

# 黄淮海地区夏玉米生长季内的旱涝灾害分析<sup>\*</sup>

郁凌华<sup>1</sup>, 赵艳霞<sup>2</sup>

(1. 南京信息工程大学 应用气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘要:**黄淮海地区的降水时空分布不均匀,旱涝灾害多发。夏玉米生长季内的雨水多寡直接导致玉米产量的高低,过多过少的水分都对玉米生长不利,将致旱涝灾害。以黄淮海地区1970-2010年的降水量数据为基础,采用标准化降水指数(SPI),以统计方法为手段,探讨了黄淮海地区夏玉米生长季的旱涝时空分布特征。结论为:黄淮海地区夏玉米生长季发生旱涝的年数相当(除9月份);2002年后有趋于雨涝的趋势(除6月份);不同地区的旱涝变化趋势不尽相同,表现为一定的地域特征;SPI空间分布显示黄淮海地区的西南部 and 东部部分地区是雨涝多发区,而北方大部分地区是干旱多发区。

**关键词:**黄淮海地区;夏玉米;SPI;旱涝灾害

**中图分类号:**S423;X43 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-811X(2013)02-0071-06

## 0 引言

黄淮海地区北靠长城,南至桐柏山、大别山北部,西至太行山和豫西伏牛山山地,东濒渤海和黄海,平原区由黄河、淮河与海河及其支流冲积而成,此外还包括鲁中南丘陵和山东半岛。黄淮海地区农耕历史悠久,是我国原始农业发展最早的地区之一。根据2005年的农业年鉴<sup>[1]</sup>,黄淮海地区生产粮食占全国的24.5%,棉花占43.2%,油料占28.4%,是全国重要的商品粮、棉、油产品的生产区。黄淮海地区年降水量为400~1050 mm,年蒸发量为897~913 mm<sup>[2]</sup>,全年降水的60%~80%集中在6-9月。6月份,黄淮海夏玉米从北到南分别处于播种期、出苗期和三叶期;7月份,夏玉米步入营养生长期,大致是七叶到拔节期;8月份,夏玉米进入生殖生长阶段,即抽雄到乳熟期;9月份,夏玉米渐渐成熟,不同地点的夏玉米成熟时期不一致,北部最晚到10月份成熟。黄淮海地区的雨期和夏玉米的生长期处在同一个时段,该时期的雨量多少直接关系到夏玉米的生长和产量。

黄淮海地区的面积为全国的6%,旱涝面积却达全国灾情的30%<sup>[3]</sup>。黄河流域和海河流域以干旱居多,干旱对作物减产的影响很大<sup>[4]</sup>。淮河流域则是旱涝并存,以涝为主,平均3~5年就会发生一次大的洪灾。如2003年,河南、安徽、江苏3省的农作物洪涝受灾面积为4.65万km<sup>2</sup>,直接经济损失约364亿元<sup>[5]</sup>。因此,合理分析黄淮海地

区降水变化规律对保障该区农业经济持续稳定发展具有重要意义,也可为防灾减灾决策提供有价值的参考。

旱涝的发生有很多因素,主要分为两大类:气象因子和下垫面因子。对于一个区域而言,下垫面通常被认为是相对静止的。旱涝灾害的主导因子或直接原因是大气环流异常而导致降雨量过多或过少。已有很多研究用多种指标研究各地的旱涝指数的对比<sup>[6-10]</sup>、旱涝的时空分布<sup>[11,12]</sup>、旱涝成因<sup>[13]</sup>等,如李森<sup>[2]</sup>利用干燥度指数对黄淮海的干湿状况进行分析,朱业玉<sup>[14]</sup>用旱涝灾害的成灾面积数据对河南省的旱涝灾害进行了小波分析,张婧<sup>[15]</sup>用风险指数对河北省的洪涝灾害进行风险区划,马晓群<sup>[16]</sup>用Q值法和主要因子法对安徽省的冬小麦涝渍进行了损失评估。

在众多的气候旱涝指标中,标准化降水指数(SPI)是最突出、也是被应用最为广泛的指标<sup>[8,17-18]</sup>。它不受时空的限制,可用于评价黄淮海地区的旱涝时空分布情况。之前研究多集中于干旱的演变规律,而关于雨涝的变化规律则相对较少,而且旱涝的研究多从大尺度的气候角度出发,没有结合农作物的生育期进行细致的分析。因此,本文从旱涝兼顾的思想出发,讨论黄淮海地区夏玉米生长季内旱涝年变化、旱涝的趋势分析以及旱涝发生的地区分布特征,为合理评估黄淮海地区夏玉米旱涝灾害及其对夏玉米生长发育和最终产量的影响打下基础。

<sup>\*</sup> 收稿日期:2012-09-21 修回日期:2012-10-30

基金项目:公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006041);“十二五”科技支持计划课题(2011BAD32B01)

作者简介:郁凌华(1987-),女,江苏人,硕士,主要从事农业气象灾害影响评估。E-mail: yulinghua105@163.com

通讯作者:赵艳霞(1968-),女,黑龙江人,博士,研究员,主要从事作物模式、气候变化影响评估、大气成分监测和评估等方面研究。E-mail: zyx@cma.cma.gov.cn

## 1 资料与方法

考虑到资料的完整性, 本文使用的是河北、河南、山东、江苏、安徽、北京、天津 7 个省市 72 个站点的 1970 - 2010 年的月降水资料, 所有数据都来源于中国气象科学数据共享服务网。选用标准化降水指数 (Standard Precipitation Index, SPI) 作为旱涝指数 (通常记为  $SPI_n$ ,  $n$  为月数。关于该指数的计算方法在此不赘述, 详见参考文献[8])。用累积距平法<sup>[19]</sup>分析 SPI 的时间变化趋势, 用 ArcGIS 实现旱涝在黄淮海区域的空间分布。

根据 McKee<sup>[20]</sup>等并结合国家气候中心公布的干旱等级<sup>[21]</sup>, 将 SPI 的旱涝等级划分如表 1 所示。这种划分等级在理论上适合不同区域和不同时间尺度的旱涝分级研究<sup>[8,17]</sup>。

表 1 SPI 旱涝等级

SPI	$\geq 2$	$1.5 \leq SPI < 2$	$1 \leq SPI < 1.5$	$-1 < SPI < 1$	$-1.5 \leq SPI < -1$	$-2 \leq SPI < -1.5$	$\leq -2$
类型	特涝	重涝	中涝	正常	中旱	重旱	特旱

## 2 结果与分析

### 2.1 6 - 10 月的降雨量情况

黄淮海地区夏玉米的生长季大都在每年的 6 - 10 月, 某些地区在个别年份因考虑当年前期天气等原因在 5 月份也有播种夏玉米, 但基本都是 5 月下旬才开始播种, 所以 5 月份的降雨量在夏玉米生长期的影响不是很直接。表 2 所示为黄淮海地区 6 - 10 月降雨量的均值以及最大最小值。表中数据显示, 黄淮海地区 7 月份的降水最多, 多年均值为 184.3 mm, 其次是 8 月份, 最少的是 10 月份, 均值只有 43.2 mm, 和最大值 7 月份的降水量相差了 141.1 mm。因此, 夏玉米生长季的降水量主要集中在 6 - 9 月。

表 2 黄淮海地区夏玉米生长期各月降水量

降水量/mm	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	6 - 10 月
均值	106.6	184.3	141.3	73.6	43.2	549
最小值	51.4	109.2	88.7	17.1	7.4	371.6
最大值	206.7	248.9	202.3	140.6	107.9	713.4

从 41 年来黄淮海地区夏玉米生长季节 6 - 9 月总降水量的变化趋势图 (图 1) 可以看出, 总降水量呈阶段性的上升和下降的波动趋势, 2005 年总降雨量最多, 为 617.8 mm, 1997 年最少, 仅有 356.7 mm。1990 年代中期后, 波动幅度明显增大, 表明旱涝灾害呈现频发的态势。特别是 1996 - 1997 年和 2002 - 2003 年这两个大波动年份。1996 年 6 - 9 月总降雨为 610.6 mm, 1997 年只有 356.7 mm。2002 年总雨量为 380.9 mm, 2003 年为 616.6 mm。11 年滑动平均曲线表明 6 - 9 月的降水量是按先减少后增加变化的。

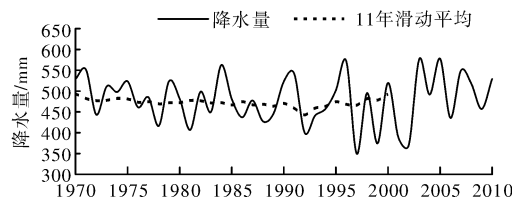


图 1 黄淮海地区 1970 - 2010 年 6 - 9 月总降水量变化趋势

### 2.2 SPI 历年变化及趋势分析

图 2 所示为黄淮海地区 6 - 9 月每月 SPI (记为  $SPI_1$ ) 历年变化曲线和累积距平曲线 (由于 10 月份的 SPI 累积距平曲线的变化趋势没有通过显著性检验, 在此没有给出相应的图)。

图 2a 所示为 6 月份的  $SPI_1$  的历年变化情况。根据表 1 中的旱涝指标的标准, 1970 - 2010 年期间 6 月份的雨涝总共发生 6 年, 分别出现在 1971、1979、1980、1991、1996、2000 年, 其中 1971 年达到了特涝水平, SPI 值为 2.59; 6 月份干旱总共发生了 6 年, 分别出现在 1974、1985、1988、1992、1997、2010 年, 最早的发生在 1997 年, SPI 最小

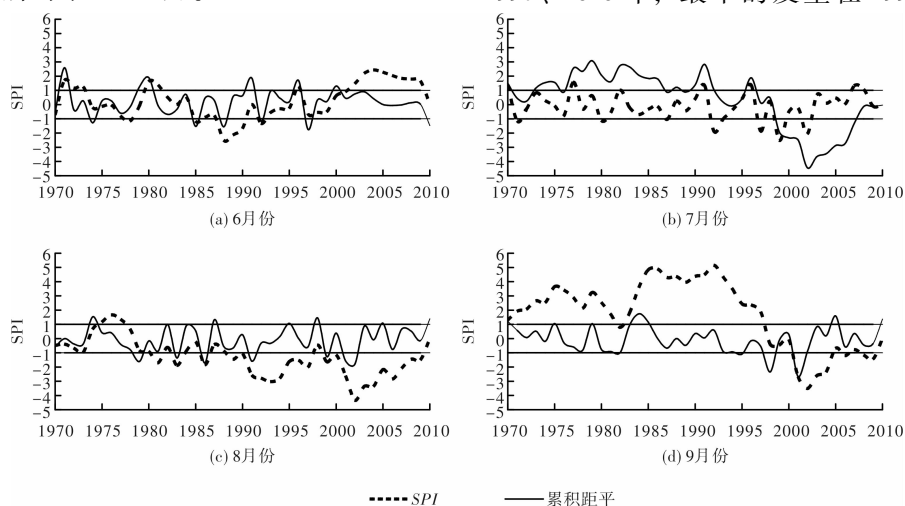


图 2  $SPI_1$  历年变化和趋势分析

值为  $-1.75$ 。图中虚线部分是  $SPI$  的累积距平曲线, 6 月份的  $SPI$  累积距平值在研究区间内呈波动状态, 总共有 4 个高的波峰值和 2 个低的波谷值, 2003 年后, 累积距平曲线下滑, 说明 6 月份有变干的趋势。

图 2b 所示为 7 月份的  $SPI_1$  的历年变化情况。1970–2010 年期间 7 月份的雨涝总共发生 7 年, 分别出现在 1970、1977、1982、1991、1996、2007、2008 年, 其中 1977 年  $SPI$  达到了最大值, 为 1.57。7 月份干旱总共发生了 8 年, 分别出现在 1971、1980、1987、1992、1993、1997、1999、2002 年, 最早的发生在 1999 年,  $SPI$  最小值为  $-2.52$ 。7 月份的  $SPI$  累积距平值在 1996 年之前都是小幅度的波动, 没有明显的变干或是变湿趋势, 但 1996–2002 年累积距平值曲线下滑幅度很大, 说明该时期干旱化趋势严重。2003 年至今, 7 月份的累积距平曲线一直处于上升阶段, 表明这个阶段雨涝趋势明显。

图 2c 所示为 8 月份的  $SPI_1$  的历年变化情况。1970–2010 年期间 8 月份的雨涝总共发生 6 年, 分别出现在 1974、1987、1995、1998、2005、2010 年, 其中 1974 年  $SPI$  达到了最大值, 为 1.53。8 月份干旱总共发生了 7 年, 分别出现在 1979、1983、1986、1991、1999、2001、2002 年, 最早的发生在 2002 年,  $SPI$  最小值为  $-1.8$ 。8 月份的  $SPI$  累积距平值的变化情况和 7 月份的相似, 但波动幅度较 7 月份的要大。2003 年之后的  $SPI$  累积距平线都是呈增加的趋势, 雨涝趋势明显。

图 2d 所示为 9 月份的  $SPI_1$  的历年变化情况。1970–2010 年期间 9 月份的雨涝总共发生 7 年, 分别出现在 1970、1975、1979、1984、1985、2005、2010 年, 其中 1984 年  $SPI$  达到了最大值, 为 1.74。9 月份干旱总共发生了 3 次, 分别出现在 1995、1998、2001 年, 最早的发生在 2001 年,  $SPI$  最小值为  $-2.67$ 。9 月份的  $SPI$  累积距平曲线的周期比其他几个月要明显, 分别有 2 个大的波峰和 2 个大的波谷。2003 年后表现为与 7、8 月份相同的趋势, 即雨涝趋势增加。

综上所述, 除了 6 月份 2003 年后的累积距平值是呈下降趋势外, 7–9 月的累积距平曲线在

2003 年后都有上扬趋势, 表明从整体上看 2003 年后的黄淮海地区干旱化减弱, 雨涝增强。以上的趋势分析都通过 0.05 的显著性检验。

### 2.3 典型站点夏玉米生长季 $SPI$ 趋势分析

以上分析了黄淮海地区夏玉米生长季节的  $SPI$  的区域平均状况, 但是从北到南不同站点的  $SPI$  值也会有所差异。图 3 所示为夏玉米主要生长季节 4 个典型站点 6–9 月的  $SPI$  (记为  $SPI_4$ ) 变化趋势的情况。北京地区的  $SPI_4$  变化比较明显, 1970 年至 1996 年  $SPI_4$  不断变大, 北京在这个时期处于一个相对向雨涝发展的阶段, 而 1997 年后  $SPI_4$  一路下滑, 说明在 1997 年后北京逐步向干旱趋势发展。郑州站在 2002 年之前处于小幅度的波动变干趋势, 2003 后趋势线上升, 郑州处于向雨涝阶段发展的趋势。合肥和青岛站的变化比较平缓, 这两个站处于黄淮海的南部和东部, 说明东南方向的干湿变化趋势不明显。以上的趋势分析都通过 0.05 的显著性检验。

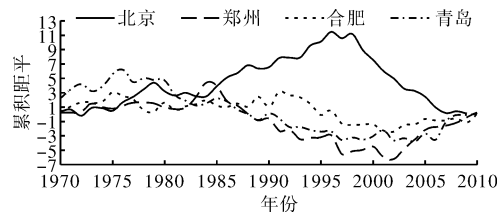


图 3 不同代表站点 6–9 月的  $SPI_4$  累积距平趋势

### 2.4 黄淮海地区 $SPI$ 空间分布

#### 2.4.1 夏玉米整个生长季的旱涝分布

根据 1970–2010 年黄淮海地区 72 个站点 6–9 月的  $SPI_4$  的计算结果, 计算出各个站点夏玉米生长季 6–9 月的总体干旱和雨涝情况。统计显示, 干旱年数大于雨涝年数的站有 38 个, 旱涝年数相当的站有 7 个, 雨涝年数大于干旱年数的站有 27 个站点。经 GIS 图分布显示 (图 4), 多雨涝区主要分布在黄淮海的西南部地区, 主要是河南西南区和安徽; 而干旱区则在黄淮海的淮河以北地区内, 主要是北京、天津、河北、河南的以及山东省。对比图 4a 与图 4b 可以得出, 河南省是 6–9 月旱涝灾害发生最为频繁的省份, 其中涝害最严重的是河南省的西南地区。

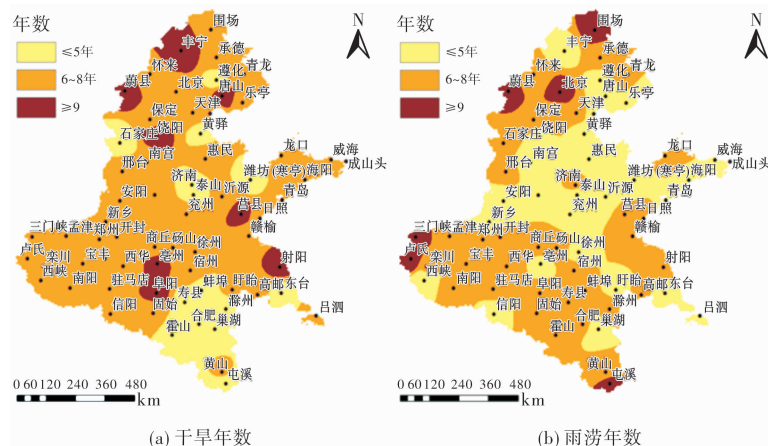


图 4 1970–2010 年黄淮海地区夏玉米生长季旱涝年数空间分布图

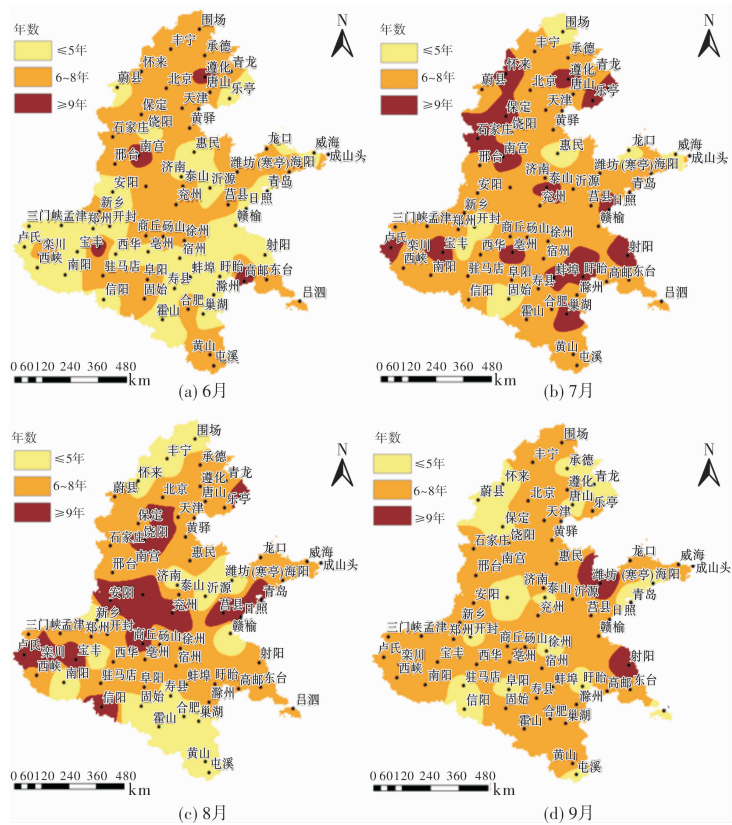


图5 1970-2010年黄淮海地区不同月份发生于旱年数空间分布图

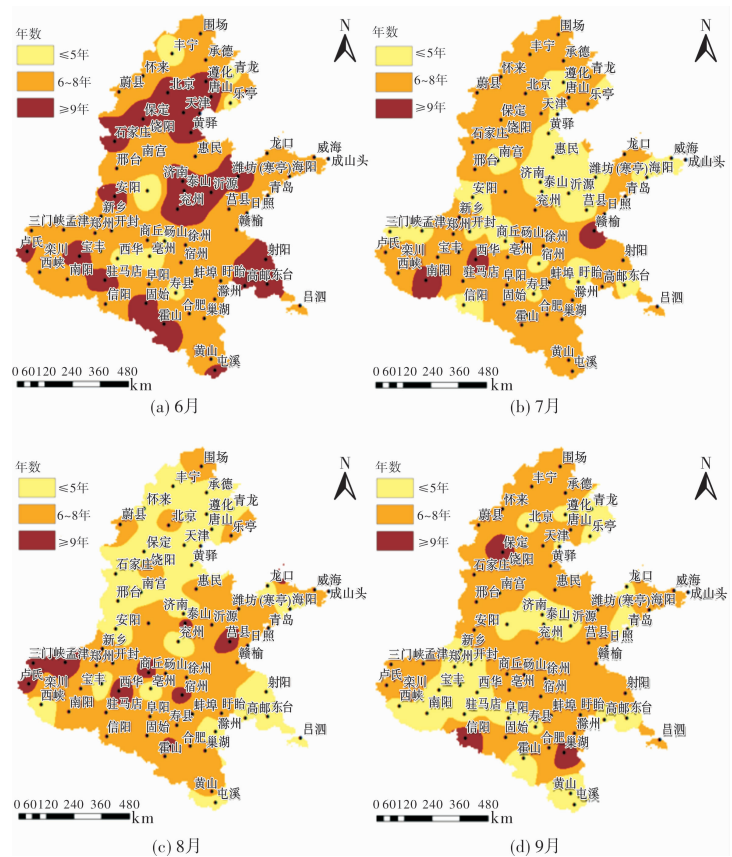


图6 1970-2010年黄淮海地区不同月份发生雨涝年数空间分布图

### 2.4.2 夏玉米生长季各月干旱分布

根据 1970–2010 年黄淮海地区 72 个站点 6–9 月各月的  $SPI_t$  的计算结果, 计算出各个站点夏玉米生长季 6–9 月单月的干旱和雨涝情况(图 5)。图 5a–5d 分别是 41 年中 6、7、8、9 月份的干旱发生年数的分布图。由图可见, 6 月份干旱较多的地区主要在北部的遵化, 中部的南宮, 西部的

### 2.4.3 夏玉米生长季各月雨涝分布

黄淮海地区 6–9 月的 41 年总雨涝次数分布图和干旱次数分布图有差异。图 6a 为 6 月雨涝 41 年中发生的年数分布图。发生 10 年以上雨涝的站点有北部的河北唐山、中部的山东兖州和泰山、南部的安徽霍山、西部的河南宝丰站和东部的江苏部分站点如高邮等。图 6b 是 7 月份雨涝发生年数分布图。黄淮海地区 7 月份的雨涝在 41 年中大部分集中在 5~7 年之间, 没有出现 10 年以上雨涝的站点, 说明黄淮海地区 7 月份的雨涝发生的并不多。8 月份雨涝图(图 6c)的雨涝多发站点主要分布在河南省的西部以及山东的西南地区。9 月份的雨涝年数在各地分布均匀, 没有出现 10 年及以上的雨涝站(图 6d)。

## 3 结论与讨论

由于  $SPI$  具有良好的稳定性, 它在各个时间尺度、各地域范围上都被广泛运用。本文采用  $SPI$  指数分析黄淮海地区近 41 年的旱涝时空分布规律, 计算统计结果与历史吻合的较好, 能较准确地反应夏玉米生长季及其各月的旱涝情况。

黄淮海地区的夏玉米生长季的降水主要集中在 6–9 月, 水分多寡直接影响夏玉米的生长发育和最终产量的形成。统计结果显示, 6–9 月的降水量最多的是 2005 年, 这一年造成了某些地区不同程度的涝害。1997 年是该时期降水量最少的年份, 这年发生了不同程度的干旱灾害。

在整个黄淮海地区, 夏玉米生长季中 6–9 月的旱涝情况不同。6–8 月的旱涝年数比较接近, 为 7~8 年。而 9 月份的雨涝年数为 7 年, 干旱为 3 年, 说明夏玉米乳熟至成熟期的雨涝概率比较大, 这时期的雨涝会对玉米成熟期的延后及倒伏有较大影响。累积距平曲线表明, 2003 年后 6 月份的  $SPI$  变小, 7–9 月的  $SPI$  变大。所以应注意夏玉米苗期的干旱和生育后期的雨涝灾害。

$SPI$  空间分布表明, 在夏玉米生长季节内, 容易发生雨涝的站点主要在黄淮海的西南地区, 主要是河南、安徽以及江苏部分站点; 容易出现干旱的站点大多在黄淮海的北部, 如河北、北京、天津以及山东的北部。容易出现干旱的月份是 7、8 月份, 容易出现雨涝的月份是 6 月和 8 月。

本文用  $SPI$  指数对黄淮海夏玉米生长季的旱涝

许昌, 东部高邮; 7 月份各地发生干旱的年数都要比 6 月份高, 其中石家庄、保定和盱眙的干旱年数都超过了 10 年, 每个站点的 7 月份在 41 年里至少有 5 年发生了干旱; 8 月干旱主要集中在中部地区, 41 年中在 8 月发生干旱 10 年以上的站点主要有霸州、朝城、卢氏、莒县; 9 月份干旱的年数在各地都比较均匀, 发生 10 年干旱只有潍坊站。

进行了分析, 结果与实际吻合的较好。但要确切的评价旱涝对夏玉米的最终影响还是要结合土壤的质地、玉米品种的抗旱涝特性、及管理措施等方面综合考虑。

## 参考文献:

- [1] 王凌河, 赵志轩, 黄站峰, 等. 黄淮海地区农业水问题及保障性对策[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2094–2101.
- [2] 李森, 吕厚荃, 张艳红, 等. 黄淮海地区 1961–2006 年干湿状况时空变化[J]. 气象科技, 2008, 36(5): 601–604.
- [3] 王耕今. 试论黄淮海地区的水利与生态环境的关系[J]. 生态经济, 1994(2): 53–55.
- [4] 李晴, 李春强, 卢建立. 河北省两熟产区冬小麦气象干旱风险分析[J]. 河北农业大学学报, 2010, 33(5): 1–5.
- [5] Guttman N B. Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index [J]. Am. Water Resour. Assoc., 1997, 34(1): 113–121.
- [6] 张强, 鞠笑生, 李淑华. 三种干旱指标的比较和新指标的确定[J]. 气象科技, 1998, 26(2): 48–52.
- [7] 袁文平, 周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523–529.
- [8] Sims A P, Niyogi D D S, Raman S. Adopting drought indices for estimating soil moisture: a North Carolina case study [J]. Geophysical Research Letters., 2002, 29(8): 1183–1186.
- [9] Quiring S M, Papakryiakou T N. An evaluation of agricultural drought indices for the canadian prairies[J]. Agr. Forest Meteorol., 2003, 118: 49–62.
- [10] 王越, 江志红, 张强, 等. 基于 Palmer 湿润指数的旱涝指标研究[J]. 南京气象学院学报, 2007, 30(3): 383–388.
- [11] 许月卿, 邵晓梅, 刘劲松. 河北省旱涝灾害历史特征研究[J]. 灾害学, 2001, 16(2): 54–56.
- [12] 袁媛, 王心源, 李祥, 等. 巢湖流域旱涝时空特性分析[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 97–99.
- [13] 宋华, 孙照渤. 华北地区夏季旱涝的时空分布特征及其与北极海冰的关系[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(3): 292–295.
- [14] 朱业玉, 程炳岩, 王记芳. 河南旱涝灾害的演变特征分析[J]. 灾害学, 2006, 21(3): 93–96.
- [15] 张婧, 郝立生, 许晓光. 基于 GIS 技术的河北省洪涝灾害风险区划与分析[J]. 灾害学, 2009, 24(2): 51–55.
- [16] 马晓群, 陈晓艺, 盛绍学. 安徽省冬小麦渍涝灾害损失评估模型研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(1): 158–162.
- [17] 樊任华, 刘成林. 基于 SPI 的江西夏季干旱时空特征分析[J]. 江西水利科技, 2008, 34(4): 240–243.
- [18] 武建军, 刘晓晨, 吕爱峰, 等. 黄淮海地区干湿状况的时空分异研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(2): 101–103.
- [19] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 43, 99.
- [20] McKee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales[R]. California: 8th Conference on Applied Climatology, 1993.
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 气象干旱等级[S/OL]. (2006–11–01) [2012–06–04]. <http://wenku.baidu.com/view/c3b7f70490c69ec3d5bb750e.html>.

(下转第 80 页)