

马青荣,李彤霄,杜子璇,等. 基于永优系列玉米品种的黄淮海地区夏玉米灾害风险区划[J]. 江苏农业科学,2019,47(12):118-121.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.12.025

# 基于永优系列玉米品种的黄淮海地区 夏玉米灾害风险区划

马青荣<sup>1,2</sup>, 李彤霄<sup>1,2</sup>, 杜子璇<sup>1,2</sup>, 王秀萍<sup>1,2</sup>, 田宏伟<sup>1,2</sup>

(1. 中国气象局·河南气象局农业气象保障与应用技术重点开放实验室,河南郑州 450003; 2. 河南省气象科学研究所,河南郑州 450003)

**摘要:**利用 1980—2013 年黄淮海地区气象观测资料和 2014—2016 年永优系列玉米品种浚单 20、浚单 29、浚单 509 和浚单 3136 的地理分期播种试验数据,选取夏玉米生育期的干旱、连阴雨、大风倒伏 3 种灾害,采用灾害风险评估理论和 3 种灾害指标,通过确定权重和加权求和得到夏玉米灾害风险指数,对黄淮海地区永优系列玉米进行灾害风险区划。结果表明:(1)永优系列玉米品种在黄淮海地区的灾害风险呈从南到西北逐渐加重的趋势,即中低风险区主要分布在安徽、北京及河南、江苏大部分地区,次高风险区主要分布在河北、山东大部分地区和天津地区,高风险区分布在河北西部和山东东部和北部地区。(2)永优系列 4 个玉米品种在黄淮海地区的灾害风险分布略有不同,即浚单 20 和浚单 3136 的中低风险区面积最大;浚单 29 的高风险和次高风险区面积最大;浚单 509 的灾害风险居中。(3)永优系列玉米品种随着品种的更替,对气候资源的利用效率和对灾害的防御能力有不同程度的提升,配以科学的补灌措施,将进一步扩大该系列品种在黄淮海地区的适宜范围。

**关键词:**永优系列玉米;黄淮海地区;夏玉米灾害风险;风险区划;防御;措施

**中图分类号:** S162.2;S42 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)12-0118-04

黄淮海地区是我国主要的夏玉米产区,夏玉米的播种面积和总产量均占全国玉米面积的 1/3 左右,对我国的粮食安全起到了重要的保障作用<sup>[1]</sup>。但黄淮海地区气候资源时空分布不均,气象灾害及次生灾害频发,对夏玉米的稳产高产造成了一些影响<sup>[2-4]</sup>。因此,黄淮海地区夏玉米灾害风险区划研究就显得非常重要。国内有许多学者对黄淮海地区或黄淮海局部地区夏玉米的灾害进行了研究和风险区划,薛昌颖等对黄淮海地区、华北地区及河南的夏玉米干旱风险进行了分析和区划<sup>[5-9]</sup>;蒋春丽等研究了黄淮海地区夏玉米洪涝灾害的风险区划<sup>[10]</sup>;郁凌华等分析了黄淮海夏玉米不同发育阶段的旱涝灾害<sup>[11-12]</sup>;徐虹等<sup>[13]</sup>、成林等<sup>[14-15]</sup>分别对黄淮海地区和河南省夏玉米的花期阴雨灾害风险区划进行了研究;李树岩等<sup>[16]</sup>、陈楠<sup>[17]</sup>分别对河南省和山东省菏泽市的大风灾害风险进行了分析。但以上研究主要是针对单一灾害的研究,对各种灾害综合风险的研究较少。本研究选取黄淮海地区 147 个气象观测站 33 年的气象观测资料,针对夏玉米生育期的干旱、连阴雨、大风倒伏等 3 种主要灾害,利用其灾害指标对黄淮海地区夏玉米灾害风险进行区划。

由于以往夏玉米灾害风险研究都是针对区域品种平均指

标<sup>[18-19]</sup>,不能反映夏玉米品种更替引起的适应气候变化和抗灾能力提升的情况,不利于指导农业生产。本研究另外选取 2014—2016 年永优系列玉米品种浚单 20、浚单 29、浚单 509 和浚单 3136 的黄淮海地区地理分期播种试验数据,对其黄淮海地区灾害风险分别进行区划,为提升黄淮海地区夏玉米品种适应性和优良品种选育提供参考。

## 1 资料选取

选取 1980—2013 年 33 年黄淮海地区 147 个站的气象观测资料和 2014—2016 年永优系列玉米品种浚单 20、浚单 29、浚单 509 和浚单 3136 的黄淮海地区地理分期播种试验数据,以夏玉米生育期的主要气象灾害干旱、连阴雨和大风倒伏为研究对象,利用其灾害指标对黄淮海地区灾害风险进行区划。永优系列玉米品种按照培育年份从早到晚依次为浚单 20、浚单 29、浚单 509 和浚单 3136。浚单 509 和浚单 3136 为近几年培育的新玉米品种。

## 2 研究方法

按照灾害风险评估理论<sup>[20]</sup>,一定区域自然灾害风险一般可以用自然灾害危险性( $H$ )与易损性( $V$ )来表示。

$$F = H \times V. \quad (1)$$

本研究用灾害发生频率  $P$  表示危险性,用灾损率  $Q$  表示易损性。由于不同品种间易损性的差异,设定

$$V = Q \times S. \quad (2)$$

式中: $S$  为敏感性,表示不同品种对灾害的敏感程度。设定浚单 20 的敏感性为 1,其他品种的灾损值与浚单 20 的对比为其他品种的敏感系数。

此外,考虑到灾害发生具有一定的不确定性,本研究引入

收稿日期:2018-02-08

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(编号:GYHY201406026);中国气象局农业气象保障与应用技术重点开放实验室研究基金(编号:AMF201704);河南省气象局气象科学技术研究项目(编号:KZ201816)。

作者简介:马青荣(1972—),女,河南西峡人,高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:zzmq@163.com。

通信作者:杜子璇,硕士,高级工程师,主要从事农业气象研究。E-mail:dzxbuty@163.com。

信息熵概念<sup>[21-22]</sup>,信息熵

$$H(x) = -\sum P(x_j) \log_2 P(x_j) \quad j=1,2,\dots,n. \quad (3)$$

式中: $P(x_j)$ 为灾害第 $j$ 个等级的概率。信息熵越大,表示不确定性越大,进而风险也越大。

由此可以得到第 $i$ 种灾害的风险度

$$F_i = \sum P_{ij} \times Q_{ij} \times S_{ij} \times H_{ij}. \quad (4)$$

式中: $i$ 为灾害类型, $i=1,2,\dots,4$ ;  $j$ 为灾害等级, $j=1,2,\dots,n$ ,连阴雨 $n=3$ ,大风和干旱 $n=4$ 。

由于大风和干旱灾害玉米生长的不同时期都有发生,以中等灾害的灾损作为不同时期灾损的权重系数。

$$F_i = \sum \sum P_{ijk} \times Q_{ijk} \times S_{ijk} \times H_{ijk}. \quad (5)$$

式中: $k$ 为发生阶段, $k=1,2,\dots,m$ ,大风和干旱 $m=3$ 。

单一玉米品种的危害风险度为:

$$F = \sum a_i \times F_i. \quad (6)$$

式中: $a_i$ 为第 $i$ 种灾害的权重系数,可采用熵权理论进行计算得出<sup>[23]</sup>。熵权理论是一种客观赋权方法,它借用信息论中熵的概念。熵权法的基本思路是根据指标变异性的确定来客观权重。一般来说,若某个指标的信息熵指标权重越小,表明指标值的变异程度越大,提供的信息量越多,在综合评价中所起到的作用也越大,其权重也就越大。相反,某个指标的信息熵指标权重越大,表明指标值的变异程度越小,提供的信息量也越少,在综合评价中所起到的作用也越小,其权重也就越小。

### 3 灾害等级指标的选取

由于黄淮海地区地域广阔、灾害分布不均,为了更好地统计灾害发生频率,本研究依据干旱、连阴雨、大风倒伏的灾害指标对灾害发生频率进行计算。对于连阴雨等灾害,以指标确定的发生最大等级为当年的发生等级。

#### 3.1 干旱等级指标的选取

本研究选取参照作物水分亏缺指数( $I_{\text{mean}}$ )建立夏玉米干旱灾害指标。按出苗—拔节期、拔节—抽雄期、抽雄—乳熟期3个生育阶段,将夏玉米干旱划分为无旱、轻旱、中旱、重旱4个等级,建立适用于黄淮海夏玉米区的干旱指标。具体计算步骤见文献[24],但第 $j$ 句累计水分亏缺指以该句为基础向作物生长前期推3句(共4句)进行计算, $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 为权重系数,取值分别为0.4、0.3、0.2、0.1,具体等级指标见表1。

表1 黄淮海地区夏玉米干旱等级指标

干旱等级	出苗—拔节	拔节—抽雄	抽雄—乳熟
无旱	$I_{\text{mean}} < 40$	$I_{\text{mean}} < 20$	$I_{\text{mean}} < 20$
轻旱	$40 \leq I_{\text{mean}} < 55$	$20 \leq I_{\text{mean}} < 35$	$20 \leq I_{\text{mean}} < 35$
中旱	$55 \leq I_{\text{mean}} < 65$	$35 \leq I_{\text{mean}} < 55$	$35 \leq I_{\text{mean}} < 55$
重旱	$I_{\text{mean}} \geq 65$	$I_{\text{mean}} \geq 55$	$I_{\text{mean}} \geq 55$

#### 3.2 连阴雨等级指标的选取

黄淮海地区部分省份开展了连阴雨气象指标的研究工作<sup>[13-15]</sup>。本研究参考河南省的连阴雨灾害研究的指标<sup>[14]</sup>,确定黄淮海地区连阴雨气象灾害标准。

过程指标:连续3 d或3 d以上有降水(日降水量 $\geq 0.1$  mm)作为1次连阴雨过程;在 $>3$  d的连阴雨过程中,允许1 d无降水,但该日日照时间应 $<2$  h,或有微量降水,但该日日照时间应 $<4$  h。

等级指标:依据连阴雨天气持续时间将其划分为2级:

3~6 d的连阴雨过程为1次短连阴雨过程; $\geq 7$  d的连阴雨过程为1次长连阴雨过程。

#### 3.3 大风倒伏等级指标的选取

统计多年农业气象观测资料和历史典型年大风灾害数据,可以初步得到夏玉米大风倒伏致灾因子指标,进而确定大风倒伏等级(表2)。

表2 黄淮海地区夏玉米大风倒伏等级指标<sup>[16]</sup>

生育阶段	等级	风速 (m/s)	过程降水量 (mm)
拔节—抽雄	轻	6.0~7.9	20
	中	8.0~10.9	20
	重	$\geq 11.0$	20
抽雄—乳熟	轻	6.0~8.9	30
	中	9.0~11.9	30
	重	$\geq 12.0$	30
乳熟—成熟	轻	5.0~6.9	10
	中	7.0~9.9	10
	重	$\geq 10.0$	10

注:过程降水量指出现大风当日和前2日的降水量累积之和。

### 4 权重系数的确定

#### 4.1 不同灾害等级灾损率及权重的确定

灾损率一般用产量灾损率表示。考虑到灾害对夏玉米植株的影响也是灾损评估的一个方面,因此本研究灾损率用产量灾损率和受灾植株比例的开方来表示。浚单20是黄淮海地区主要的玉米品种,国内气象灾害和病虫害对浚单20影响的研究较多,因此根据2014—2016年永优玉米黄淮海地区地理分期播种试验数据和以往对浚单20灾害损失的研究结果,分别确定不同等级灾害的灾损率(表3),然后依照4种灾害不同阶段的发生频率和发生确定不同灾害各生育期的权重(表4)。

表3 浚单20的灾损率

灾害	灾损率(%)		
	轻度	中度	重度
大风	0.02	0.30	0.50
连阴雨	0.30	—	0.59
干旱	0.26	0.39	0.51

表4 各生育阶段灾害权重

灾害	权重		
	出苗—拔节期	拔节—抽雄期	抽雄—乳熟期
大风	0.25	0.42	0.33
干旱	0.32	0.46	0.22

#### 4.2 不同品种灾损敏感系数的确定

结合2014—2016年永优玉米黄淮海地区地理分期播种试验中受灾害的影响对比情况,确定不同品种的危害敏感系数(表5)。由于试验年份中没有统计到连阴雨的灾害情况,因此设定4个品种的连阴雨敏感系数相同,都为1.00。由表5可知,各品种对不同灾害的敏感系数各不相同。其中,浚单29对干旱的敏感系数值最大,浚单3136对干旱的敏感系数值最小。总的来看,永优系列玉米品种抗大风倒伏和抗干旱能力虽然新的品种抗性不同,但总体有增强的趋势。永优系列玉米品种抗灾害能力逐渐增强。

表 5 3 个品种的灾害敏感系数

品种	灾害敏感系数		
	大风	连阴雨	干旱
浚单 20	1.00	1.00	1.00
浚单 29	1.11	1.00	1.42
浚单 509	0.99	1.00	1.26
浚单 3136	1.09	1.00	0.98

5 黄淮海地区玉米灾害区划

利用熵权理论对大风倒伏、连阴雨和干旱进行分析,可以得到 3 个灾害的风险指标的权重,各灾害权重大小依次为干旱 > 连阴雨 > 大风(表 6),通过加权求和得到黄淮海区夏玉米灾害风险指数。

表 6 综合灾害权重

灾害	权重
大风	0.07
连阴雨	0.43
干旱	0.50

将灾害风险指数按照从高到低划分为 4 个等级,分别为高风险区、次高风险区、中风险区和低风险区,风险等级的划分标准见表 7。根据以上方法可以得到黄淮海地区永优系列玉米 4 个品种的灾害区划图。

表 7 黄淮海地区灾害风险等级划分标准

灾害风险等级	灾害风险指数 $F$
低风险区	$F \leq 0.25$
中风险区	$0.25 < F \leq 0.30$
次高风险区	$0.30 < F \leq 0.35$
高风险区	$F > 0.35$

5.1 浚单 20 灾害风险区划

由图 1 可知,黄淮海地区大部分灾害风险不大,基本上都在中低风险范围,安徽、江苏大部分地区 and 河南全部及山东南部、河北西部、北京西部属于低风险区;山东大部分地区、河北东部、北京东部、天津地区及江苏局部属于中风险区;胶东半岛局部地区属于次高风险区。

5.2 浚单 29 灾害风险区划

由图 2 可知,黄淮海地区从南到东北灾害风险逐渐升高,南部风险较低,西北部风险较高。安徽全部、河南大部分地区、江苏西部属于中风险区;河北大部分地区、山东南部和西部、江苏西部、河南西部和东北部、北京及天津局部地区属于次高风险区;河北东部、山东东北部属于高风险区。

5.3 浚单 509 灾害风险区划

由图 3 可知,黄淮海地区大部分灾害风险略高,南部风险较低,东北部风险较高。安徽大部分地区及江苏、河南局部地区属于低风险区;河南、河北、江苏、北京大部分地区及山东南部、安徽局部地区属于中风险区;山东大部分地区、河北东部、北京局部和天津属于次高风险区;胶东半岛局部属于高风险区。

5.4 浚单 3136 灾害风险区划

由图 4 可知,黄淮海地区大部分灾害风险基本上都在中低风险范围内。灾害分布情况与浚单 20 的相似,都是安徽、河南全部、江苏大部分地区及山东南部、河北西部、北京西部属于低风险区;山东大部分地区、河北和北京东部、天津地区

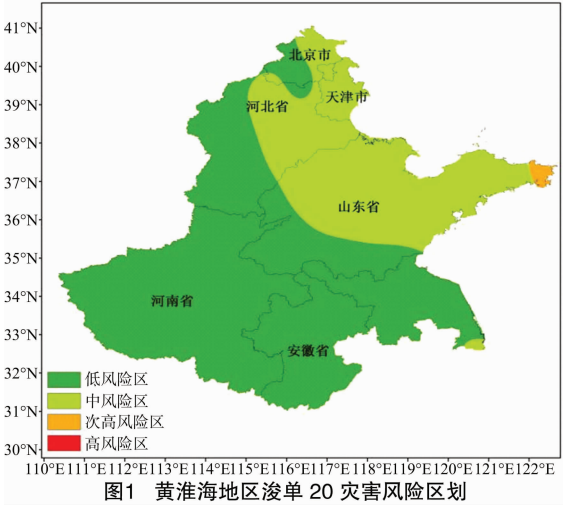


图1 黄淮海地区浚单 20 灾害风险区划

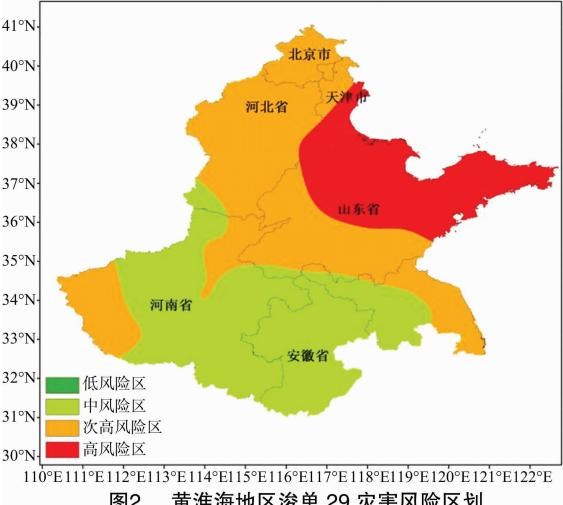


图2 黄淮海地区浚单 29 灾害风险区划

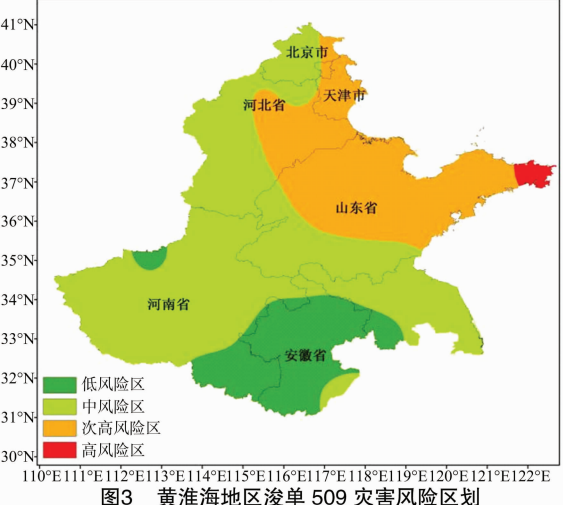


图3 黄淮海地区浚单 509 灾害风险区划

及江苏局部属于中风险区;胶东半岛局部地区属于次高风险区。只是低风险区域略往南偏,比浚单 20 小。

由以上分析可知,总体来说,永优系列玉米品种随着品种的更替,灾害风险区划范围在逐步变化,中低风险区有逐渐向北扩大的趋势,次高风险区呈减少的趋势,高风险区也随着品种的更替逐渐消失。可见,品种的更替使夏玉米对灾害的防

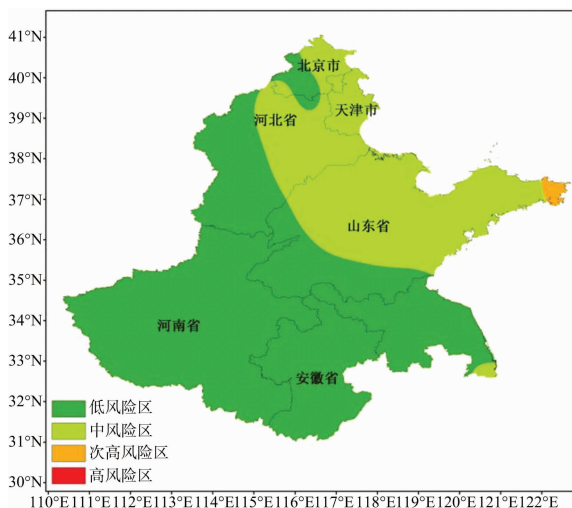


图4 黄淮海地区浚单 3136 灾害风险区划

御能力逐渐提升,对气候变化的适应性逐渐加强,对黄淮海地区的适宜范围也逐渐增大,为黄淮海地区夏粮的高产稳产提供了保障,也为夏玉米的品种生育提供了参考。

## 6 结论与讨论

本研究针对黄淮海地区永优系列 4 个玉米品种,利用灾害风险评估理论和 3 种灾害指标确定了不同品种各灾种的灾损权重,其中浚单 29 对干旱的敏感系数值最大,浚单 3136 的最小。采用熵权法分析确定了 3 种灾害的风险指标权重,各灾害权重大小依次为干旱 > 连阴雨 > 大风,通过加权求和得到黄淮海地区夏玉米灾害风险指数,对黄淮海地区永优系列玉米 4 个品种进行了灾害风险区划。

(1) 永优系列玉米品种在黄淮海地区的灾害风险呈从南到东北逐渐加重的趋势,南部较轻,东北部较重。中低风险区主要分布在安徽、河南、江苏大部分地区,次高风险区主要分布在河北、山东大部分地区和北京、天津地区,高风险区分布在河北东部和山东东北部地区。

(2) 永优系列 4 个玉米品种在黄淮海地区的灾害风险之间略有不同。浚单 20 和浚单 3136 的分布相对较轻,大部分地区主要是中低风险区,次高风险区面积较少,主要分布在胶东半岛局部地区。浚单 20 略好于浚单 3136;浚单 29 的灾害风险略高,南部风险较低,北部风险最高。高风险区主要分布在山东东北地区和河北东部,中低风险区主要分布黄河以南地区。509 的灾害风险居中,低风险区主要分布在安徽大部分地区、河南、江苏局部地区,次高及高风险区在河北东部、山东东北部和天津地区。

(3) 对比 4 个玉米品种的灾害风险区划发现,永优系列玉米品种中浚单 20 的抗灾能力最强,因此在黄淮海地区种植面积最大。其他品种随着品种的更替,对灾害的防御能力有所提升,中低风险区都有逐渐向北扩大的区域,次高风险区呈减小的趋势,高风险区也随着品种的更替逐渐消失。

(4) 永优系列玉米品种随着品种的更替,对气候资源的利用效率和对灾害的防御能力有不同程度的提升,针对黄淮海区域夏玉米生长季干旱问题突出,配以科学的补灌措施,将进一步扩大该系列品种在黄淮海地区的适宜范围,为黄淮海地区夏

粮的高产稳产提供保障,也为夏玉米的品种选育提供参考。

由于本研究没有考虑黄淮海地区涝渍灾害,黄淮海南部地区的灾害风险值略有偏低。在以后的工作中须要增加涝渍等灾害的研究。

## 参考文献:

- [1] 田宏伟. 黄淮海地区玉米生育期农业气候资源分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(4): 56-61.
- [2] 王春乙. 重大农业气象灾害研究进展[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 1-29.
- [3] 杜子璇, 李彤霄, 王秀萍, 等. 黄淮海地区“永优”系列玉米气候敏感性因子区划研究[J]. 河南农业科学, 2016, 45(8): 31-38.
- [4] 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.
- [5] 薛昌颖, 张弘, 刘荣花. 黄淮海地区夏玉米生长季的干旱风险[J]. 应用生态学报, 2016, 27(5): 1521-1529.
- [6] 杨平, 张丽娟, 赵艳霞, 等. 黄淮海地区夏玉米干旱风险评估与区划[J]. 中国生态农业学报, 2015(1): 110-118.
- [7] 马玉妍. 黄淮海地区夏玉米干旱灾害危险性评估与区划[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2015.
- [8] 成林, 张广周, 陈怀亮. 华北冬小麦—夏玉米两熟区干旱特征分析[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(4): 8-16.
- [9] 田宏伟, 李树岩. 河南省夏玉米干旱综合风险精细化区划[J]. 干旱气象, 2016, 34(5): 852-859.
- [10] 蒋春丽, 张丽娟, 姜春艳, 等. 黄淮海地区夏玉米洪涝灾害风险区划[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(3): 235-243.
- [11] 郁凌华, 赵艳霞. 黄淮海地区夏玉米生长季内的旱涝灾害分析[J]. 灾害学, 2013, 28(2): 71-75, 80.
- [12] 马玉平, 孙琳丽, 俄有浩. 黄淮海夏玉米不同发育阶段对旱涝灾害的敏感性[J]. 自然灾害学报, 2015, 24(6): 90-96.
- [13] 徐虹, 张丽娟, 赵艳霞, 等. 黄淮海地区夏玉米花期阴雨灾害风险区划[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(5): 263-272.
- [14] 成林, 刘荣花. 河南省夏玉米花期连阴雨灾害风险区划[J]. 生态学杂志, 2012, 31(12): 3075-3079.
- [15] 成林, 刘荣花. 夏玉米生长中后期连阴雨灾害指标研究[J]. 中国农业气象, 2014, 35(2): 221-227.
- [16] 李树岩, 刘荣花, 胡程达. 河南省夏玉米大风倒伏气候风险分析[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(1): 174-182.
- [17] 陈楠. 菏泽市夏玉米大风灾害风险评估与区划[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(2): 196, 202.
- [18] 王德锦, 张新华, 李雪源. 东阿县玉米精细化气象灾害风险评估与区划[J]. 现代农业科技, 2016(19): 207-208.
- [19] 余卫东, 陈怀亮. 河南省夏玉米精细化农业气候区划研究[J]. 气象与环境科学, 2010, 33(2): 14-19.
- [20] 章国材. 自然灾害风险评估与区划原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2014.
- [21] 王本洋, 罗富和, 余世孝. 基于信息熵的自然保护区定量评价[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2006, 45(6): 83-86.
- [22] 铁永波, 唐川, 周春花. 基于信息熵理论的泥石流沟谷危险度评价[J]. 灾害学, 2005, 20(4): 43-46.
- [23] 张星, 张春桂, 陈惠, 等. 熵权理论在定量评价农业气象综合灾情中的应用[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1907-1910.
- [24] 薛昌颖, 刘荣花, 马志红. 黄淮海地区夏玉米干旱等级划分[J]. 农业工程学报, 2014, 30(16): 147-156.