

1965年以来张家口地区季节干旱变化特征分析

胡雪¹, 马光¹, 李春强^{2*}, 车少静³, 康西言², 刘星燕¹

1. 张家口市气象局, 张家口 075000
2. 河北省气象科学研究所, 石家庄 050021
3. 河北省气候中心, 石家庄 050021

摘要 干旱对河北省张家口地区农业生产具有重大不利影响, 典型干旱年份导致了严重的经济损失。基于张家口地区 14 个气象站 1965—2018 年的气象观测资料, 采用标准化降水指数(SPI)和数理统计方法, 分析了张家口地区季节干旱的时空变化特征。结果表明: 影响农业生产显著的夏季干旱呈显著增加趋势, 特别是 20 世纪 90 年代以来, 干旱持续时间较长, 空间范围较大; 春秋季节干旱出现减轻趋势, 21 世纪以来干旱相对偏轻; 冬季干旱没有显著的变化趋势。因此, 应重点加强对夏季干旱的防御管理。

关键词 张家口地区; 季节干旱; 气象观测

张家口地区位于河北省西北部, 全市地势总趋势是西北高、东南低, 阴山山脉横贯中部, 将全市分为坝上和坝下两大部分。北部坝上是蒙古高原的一部分, 海拔高度在 1400~1600 m, 地势平坦, 多内陆湖淖, 占全市总面积 33.7%。坝下山峦起伏, 地形复杂。张家口市地处东亚大陆季风气候区内, 干旱是张家口的主要气象灾害, 如在 2007 和 2009 年分别遭受重大旱灾, 粮食产量下降明显, 经济损

失严重。因此研究该区干旱特征及变化, 对于防御减轻干旱对农业生产影响和损失具有重要意义。

与其他自然灾害不同, 干旱没有全球公认的定义, 有关干旱的定义均与研究者关注的气候区域及影响相联系。同时, 干旱的影响非常复杂, 并且在不同的时空范围具有不同的特点。因此, 干旱的监测评估指标与方法及其所用资料具有多样性^[1-2]。标准化降水指数^[3-4](standardized precipitation in-

收稿日期: 2019-07-04; 修回日期: 2019-10-12

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY(QX)201506001)

作者简介: 胡雪, 工程师, 研究方向为气象服务, 电子信箱: huxue_111@163.com; 李春强(通信作者), 研究员级高级工程师, 研究方向为农业气象灾害与气候变化影响, 电子信箱: chunql@sohu.com

引用格式: 胡雪, 马光, 李春强, 等. 1965 年以来张家口地区季节干旱变化特征分析[J]. 科技导报, 2019, 37(20): 40-48; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.20.005

dex, SPI)由美国学者提出,它是基于长时间自然降水量的偏态概率分布特点,并进行正态标准化处理而得到。由于具有资料易得、计算方便、多时间尺度以及时空的可比较性,从而得到了广泛应用。国外许多学者应用其分析了区域气象干旱特征,如美国、欧洲等学者分析了大范围的干旱时空变化特征^[5-8]。近年在国内也得到了广泛应用,如Ayantobo等^[9]应用包括SPI的多种干旱指标,分析了中国大陆1961—2013年干旱的空间特征与重现期,黄晚华等^[10]分析了中国南方1951—2008年季节性干旱特点,周扬等^[11]分析了内蒙古自治区1981—2010年干旱时空分布特征,王允等^[12]分析了1959—2011年宁夏干旱演变特征。车少静等^[13]采用标准化降水指数分析了河北省旱涝特征,闫峰等^[14]分析了河北省干旱特征,宗艳等^[15]分析了海河流域气象干旱的时空特征,方宏阳等^[16]分析了京津冀的旱涝特点。国内学者还用SPI分析了区域范围的干旱特征与影响^[17-19]。由于SPI的特性,已被推荐为国际通用气象干旱指数^[20]。近年,SPI作为指标之一被用来评估欧洲干旱风险与干旱影响^[21-22],因此其应用越来越广。

本文采用标准化降水指数(SPI),应用数理统计方法,分析影响张家口地区农业生产的干旱变化特点,侧重季节干旱变化特征,以进一步了解气候变化背景下的区域干旱发生规律。

1 资料与方法

1.1 资料

所用资料为张家口地区14个地面气象观测站的月降水观测资料,来自河北省气象信息中心。张家口地区的地形及气象站点分布如图1所示。

1.2 方法

以2月、5月、8月和11月的SPI3分别表示冬季、春季、夏季和秋季的干旱指数,计算方法见参考文献[4]。根据《气象干旱等级GB/T20481-2017》的分级标准^[23],基于3个月时间尺度的SPI3各干旱等级为:特旱 $SPI3 \leq -2.0$,重旱 $-2.0 < SPI3 \leq -1.5$,中旱 $-1.5 < SPI3 \leq -1.0$,轻旱 $-1.0 < SPI3 \leq -0.5$,无

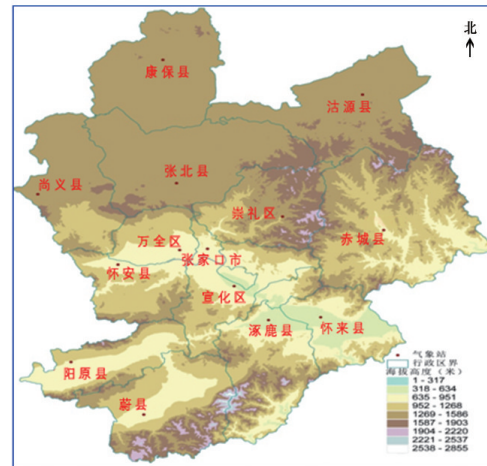


图1 张家口地区气象站分布

Fig. 1 Weather stations in Zhangjiakou region

旱 $-0.5 < SPI3$ 。

干旱频率:分析评估干旱发生多少程度。以发生干旱的年份数与气象观测资料总年数的百分比表示。

干旱站次比:区域内干旱发生站数占区域总站数的比例多少,以评价干旱影响的空间范围大小。以发生干旱站数占区域总站数的百分比表示,即

$$P = m/M \cdot 100\%$$

式中, M 是研究区即张家口地区的气象站总数(本文为14), m 是发生干旱的站数。 P 值大小反映了区域干旱空间范围变化情况,并在一定程度上反映了干旱影响范围的严重程度。通常, $P \geq 50\%$,表示区域一半及以上的站次出现干旱,则为全区性干旱; $50\% > P \geq 33\%$ 时,表示区域性干旱;当 $33\% > P \geq 25\%$ 时为部分区域性干旱;当 $25\% > P \geq 10\%$ 时为局域性干旱;当 $P < 10\%$ 时表示无明显干旱发生^[11]。

2 结果与分析

2.1 干旱基本特征

图2是张家口地区1965—2018年不同时间尺度SPI的变化曲线。可以看出,不同时间尺度反映了不同类型的干旱。SPI3反映了季节的旱涝变化特征,与农业干旱具有比较密切的关系。SPI6、

SPI12 和 SPI24 则反映了长时间尺度的干旱变化特征,能够表征水文干旱变化特点。不同时间尺度的干旱起止时间和旱涝严重程度也不相同,如 1999 年的干旱, SPI3 出现于 6—8 月共 3 个月,平均干旱强度为 -1.27,最大干旱强度 -1.55 出现在 1999 年 6 月;而 SPI6 自 1998 年 12 月开始到 1999 年 12 月结束,平均干旱强度 -1.14,最大干旱强度 -1.73 出现

在 1999 年 6 月; SPI12 则从 1999 年 6 月开始到 2000 年 7 月结束,平均干旱强度 -1.27(其中 1999 年 6—12 月平均干旱强度 -1.54),最大干旱强度 -2.04 出现在 1999 年 7 月。这 3 个不同时间尺度干旱的持续时间虽然不同,但最早出现时段基本一致,出现在 6 月、7 月。

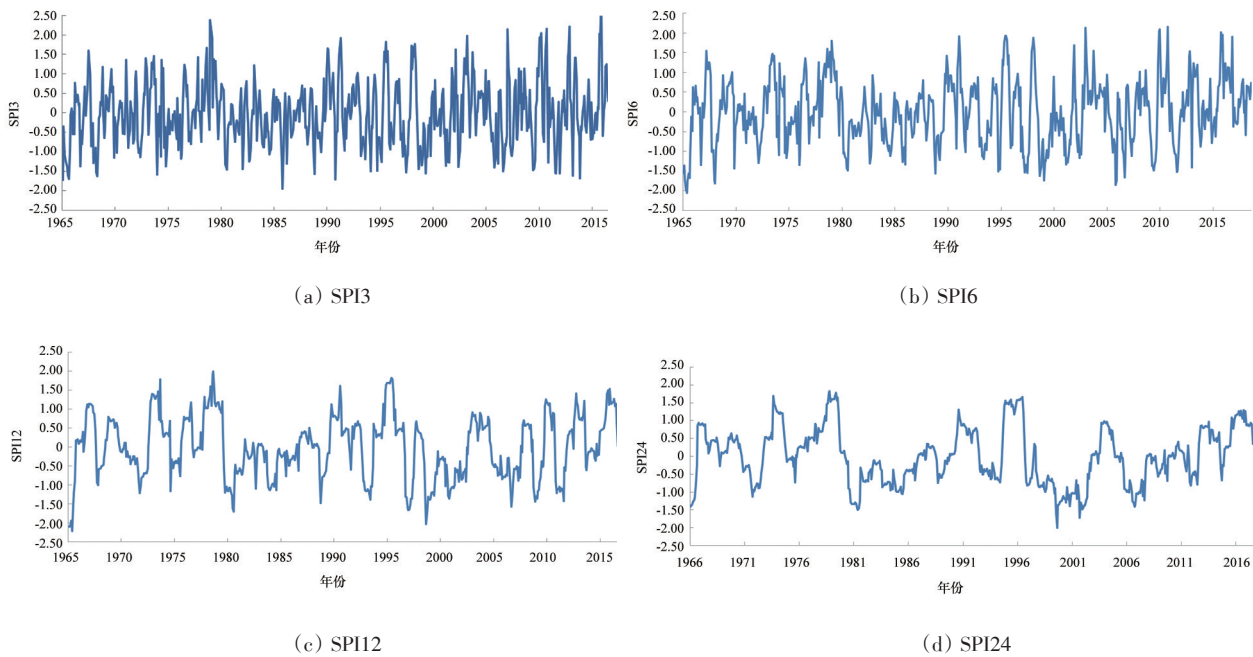


图2 1965—2018年张家口地区不同时间尺度SPI变化

Fig. 2 Different time scales of SPI in Zhangjiakou during 1965—2018

2.2 干旱时空变化特征

1) 春季。

1965—2018年,张家口春季干旱全区平均为,轻旱发生频率 13%,中旱与重旱发生频率 13%,无特旱发生。坝上地区(张北、康保、沽源、尚义)以张北干旱出现频率较高,轻、中、重旱和特旱合计达 37%,康保、沽源和尚义为 24%~28%。坝下地区春旱频率一般为 30%~37%,其中重旱和中旱发生频率为 4%~20%,轻旱发生频率为 11%~28%。

春季干旱发生变化主要是由于自 20 世纪 90 年代后期以来,干旱出现了减轻的趋势,即张家口地区的春旱具有明显的阶段性特点。总体上,全区

1965—2018 年春季干旱的时间演变特征呈现出显著减轻趋势($p=0.1$), SPI3 变化倾向率为 0.13/10 a (图 3)。

在空间上,全区性(7 个站及以上发生的)出现春旱共有 16 次,即 1965、1968、1971、1972、1976、1984、1986、1988、1989、1993、1995、1996、1999、2001、2013 和 2015 年,其中,8 次干旱的站次比达到或超过了 85.7%(12 个站及以上),分别为 1965、1968、1971、1972、1986、1993、2001 和 2013 年,而 1968 年和 2013 年则为全区干旱(站次比 100%)。在干旱强度上,一般干旱范围越大,干旱强度一般也越强,如 2013 年全区干旱平均达到了重旱

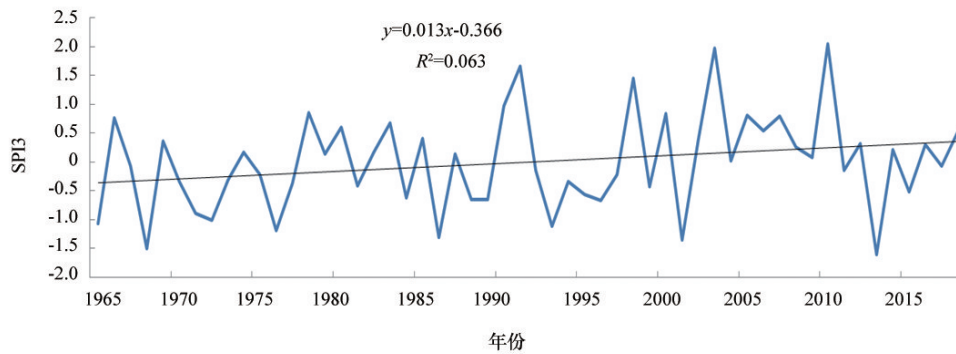


图3 1965—2018年张家口地区5月SPI3变化

Fig. 3 Changes of SPI3 in May in Zhangjiakou region during 1965—2018

(-1.60), 1968年全区平均干旱强度也接近重旱(-1.50)。1997年以来,全区性的春旱明显减少,全区无干旱年份为12年。

全区性春旱主要出现在20世纪60年代后期、70年代前期和中期、80年代和90年代以及2001、2013年和2015(图4)。总体上,20世纪春旱发生较多,而且空间范围较大。同时,春旱的发生在空间

上具有一致性,但各地干旱程度有所不同。随着气候变化,特别是在1986、1987年之后,张家口地区春旱在经历了20世纪90年代中期干旱之后,进入21世纪以来虽然也出现了短期春旱,但总体上春季干旱有所减缓,正常或湿润时段有所增加,即由干旱变为正常或略有湿润。

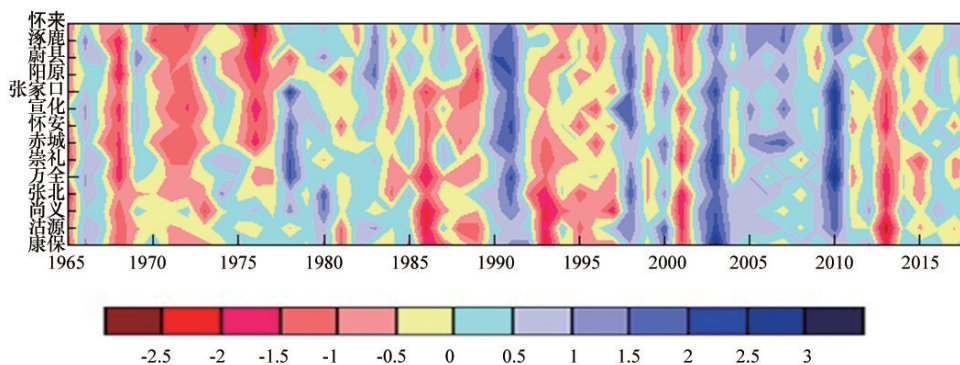


图4 1965—2018年张家口地区5月SPI3时间-空间(站点)变化

Fig. 4 Spatial-temporal change of SPI3 in May in Zhangjiakou region during 1965—2018

2) 夏季。

夏季是全年降水集中时段,也是干旱发生相对较少的时期,但夏季干旱对农业生产影响较大。1965—2018年,张家口全区夏季干旱以轻旱和中旱为主,干旱出现频率坝上地区为28%~30%,坝下地区为28%~35%。总体上,中旱及以上等级干旱的发生频率为10%~20%,轻旱发生频率为

10%~20%。

受季风气候特点与天气气候变化影响,夏季干旱集中出现在20世纪90年代中期以后,即自1996年以来,张家口地区的夏季干旱出现了增加倾向。1965—2018年以来夏季干旱变化趋势呈显著增加趋势($p=0.1$),其SPI3变化倾向率为 $-0.12/10\text{ a}$,干旱等级以轻旱和中旱多发为主(图5)。

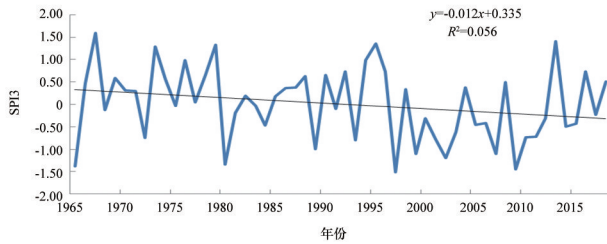


图5 1965—2018年张家口地区8月SPI3变化
Fig. 5 Changes of SPI3 in August in Zhangjiakou region during 1965—2018

在干旱空间分布上,夏季全区性干旱共出现17次,即1965、1972、1980、1984、1989、1993、1997、1999、2001、2002、2003、2005、2007、2009、2010、2011和2014年。其中,1965、1997、1999、2007和2009年干旱站次比达到或超过85.7%(12站及以上);1997年发生了特旱和重旱的站次比为50%(7站),1999年发生了重旱和中旱的站次比为57.1%(8站)。上述年份农业生产受到了严重影响,作物产量明显下降。如2009年罕见的夏季旱灾致使37

座小水库干涸,65万余人和23万余头大牲畜饮水困难。造成粮食总产量比2008年减少49.8万t,下降了38%。

夏季干旱具有比较明显的特点,由于处于雨季,故干旱相对较少。在20世纪90年代之前,大部地区和年份干旱较少,而且干旱程度较轻,仅在1965年和1980年前后干旱范围和程度较大。但随着气候变化,在1986、1987年之后,全地区仅在1995年前后降水略多。20世纪90年代中后期以来,夏季干旱发生的空间范围加大,时间呈现为持续性较长,干旱程度也有所加强,但干旱严重程度的空间差异明显。其中,20世纪90年代后期到21世纪初出现了较大范围的持续性干旱,对农业生产造成了显著影响。1997年、1999年、2007年和2009年为大范围典型夏旱年。总体上,1996年以前,夏季干旱发生相对偏少,而且持续时间不长;而在1996年之后,夏季干旱出现比较频繁,并且具有连续性,同时干旱范围和强度也大,对农业生产影响严重(图6)。

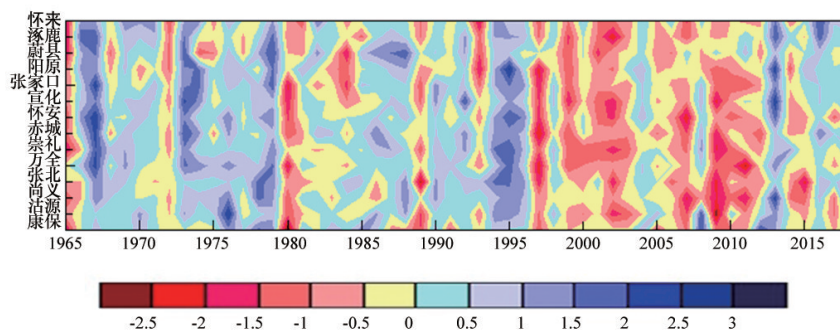


图6 1965—2018年张家口地区8月SPI3时间-空间(站点)变化
Fig. 6 Spatial-temporal change of SPI3 in August in Zhangjiakou region during 1965—2018

3) 秋季。

总体上,全区秋季干旱出现频率为28%~37%,其中坝上地区干旱频率30%~37%,坝下地区为28%~35%。秋季干旱以轻旱和中旱为主,出现频率为20%~33%,重旱和特旱频率分别为2%~6%和0~4%。秋季干旱主要出现20世纪80年代,全区性(站次比50%以上,7站及以上范围)

出现干旱共20年,即1965、1966、1967、1970、1971、1974、1979、1981、1982、1984、1985、1986、1988、1994、1998、2000、2005、2006、2011和2013年,其中在20世纪80年代出现了6次。出现3年连续性秋旱有2次,即1965—1967年和1984—1986年。

1965—2018年,秋季全区干旱呈现出显著的减少趋势($p=0.1$),即秋旱趋于减轻,其SPI3变化倾

向率为0.2/10 a。由图7可以看出,自21世纪以来,干旱时段相对较少,仅2005和2006年出现了轻旱和中旱,其他年份秋季均处于无旱状态。

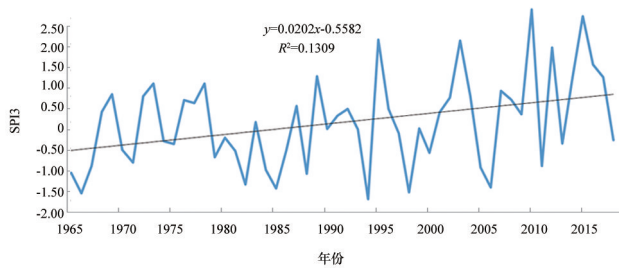


图7 1965—2018年张家口地区11月SPI3变化
Fig. 7 Changes of SPI3 in November in Zhangjiakou region during 1965—2018

秋季全区大范围干旱强度相对较大,出现12站次或以上的秋旱平均强度均为中旱,并且中旱和重旱所占站数均在7站以上,多者可达10站或以上,如1998年重旱和中旱分别为5站和6站。其中,出现12站次的1982年平均SPI为-1.19,出现13站次的1966年和1985年的平均SPI分别为-1.37和-1.27,出现14站次的1994、1998、2006年的平均SPI分别为-1.47、-1.35和-1.25。

张家口地区秋季干旱以20世纪60年代中后期、80年代前中期以及90年代中后期较为明显,21世纪大范围秋季干旱主要出现在2005—2006年。总体上,秋季干旱在20世纪80年代相对较多,21世纪以来出现了相对减少趋势(图8)。

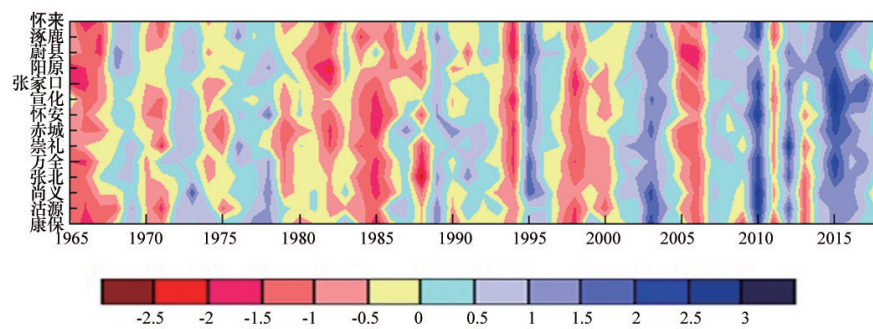


图8 1965—2018年张家口地区11月SPI3时间-空间(站点)变化
Fig. 8 Spatial-temporal change of SPI3 in November in Zhangjiakou region during 1965—2018

4) 冬季。

全区冬季干旱出现频率为22%~41%,坝上地区张北、康保和坝下地区崇礼、阳原、蔚县冬季干旱频率较低,为22%~28%,其他地区相对较高,为33%~41%。轻旱发生频率相对较高,一般为11%~28%,其中,沽源、张北、崇礼和蔚县为11%,阳原、涿鹿和康保为15%,其他县为20%~28%。全区14个站中,7个站特旱出现频率为2%~7%,另7个站无特旱出现。

在时间变化方面,受气候变化影响,张家口地区冬季干旱出现了不显著的减少趋势,其SPI3变化倾向率为0.049/10 a(图9)。

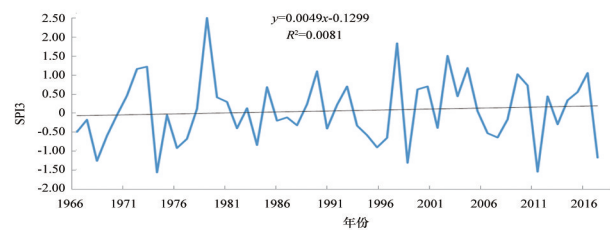


图9 1966—2018年张家口地区2月SPI3变化
Fig. 9 Changes of SPI3 in February in Zhangjiakou region during 1966—2018

冬季出现全区性干旱的年份共18次(站次比50%或以上),即1966、1968、1969、1974、1976、

1977、1984、1988、1994、1995、1996、1999、2002、2007、2008、2012、2014 和 2018 年。在站次比达到或超过 71.4%(10 站或以上)的全区性干旱中,一般均有重旱或特旱站出现,表明这些干旱不仅空间范围大,而且还有中心区域。在全区性干旱中(图 10),出现干旱站次比高的年份干旱强度均较重,如 2012 年和 1974 年全区平均 SPI 分别为-1.55 和-1.57,

达到了重旱程度;1999 年和 1968 年的 SPI 分别为-1.33 和-1.28,达到了中旱程度。

冬季全区典型干旱出现在 20 世纪 60 年代后期、70 年代中后期、90 年代中期以及 21 世纪第一个 10 年后期,在空间变化上,坝上与坝下基本具有一致性,但在干旱严重程度略有不同。

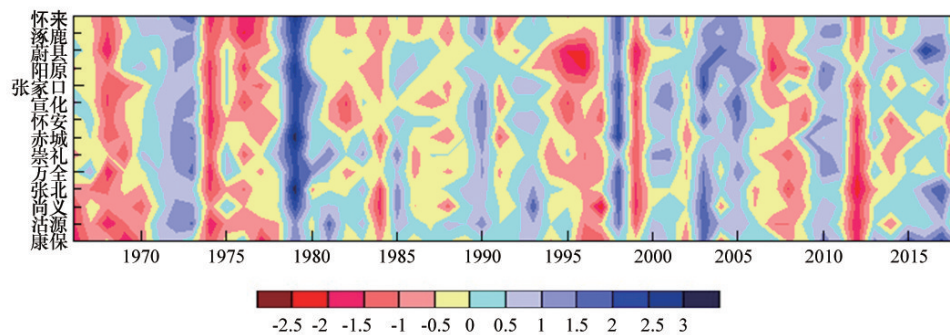


图 10 1965—2018 年张家口地区 2 月 SPI3 时间-空间(站点)变化

Fig. 10 Spatial-temporal change of SPI3 in February in Zhangjiakou region during 1965—2018

2.3 典型干旱影响

张家口地区干旱影响主要出现在春季和夏季,其中夏季影响最大。春季干旱主要影响春播的适时进行,通常导致播期推迟。夏季干旱直接对农业生产造成灾害损失,其中 21 世纪以来的影响最大。2007 年夏季降水持续偏少,出现了严重的夏季干旱,根据 3 个月尺度(SPI3)干旱指数,坝上地区康保、沽源和尚义三县中旱或以上程度干旱持续 3 个月,尚义则持续 4 个月,且 6~8 月均为特旱,7 月 SPI3 为-2.67,平均-2.18,可见干旱之严重。坝下地区崇礼、赤城、怀安等县也出现了持续 3 个月的中旱、中旱或特旱。2007 年全区农作物受灾面积 42.4 万公顷,成灾面积 40 万公顷,绝收面积 21.9 万公顷,9 万多人因旱发生饮水困难,干旱影响涉及到农业生产、生态建设和民众生活^[24]。2009 年夏季再次出现严重干旱,全区 10 个县出现了持续 2~5 个月的中度以上干旱,其中 7 个县出现特旱,沽源 7~10 月平均干旱强度(SPI3)为-2.39,坝上 4 县均出现了特旱,坝下 5 个县均出现了重旱。据河北省

民政厅 2009 年 8 月 26 日发布,张家口市农作物受旱面积 53.9 万公顷,其中绝收面积 37 万公顷,受灾人口 264 万人,农业直接经济损失 18 亿元。此外,全区主要河道地表径流减少,桑干河、清水河、南阳河等大部分河道断流,水利工程需水量较长年同期减少 30%,多个小水库干枯。总体上,自 20 世纪 90 年代中后期以来,张家口全区性夏季干旱多发,灾情严重,影响面大。因此,需要根据张家口天气气候变化特征及早应对,以减少影响。

3 结论

自 1965 年以来,张家口地区春秋旱减轻,夏季干旱增加,冬季干旱不显著减缓。其中,春季干旱主要出现在 20 世纪 60 年代后期、70 年代前期和中后期、80 年代后期、90 年代中期、以及 2001—2003 年;21 世纪以来虽然也出现了短期春旱,但总体有所减缓,由干旱变为正常或略有湿润。20 世纪 90 年代之前,大部地区和年份夏季干旱较少,而

且干旱程度较轻;90年代中后期以来,干旱发生的空间范围加大,时间呈现为持续性较长,干旱程度也有所加强。秋季干旱以20世纪60年代中后期、80年代前中期以及90年代中后期较为明显,21世纪以来出现了相对减少趋势。冬季典型干旱出现在20世纪60年代后期、70年代中后期、90年代中期以及21世纪第一个10年后期;空间变化坝上与坝下基本具有一致性,但在干旱严重程度略有不同。

基于3个月时间尺度的标准化降水指数(SPI)研究结果表明,标准化降水指数能够客观反映张家口地区干旱的季节演变特征,特别是对影响农业生产的夏季干旱,因此可用于农业干旱的监测预警。由于SPI只采用了降水,而没有考虑水分支出分量如蒸发、蒸散等。因此,对于水资源和灌溉条件较好地区,需要进行综合分析,方能准确判别农业干旱的演变发展。

参考文献(References)

- [1] Mishra A K, Singh V P. A review of drought concepts[J]. *Journal of Hydrology*, 2010, 391(1/2): 202-216.
- [2] Mishra A K, Singh V P. Drought modeling—A review[J]. *Journal of Hydrology*, 2011, 403(1/2): 157-175.
- [3] Mckee T B, Doesken N J, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Proceedings of 8th conference on applied meteorology[C]. Boston: American Meteorological Society, 1993: 179-183.
- [4] Edwards D C. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales[D]. Fort Collins: Department of Atmospheric Science, Colorado State University, 1997.
- [5] Mallya G, Vimal M, Dev N, et al. Trends and variability of droughts over the Indian monsoon region[J]. *Weather and Climate Extremes*, 2016, 12: 43-68.
- [6] Spinoni J, Gustavo N, Jurgen V V. Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity[J]. *Global and Planetary Change*, 2017, 148: 113-130.
- [7] Stagge J H, Irene K, Lena M T, et al. Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe[J]. *Journal of Hydrology*, 2015, 530: 37-50.
- [8] Ganguli P, Auroop R G. Space-time trends in US meteorological droughts[J]. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 2016, 8: 235-259.
- [9] Ayantobo O O, Yi L, Songbai S, et al. Spatial comparability of drought characteristics and related return periods in mainland China over 1961—2013[J]. *Journal of Hydrology*, 2017, 550: 549-567.
- [10] 黄晚华, 杨晓光, 李茂松, 等. 基于标准化降水指数的中国南方季节性干旱近58 a演变特征[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(7): 50-59.
- [11] 周扬, 李宁, 吉中会, 等. 基于SPI指数的1981—2010年内蒙古地区干旱时空分布特征[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(10): 1694-1706.
- [12] 王允, 刘普幸, 曹立国, 等. 基于SPI的近53 a宁夏干旱时空演变特征研究[J]. *水土保持通报*, 2014, 34(1): 296-302.
- [13] 车少静, 李春强, 申双和. 基于SPI的近41年(1965—2005)河北省旱涝时空特征分析[J]. *中国农业气象*, 2010, 31(1): 137-143.
- [14] 闫峰, 王艳姣, 吴波. 近50年河北省干旱时空分布特征[J]. *地理研究*, 2010, 29(3): 423-430.
- [15] 宗艳, 王艳君, 翟建青. 海河流域气象干旱时空特征分析[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(12): 198-202.
- [16] 方宏阳, 杨志勇, 栾清华, 等. 基于SPI的京津冀地区旱涝时空变化特征分析[J]. *水利水电技术*, 2014, 44(10): 13-16.
- [17] 刘彦平, 蔡焕杰. 基于标准化降水指数SPI的泾惠渠灌区干旱演变对冬小麦气候产量的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(5): 267-272.
- [18] 龚艳冰, 张继国, 刘高峰, 等. 基于SPI指数与R/S分析的曲靖市干旱特征研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2015, 33(3): 273-277.
- [19] 叶正伟. 基于SPI的江苏沿海开发地区旱涝演变特征分析——以盐城市为例[J]. *地理科学*, 2014(34): 479-487.
- [20] Hayes M, Mark S, Nicole W, et al. The Lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended[J]. *Bulletin of American Meteorological Society*, 2011, 92(4): 485-488.
- [21] Blauhut V, Kerstin S, James H S, et al. Estimating drought risk across Europe from reported drought impacts, drought indices, and vulnerability factors[J]. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2016, 20(7): 2779-2800.
- [22] Bachmair S, Kohn I, Stahl K. Exploring the link between drought indicators and impacts[J]. *Natural Hazards*

- ards and Earth System Sciences, 2015, 15, 1381–1397. [24] 闫涛. 张家口市 2007 年旱情分析[J]. 河北水利, 2008 (5): 38.
- [23] 中华人民共和国国家标准气象干旱等级 GB/T20481–2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

Analysis of seasonal drought variations in Zhangjiakou since 1965

HU Xue¹, MA Guang¹, LI Chunqiang^{2*}, CHE Shaojing³, KANG Xiyan², LIU Xingyan¹

1. Zhangjiakou Meteorological Bureau, Zhangjiakou, 075000, China
2. Hebei Province Meteorological Research Institute, Shijiazhuang, 050021, China
3. Hebei Province Climate Center, Shijiazhuang, 050021, China

Abstract Drought hazards have a great adverse effect on the agricultural production in Zhangjiakou. Based on the meteorological data of 14 weather stations from 1965 to 2018, the temporal–spatial characteristics of the seasonal drought variations in Zhangjiakou region are analyzed by the standardized precipitation index (SPI) and the statistic methods. It is shown that the summer drought sees a significant increasing trend, with a long time duration and in a large space, especially after the 1990s. But the spring and autumn drought sees a decreasing trend, and becomes weak in the 21st century. And the winter drought sees no significant variation. It is imperative to strengthen the management for the summer drought.

Keywords Zhangjiakou region; seasonal drought; meteorological observation ●



(责任编辑 傅雪)