾年变异系数 Variation coefficient in disaster years	年减产率 $\geq 10\%$ 的风险概率 Probability of more than 10% reduction rate	
I	低	5.227	0.379	8	4
II	中	8.932	0.559	19.413	15
III	较高	12.173	0.627	24.873	15
IV	高	16.382	0.599	30.008	13

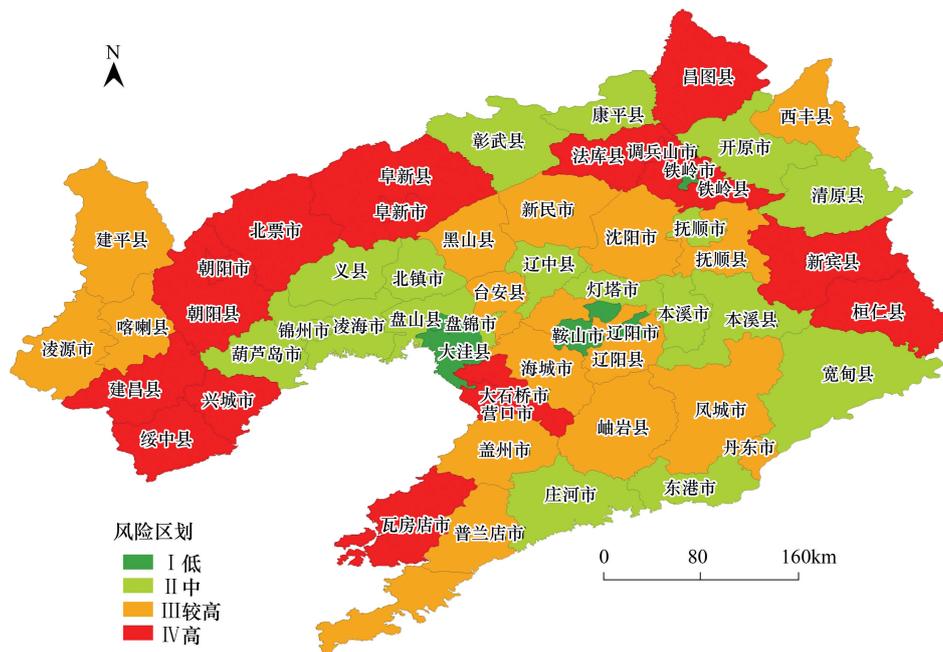


图 5 辽宁省水稻产量灾害风险区划

Fig.5 Risk regionalization of rice yield in Liaoning

可以看出(图 5),辽宁省水稻单产减产风险区划可以看出,辽宁省水稻单产减产风险区呈整体分散,小面积聚集连片的特点。辽宁省西部和东北地区为水稻减产高风险区,辽宁中南部地区为水稻减产较高风险区,而中、低风险区主要分布在辽宁中部、东南部。

3 讨论

3.1 辽宁水稻产量风险区划合理性分析

本研究表明,辽宁省水稻产量灾害风险的高风险区主要集中在辽宁西部、东北部,较高风险区主要位于辽宁中南部地区,风险区划结果与近期气候变化、农业气象灾害分布的研究成果相吻合。

自建国以来,辽宁省平均每 1.24 年发生一次旱灾,其中 70% 为春旱,尤其是辽西的锦州、朝阳、阜新等地

素有“十春九旱”之说^[33]。辽西地区处在北半球中纬度地带,为温带大陆性季风气候,属于亚干旱气候区,高空盛行西风。从西或西北方向来的干冷空气占据该区上空,阻挡了南来的暖湿空气,对降水产生的过程极为不利^[34]。水稻播种的关键季节是四到五月,此期间辽西地区降水量少,30%—40%的年份不能满足农作物出苗、育苗需要,春旱经常发生,抗春旱、保全苗是这一地区农业保产量,夺丰收的重点^[35]。

属于较高风险区的辽宁中南部地区,虽在干旱强度上不及辽西地区,却是辽宁受东北地区降水量变化影响最为明显的区域^[36]。降水资源的减少和格局的变化不仅使该地区可利用的降水资源严重匮乏,还引起旱涝交替频繁,极端降水事件频发。如大连、锦州、营口等沿海地区已出现地下水采补失调,海水大面积倒灌,中南部地区旱涝交替的异常现象,都在不同程度增加了当地粮食生产的不稳定性和减产风险^[37],使该地成为粮食生产风险较高区。近年来,辽中南地区经常发生伏旱,降水总量少,高温持续时间长,受灾面积大^[33]。伏旱往往发生在该地区水稻的分蘖期、孕穗期、抽穗期,水分不足影响到水稻分蘖、颖花发育,造成水稻减产。

因此针对水稻生产区干旱,可以采取以下措施:(1)表层松土,提高土壤水的入渗能力和蓄水保水能力;(2)推广节水灌溉,采取地膜、秸秆覆盖技术,减少地面水分的蒸发;(3)使用干旱抑制剂或保水剂,提高土壤的保水保肥能力;(4)开源节流,提前蓄水。可以在适合的地方修建方塘,拦河截潜,合理蓄积雨水洪水,以备旱时使用;(5)在水稻品种的选择上,应尽量选择耐旱、生长期短的品种,对播种期进行调整。

在气候向暖干化发展的同时,夏季低温冷害的影响仍不能忽视,水稻低温冷害在今后相当长的时期内,仍然是辽宁地区主要农业气象灾害之一^[38]。由于地处我国较高纬度地区,受地形地势等因素的影响,辽宁东部山区的活动积温明显小于同纬度的平原地区,持续低温指数在辽宁东北部最高,与水稻产量呈明显的负相关关系,是该区水稻减产的主要原因^[39]。其中延迟型冷害主要发生在辽宁省北部和东部山区,因其发生在水稻作物营养生长阶段而引起水稻生育延迟,导致晚期不能正常成熟而歉收。而障碍型冷害多发生在辽宁西部山区,因其发生在水稻生殖生长阶段,造成水稻不能健全发育,形成空壳秕粒而减产^[40]。为了减轻水稻低温冷害的影响,可以采取以下措施:(1)在水稻品种的选择上,选取耐冷害品种,调整种植结构,减少偏晚熟品种的种植比例;(2)在耕作方面采用地膜覆盖、烟熏等保暖措施,减轻低温冷害对水稻的影响;(3)采取提前灌水,深水护胎灌溉,使穗分化部分免受低温危害。

通过对各地区局地气候和气象灾害的分析可以看出,辽宁省气候变化明显、气象灾害严重的区域与研究高风险区相吻合,气候变化趋势和局地气候可以很好的解释水稻的减产风险。而位于水稻产量灾害风险中、低风险区的辽宁中部和东部地区,处于农业气象灾害的相对低发区,光热条件适中,降雨充沛^[41],与风险较高值的地区相比更有利于作物的生长,证实本研究风险区域的划分与实际情况相符。本研究结果与已有相关研究结论基本相符的同时也存在一定程度上的差异。如李凤新^[42]、江和文等^[43]对辽宁水稻灾损的区划研究将抚顺、铁岭及锦州地区划为高风险区,鞍山、营口、盘锦等地列为低风险区,这与本研究结果大体相同,但在各地区风险值大小的排序上存在差异。研究结果的差异主要与指标的选取和计算方法、选取的数据年代及研究范围尺度的不同有关。此外,气候变化具有年际间起伏、渐变和突变的特点,区域性和季节性变化明显^[44],因此对于分析地形等小气候对产量的影响还需要进一步深入研究。

3.2 水稻产量风险区划可为农业保险研究提供参考

农业灾害保险是减灾对策中对抗农业风险的极好方式,起到风险损失分摊的作用,使受灾农户具有对抗农业风险的能力^[26]。研究农业保险首先要进行农业保险区划,作为农业灾害保险技术的重要内容和依据,保险区划需要建立在作物减产频率和危险程度的研究上^[45]。在保险费率的制定上,运用历史产量数据构建产量风险模型来计算保险费率是农业保险理论研究和业务应用中普遍采用的方法,即通过研究当地趋势产量和实际产量的关系,对农业减产率进行分析来厘定了各分布假设下各农场的纯费率^[46]。由此可见,农业保险的发展需要大量农业产量灾害风险研究作为支撑,两者具有很高的关联性。以本研究为例,通过分析全省各县市水稻平均减产率及波动程度(变异系数)以及不同减产率下的风险概率,可以得到各地区不同分布假设下的保险费率。而水稻单产灾害风险区划的结果与气候变化、农业气象灾害分布的相吻合,满足农业保险区划

与产量形成的主要灾害区域相似的原则,能够为辽宁水稻灾害保险区划提供参考。

4 结论

本研究基于辽宁省 47 个县(市)1980—2011 年的水稻单产歉年、灾年的平均减产率、减产率变异系数,并结合 5% 和 10% 两种减产率等级下的风险概率,从水稻产量及不同减产程度的风险出现概率对水稻产量风险进行评价与区划。主要结论有:

(1) 歉年平均减产率的低值区主要分布于辽宁中部,中值区主要分布在辽宁中部、东北和东南地区,高值区主要分布于辽宁西部及周边地区,整体上呈中间低、四周高的特点。

(2) 水稻单产的灾年减产率变异系数分布在低值和中值区有所差异,而高值区都分布于西部、中南部和东北部。且减产率变异系数与平均减产率分布并不一致,减产率变异系数高的地区多是平均减产率低的地区。

(3) 减产率大于 5% 和 10% 的风险概率其中低值区主要分布于辽宁中部,中值区主要分布于中部、北部、东南,高值区主要分布于东北、西部、南部,整体呈中间低,四周高的特点。

(4) 辽宁省水稻产量灾害风险区划上将辽宁划分为低、中、较高、高 4 个风险区,不同等级风险区域呈整体上分散,小面积连片的特点。辽宁西部、东北部为高风险区,中南部地区为较高风险区,而辽宁中部、东南部为中、低风险区。区划结果与辽宁省气候变化趋势、气象灾害分布相吻合,可以很好的解释水稻产量的减产风险。可为辽宁水稻灾害保险研究提供参考。

参考文献 (References):

- [1] 王健. 东北地区水稻低温冷害风险评估[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [2] 王晾晾, 杨晓强, 李帅, 朱海霞, 王萍, 纪仰慧, 姜丽霞. 东北地区水稻霜冻灾害风险评估与区划. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 40-45.
- [3] 房世波, 阳晶晶, 周广胜. 30 年来我国农业气象灾害变化趋势和分布特征. 自然灾害学报, 2011, 20(5): 69-73.
- [4] 房世波, 韩国军, 张新时, 周广胜. 气候变化对农业生产的影响及其适应. 气象科技进展, 2011, 1(2): 15-19.
- [5] 翟盘茂, 王萃萃, 李威. 极端降水事件变化的观测研究. 气候变化研究进展, 2007, 3(3): 144-148.
- [6] 丁一汇, 张锦, 宋亚芳. 天气和气候极端事件的变化及其与全球变暖的联系——纪念 2002 年世界气象日“减低对天气和气候极端事件的脆弱性”. 气象, 2002, 28(3): 3-7.
- [7] 张继权, 严登华, 王春乙, 刘兴朋, 佟志军. 辽西北地区农业干旱灾害风险评价与风险区划研究. 防灾减灾工程学报, 2012, 32(3): 300-306.
- [8] 李帅, 王晾晾, 陈莉, 姜丽霞, 张洪杰, 覃雪. 黑龙江省玉米低温冷害风险综合评估模型研究. 自然资源学报, 2013, 28(4): 635-645.
- [9] 李晓, 何鹏, 林正雨, 杜兴端, 蔡臣. 农业干旱灾害风险评价与风险区划研究——以川南地区为例. 农业技术经济, 2014, (9): 116-121.
- [10] Zhang D, Wang G L, Zhou H C. Assessment on Agricultural Drought Risk Based on Variable Fuzzy Sets Model. Chinese Geographical Science, 2011, 21(2): 167-175.
- [11] 高晓容. 东北地区玉米主要气象灾害风险评估研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2012.
- [12] 蔡菁菁. 东北地区玉米干旱、冷害风险评价[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2013.
- [13] Adger WN. Vulnerability. Glob Environ Change, 2006, 16: 268-281.
- [14] 张星, 张春桂, 吴菊薪. 农业气象灾害综合评价中权重确定方法的研究. 中国农学通报, 2008, 24(11): 448-452.
- [15] 陈怀亮, 邓伟, 张雪芬, 邹春辉. 河南小麦生产农业气象灾害风险分析及区划. 自然灾害学报, 2006, 15(1): 135-143.
- [16] 蔡菁菁, 王春乙, 张继权. 东北地区玉米不同生长阶段干旱冷害危险性评价. 气象学报, 2013, 71(5): 976-986.
- [17] 林晓梅, 岳耀杰, 苏筠. 我国冬小麦霜冻灾害致灾因子危险度评价——基于作物生育阶段气象指标. 灾害学, 2009, 24(4): 45-50.
- [18] Sonmez F K, Komuscu A U, Erkan A, Turgu. An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardized Precipitation Index. Natural Hazards, 2005, 35(2): 243-264.
- [19] Hao L, Zhang X Y, Liu S D. Risk assessment to China's agricultural drought disaster in county unit. Nat Hazards, 2012, 61(2): 785-801.
- [20] 房世波, 齐月, 韩国军, 周广胜, Cammarano D. 1961—2010 年中国主要麦区冬春气象干旱趋势及其可能影响. 中国农业科学, 2014, 47(9): 1754-1763.

- [21] 林贵美, 李小泉, 江文, 李贤高, 张进忠. 2011年云南省香蕉寒害调查. 中国热带农业, 2011, (6): 50-52.
- [22] 林善枝, 陈晓敏, 蔡世英, 周倩苹. 低温锻炼对香蕉幼苗能量代谢和抗冷性效应的研究. 热带作物学报, 2001, 22(2): 17-22.
- [23] 何秀丽, 张平宇, 刘文新. 东北地区粮食单产的时序变化及影响因素分析. 农业现代化研究, 2006, 27(5): 360-363.
- [24] 王雨, 杨修. 黑龙江省水稻气象灾害损失评估. 中国农业气象, 2007, 28(4): 457-459.
- [25] 曹杰, 周兆基, 崔海荣. 徐州市农业气象灾害风险评估及区划//中国环境科学学会. 中国环境科学学会 2012 学术年会论文集. 北京: 中国环境科学学会, 2012: 924-930.
- [26] 李世奎. 中国农业灾害风险评价与对策. 北京: 气象出版社, 1999.
- [27] 房世波. 分离趋势产量和气候产量的方法探讨. 自然灾害学报, 2011, 20(6): 13-18.
- [28] 薛昌颖, 霍治国, 李世奎, 叶彩玲. 华北北部冬小麦干旱和产量灾损的风险评估. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 131-139.
- [29] 秦建侯, 邓勃, 王小芹. 分析测试数据统计处理中计算机的应用. 北京: 化学工业出版社, 1990.
- [30] 王素艳, 霍治国, 李世奎, 卢志光, 薛昌颖. 北方冬小麦干旱灾损风险区划. 作物学报, 2005, 31(3): 267-274.
- [31] 陈平生. K-means 和 ISODATA 聚类算法的比较研究. 江西理工大学学报, 2012, 33(1): 78-82.
- [32] 边肇祺, 张学工. 模式识别(第二版). 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [33] 蒋伟. 全球变化背景下辽宁省自然灾害发展趋势[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2007.
- [34] 王洪岩, 宗英飞, 张国林. 辽宁朝阳干旱成因及防御措施. 安徽农业科学, 2006, 34(10): 2230-2232.
- [35] 黄玉贞, 张玉龙, 王芳. 阜新地区干旱发生规律研究. 气象与环境学报, 2010, 26(2): 45-49.
- [36] 赵秀兰. 近 50 年中国东北地区气候变化对农业的影响. 东北农业大学学报, 2010, 41(9): 144-149.
- [37] 吴海燕, 孙甜田, 范作伟, 赵兰坡. 东北地区主要粮食作物对气候变化的响应及其产量效应. 农业资源与环境学报, 2014, 31(4): 299-307.
- [38] 马树庆, 王琪, 王春乙, 霍治国. 东北地区水稻冷害气候风险度和经济脆弱度及其分区研究. 地理研究, 2011, 30(5): 931-938.
- [39] 王艳华, 任传友, 韩亚东, 张菁, 张文忠, 黄瑞冬. 东北地区活动积温和极端持续低温的时空分布特征及其对粮食产量的影响. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1742-1748.
- [40] 张鑫. 辽宁省自然灾害的第四纪环境背景研究[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2005.
- [41] 孙风华, 杨素英, 陈鹏狮. 东北地区近 44 年的气候暖干化趋势分析及可能影响. 生态学杂志, 2005, 24(7): 751-755, 762-762.
- [42] 李凤新. 辽宁省水稻产量灾损风险评估及对策. 沈阳师范大学学报: 自然科学版, 2012, 30(3): 414-418.
- [43] 江和文, 张录军, 曹士民, 郭婷婷, 廖晶晶, 张丽敏. 辽宁省主要粮食作物产量灾损风险评估. 干旱地区农业研究, 2011, 29(4): 238-244.
- [44] 王绍武, 叶瑾琳, 龚道溢, 朱锦红, 姚檀栋. 近百年中国年气温序列的建立. 应用气象学报, 1998, 9(4): 392-401.
- [45] 任义方. 农业气象指数保险方法研究——以河南冬小麦干旱为例[D]. 北京: 中国气象科学研究, 2011.
- [46] 李思佳. 基于灾害风险分析的农业气象指数保险研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2013.