

盘锦水稻产量灾损风险及气象影响因子分析

江和文^{1,2} 李 春³ 曹士民² 杨文艳²

(1. 南京大学大气科学系, 南京 210093; 2. 辽宁盘锦市气象局; 3. 天津市气候中心)

提 要: 应用滑动平均模拟方法, 计算了盘锦地区 1977—2006 年 30 年水稻趋势单产, 并据此求出气象产量。以减产率 $> 5.0\%$ 界定灾年, 分别从不同气象灾害损失等级出现的概率、变异系数等角度综合分析了盘锦地区水稻生产的灾损风险。并通过计算水稻产量与各气象因子的相关关系, 寻找影响水稻产量的主要气象因子和气象灾害。结果显示: 盘锦地区水稻产量波动随着农业生产水平的提高而减小, 盘山县的灾损风险大于全市水平; 热量条件的丰欠是造成盘锦地区产量波动的主要原因, 其中 5—10 月 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温, 5、6 月份的平均气温及 9 月份平均最高气温对产量影响显著; 而在 5 月、6 月和 9 月该地区的主要农业气象灾害是低温冷害, 这与实际相当吻合。

关键词: 水稻产量 灾损风险 气象因子

Analysis of Risks of Rice Yield Loss Caused by Natural Disasters and Meteorological Factors Affecting Rice Production in Panjin, Liaoning

Jiang Hewen^{1,2} Li Chun³ Cao Shimin² Yang Wenyan²

(1. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093;
2. Panjin Meteorological Office, Liaoning Province; 3. Climate Center of Tianjin City)

Abstract: Moving average is applied to simulate the rice yield ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) of Panjin region, Liaoning in the past three decades (1977—2006). On this basis, the meteorological yield in this period is estimated. A disaster year is defined as one with a rice yield reduction rate higher than 5%. Then the risks of rice yield loss in Panjin caused by natural disasters are comprehensively analyzed from aspects of the yield reduction probability, the coefficient of variation, and etc. The correlation between rice yield and meteorological factors is also analyzed to find out the key factors and disasters that affect rice yield. Results show that the fluctuation of rice yield in Panjin decreases with the advancement in agricultural production. Panshan county has a higher risk of rice yield loss than the average level of the whole city. Heat condition is the main reason for fluc-

tution of rice yield in Panjin, because data analysis shows significant correlation between the yield of rice and the accumulated temperature of days with mean temperature $\geq 10^{\circ}\text{C}$ from May to October, the monthly mean temperature of May and June, and the mean maximum temperature of September. The major agricultural meteorological disaster in May, June and September in Panjin is low temperature. This is in good agreement with the actual observation.

Key Words: rice yield risk of rice yield loss caused by natural disasters meteorological factors

引言

近年来,在全球气候变暖为主要特征的气候变化背景下,极端天气气候事件增加,气象灾害发生的频率和强度呈现明显上升的态势,气象条件对农业生产的影响也越来越被人们所重视^[1-2]。风险分析技术是一种通过探讨作物产量灾损规律,来制定防灾和减灾决策降低灾损风险程度,并对实现稳产增收有重要意义的方法。近年来,有关全国、省级以及地区级的粮食作物及部分地区级的稻、麦产量风险分析和风险区划已取得一些成果^[3-9]。但在基于县级水稻单产的产量灾损风险分析、并结合气象资料找出对作物减产造成较大影响的灾害类型等方面还鲜有报道。本文以我国重要的优质稻米生产基地盘锦为研究对象,通过对水稻历史产量资料的分析,评价了该地区的水稻产量灾损风险,并结合当地的气候条件,找出影响水稻产量的气象因子,为盘锦地区的农业防灾减灾提供科学的气象服务保障。

1 资料与方法

1.1 研究地点与资料来源

盘锦市地处辽河下游,渤海之滨,属暖温带大陆性半湿润季风气候区,春秋两季气温升降速度较快,无霜期 171 天,光照充足^[10-11],是我国重要的商品粮生产基地。水

稻的年平均种植面积约 10 万 hm^2 ,占全市粮食种植面积的 90% 以上,年产量 100 多万吨。

研究所需的水稻产量资料取自市县统计部门的逐年单产($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)数据,共计 30 年(1977—2006)。其中,因为历史沿革原因,市辖区的水稻产量资料未做统计。由于资料选取区域内的种植结构比较单一、稳定,故将因品种等非气象因素造成的产量波动考虑为趋势产量变化,不再对产量资料做任何处理。本文的气象资料来自盘锦市气象局。

1.2 灾损风险评估指标及其计算方法

本文以减产率和减产程度、不同减产年型发生的概率、产量的变异系数等指标来评价水稻产量的灾损风险。

1.2.1 减产率与减产程度

作物产量(y_a)是社会条件、农业技术措施和气象条件综合作用的结果,常分离为时间趋势产量(y_t)和气象波动产量(y_w)两部分^[4-6]。本文以滑动平均模拟方法^[13]求算 y_t ,滑动时段长度为 3 年。 y_a 与 y_t 之差即为 y_w , y_w 与 y_t 之比称为相对气象产量(y)。当 y 为正值时,表明气象条件对作物生产总体有利,作物增产;负值时,表明气象条件对作物生产总体不利,作物减产,并将减产时, y 的绝对值百分率定义为减产率(y_w' ,%),即:

$$y_w' = \left| \frac{y_w}{y_t} \right| \times 100\% = \left| \frac{y_a - y_t}{y_t} \right| \times 100\% \quad (1)$$

在上述基础上求算市辖两县和全市

1977—2006 年 30 年的平均相对气象产量 (\bar{y})。以减产率 (y_w' , %) > 5.0% 定义为灾年^[4-5], 并以水稻生产灾年的平均减产率与全市灾年平均减产率之比来描述该县的灾年减产程度, 表达式如下:

$$I = \frac{\overline{y_w'}}{D} \quad (2)$$

式中 I 表征某县减产程度, D 为全市灾年平均减产率, $\overline{y_w'}$ 为某县灾年平均减产率, 若 $I > 1.0$, 则表明该地区灾年水稻平均减产率高于全市平均水平, 反之亦反。

1.2.2 不同减产年型发生的概率

参照盘锦地区水稻丰歉年标准^[11]和农业上划分灾害年型的方法, 依减产率将水稻减产年型划分为 4 个气象灾害损失等级, 分别为轻度、中度、重度和严重^[4,6,9], 对应的减产率依次为 $5.0\% < y_w' \leq 15.0\%$, $15.0\% < y_w' \leq 25.0\%$, $25.0\% < y_w' \leq 35.0\%$, $35.0\% < y_w'$ 。

各等级气象灾害损失发生的概率可以反映灾害的时间分布规律, 本文采用概率分布函数计算不同减产等级发生的概率。由于影响气象波动产量的各种气象因子的时间序列具有正态分布的特征, 即极端气象条件发生的概率较小, 一般气象条件发生的概率较多, 相对气象产量序列也基本服从正态分布^[6,9,12]。由于本文所用产量资料序列为 30 年, 符合大样本序列条件, 因此可建立用样本平均值 μ 代替总体数学期望, 用样本标准差 σ 代替总体方差的 y_w' 的概率密度函数^[12]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

根据概率分布函数的定义, 不同程度减产率 $x(x_1 < x \leq x_2)$ 出现的概率为:

$$p(x_1 < x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \quad (4)$$

1.2.3 水稻产量的变异系数

本文以水稻产量的变异系数^[6,9]表征历年水稻产量的波动情况:

$$C = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中, C 为变异系数, x_i 为水稻历年单产, \bar{x} 为历年水稻产量平均值, n 为样本容量 (本文为 30)。

1.3 影响水稻气象产量的气象因子分析

水稻产量除了受品种、耕作水平等因素的影响, 气象条件对其贡献也很大, 可将此部分的产量称为气象产量。气象产量的形成是各种气象因子综合作用的结果。为此分别取全年的 $\geq 10^\circ\text{C}$ 、 $\geq 15^\circ\text{C}$ 、 $\geq 20^\circ\text{C}$ 的有效积温, 5—10 月 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的有效积温, 5—10 月各月的平均气温, 5—10 月的总日照时数, 5—10 月的总降水量等气象因子, 利用相关系数法计算全市水稻气象产量与以上各气象影响因子之间的相关系数^[13], 以期找到对水稻气象产量影响最大的气象因子, 并据此结合实际找出影响水稻气象产量的气象灾害。相关系数的显著性水平取 $\alpha = 0.05$, 极显著水平取 $\alpha = 0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 相对气象产量的时间变化

从近 30 年的相对气象产量的时间变化情况来看 (图 1), 1988 年以前波动幅度大, 1989 年以后, 相对气象产量的波动性明显降低; 盘锦县的相对气象产量的波动性要明显高于大洼县。特别是从 1996 年以后, 相对气象产量的波动情况趋于平稳, 且波动的位相也趋于一致。

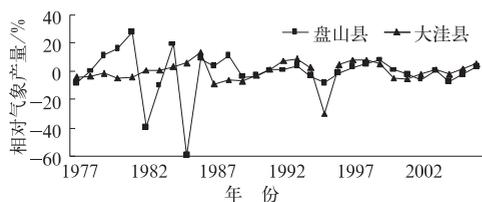


图1 盘锦地区1977—2006年相对气象产量年际变化

2.2 水稻产量的灾损风险指标

气象灾害导致的水稻产量灾损风险的大小是各种气象灾害因子综合影响的结果,灾年平均减产率在一定程度上可以反映一个地区多年因灾损失的总体程度,是反映地域灾害强弱的重要指标,也对应着水稻生产在灾害年份产量灾损的大小。

表1 水稻生产的灾害指标统计表

项目	盘山	大洼	全市
平均相对气象产量(\bar{y})/%	0.1	0.4	0.2
灾年平均减产率(\bar{y}_w)/%	17.2	9.9	7.6
灾年减产程度(D)/%	2.3	1.3	1

从表1可以看出,盘锦地区平均相对气象产量仅为0.1%~0.4%,基本为零,表明前面相对气象产量符合正态分布的假设是合理的。从灾年平均减产率来看,大洼县和全市的灾年平均减产率仅为轻度,而盘山县的灾年平均减产率达到了中度减产年型的标准,盘山县同时具有全市最低的平均相对气象产量之比和最大的灾年减产程度,说明出该地区灾年的水稻产量的波动性较大。

利用公式(3)和(4),计算得到近30年盘锦地区气象灾害损失等级概率分布情况如表2。

表2 盘锦市气象灾害损失等级概率分布情况表

减产年型	减产率/%	盘山	大洼	全市
轻度	$5.0 < y_w' \leq 15.0$	18.7	20.4	19.8
中度	$15.0 < y_w' \leq 25.0$	10.5	5.4	4.7
重度	$25.0 < y_w' \leq 35.0$	3.8	2.8	1.7
严重	$35.0 < y_w'$	2.1	0.4	0.3

从表2可以看到,在1977—2006年,全市出现轻度气象灾害损失的概率为19.8%,中度的为4.7%,重度和严重的气象灾害损失等级发生的概率较低,以轻度气象灾害损失等级为主。全市水稻生产中,减产率 $>5.0\%$ 的风险概率平均为26.5%,约4~6年一遇,而盘山县的灾害发生概率为35.1%,高于大洼县和全市平均水平,说明该县水稻生产的风险性要相对大一些。

2.3 变异系数

产量变异系数的大小在一定程度上综合体现了—个地区水稻生产受气象因子及其他生态环境条件影响的产量波动情况,同时也反映了一地抗灾能力的大小。变异系数大,说明产量波动大,抗灾能力差,灾损风险大^[9]。经计算得到:盘锦地区的变异系数为0.12~0.29,大洼低、盘山高,说明盘山县的农业抗灾能力较差,全市的变异系数要低于两县,这和前面的灾年减产程度(D)的计算结果相吻合。

2.4 影响水稻产量波动的气象因子及主要的气象灾害

在水稻生长发育过程中,虽说水、光、温的作用同等重要,但在不同的地域和年份,水、光、温因子所导致的产量波动的贡献是不同的。对于盘锦地区而言:水稻生产用水主要依赖上游水库供水,加之本地的农田水利设施建设较好,除严重春旱影响插秧或个别洪涝灾害年份外,大多数年份水稻产量不会因为“水”的问题而减产。光照时数与水稻产量波动的相关关系也未达到显著水平(见表3),表明光照的多寡不是导致盘锦地区水稻产量波动的原因,这是因为盘锦地处中高纬度的北方稻区,生长季内一般降水日数较少,光照充足,5—10月各月平均光照时数多在210小时以上,一般不存在光照不足的问题。

题^[16-18]。因此影响盘锦市水稻产量波动的气象因子是热量条件,这也和许多专家的研究结果相一致^[14,16]。

表 3 盘锦市水稻气象产量与气象因子的相关系数

相关系数	积温			平均气温/℃						5—10月	5—10月	
	10℃	15℃	20℃	10℃*	5月	6月	7月	8月	9月	10月	日照时数	降水量
	0.512*	0.498*	0.216	0.597**	0.514*	0.528*	0.215	0.143	0.373	0.158	-0.157	0.109

注:表中10℃*为5—10月 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的有效积温。*为相关显著,**为相关极显著

在热量条件中,影响气象产量的主要因子为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 和 $\geq 15^\circ\text{C}$ 的积温,特别是5—10月 $\geq 10^\circ\text{C}$ 的积温。这反映出盘锦市水稻生长季内积温不是很充裕。水稻产量与 $\geq 20^\circ\text{C}$ 积温相关不显著,表明该区域内水稻生理活动所需的温度条件一般都能满足。5、6月的平均气温与水稻产量的相关系数达到显著水平。从该区多年水稻栽培的实践来看,盘锦地区水稻的插秧期多在5月下旬到6月上旬,与5月份平均气温相关显著,说明秧苗质量和移栽期的气象条件对水稻产量有重要影响,因为该区5月份主要的农业气象灾害是低温冷害。6月份水稻进入分蘖期,温度条件对水稻的分蘖数有至关重要的影响。9月份的平均气温与水稻产量的相关性虽未达到 $\alpha=0.05$ 显著水平,但在 $\alpha=0.10$ 水平下显著。为此进一步讨论了9月份的平均最高气温与水稻产量的关系后发现,二者的相关系数为0.521,达到了显著水平。这说明该月温度条件对水稻产量的影响不是通过月平均气温表现出来的。因为9月份水稻进入灌浆期,这是产量形成的重要时期,昼夜温差大利于干物质的积累和产量的形成。

综合上述分析认为:气象条件影响盘锦地区水稻产量的关键时段为5月、6月和9月,主要通过5、6月份 $\geq 10^\circ\text{C}$ 、 $\geq 15^\circ\text{C}$ 的积温、月平均气温以及9月平均最高气温等气象因子表现出来。一般而言,由温度直接造成的气象灾害,在盘锦地区5月、6月和9月的主要表现形式为低温冷害^[11,16]。5月份,

如果揭棚时间不当,一旦遭遇低温就会严重影响秧苗质量;6月份,低温冷害多为延迟性冷害,导致水稻出穗延迟或成熟延迟;9月份若连续2天以上日平均气温 $< 15^\circ\text{C}$,就会影响灌浆速度,延迟成熟。所以,在水稻生产中应注意对低温冷害的防御,研究掌握冷害的农业气候规律,编制以冷害为中心的农业年景预报,做到合理引种,计划栽培;在低温天气影响期间,可以通过采取提高地温、水温等一些农业技术措施来抗灾。

3 结论与讨论

(1) 盘锦地区水稻近30年的相对气象产量的波动变化呈现出:在1988年以前,波动幅度大,1989年以后相对气象产量的变化波动幅度明显减小。其主要原因可能是,随着农业生产水平的提高和农业基础设施的兴建,农业的抗灾减灾能力有所提高;受近年气温升高的影响,水稻在其生育期内,遭受低温冷害的威胁也有一定程度的下降。

(2) 近30年中,盘锦地区的灾年减产年型,主要以轻度气象灾害损失的减产年型为主,中度气象灾害损失以上的减产年型出现的概率较低。

(3) 从灾年减产程度、灾害等级的概率分布、变异系数等综合反映的情况来看,盘山县水稻产量的灾损风险要高于大洼县,水稻产量的不稳定性大。

(4) 热量条件的丰欠对盘锦地区水稻产

量影响较大,在水稻的生育期内,其影响具有明显的阶段性,5月和6月的平均气温与水稻产量的相关显著,9月的平均最高气温与水稻产量相关显著。而影响该地区水稻产量的最主要的农业气象灾害是低温冷害。

生产愈发展,愈要精细地考虑环境条件,本研究是从水稻产量灾损角度建立的,结合气候资料和本地农业生产实际的综合风险评估指数模型,反映了盘锦地区水稻产量灾损风险的大小,揭示了该区水稻产量波动的气象原因。为促进盘锦地区水稻“稳产、高产”,农业防灾减灾提供了决策依据。

参考文献

- [1] 曾燕,邱新法,黄海智. 影响我国主要粮食作物产量的气象因子研究[J]. 气象,2002,28(9):36-40.
- [2] 陈惠,林添忠. 气候变化对福建冬种小麦生产的影响[J]. 气象,1999,25(6):23-26.
- [3] 刘玲,沙奕卓,白月明. 中国主要农业气象灾害区域分布与减灾对策[J]. 自然灾害学报,2003,12(2):92-97.
- [4] 薛昌颖,霍治国,李世奎,等. 北方冬小麦产量灾损风险类型的地理分布[J]. 应用生态学报,2005,16(4):620-625.
- [5] 霍治国,李世奎,王素艳,等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. 自然资源学报,2003,18(6):692-703.
- [6] 姜会飞,霍治国,潘学标,等. 中国小麦生产的区域比较气候风险研究[J]. 自然灾害学报,2006,15(3):58-65.
- [7] 李国旗,安树青,陈兴龙. 生态风险研究述评[J]. 生态学杂志,1999,18(4):57-64.
- [8] 王素艳,霍治国,李世奎,等. 北方冬小麦干旱灾损风险区划[J]. 作物学报,2005,31(3):267-274.
- [9] 刘荣花,朱自玺,方文松,等. 华北平原冬小麦干旱灾损风险区划. 生态学杂志,2006,25(9):1068-1072.
- [10] 曹士民,江和文,员影,等. 盘锦春季旱涝特征分析[J]. 安徽农业科学,2007,35(30):9652-9653.
- [11] 赵芳文,李彦彪. 盘锦市应用气候手册[M]. 北京:气象出版社,1999:23-29.
- [12] 魏叔秋. 农业气象统计[M]. 福州:福建科学技术出版社,1985:122-148.
- [13] 杨继武. 农业气象预报和情报[M]. 北京:气象出版社,1994:45-68.
- [14] 杨永歧,徐凤莉. 水稻生产年景气候影响评价方法[J]. 辽宁气象,1991(4):10-15.
- [15] 王延贵,潘成英. 济宁地区水稻生产与气象因子关系分析[J]. 气象,1998,23(9):43-45.
- [16] 崔锦,李辑,张爱忠,等. 东北夏季低温的研究进展[J]. 气象,2007,33(4):3-9.