

杨丽桃. 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害风险区划研究 [J]. 灾害学, 2019, 34(3): 109 – 113. [YANG Litao. Risk zoning of autumn frost disaster for potato in Inner Mongolia [J]. Journal of Catastrophology, 2019, 34(3): 109 – 113. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.021.]

内蒙古马铃薯秋霜冻灾害风险区划研究^{*}

杨丽桃

(内蒙古自治区气候中心, 内蒙古 呼和浩特市 010051)

摘 要: 以内蒙古 80 个旗县气象站 1961 – 2015 年气象观测数据、社会经济数据及地理信息数据等为基础资料, 构建内蒙古马铃薯秋霜冻致灾因子危险性指数, 结合承载体的脆弱性、暴露度和防灾减灾能力, 采用风险指数法、加权综合评价等方法, 依托 GIS 软件对内蒙古马铃薯秋霜冻灾害进行分析和评价, 完成风险区划。结果表明, 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害的高风险区主要分布在包头市南部、呼和浩特市北部、乌兰察布市中北部、锡林郭勒盟西南部、赤峰市西北部、兴安盟中北部及呼伦贝尔市大部农区, 所占农区面积比例为 17.1%; 次高风险区主要分布在包头市西南部、呼和浩特市南部、乌兰察布市南部、锡林郭勒盟南部、兴安盟中部及呼伦贝尔市东部地区, 所占面积比例为 28.5%; 中风险区主要分布在鄂尔多斯东北部、赤峰市西部和北部、兴安盟东部地区, 所占面积比例为 18.1%; 低风险区主要分布在巴彦淖尔市南部和东部、鄂尔多斯市东部、赤峰市东部、通辽市大部地区, 所占面积比例为 36.2%。

关键词: 马铃薯; 秋霜冻灾害; 风险区划; 内蒙古

中图分类号: X43; X915.5; S435; P46 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 – 811X(2019)03 – 0109 – 05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2019.03.021

内蒙古地区海拔高、温差大、雨热同季、气候冷凉等特点, 使得具有喜冷凉习性的马铃薯成为当地主要的特色作物, 内蒙古已成为我国最大的马铃薯生产基地。正如有关黄淮地区的研究, 在气候变暖的情况下, 霜冻害发生不仅没有减轻、反而加重^[1]。在内蒙古, 霜冻也仍然是影响马铃薯产量的主要气象灾害之一, 特别是在秋季, 马铃薯一般处于块茎增长和淀粉积累的关键期, 此时遭遇霜冻, 将直接影响马铃薯的品质和产量, 严重时甚至绝收。而此时接近收获时节, 相对春季发生的霜冻而言, 可用于补救的措施较少。因此, 秋霜冻对内蒙古地区马铃薯的危害应受到高度重视。

为了揭示霜冻的潜在风险。目前, 很多学者在灾害风险理论的基础上, 综合考虑多因子, 从霜冻致灾因子危险性、孕灾环境敏感性(暴露度)和承灾体易损性(脆弱性)及防灾能力等方面构建

霜冻灾害风险评估指标体系、方法和模型, 为研究区域潜在灾害风险区划提供了可行的方法。王晾晾^[2]、包云轩^[3]和顾万龙^[4]及陈凯奇等^[5]分别针对东北的水稻、江苏和河南的冬小麦及辽宁的玉米等作物开展了霜冻灾害风险区划, 严应存等^[6]针对青海省油菜、小麦、马铃薯、青稞四种主要农作物开展了霜冻灾害的风险区划, 李红英等^[7]用四因子法对宁夏晚霜冻进行了风险评估与区划, 以上研究为霜冻灾害的风险评估研究积累了宝贵的经验, 然而由于霜冻对于不同作物, 不同时期影响不尽相同, 针对同一种农作物研制精细化的灾害风险评估与区划是农业气象灾害研究的必然要求。本文则在前人研究的基础上, 对内蒙古地区马铃薯秋霜冻灾害致灾危险性指标进行构建, 利用灾害风险评估指数法确定灾害评估模型, 并进行了风险等级区划, 为内蒙古有效规避及防范马铃薯秋霜冻灾害等提供科学的理论依据。

^{*} 收稿日期: 2018 – 11 – 14 修回日期: 2019 – 03 – 08

基金项目: 中国气象局气候变化专项(CCSF201931); 内蒙古自然科学基金项目(2018MS03003); 内蒙古自治区气象局重点项目“内蒙古农牧业精细化气候资源区划及灾害风险区划”; 内蒙古自治区气象局科技创新项目(nmgqxkjc201405)

作者简介: 杨丽桃(1972 –), 女, 内蒙古乌兰察布人, 高级工程师, 硕士, 主要从事气候分析与影响评价。E-mail: ylt9618@126.com

1 资料来源与方法

1.1 数据来源

研究所用内蒙古地区 80 个地面气象观测站 1961 年以来的逐日平均气温、最低气温资料来源于内蒙古自治区气候中心。内蒙古地区各旗县 1981–2015 年的耕地面积、马铃薯产量资料来源于自治区统计年鉴。马铃薯发育期资料来源于自治区 12 个农业气象观测站。历史灾情数据来源于《中国气象灾害大典·内蒙古卷》和中国气象局气象灾害直报系统数据库。地理信息数据来源于内蒙古自治区气象局。

1.2 研究方法

1.2.1 数据标准化

为了消除数据量纲上的影响，对数据进行极差标准化，其公式为：

$$I'_i = 0.5 + 0.5 \left(\frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \quad (1)$$

式中： I'_i 为极差标准化后的数据， I_i 为原始数据， I_{\max} 和 I_{\min} 分别为每一列中的最大值和最小值。

1.2.2 加权综合评价法

通过层次分析法和专家打分法确定相应的权重系数，然后与相应的被评价对象各指标的量化值相乘后再相加。致灾因子危险性、承灾体脆弱性、防灾减灾能力指标都采用加权综合评价法建立。

1.2.3 自然灾害风险指数法

根据自然灾害风险的形成机理，自然灾害风险是危险性、暴露度、脆弱性和防灾减灾能力综合作用的结果，通常采用自然灾害指数表征风险程度，可表示为：

$$R = H^\alpha \times E^\beta \times V^\delta \times D^{-\varepsilon} \quad (2)$$

式中： R 为秋霜冻灾害风险指数； H 为致灾因子的危险性； E 为承灾体的脆弱性； V 为承灾体暴露度； D 为防灾性能指数； α 、 β 、 δ 、 ε 为各因子权重。秋霜冻风险程度的评估模型通过自然灾害风险指数法建立。

1.2.4 数据插值和订正方法

秋霜冻致灾因子危险性指标基于小网格推算模型和残差订正方法得到致险度的空间分布，承灾体的脆弱性、暴露度和防灾减灾能力通过反距离权重法进行空间插值得到，最后利用 GIS 的空间叠加分析功能对秋霜冻灾害风险模型进行运算，利用自然断点法结合实际情况确定区划单元，划分灾害区划等级。

2 秋霜冻灾害风险指标的构建

2.1 致灾因子危险性

2.1.1 致灾因子危险性指标

根据内蒙古 12 个农业气象观测站马铃薯发育期资料和 80 个地面气象观测站多年秋霜冻日期，分析得出内蒙古地区马铃薯秋霜冻灾害主要发生时期在其后期的成熟阶段，即淀粉积累期(8 月 10 日–9 月 20 日)。结合历年马铃薯遭受秋霜冻的实际灾情，并且借鉴《中华人民共和国气象标准–QX/T88–2008 作物霜冻害等级》及东北地区的研究成果^[8–12]，将内蒙古地区马铃薯秋霜冻灾害的指标进行了修正和确定，主要分为轻、中、重三个等级(表 1)。

表 1 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害统计指标

指标程度		秋霜冻(8 月 10 日–9 月 20 日)
日最低气温	轻	$T_{\min} \leq 1^\circ\text{C}$
	中	$T_{\min} \leq 0.5^\circ\text{C}$
	重	$T_{\min} \leq 0^\circ\text{C}$

2.1.2 致灾危险性分析

统计马铃薯生长发育期间的秋霜冻频率和强度，构建秋霜冻灾害危险性指数^[13–16]，作为秋霜冻灾害危险性的评价指标。危险性指数将秋霜冻灾害强度和灾害发生频数相结合，客观地反映秋霜冻灾害的风险性大小。其计算公式如下：

$$K_q = \sum_{i=1}^3 \frac{v_i}{n \cdot h_i} \quad (3)$$

式中： K_q 为秋霜冻危险性指数，将每一站出现秋霜冻灾害的年份按重、中、轻分为三组， v_i 为每一组的灾年频数， n 为秋霜冻总年数， h_i 为每一组的组中数。

由于霜冻灾害与地理因素有关，其分布与地形特征紧密相连。本文选取经度 λ 、纬度 Φ 和海拔高度 H 为自变量，以秋霜冻危险性指数 K_q 作为因变量，建立回归模型(4)，其复相关系数为 0.871 6，达到 0.001 的显著水平。

$$K_q = -0.470429 + 0.001415\lambda + 0.006637\Phi + 0.000050H \quad (4)$$

在 GIS 支持下，对模型(4)进行小网格推算和残差订正，最后绘制出全区马铃薯种植区秋霜冻危险性指数空间分布图(图 1)。依托 GIS 平台自然断点法结合实际情况确定区划单元，划分马铃薯秋霜冻灾害危险性指数分级(表 2)。由图 1 可见，内蒙古马铃薯秋霜冻灾害危险性分布的高值区域和次高值区域主要在呼伦贝尔市大部农区、兴安盟北部、赤峰市西部、北部、锡林郭勒盟西南部、乌兰察布市中部、呼和浩特市北部和包头市南部地区。其余大部农区危险性在中等级别以下。

表 2 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害危险性(暴露度、脆弱性及防灾减灾能力)指数分级

等级		危险性	暴露度	脆弱性	防灾减灾能力
I	高	> 0.76	> 0.74	> 0.82	> 0.61
II	中	(0.69, 0.76]	(0.63, 0.74]	(0.70, 0.82]	(0.55, 0.61]
III	较低	(0.61, 0.69]	(0.55, 0.63]	(0.63, 0.70]	(0.52, 0.55]
IV	低	≤ 0.61	≤ 0.55	≤ 0.63	≤ 0.52

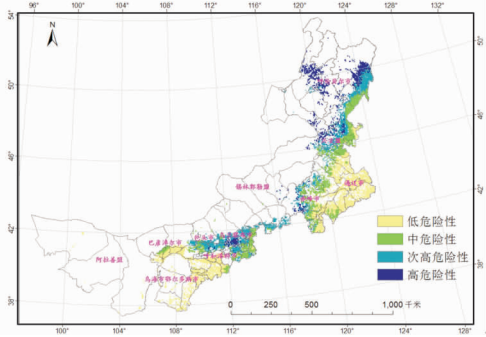


图 1 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害致灾因子危险性分布

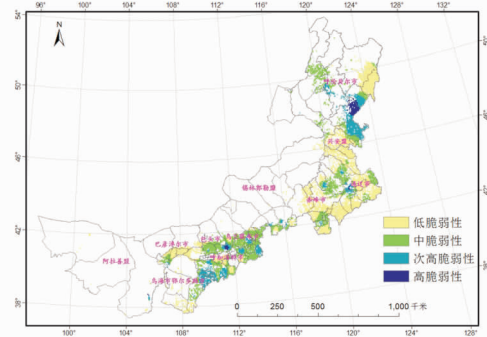


图 3 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害脆弱性分布

2.2 暴露度

马铃薯秋霜冻造成的危害程度与承受灾害的承载体有关。本文选取马铃薯种植面积与耕地面积比值作为评价秋霜冻灾害暴露度的指标。利用自然断点分级法将暴露度按 4 个等级划分，并绘制暴露度区划图(图 2)。由图 2 可见，乌兰察布市大部农区、包头市南部以及呼和浩特市东北部和南部，马铃薯种植面积相对较大，因此，该地区暴露度最高；呼伦贝尔市阿荣旗、锡林郭勒盟多伦县、太仆寺旗、呼和浩特市西南部等地暴露度为次高等级，其余农区马铃薯种植面积小，其暴露度为中等或低级。

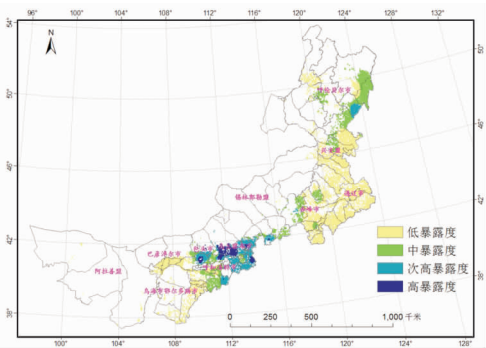


图 2 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害暴露性分布

2.3 脆弱性

脆弱性表示马铃薯受到秋霜冻灾害不利影响的倾向或趋势，本研究以农区各旗县(市)马铃薯单产及平均单产比值进行脆弱性评价，利用自然断点法将脆弱性分为 4 级，得到马铃薯脆弱性空间分布图(图 3)。从图 3 可见，内蒙古地区马铃薯脆弱性高值区主要位于呼伦贝尔东南部农区、呼和浩特市东北部地区；次高区位于兴安盟东北部、乌兰察布市南部、通辽市西中部、鄂尔多斯中东部等地；其余地区为脆弱性中等和低区。

2.4 防灾减灾能力

防灾减灾能力表示马铃薯受到秋霜冻灾害不利影响的恢复程度，本文通过人均 GDP 和马铃薯生产力判定抗灾能力。其中，人均 GDP 表示一个地区的经济发展水平，人均 GDP 越大，表明该地经济发展水平越高，抗灾能力越强；反之亦然^[17]。马铃薯生产力是通过把各地的趋势产量作一元线性回归，定义线性回归方程的斜率(K_i)作为描述马铃薯抗灾性能指数的指标之一^[18]。通过层次分析法结合专家打分法确定抗灾性能指数(D_i)为：

$$D_i = 0.2K_i + 0.8GDP。 \tag{5}$$

式中： D_i 为第 i 区域的抗灾性能指数， K_i 为标准化的马铃薯趋势产量线性回归方程的斜率，GDP 为区域人均 GDP。

利用上式计算出各站点的抗灾性能指数，利用 GIS 反距离权重方法进行空间插值，并用自然断点法进行分级，绘制抗灾性能指数空间分布图(图 4)。从图 4 可以看出，高值区和次高值区包括呼和浩特市、包头市、鄂尔多斯市东部、赤峰市西南部、通辽市北部和兴安盟西北部地区，中值区包括兴安盟西北部、通辽市中部和赤峰市西南部、乌兰察布市西南部及巴彦淖尔市南部地区，其余农区的抗灾性能较低。

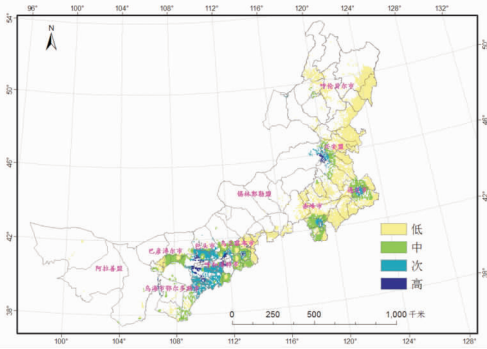


图 4 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害防灾减灾能力分布

3 秋霜冻灾害风险综合区划

3.1 秋霜冻灾害风险综合区划

基于建立的秋霜冻灾害风险综合评估模型,利用层次分析法结合专家打分法确定指标权重,得到马铃薯秋霜冻灾害风险综合评估模型:

$$R = H^{0.6129} \times E^{0.2451} \times V^{0.1066} \times D^{-0.0354}.$$

(6)

式中: R 为秋霜冻灾害风险指数; H 为致灾因子的危险性; E 为承灾体的脆弱性; V 为承灾体暴露性; D 为抗灾性能指数。

利用 GIS 地图代数运算,并通过自然断点法划分为 4 个等级(表 3),得到内蒙古马铃薯秋霜冻灾害风险综合区划结果(图 5)。

表 3 内蒙古马铃薯秋霜冻灾害风险区划结果统计

区号	区名	秋霜冻风险指标	面积比例/%
I	高风险区	> 0.71	17.1
II	中风险区	$(0.66, 0.71]$	28.5
III	较低风险区	$(0.60, 0.66]$	18.1
IV	低风险区	≤ 0.60	36.2

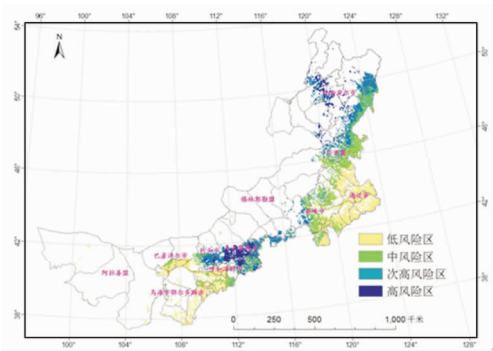


图 5 内蒙古马铃薯秋霜冻风险综合区划

3.2 分区描述

3.2.1 高风险区

高风险区主要分布在包头市南部、呼和浩特市北部、乌兰察布市中北部、锡林郭勒盟西南部、赤峰市西北部、兴安盟中北部及呼伦贝尔市大部农区,所占面积比例为 17.1%。该区内年平均气温 $0 \sim 5^{\circ}\text{C}$, 8 月 10 日-9 月 20 日的平均气温 $12 \sim 17^{\circ}\text{C}$, 马铃薯在该时段的最适气温为 $18 \sim 19^{\circ}\text{C}$, 各站点平均气温较最适气温低, 常年 8 月 10 日-9 月 20 日的最低气温为 $-10 \sim -4^{\circ}\text{C}$, 出现秋霜冻的几率相对较高, 导致马铃薯秋霜冻的致灾危险性高, 同时本区也是马铃薯暴露度和脆弱性最高的地区, 而抗灾能力一般, 因此该区出现秋霜冻灾害的风险高。

3.2.2 次高风险区

次高风险区主要包括包头市西南部、呼和浩特市南部、乌兰察布市南部、锡林郭勒盟南部、兴安盟中部及呼伦贝尔市东部地区, 所占面积比例为 28.5%。该区内年平均气温 $3 \sim 7^{\circ}\text{C}$, 8 月 10 日-9 月 20 日的平均气温 $14 \sim 18^{\circ}\text{C}$, 马铃薯在该

时段的最适气温为 $18 \sim 19^{\circ}\text{C}$, 各站点平均气温较最适气温低, 常年中 8 月 10 日-9 月 20 日的最低气温为 $-8 \sim -2^{\circ}\text{C}$, 出现秋霜冻的几率也相对较高, 导致马铃薯秋霜冻的致灾危险性较高, 同时本区也是马铃薯暴露度和脆弱性较高的地区, 抗灾能力一般, 因此该区出现秋霜冻灾害的风险为次高。

3.2.3 中风险区

中风险区主要包括鄂尔多斯东北部、赤峰市西部和北部、兴安盟东部地区, 所占面积比例为 18.1%。该区内年平均气温 $4 \sim 8^{\circ}\text{C}$, 8 月 10 日-9 月 20 日的平均气温 $15 \sim 18^{\circ}\text{C}$, 马铃薯在该时段的最适气温为 $18 \sim 19^{\circ}\text{C}$, 各站点平均气温接近马铃薯最适气温, 常年 8 月 10 日-9 月 20 日的最低气温为 $-6 \sim 0^{\circ}\text{C}$, 出现秋霜冻的几率一般, 导致马铃薯秋霜冻的致灾危险性也不高, 同时马铃薯暴露度和脆弱性较低, 抗灾能力中等, 因此该区出现秋霜冻灾害的风险为中等。

3.2.4 低风险区

低风险区主要包括巴彦淖尔市南部和东部、鄂尔多斯市东部、赤峰市东部、通辽市大部地区, 所占面积比例为 36.2%。该区内年平均气温 $6 \sim 10^{\circ}\text{C}$, 8 月 10 日-9 月 20 日的平均气温 $17 \sim 19^{\circ}\text{C}$, 马铃薯在该时段的最适气温为 $18 \sim 19^{\circ}\text{C}$, 各站点平均气温接近最适气温, 且常年中 8 月 10 日-9 月 20 日的最低气温为 $-4 \sim 0^{\circ}\text{C}$, 出现秋霜冻的几率相对较低, 马铃薯秋霜冻的致灾危险性低, 同时本区也是马铃薯暴露度和脆弱性低的地区, 抗灾能力西高东低, 因此该区出现秋霜冻灾害的风险低。

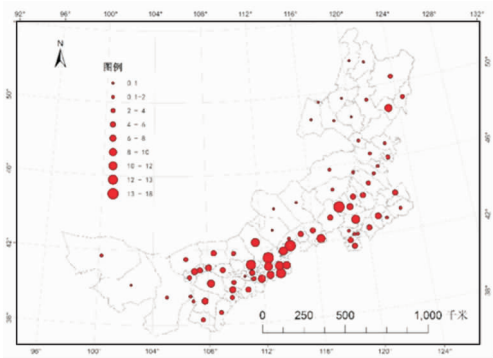


图 6 内蒙古累年秋霜冻灾害出现次数(1984-2015 年)

3.3 结果验证

利用《中国气象灾害大典·内蒙古卷》, 结合中国气象局气象灾害直报系统数据库对 1984-2015 年以来内蒙古自治区的秋霜冻灾害进行统计和分析, 基于此, 绘制内蒙古自治区累年秋霜冻灾害分布图(图 6), 由图 6 可见, 内蒙古自治区霜冻灾害主要分布地区为包头市南部、呼和浩特市北部、乌兰察布市大部、锡林郭勒盟西南部、赤峰市中部、兴安盟局部、呼伦贝尔市东南部等地区。这个分布与马铃薯秋霜冻风险的区划的高风险分布趋势基本一致, 因此本文的区划结果基本

能够客观地反映内蒙古地区秋霜冻灾害的发生情况。秋霜冻灾害影响的严重程度，通常由农作物受灾面积来体现。从受灾面积与风险区划来看，区划结果与全区大部地区的灾情基本一致。通过相关性分析结果表明，两者的相关系数 $r = 0.67$ ($\alpha = 0.01$)，呈极显著相关，进一步说明本研究区划结果的合理性。

4 结论与讨论

内蒙古马铃薯种植区秋霜冻灾害主要发生在包头市南部、呼和浩特市北部、乌兰察布市中北部、锡林郭勒盟西南部、赤峰市西北部、兴安盟中北部及呼伦贝尔市大部农区。基于最低气温的内蒙古不同等级秋霜冻灾害出现次数与实际秋霜冻灾害发生情况出现基本相似的分布格局，表明用最低气温的秋霜冻灾害指标进行风险区划是符合内蒙古地区农业生产实际情况的。

内蒙古马铃薯秋霜冻灾害风险区划表明，马铃薯秋霜冻灾害高风险区主要分布在乌兰察布市农区的大部及东部呼伦贝尔市的农区，这由当地地形特点、气候条件、马铃薯种植面积比重、马铃薯生产水平及当地经济条件等决定。在气候变暖的背景下，近年来乌兰察布市马铃薯种植业发展迅速，种植面积日益扩大，且经济效益显著，秋霜冻灾害风险相对较高，因此在当前形势下，乌兰察布地区秋霜冻灾害防御更不可松懈。

参考文献：

[1] 李茂松, 王道龙, 钟秀丽, 等. 冬小麦霜冻害研究现状与展望[J]. 自然灾害学报, 2005, 14(4): 72-78.
[2] 王晾晾, 杨晓强, 李帅, 等. 东北地区水稻霜冻灾害风险评

估与区划[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 40-45.
[3] 包云轩, 王莹, 高苹, 等. 江苏省冬小麦春霜冻害发生规律及其气候风险区划[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 134-141.
[4] 顾万龙, 姬兴杰, 朱业玉, 等. 河南省冬小麦晚霜冻害风险区划[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 39-44.
[5] 陈凯奇, 米娜. 辽宁省玉米低温冷害和霜冻灾害风险评估[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(1): 89-94.
[6] 严应存, 周秉荣, 陈国茜. 1961-2010 年青海省霜冻灾害变化特征及风险区划[J]. 气象科技, 2015, 43(5): 986-991.
[7] 李红英, 张晓煜, 曹宁, 等. 基于 GIS 的宁夏晚霜冻灾风险评估与区划[J]. 自然灾害学报, 2014, 24(2): 167-173.
[8] 朱红蕊, 于宏敏, 姚俊英, 等. 黑龙江省水稻初霜冻灾害致灾因子危险性分析[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 96-99.
[9] 姚俊英, 于宏敏, 朱红蕊, 等. 黑龙江省玉米初霜冻致灾临界气象条件风险区划[J]. 中国农学通报, 2012, 28(11): 312-316.
[10] 李祎君, 王春乙. 东北地区玉米低温冷害综合指标研究[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(6): 15-20.
[11] 张倩, 赵艳霞, 王春乙. 我国主要农业气象灾害指标研究进展[J]. 自然灾害学报, 2010, 18(6): 40-54.
[12] 姜丽霞, 李帅, 南瑞, 等. 东北玉米低温冷害监测预测系统——在黑龙江省的应用[J]. 自然灾害学报, 2010, 18(1): 132-135.
[13] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007: 346-349.
[14] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京: 气象出版社, 2010: 22-31.
[15] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 130-134.
[16] 刘晶森, 丁裕国, 张文宗, 等. 农业气候资源与灾害评估及其区划研究[M]. 北京: 气象出版社, 2012: 69-70.
[17] 唐为安, 田红, 杨元建, 等. 基于 GIS 的低温冷冻灾害风险区划研究——以安徽省为例[J]. 地理科学, 2012, 32(3): 356-36.
[18] 王素艳, 霍治国, 李世奎, 等. 北方冬小麦干旱灾害区划[J]. 作物学报, 2005, 31(3): 267-274.

Risk Zoning of Autumn Frost Disaster for Potato in Inner Mongolia

YANG Litao

(Inner Mongolia Climate Center, Hohhot 010051, China)

Abstract: Based on meteorological observation data, socio-economic data and geographic information data from 1961 to 2015 in 80 Banner site stations in Inner Mongolia, the authors built the evaluation index system by determining the risk index of factors causing potato autumn frost disaster and combining the vulnerability of hazard bearing body, the exposure and the prevention and mitigation ability of disaster, by the method of disaster risk index and weighted composite score, and then carried out risk assessment and regionalization of potato autumn frost disaster on GIS. The results show that: the high risk of potato autumn frost disaster in Inner Mongolia is mainly distributed in the southern of Baotou City, the northern of Hohhot City, the north-central of Wulanchabu City, the southwestern of Xilingol League, the northwestern of Chifeng City, and the north-central of Xingan League. Most of the agricultural areas in Hulunbeier City, the area ratio of the high risk areas was 17. 1 %; The sub-high-risk areas are mainly distributed in the southwestern of Baotou City, the southern of Hohhot City, the southern of Ulanqab City, the southern of Xilingol League, the central of Xingan League, and the eastern of Hulunbeier City, the area ratio of the sub-high-risk areas was 28. 5 % of the area; The medium-risk areas are mainly distributed in the north-east of Ordos, the West and north of Chifeng City, and the eastern part of Xingan League, the area ratio of the medium-risk areas was 18. 1 % of the area; The low-risk areas are mainly distributed in the southern and eastern of Bayannaoer City, the eastern of Ordos City, the eastern of Chifeng City, and most of Tongliao City, the area ratio of the low-risk areas was 36. 2 % of the area.

Key words: potato; autumn frost disaster; risk zoning; Inner Mongolia