



国世友. 三江平原夏季旱涝变化特征[J]. 黑龙江农业科学, 2021(1):22-25, 42.

三江平原夏季旱涝变化特征

国世友^{1,2}

(1. 黑龙江省龙云气象科技有限责任公司 气象院士工作站, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象台, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 为了解全球变暖下的三江平原旱涝演变规律, 利用 1961—2020 年三江平原、1961—2100 年 CMIP6 模式 6—8 月降水量资料, 基于 Z 指数, 采用线性趋势法、Mann-Kendall 法分析三江平原夏季旱涝变化特征。结果表明: 1961—2020 年三江平原夏季呈弱的雨涝趋势, Z 指数上升速率 $0.061 \cdot 10 \text{ a}^{-1}$; 在月份上, 6 月、7 月、8 月均为弱的雨涝趋势, 6 月上升最快, 7 月最小, 但变化趋势不明显。旱涝变化趋势具有阶段性, 夏季及 8 月干旱发生频率大于雨涝频率, 强度弱于雨涝; 6 月干旱发生频率小于雨涝频率, 强度弱于雨涝; 7 月干旱发生频率、强度与雨涝的相当。在 SSP245 情景下, 2021—2100 年三江平原夏季呈明显雨涝趋势, Z 指数将以 $0.13 \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 速度上升, 比 1961—2020 年明显偏快。从月份来看, 6 月、7 月、8 月也为雨涝趋势, 与 1961—2020 年相比, 6 月雨涝趋势略有减小, 7 月、8 月明显增大。与 1981—2010 年相比, 夏季及各月雨涝年将明显增多, 干旱年份减少。分析得到的旱涝规律可为制定合理的农业发展规划提供依据。

关键词: 三江平原; 旱涝; Z 指数

三江平原位于我国东北部, 总面积约为 10.89 万 km^2 , 雨热同季, 适于大豆、水稻和玉米等作物生长, 粮食商品率达 75%, 是我国重要的商品粮生产基地和粮食战略后备基地。但近百年来, 人类正经历着以全球变暖为主要特征的气候变化, 2013 年 IPCC 第五次评估报告给出 1880—2012 年全球地表温度升高了 $0.85 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[1], 1901—2018 年我国地表年平均气温上升了 $1.24 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[2-3]。在全球变暖背景下, 我国极端降水事件也相应的增多, 致使众多地区旱涝灾害频繁发生^[4-6], 气候变化正在影响着我国农业生长潜力、农业气候资源环境、农业种植制度和结构等方面^[7-8]。气候模式预估 21 世纪的气候变化仍将向着变暖的趋势发展^[9], 为积极应对气候变暖, 本文使用 1961—2020 年三江平原和 1961—2100 年 CMIP6 模式夏季(6—8 月)降水资料, 对三江平原的旱涝变化特征进行研究, 以期认识旱涝灾害出现的新特点, 为区域农业生产规划、气象灾害的防御提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 资料

观测资料为 1961—2020 年萝北、佳木斯、富

锦、宝清、饶河、勃利、鸡西、密山、虎林 9 个气象站 6—8 月降水量数据, 模式资料使用 26 个 CMIP6 模式 1961—2014 年历史模拟数据和 Ssp245 情景下的 2021—2100 年预估数据, CMIP6 模式信息可参考 <https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip6/>。气候值取 1981—2010 年的平均。

1.2 方法

1.2.1 Z 指数 Z 指数是目前常用的定量表征降水异常程度指标之一^[10], 它是对不服从正态分布的变量经过正态化处理以后得到。Z 指数是假设降水量服从 P-Ⅲ型分布, 对降水量进行标准化处理, 将其概率密度函数转变为以 Z 为新变量的标准化正态分布。

Z 指数计算公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3}, \quad \varphi_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

式中: X_i 为降水量时间序列, \bar{X} 为均值, σ 为标准差, C_s 为偏态系数, φ_i 为标准变量。

以 Z 值为指标将旱涝划分为 7 个等级, 即 1 级, $Z > 1.645$ 为极涝; 2 级, $1.037 < Z \leq 1.645$ 大涝; 3 级, $0.842 < Z \leq 1.037$ 偏涝; 4 级,

收稿日期: 2020-10-10

基金项目: 中国气象预报员专项(CMAYBY2018-023); 黑龙江省龙云气象科技有限责任公司气象院士工作站(YSMS 202005)。

作者简介: 国世友(1976—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事天气气候预报预测研究。E-mail: harbgysy@163.com。

$-0.842 \leq Z \leq 0.842$ 接近正常;5级, $-1.037 \leq Z < -0.842$ 偏旱;6级, $-1.645 \leq Z < -1.037$ 大旱;7级, $Z < -1.645$ 极旱。

1.2.2 集成方法 考虑到各气候模式的模拟结果不尽相同,多模型集成优于单个模型^[11],在气候情景预估中使用集成模型进行预测^[12],先计算1961—2014年观测值与各模式模拟值的符合度,选择符合度超过0.45的模式值作为集成成员,然后对模式值进行权重集成和多元线性回归集成,最后将权重集成值和多元线性回归集成值作平均集成,预估未来气候情景。

集成公式为:

$$y(t) = \omega_0 + \sum_{i=1}^m \omega_i \chi_i(t)$$

式中: $y(t)$ 为第 t 年的集成值, m 是参加集成的模式数, $\chi_i(t)$ 是第 i 个模式的第 t 年值, ω_i 是第 i 个模式的权重,权重集成和平均集成 $\omega_0 = 0.0$ 。

权重集成 $\omega_i (i \geq 1)$ 计算式为:

$$\omega_i = r_i / \sum_{i=1}^m r_i$$

式中: r_i 为第 i 个模式模拟值与观测值的符合度。

另外,还用到线性趋势法和 Mann-Kendall 法^[13]。

2 结果与分析

2.1 1961—2020 年三江平原旱涝变化分析

在1961—2020年三江平原夏季 Z 指数呈上升趋势,其倾向率为 $0.061 \cdot 10^{-1}$ 。从月份变化来看,各月与夏季 Z 指数年代际变化规律一致,变化幅度存在差异,6月上升速率最大,为 $0.082 \cdot 10^{-1}$,分别比7月、8月快 $0.066 \cdot 10^{-1}$ 、 $0.056 \cdot 10^{-1}$,但近60年来这种雨涝趋势并不显著,均未通过0.05显著性检验。

从 Mann-Kendall 曲线来看(图1),近60年三江平原夏季 Z 指数存在明显阶段变化趋势,经历了1960s前期的上升、1960s后期至1970s下降、1980s至1990s上升、2000s前中期下降、2000s后期至2010s上升5个阶段,其中1960s后期至1970s下降趋势显著,超过0.05显著性水平($u_{0.05} = 1.96$)。从逐月来看,6月 Z 指数阶段变化趋势与夏季的较为一致,以1964年、1970年、1994年、2005年为转折点,划分为上升、下降、上升、下降、上升5个阶段。而7月与夏季的不完全一致,大致以1977年为界划分为两个阶段:1960s至1970s中期下降、1970s后期至2010s上升。8月与夏季的基本一致,但在1980s至2010s中期变化较为平缓。

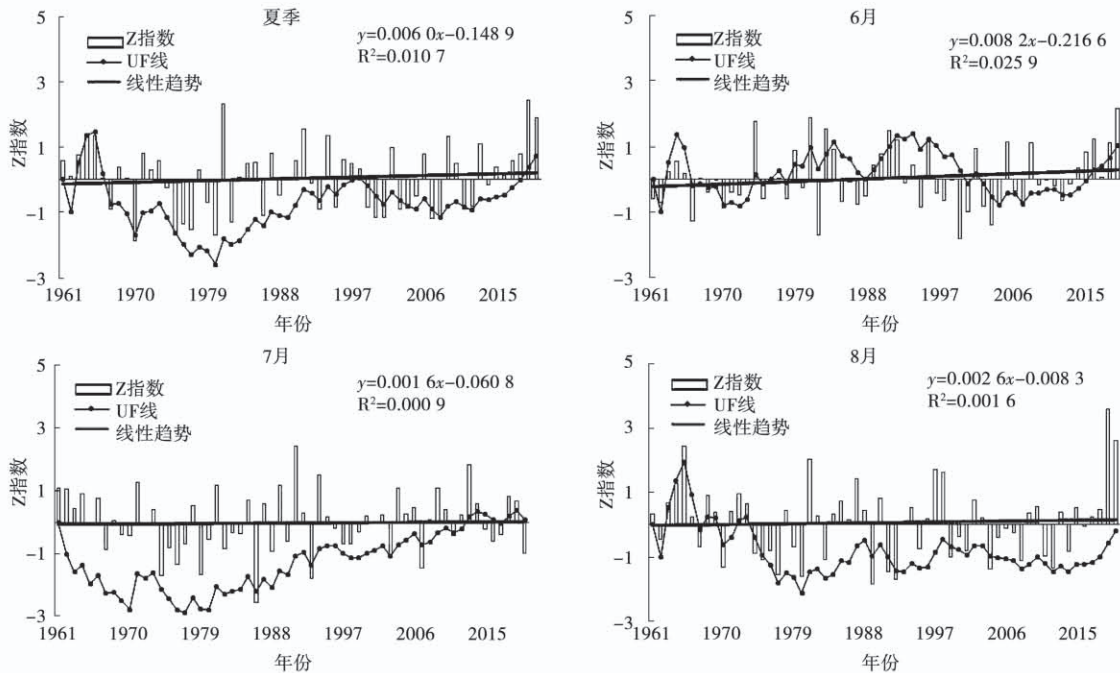


图1 1961—2020 年三江平原 Z 指数及其 Mann-Kendall 统计量

由图 1 也可以看出,三江平原夏季 Z 指数(图 1)年际变化幅度较大,最大值出现在 2019 年(2.435),最小值在 1970 年(-1.875)。1961—2020 年三江平原夏季雨涝(1~3 级)有 10 a,在 2000s 末期之前发生频率低,2000s 末期以后出现频率高(共有 4 a),其中 2019 和 2020 年连续两年为极涝级;干旱(5~7 级)出现 16 a,在 1970s 后期至 1980s 前期、2000s 两个时段有 10 a,说明旱、涝有集中发生特点。如图 1 所示,在月份上,6 月 Z 指数 2020 年最大(2.148)、2000 年最小(-1.81),共有 14 个雨涝年,其中 1970s 末期至 1980s 中期、1990s 初期、2000s 后期、2020s 后期较为集中;干旱年有 7 个,2000s 前期出现 3 年。7 月 Z 指数(1991 年最大(2.426)、1986 年最小(-2.542),雨涝年与干旱年出现次数相当,分别为 11 个和 10 个,1960s 前期雨涝年居多,1970s

中后期干旱年较多,1980s 中期以后雨涝年、干旱年交替出现。8 月 Z 指数 2019 年最大(3.595)、1989 年最小(-1.824),雨涝年有 10 个,1964—1965 年、1997—1998 年、2019—2020 年均连续出现雨涝,其中 2019—2020 年为极涝;干旱年 14 个,其中 1974—1975 年、1991—1992 年、2011—2012 年连续出现干旱年。

2.2 2021—2100 年三江平原旱涝预估

在 SSP245 情景下,2021—2100 年三江平原夏季 Z 指数维持上升趋势,其上升速率为 $0.13 \cdot 10 a^{-1}$,比 1961—2020 年快 $0.069 \cdot 10 a^{-1}$,达到 0.05 显著性水平。从月份变化来看,6 月、7 月、8 月的上升速率相差不大,分别为 $0.056 \cdot 10 a^{-1}$ 、 $0.077 \cdot 10 a^{-1}$ 、 $0.058 \cdot 10 a^{-1}$,均未达到 0.05 显著性水平。与 1961—2020 年上升速率相比,6 月略有减小,7 月和 8 月明显增大。

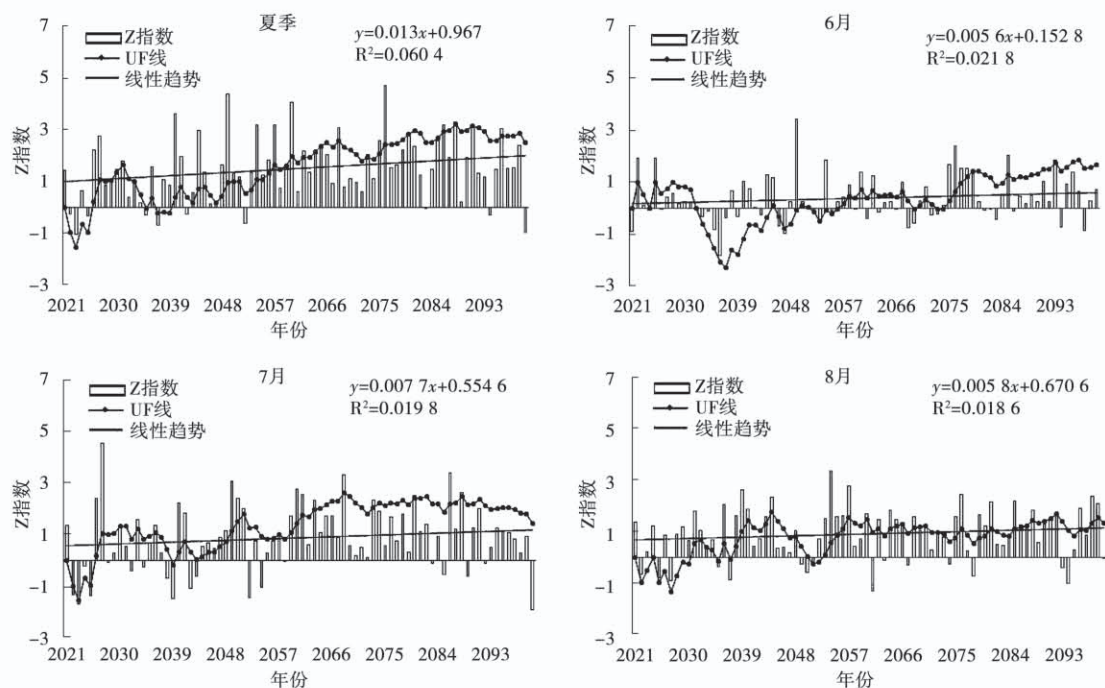


图 2 2021—2100 年三江平原 Z 指数及其 Mann-Kendall 统计量

从 Mann-Kendall 曲线来看(图 2),三江平原夏季 Z 指数将经历 2020s 上升、2030s 前中期下降、2030s 后期至 2080s 中期上升、2080s 后期至 2090s 末期变化平缓 4 个阶段,其中 2030s 后期至 2080s 中期上升趋势显著,在 2064 年超过 0.05 显著性水平。在月份上,6 月 2020s 变化平缓,

2030s 前中期下降,2030s 后期至 2050s 上升、2060s 至 2070s 前期比较平缓,2070s 中期之后持续上升。7 月 2020s 上升、2030s 下降、2040s 至 2060s 上升、2070s 以后变化平缓。8 月 2040s 前期上升、2040s 中后期下降、2050s 上升、2060s 之后变化平缓。可以看出,夏季及 6 月和 7 月阶段

变化趋势比较一致,尤其是 2030s 后期至 2090s 均为上升趋势;8 月阶段变化与夏季、6 月和 7 月的差异在趋势转折的分界点上。

2021—2100 年三江平原夏季 Z 指数(图 2) 年际变化幅度也较大,最大值为 4.72(2076 年),最小值为 -1.061(2023 年)。与 1981—2010 年相比,三江平原夏季将出现 59 个雨涝年和 2 个干旱年,从 2040s 后期以后大多为雨涝年;随着月份不同, Z 指数异常幅度也有差异,出现旱涝的次数也不同,6 月最大值 3.429(2049 年),最小值 -1.847(2036 年),将出现 21 a 雨涝和 4 a 干旱,雨涝年主要出现在 2040s 中期以后。7 月最大值 4.514(2027 年),最小值 -1.916(2100 年),异常年份中,雨涝年发生频率明显大于干旱年,将有 40 a 雨涝和 8 a 干旱,2040s 后期以后雨涝多发。8 月最大值 3.325(2054 年),最小值 -1.302(2061 年),异常年份中,雨涝年发生频率仍明显高于干旱年,将有 44 a 雨涝和 4 a 干旱,2050s 中期以后为雨涝多发期。可以看出未来 80 a 三江平原夏季及 6 月、7 月、8 月出现雨涝年次数明显多于干旱年,分别将有 73.75% 及 26.25%、50.00%、55.00% 的年份为雨涝年。

3 结论与讨论

本研究中 1961—2020 年三江平原夏季及 6 月、7 月、8 月均呈弱的雨涝趋势,6 月上升最快,7 月最小,但变化趋势并不显著。旱涝变化趋势有明显的阶段性,夏季及 8 月干旱发生频率大于雨涝频率,强度弱于雨涝;6 月干旱发生频率小于雨涝频率,强度弱于雨涝;7 月干旱发生频率、强度与雨涝的相当。

在 SSP245 情景下,2021—2100 年三江平原夏季呈明显雨涝趋势, Z 指数将以 $0.13 \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ 的速度上升,比 1961—2020 年明显偏快。6 月、7 月、8 月也均为雨涝趋势,与 1961—2020 年相比,6 月 Z 指数上升速率略有减小,7 月、8 月明显增大。与 1981—2010 年相比,夏季干旱年份将减少,雨涝年明显增多,夏季及 6 月、7 月、8 月分别将有 73.75% 及 26.25%、50.00%、55.00% 的年

份为雨涝年。

在全球变暖背景下,热量资源已经不是制约三江平原粮食产量的主要因素,而三江平原降水量年际间分配不均匀,干旱、洪涝事件已经成为影响该地区粮食生产的主要气象灾害^[14-15]。通过本文分析了解到,2021—2100 年三江平原夏季将为明显雨涝趋势,雨涝重于干旱,预示未来 80 a 更多需要关注雨涝事件对农业生产的影响。

参考文献:

- [1] PCC. Climate change 2013: The physical science basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2013; 95-123.
- [2] Ding Y H, Wang H J. Newly acquired knowledge on the scientific issues related to climate change over the recent 100 years in China [J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 10: 1029-1041.
- [3] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2019)[R]. 北京, 2019: 8-11.
- [4] Zheng P N, Li Z Q, Bai Z P, et al. Influence of climate change to drought and flood[J]. Disaster Advances, 2012, 5(4): 1331-1334.
- [5] 史风梅, 裴占江, 卢玢宇, 等. 黑龙江省农业干旱灾害时空变化特征研究[J]. 黑龙江农业科学, 2019(7): 18-23, 24.
- [6] 解文欢, 张有智, 刘述彬. 农业洪涝灾害研究进展[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(1): 204-211.
- [7] Wu S H, Luo Y, Wang H, et al. Climate change impacts and adaptation in China: Current situation and future prospect[J]. Chinese Science Bulletin, 2016, 10: 1042-1054.
- [8] 王粟, 史风梅, 裴占江, 等. 气候变化对黑龙江省玉米病虫害发生的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2019(6): 18-23, 24.
- [9] 周波涛, 徐影, 韩振宇, 等. “一带一路”区域未来气候变化预估[J]. 大气科学学报, 2020, 43(1): 255-264.
- [10] 祁栋林, 裴玉芳, 晁红艳, 等. 青海省海东市不同等级降水和旱涝关系研究[J]. 中国农学通报, 2020, 36(4): 101-112.
- [11] Dong S Y, Xu Y, Zhou B T. Assessment of indices of temperature extremes simulated by multiple CMIP5 models over China[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2015, 32(8): 1077-1091.
- [12] 冯慧敏, 智协飞, 崔慧慧, 等. 基于多模式集成技术的地面气温精细化预报[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(4): 73-79.
- [13] 卢玢宇, 裴占江, 史风梅, 等. 黑龙江省近 30 年气候变化特征分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(5): 19-26.
- [14] 刘珍环, 唐鹏钦, 范玲玲, 等. 1980—2010 年东北地区种植结构时空变化特征[J]. 中国农业科学, 2016, 49(21): 4107-4119.
- [15] 裴占江, 刘杰, 史风梅, 等. 气候变化对我国农业生产的影响研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2017(8): 112-118.

(下转第 42 页)

[24] Hawrylak-Nowak B, Matraszek R, Szymanska M. selenium modifies the effect of short-term chilling stress on cucum-

ber plants[J]. Biological Trace Element Research, 2020, 138(1-3):307-315.

Effects of Organic Selenium on Physiological and Biochemical Indexes, Quality and Yield of Potato

MENG Xiang-hai¹, WANG Gen-lin², LI Yu-mei³, WANG Bai-cheng¹, SHAO Guang-zhong¹, HU Ying-hui¹, SUN Yin-hui¹, ZHANG Qing-na¹

(1. Mudanjiang Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang 157041, China; 2. Institute of Animal Sciences, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 3. Institute of Soil Fertility and Environmental Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to screen the optimal amount of organic selenium in potato spraying, the field experiment method was adopted in this paper to study the changes of physiological and biochemical indexes, quality indexes and yield of potato under different amounts of organic selenium spraying. Results showed that the dosage of the organic selenium $6.0 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$, potato leaf soluble sugar content ($0.63 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$), SOD ($142.62 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$), POD ($123.03 \text{ U} \cdot \text{mg}^{-1}$), the CAT were maximum, malondialdehyde (MDA) content in minimum, less than 30.95% contrast, extremely significant difference ($P < 0.01$), at the same time, the potato piece of starch and protein in tuber was significantly higher than control. The content of potato starch increased first, then decreased and then increased with the increase of the content of organic selenium. Spraying organic selenium could significantly improve the content of starch and protein in potato lumps. The potato yield was the highest in the treatment with $6.0 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$, and the theoretical yield was the highest when the concentration of organic selenium nutrient solution was $5.62 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ after the equation was fitted. The selenium content of potato chips increased with the increase of spraying amount, and the selenium enrichment effect was significant. In general, when the amount of organic selenium was $6.0 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$, potato yield and quality could be improved effectively.

Keywords: organic selenium; potatoes; physiological and biochemical index; yield; quality; impact

(上接第 25 页)

Characteristics of Arid and Waterlogging in Summer of Sanjiang Plain, Northeast China

GUO Shi-you^{1,2}

(1. Academician Workstation of Heilongjiang Longyun Meteorological Information Technology Limited Company, Harbin 150030, China; 2. Heilongjiang Meteorological Observatory, Harbin 150030, China)

Abstract: In order to understand the evolution law of arid and waterlogging in Sanjiang Plain under global warming, based on the monthly precipitation data, we analyzed the variation characteristics of arid and waterlogging in summer in Sanjiang Plain was by Z index, linear trend estimation and Mann-Kendall method. The results showed that there was a weak waterlogging trend in summer, June, July and August in Sanjiang Plain during 1961-2020, and the rising rate of summer Z index was $0.061 \cdot 10^{-1}$, but the waterlogging trend was not obvious. The changes of arid and waterlogging have stages. The frequency of arid in summer and August was higher than that of waterlogging, and the intensity of arid was weaker than that of waterlogging. The frequency of arid in June was less than that of waterlogging, and the intensity of arid was weaker than that of waterlogging. The frequency and intensity of arid in July were similar to that of waterlogging. In SSP245 scenario, the frequency of waterlogging was on the rise in summer and each month in the Sanjiang Plain from 2021 to 2100, and the rising speed of summer Z index was $0.13 \cdot 10^{-1}$. Under the background of global warming, it could provide the basis for making reasonable agricultural development plan on Sanjiang Plain by understanding the trends and regularities of arid and waterlogging change.

Keywords: Sanjiang plain; arid and waterlogging; Z index