

湖北省气候变化与主要农业气象灾害的响应

冯明¹, 刘可群¹, 毛飞²

(¹武汉区域气候中心, 武汉 430074; ²国家气象科学研究院, 北京 100081)

摘要: 【目的】研究气候和农业气象灾害变化。【方法】根据农业气象学原理和农业气象灾害指标, 整合、统计相应的气象要素。采用气候倾向率方法对资料进行处理。【结果】与以前的分析结论比较, 经过延长 10 a 的资料分析, 温度变化结论有所改变。【结论】气温变化呈增加趋势, 降水变化呈增多趋势, 日照变化呈减少趋势。26 种农业气象灾害中, 有 17 种呈减少趋势, 有 9 种呈增加趋势。但并不意味着气候变化对农业有利。所得结论增强了气象部门为“三农”服务的针对性, 也为政府和农业部门充分利用气候资源、趋利避害提供了决策依据。

关键词: 湖北省; 气候变化; 农业气象灾害

Climate Change and Main Response to Agrometeorological Disasters in Hubei Province

FENG Ming¹, LIU Ke-qun¹, MAO Fei²

(¹Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074; ²Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: 【Objective】The objective of the research was to study climate and the main agrometeorological disaster changes. 【Method】According to the principle of agrometeorology and index of agrometeorological disasters, the meteorological elements were combined and calculated. The change trend of agrometeorological disasters was analyzed by using climatic inclination rate. 【Result】Compared with other conclusions previously made and analysis of the data of more than 10 years, the conclusion on temperature change has been altered. 【Conclusion】Temperature changes presented an increasing trend. Precipitation changes showed an increasing trend. Sunlight changes showed a decreasing trend. Among the 26 agrometeorological disasters, there were 17 disasters showed a decreasing trend and 9 disasters showed an increasing trend. The trend of agrometeorological changes does not mean it is beneficial to agriculture. The obtained conclusions have become a base for meteorological department in serving three nongsc agriculture, rural areas and farmers. They also have provided basis of policy for government in decision-making by using climatic resources adequately and avoiding disasters effectively.

Key words: Hubei Province; Climate change; Agrometeorological disasters

0 引言

【研究意义】随着大气中 CO₂ 等温室气体浓度的不断增加, 全球气候变暖已成为国际社会所关注的重大问题。气候变化会引起气候资源和农业气象灾害的变化, 导致较为适应以前气候状态的农业生产难以适应多变的气候。有关研究得出, 在过去 100 多年中全球气温约上升 0.3~0.6℃^[1]; 中国 20 世纪 80 年代的平均气温比前 30 年平均高 0.21℃^[2-9]。本文研究了湖北省最新的气候变化和主要农业气象灾害变化。所得结论对重新认识湖北省气候变化具有重要意义。随着气

候的变化, 农业气象灾害也随之发生变化, 文中所阐述的主要农业气象灾害变化对政府部门指导农业生产具有现实意义。【前人研究进展】20 世纪 90 年代中后期, 一些学者曾对湖北省的气候变化作过大量的研究, 侧重点主要是温度和降水变化的研究, 文献[10~14]分析了湖北省气候变化, 得出湖北省 1981~1993 年的年平均气温偏低, 以变冷为主要特点。【本研究切入点】本文以最新的资料为依据, 以研究多种气象要素和农业气象灾害变化为切入点, 得出温度的变化与前人研究结果正好相反。这也说明了气候变化的不稳定性 and 复杂性。文中研究的农业气象灾害变化是一

收稿日期: 2005-12-01; 接受日期: 2006-07-18

基金项目: 中国气象局 2005 年“生态与农业气象业务系统建设”重点项目

作者简介: 冯明 (1957-), 男, 山西晋城人, 高级工程师, 研究方向为气候变化对农业的影响。Tel: 027-67847961; E-mail: fm58fm@yahoo.com.cn

个全新的概念,之前无人专门研究农业气象灾害的变化。气候变化对农业的影响主要反映在气象灾害方面。从湖北省近几年农业生产中出现的一些现象也可以看出,气候变化对本省的农业影响比较明显^[15-18]。如频繁的夏凉使农作物生长期热量不足而减产,引起棉花产量波动较大,二系杂交水稻制种失败;连续多年的冬暖使冬小麦冬前疯长,缺乏抗寒锻炼而易受低温冻害的影响;4月下旬至5月中旬的春热使冬小麦灌浆受阻,柑桔异常落花落果等等。【拟解决的关键问题】揭示湖北省光温水 and 主要农业气象灾害变化的趋势,以帮助农业生产应对当前多变的气象灾害,减少上述不利气象现象对农业生产造成的损失。

1 材料与方法

选择湖北省 71 个县(市)气象站 1960 年 12 月至 2005 年 2 月的 5 种气象要素资料(平均温度、最高温度、最低温度、降水量、日照时数),根据农业气象学原理和农业气象指标,整合、统计相应的气象要素。利用一次直线方程 $y=at+b$ (a 、 b 为回归系数, y 为气象要素, t 为时间)中的斜率(a)来描述气象要素的变化趋势。 $a \times 10$ 为气候倾向率(气温: $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 降水: $\text{mm}/10\text{a}$, 日照: $\text{h}/10\text{a}$)。农业干旱资料中 17 个站点的可能蒸散量由气科院提供,时间为 1961~2000 年。所有计算出的气候倾向率均绘制出全省的分布图。文中仅给出一些有指示意义的分布图。

文中表 1、2、6、7 中倾向率标记★、●、☆、○ 分别表示通过信度 $\alpha=0.01$ 、 0.02 、 0.05 、 0.1 统计检验。

2 主要农业气象灾害及其标准

春秋两季长短连阴雨^[19]:3月1日~5月31日(或9月1日~11月30日),连续降水日数3~6d称为春季(或秋季)短连阴雨,连续降水日数 $\geq 7\text{d}$ 表示春季(或秋季)长连阴雨。连阴雨会造成低温寡照,作物光合效率低。

“寒露风”:9月5日~9月30日,日平均气温连续3d低于 20°C (常规稻)或 22°C (晚杂)。此时正值双季晚稻抽穗开花期,若遇“寒露风”影响将会严重减产。

夏季热害:6月1日~8月31日,日最高气温连续3d $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的过程。在中稻抽穗扬花期、灌浆充实期,易遇连续3d以上 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的高温天气,引起前者“高温不实”,后者“高温逼熟”,导致中稻单产下降。

夏季“冷害”:6月1日~8月31日,日平均气

温连续3d或以上低于 23°C 的过程。8月份正值中迟熟中稻抽穗扬花、乳熟期,棉花开花~结铃期,在中稻抽穗扬花期“冷害”会引起雄蕊花药不能正常裂药授粉,因受精不良导致空壳率增高,结实率下降。在中稻乳熟期,“冷害”会障碍灌浆充实,导致千粒重下降。在棉花开花~结铃期,“冷害”会障碍授粉、受精、成铃,引起花铃脱落。若“冷害”发生在8月下旬,双季晚稻(杂交晚稻)正值幼穗分化,对低温反应敏感,若在花粉母细胞减数分裂期(抽穗前10~15d)遇“冷害”,会引起颖花退化,不育率增加,导致结实率下降。盛夏“冷害”因低温阴湿天气,还易诱发稻瘟病,使水稻“雪上加霜”造成产量锐减,米质下降。“冷害”还诱发正在制种的“两系”不育系可育,无疑会降低杂交制种的纯度。“冷害”还使得返秋栽培的西(甜)瓜开花授粉受精不良,导致产量锐减,品质下降。

冬季冻害:12月1日~2月底,分别统计日最低气温 ≤ 0 、 -3 、 -5 、 -7 、 -10°C 的天数。

春季低温:4月1~30日,日平均气温连续3d低于 12°C ^[20]。易造成水稻和棉花苗期生长不利,若随有连阴雨则会引起早稻烂种烂秧、棉花死苗、油菜烂籽、小麦赤霉病、小果遭遇湿害。

5月热害:4月21日~5月20日,日最高气温连续3d $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的过程。4月下旬至5月中旬的春热使冬小麦灌浆受阻,柑桔异常落花落果等等。

小麦赤霉病:4月1~30日,冬小麦抽穗开花期综合指标: $Q=Ry \times R \div S$; Q 为综合指标; Ry 为雨日(日); R 为冬小麦抽穗开花期降雨量(mm); S 为冬小麦抽穗开花期日照时数(h)。

农业干旱指标^[21]:时段根据作物生育而定。指标: $I=(P-Ep)/W$; I 为综合指标; P 为降水量; Ep 为可能蒸散量(计算方法参照《中国农业百科全书:农业气象卷》,第116页,因具体计算较为复杂,其值由中国气象科学研究院提供); W 为作物需水量。各作物生育期时段及 W 值^[22]:冬小麦10月21日~5月31日,400mm;双季早稻4月1日~7月31日,380mm;双季晚稻6月21日~10月31日,420mm;一季中稻5月1日~9月20日,450mm;棉花4月1日~10月31日,460mm;油菜9月21日~5月10日,400mm。

3 结果与分析

3.1 光温水变化及其比较

20世纪末至21世纪初,使用60年代至90年代

中期的气象资料,对湖北省气候变化的一些研究认为,本省的年平均气温变化为偏低趋势,以变冷为主要特点^[10-14]。但本文利用 1961~2004 年资料进行的分析却改写了这一结论。

3.1.1 气候倾向率分析 表1为湖北省光温水3种气象要素的气候倾向率,TT为年平均气温,TH为年平均最高气温,TL为年平均最低气温,RR为年降水量,SS为年日照时数。从时段上分34年(1961~1994年)和44年(1961~2004年),从空间上分17站(以前学者常用的全省代表站)和71站(1960年12月有观测资料的所有站)平均。

表1 光温水年气候倾向率

Table 1 The annual inclination rate of sunlight, temperature and precipitation ($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, $\text{mm}/10\text{ a}$, $\text{h}/10\text{ a}$)

| | TT | TH | TL | RR | SS |
|----|---------|---------|---------|--------|---------|
| D1 | -0.0105 | -0.0247 | 0.0208 | - | - |
| D2 | 0.0153● | 0.0155☆ | 0.0212● | 18.92○ | -4.902○ |
| D3 | 0.0151● | 0.0131● | 0.0242● | 20.27☆ | -6.227☆ |

D1: 17站34年资料^[10]; D2: 17站44年资料; D3: 71站44年资料
D1: Data of 17 stations for 34 years; D2: Data of 17 stations for 44 years; D3: Data of 71 stations for 44 years

从表1中可看出,44年的倾向率显示湖北省TT、TH和TL变化是偏高趋势,即气候呈现变暖趋势,每10年TT增加0.0151 $^{\circ}\text{C}$,TH增加0.0131 $^{\circ}\text{C}$,TL增加0.0242 $^{\circ}\text{C}$,年平均最低气温增加较为明显。降水为增加趋势,每10年增加20.27 mm。日照时数为减少趋势,每10年减少6.227 h。

以前研究气候变化时许多学者(在34年资料分析基础上)提出湖北省年平均气温呈现出变冷趋势,这也说明了湖北省气候变化的不稳定性和复杂性。表中71站平均和17站平均的气温倾向率相差不明显,这说明原使用17个代表站分析全省气温变化是可行的。但使用延长10年后的资料分析,TT的倾向率却发生了变化,由原来的变冷趋势变为了变暖趋势。71站平均和17站平均的降水和日照倾向率却存在差异,使用17个代表站计算的倾向率绝对值偏小。

3.1.2 光温水年倾向率变化的空间特点 图1~3分别为湖北省年平均气温、年降水量和年日照时数气候倾向率等值线分布图。

年平均气温倾向率绝大多数台站为正,71个台站有62个为正,正变温区主要在江汉平原及鄂南大部地区,最大值为0.0391 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。西部边缘有9个台站为负(即负变温区),最小值为-0.0192 $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。由此得

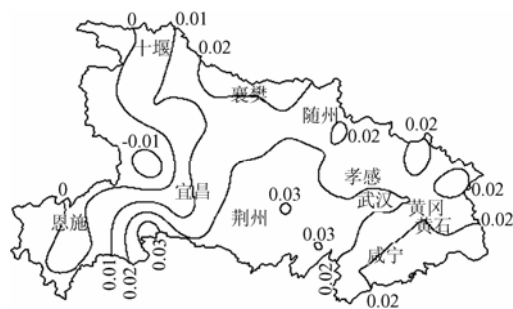


图1 湖北省年平均气温倾向率等值线分布图

Fig. 1 The isoline of annual temperature inclination rate in Hubei Province ($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)

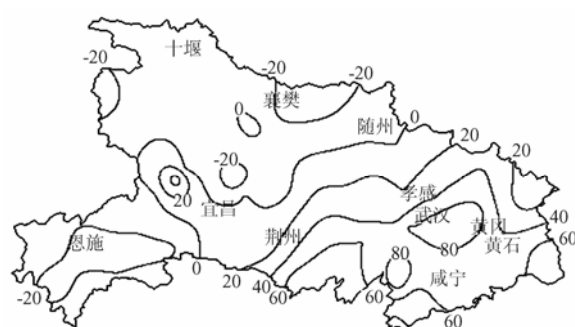


图2 湖北省年降水量气候倾向率等值分布图

Fig. 2 The isoline of annual precipitation inclination rate in Hubei Province ($\text{mm}/10\text{ a}$)



图3 湖北省年日照时数倾向率等值线分布图

Fig. 3 The isoline of annual sunlight inclination rate in Hubei Province ($\text{h}/10\text{ a}$)

出湖北省年平均气温呈增加趋势。这种趋势对农业有利也有弊。有利方面为热量增加,作物生长期延长,缓解茬口紧张。不利方面表现在农业气象灾害和作物

病虫害增多。

年降水量倾向率多数台站为正, 71 个台站有 47 个为正, 71 站平均倾向率为 20.27 mm/10 a。年降水量增加最明显的地方在黄冈附近, 最大值为 80.86 mm/10 a。年降水呈减少的地方为鄂北岗地、鄂西北和鄂西南, 减少最明显的地方在恩施附近, 倾向率最小值为 36.27 mm/10 a。年降水量倾向率的这种分布与文献^[23]比较, 降水增多的范围扩大了, 强度增加了; 这种分布还对湖北省农业生产的不利影响更为加剧, 使原来的“旱包子”——鄂北岗地和鄂西北的旱情进一步加重; 使原来的易出现洪涝和渍害的中东部平原的涝灾渍害加重。

年日照时数倾向率绝大多数台站为负, 71 个台站有 66 个为负, 年日照时数减少的区域主要在江汉平原及鄂东北, 倾向率最小值为-141.847 h/10 a。年日照时数增加的 5 个站在鄂西北和鄂西南局地, 增加的最大值为 50.315 h/10 a。由此得出湖北省年日照时数呈减少趋势。这种趋势对农业的不利影响表现为光能减少, 作物光合作用率降低, 农作物产量减少。

3.1.3 光温水季节倾向率的变化特点 表 2 为湖北省春夏秋冬 4 季光温水倾向率。3 种温度倾向率仅夏季的平均温度和最高温度为负值。其它的温度倾向率均为正值。从我们以前的分析可知夏季平均温度的降低主要是因为夏季最高温度降低而引起的^[24-26]。比较各季增温的情况, TT 和 TL 在冬季最明显, TH 在春季最明显。降水量在春季和秋季呈减少趋势, 秋季减少多于春季; 在夏季和冬季呈增加趋势, 夏季增加强于冬季。日照时数在 4 个季节中均呈减少趋势, 其中夏季减少最明显, 秋季减少不明显, 冬季减少强于春季。

表 2 4 个季节光温水的气候倾向率

Table 2 The inclination rate of sunlight, temperature and precipitation in seasons (°C/10 a, mm/10 a, h/10 a)

| | TT | TH | TL | RR | SS |
|----------|---------|---------|--------|----------|----------|
| 春 Spring | 0.022☆ | 0.025☆ | 0.024☆ | -1.556☆ | -2.786○ |
| 夏 Summer | -0.011☆ | -0.017○ | 0.006☆ | 23.991○ | -42.215○ |
| 秋 Autumn | 0.015● | 0.022○ | 0.016☆ | -12.267☆ | -0.121○ |
| 冬 Winter | 0.036● | 0.022☆ | 0.050○ | 9.551○ | -17.410☆ |

3.1.4 光温水年代际变化 表 3~5 给出 4 个季节和年的平均气温、降水量、日照时数年代变化值。

表 3 4 个季节和年平均气温年代值 (°C)

Table 3 The decadal value of seasons and annual temperature

| | 60 年代 1960s | 70 年代 1970s | 80 年代 1980s | 90 年代 1990s | 2001 ~2004 |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 春 Spring | 17.2 | 17.1 | 17.3 | 17.7 | 17.9 |
| 夏 Summer | 29.9 | 29.6 | 29.3 | 29.5 | 29.6 |
| 秋 Autumn | 18.7 | 18.6 | 18.6 | 19.0 | 19.3 |
| 冬 Winter | 5.0 | 5.3 | 5.2 | 6.2 | 6.8 |
| 年 Annual | 17.8 | 17.7 | 17.7 | 18.2 | 18.3 |

进入 21 世纪后, 平均气温年和 4 个季节的平均气温均有升高。从逐年的资料变化看, 这一趋势的从上世纪 90 年代中期开始的。这也说明了表 1 中“TT”使用 34 年和 44 年资料所得的气候倾向率截然不同。故有本文与文献^[10~14]分析结论正好相反。用表 3 数据所作的曲线图(略)还可看出, 年、春季和秋季平均气温变化比较一致。冬季平均气温从 20 世纪 80 年代中期开始逐渐升高, 并出现连续十多年的暖冬特点。

表 4 4 个季节和年降水量年代值 (mm)

Table 4 The decadal value of seasons and annual precipitation

| | 60 年代 1960s | 70 年代 1970s | 80 年代 1980s | 90 年代 1990s | 2001 ~2004 |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 春 Spring | 396 | 412 | 368 | 388 | 464 |
| 夏 Summer | 547 | 511 | 578 | 624 | 628 |
| 秋 Autumn | 265 | 263 | 303 | 235 | 237 |
| 冬 Winter | 105 | 111 | 117 | 123 | 171 |
| 年 Annual | 1316 | 1298 | 1370 | 1376 | 1493 |

表 4 给出了湖北省 4 个季节和年降水量年代值。结合曲线图(略)分析, 夏季、冬季和年降水量从 20 世纪 70 年代开始逐渐增加, 并持续到目前。从 20 世纪 60 年代开始春季和秋季降水量变化正好相反, 春季为“升—降—升—降”, 秋季为“降—升—降—升”。

表 5 4 个季节和年日照时数年代值 (h)

Table 5 The decadal value of seasons and annual sunlight

| | 60 年代 1960s | 70 年代 1970s | 80 年代 1980s | 90 年代 1990s | 2001 ~2004 |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| 春 Spring | 472 | 459 | 475 | 447 | 521 |
| 夏 Summer | 764 | 708 | 652 | 616 | 692 |
| 秋 Autumn | 487 | 508 | 445 | 484 | 568 |
| 冬 Winter | 405 | 353 | 340 | 349 | 402 |
| 年 Annual | 2126 | 2030 | 1910 | 1893 | 2185 |

表5列出了湖北省4个季节和年日照时数年代值。结合曲线图(略)分析,从上世纪60年代致本世纪初夏季和年日照时数变化较为一致,即为“降—降—降—升”。春季为“降—升—降—升”,秋季为“升—降—升—升”,冬季为“降—降—升—升”。

综合以上光、温、水年代变化分析,其对农业的利弊影响主要表现在以下几个方面。春季温度升高降水增加,有利于春播生产和夏粮夏油生长发育;不利的是强对流天气增多,易出现局地气象灾害,也容易使作物病虫害发生流行。夏季降水增多,易出现洪涝灾害;日照增加有利于作物光合作用。秋季温度升高和日照增加有利于增加作物产量和提高品质。冬季温度升高可避免越冬作物受冻,也有利于作物病虫害菌卵的越冬。

3.2 主要农业气象灾害的变化趋势

随着气候变化,湖北省主要农业气象灾害也随着发生了变化。表6为20种农业气象灾害的气候倾向率。表中有6种灾害呈现出增加趋势;有15种灾害呈现出减少趋势。灾害趋势增加的有:水稻“寒露风”次数、夏季冷害次数和低温天数、5月热害次数和高温天数等;灾害趋势减少的有:春秋两季长短连阴雨、水稻“寒露风”次数、夏季热害次数和高温天数、冬季最低气温 ≤ 0 、 -3 、 -5 、 -7 、 -10 °C的天数、春季低温次数和天数、赤霉病指数等。

结合农业气象灾害倾向率的全省分布图(略),文字仅论述统计检验通过信度 $\alpha=0.1$ 以上的灾害内容。

3.2.1 秋季连阴雨 全省秋季短连阴雨总体上呈减少趋势,71站平均倾向率 -0.248 次/10a。仅有来凤为增加趋势,倾向率 0.012 次/10a。70站为减少趋势。减少最明显的是鄂东北和鄂西北,倾向率为 -0.281 ~ 0.292 次/10a。

全省秋季长连阴雨也呈减少趋势,71站都为减少趋势,平均倾向率 -0.212 次/10a。减少最明显的是鄂西,倾向率 -0.202 ~ -0.373 次/10a;减少幅度较小的是鄂东北,倾向率 -0.145 次/10a左右。

3.2.2 夏季冷害 与夏季热害变化正好相反,夏季冷害呈增加趋势。夏季冷害71站中有64站为增加趋势,有7站呈减少趋势。71站平均倾向率冷害次数为 0.074 次/10a,低温天数为 0.498 d/10a。山区的冷害次数增多,最大值为 0.074 次/10a(咸丰),最小值 -0.118 次/10a(5峰)。低温天数71站中有69站为增加趋势,仅有蔡甸(0.232 d/10a)和5峰(-1.011 d/10a)两站

表6 主要农业气象灾害气候倾向率

Table 6 The inclination rate of main agrometeorological disasters in Hubei Province

| 灾害类型 Type of disasters | 倾向率 Inclination rate |
|--|-------------------------|
| 春季短连阴雨 Short spring protracted rain spell | -0.110 |
| 春季长连阴雨 Long spring protracted rain spell | -0.088 |
| 秋季短连阴雨 Short autumn protracted rain spell | -0.248 ○ |
| 秋季长连阴雨 Long autumn protracted rain spell | -0.212 ☆ |
| 水稻寒露风 LTDJRA* | 0.023 |
| 水稻寒露风 LTDIRA* | -0.048 |
| 夏季热害次数 Times of hot damage in summer | -0.095 |
| 夏季高温天数 Days of high temperature in summer | -0.859 |
| 夏季冷害次数 Times of cool damage in summer | 0.074 |
| 夏季低温天数 Days of low temperature in summer | 0.498 ○ |
| TL ≤ 0 °C天数 Days of low temperature below 0°C | -5.078 ★ |
| TL ≤ -3 °C天数 Days of low temperature below -3°C | -2.773 ★ |
| TL ≤ -5 °C天数 Days of low temperature below -5°C | -1.187 ● |
| TL ≤ -7 °C天数 Days of low temperature below -7°C | -0.378 ☆ |
| TL ≤ -10 °C天数 Days of low temperature below -10°C | -0.050 ○ |
| 春季低温次数 Times of low temperature in spring | -0.140 ○ |
| 春季低温天数 Days of low temperature in spring | -0.839 ● |
| 五月热害次数 Times of hot damage in May | 0.008 |
| 五月高温天数 Days of high temperature in May | 0.122 |
| 赤霉病指数 Index of gibberellic disease | -1.150 ○ |

“寒露风”的气候倾向率为35站平均,仅选择有双季晚稻种植的地区;TL为冬季日最低气温。

LTDJRA: Low-temperature damage of Japonica rice in autumn; LTDIRA: Low-temperature damage of Indica rice in autumn

呈减少趋势;增加较为明显的地区是鄂西南西部和鄂西北。

3.2.3 冬季冻害 随着冬季气温升高,湖北省冬季发生冻害的机率也相应减少。

本文分析的5种级别低温冻害指标的气候倾向率均为负值。减少趋势最明显的是冬季最低气温小于 0 °C的天数(71站平均倾向率为 -5.078 d/10a)。并且,随着低温级别的增加,倾向率减少的趋势下降,冬季最低气温小于 -10 °C天数的倾向率为 -0.050 d/10a。以小于 0 °C天数的倾向率为例(如图4),全省均为减少,东部地区比西部地区减少明显,倾向率绝对最大值为武汉(-9.739 d/10a),最小值为秭归(-0.635 d/10a)。

3.2.4 春季低温 由于春季最低气温呈升高趋势,春季低温危害机率也随之下降。71站春季低温次数和天数的倾向率分别为 -0.140 次/10a和 -0.839 d/10a;相应倾向率为负值的站数仅为2个和1个。低温次数减少较明显的是鄂北岗地,最大值为 -0.264 次/10a(安陆);

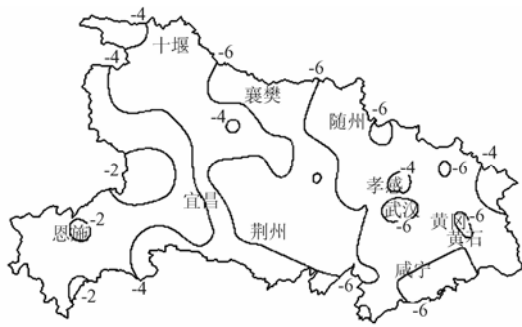


图 4 冬季日最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 天数倾向率等值线分布图(天/10 a)

Fig. 4 The isoline of winter low temperature inclination rate in Hubei province (d/10 a)

低温天数减少较明显的是鄂北岗地和江汉平原, 最大值为 $-1.378 \text{ d}/10\text{a}$ (云梦)。

3.2.5 赤霉病指数 赤霉病指数气候倾向率呈减少趋势与近年来湖北省小麦赤霉病发病减少是一致的。71 站平均倾向率为 $-1.150/10\text{a}$, 有 62 站倾向率为负值, 9 站为正值。增加的范围主要在鄂东南、江汉平原南部和鄂西南局部。倾向率减少最明显是鹤峰($-4.700/10\text{a}$), 增加最明显增加是通城($3.669/10\text{a}$)。

3.2.6 主要农作物农业干旱 表 7 给出了湖北省 6 种主要农作物农业干旱气候倾向率。可看出, 秋播夏收作物(小麦和油菜)的干旱倾向率为减少趋势, 油菜减少的倾向度略大于小麦。春播(双季早稻、一季中稻、棉花)和夏播(双季晚稻)的干旱倾向率为增加趋势, 双季晚稻的干旱倾向率最明显, 棉花的干旱倾向率最小。

表 7 湖北省主要农作物农业干旱气候倾向率

Table 7 The inclination rate of main crops drought in Hubei Province

| 作物 Crops | 倾向率 Inclination rate |
|---------------------|----------------------|
| 双季早稻 Early rice | 1.172 |
| 双季晚稻 Late rice | 1.244 ○ |
| 一季中 Mid-season rice | 0.781 ○ |
| 小麦 Wheat | -0.214 ☆ |
| 棉花 Cotton | 0.633 ○ |
| 油菜 Rape | -0.301 ○ |

从全省干旱倾向率的分布来看, 油菜和小麦干旱倾向率减少。油菜减少最大值为 $-0.924/10\text{a}$ (老河口), 东部的武汉是 17 站中唯一增加的, 倾向率为

$0.243/10\text{a}$ 。小麦倾向率有 3 站为正, 14 站为负, 负值最大为 $-0.764/10\text{a}$ (恩施), 正值最大为 $0.658/10\text{a}$ (武汉)。双季早稻、双季晚稻、一季中稻和棉花的干旱倾向率增加是东部大于西部。双季早稻倾向率 7 站均为正, 最大为 $2.063/10\text{a}$ (武汉), 最小为 $0.618/10\text{a}$ (嘉鱼); 双季晚稻倾向率 7 站均为正, 最大为 $1.704/10\text{a}$ (嘉鱼), 最小为 $0.558/10\text{a}$ (荆州); 一季中稻倾向率 17 站均为正, 最大为 $1.883/10\text{a}$ (武汉), 最小为 $0.043/10\text{a}$ (恩施); 棉花倾向率有 15 站为正, 2 站为负, 正值最大为 $2.013/10\text{a}$ (武汉), 负值最大为 $-0.204/10\text{a}$ (恩施)。

4 讨论

湖北省气候变化有其自身的规律, 分析资料用到 1994 年时年平均气温呈现降低趋势, 用到 2004 年时呈现升高趋势。湖北省主要农业气象灾害变化趋势有增有减, 灾害变化的这种趋势对农业具有利也有弊, 因农业属于脆弱型产业, 不利要素加重的影响远大于从有利要素获得的好处^[27]。如近几年“夏凉”发生次数的增加, 对本省粮食和棉花生产影响很大。有些灾害变化趋势虽有所减少, 但年际间的变化影响也很大。如夏季高温变化呈减少趋势, 某年一旦出现较长时间高温天气, 就会使农业生产受到严重打击, 2003 年夏季高温就使本省中稻产量大幅下降。

5 结论

湖北省 3 种温度(平均、最高和最低)倾向率基本为正值, 仅夏季的平均温度和最高温度为负值, 这说明本省的温度呈变暖趋势。年降水量变化总体呈增加趋势, 东部增加较明显, 西部呈减少趋势, 增加的幅度大于减少的幅度。年日照时数变化绝大多数台站呈减少趋势, 仅西北角的 5 站为增加趋势。

20 种灾害气候倾向率有 5 种呈增加趋势, 有 15 种呈减少趋势。6 种主要农作物农业干旱气候倾向率有 4 种呈增加趋势, 有 2 种呈减少趋势。

References

- [1] Gullett D W, Skinner W R. The state of Canada's climate: temperature change in Canada 1895-1991. A State of Environment Report. Ottawa. Supply and Services Canada. SOE Report No. 92-2: 36.
- [2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化. 气象, 1994, 12: 19-26.
Ding Y H, Dai X S. Temperature variation in China during the last 100

- years. *Meteorological Monthly*, 1994, 12: 19-26. (in Chinese)
- [3] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 周秀骥, 李维亮. 中国近 45 年来气候变化的研究. *气象学报*, 1998, 3: 257-272.
Chen L X, Zhu W Q, Wang W, Zhou X J, Li W I. Studies on climate change in China in recent 45 years. *Acta Meteorological Sinica*, 1998, 3: 257-272. (in Chinese)
- [4] 邓自旺, 闵锦忠, 张勇. 中国近 50a 气候变化复杂性分析. *南京气象学院学报*, 2001, 2: 186-193.
Deng Z W, Min J Z, Zhang Y. Complexity of climatic change in China in the last 50 years. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2001, 2: 186-193. (in Chinese)
- [5] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征. *气象学报*, 1995, 4: 431-439.
Shi N, Chen J Q, Tu Q P. 4-Phase climate change features in the last 100 years over China. *Acta Meteorological Sinica*, 1995, 4: 431-439. (in Chinese)
- [6] 田广生. 中国气候变化影响研究概况. *环境科学研究*, 2000, 1: 36-37.
Tian G S. Review of the climate change impact study in China. *Research of Environmental Sciences*, 2000, 1: 36-37. (in Chinese)
- [7] 田广生. 中国气候变化影响研究进展. *南京气象学院学报*, 1999, (增刊): 472-478.
Tian G S. Advances of climate change impact study in China. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 1999, (Suppl.): 472-478. (in Chinese)
- [8] 陈颖. 中国气候变化指数分析. *新疆气象*, 2001, 2: 13-15.
Chen Y. An analysis on indices of climate change in China. *Sinkiang Meteorology*, 2001, 2: 13-15. (in Chinese)
- [9] 吕学都. 我国气候变化研究的主要进展. *中国人口·资源与环境*, 2000, 2: 36-39.
Lu X D. Advances of climate change study in China. *China Population, Resources and Environment*, 2000, 2: 36-39. (in Chinese)
- [10] 乔盛西, 张强, 陈正洪. 湖北省 60 年代以来的气温变化特征. *华中农业大学学报*, 1996, 5: 495-499.
Qiao S X, Zhang Q, Cheng Z H. Variation of air temperature in Hubei province since the 1961's. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1996, 5: 495-499. (in Chinese)
- [11] 陈正洪. 湖北省 60 年代以来平均气温变化趋势初探. *长江流域资源与环境*, 1998, 4: 341-346.
Chen Z H. On variation tendency of average temperature in Hubei province since the 1961's. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, 1998, 4: 341-346. (in Chinese)
- [12] 覃军, 王海军. 湖北省 1961 年以来气温和降水变化趋势及分布. *华中农业大学学报*, 1997, 4: 405-410.
Qin J, Wang H J. The study of air temperature and rainfall trend of Hubei province since the 1961. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1997, 4: 405-410. (in Chinese)
- [13] 冯明. 湖北省降水变化分析. *长江流域资源与环境*, 1998, 3: 226-231.
Feng M. Analysis of precipitation variation in Hubei province. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, 1998, 3: 226-231. (in Chinese)
- [14] 李桂红. 咸宁市近 40 年气候变化规律初探. *湖北气象*, 2000, 1: 11-14.
Li G H. A preliminary study on climate change regularities during recent 40 years in Xianning. *Hubei Meteorology*, 2000, 1: 11-14. (in Chinese)
- [15] 冯明. 湖北省主要作物生育期间热量资源变化的研究. *南京气象学院学报*, 1997, 3: 387-391.
Feng M. Variation of thermal resources for main crop growth in Hubei province. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 1997, 3: 387-391. (in Chinese)
- [16] 冯明, 王中柱, 王保家. 湖北省气温及水稻生育期内有效积温变化的分析. *华中农业大学学报*, 1998: 599-605.
Feng M, Wang Z Z, Wang B J. Analysis on variation of temperature and effective accumulated temperature in rice growth period in Hubei Province. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1998, 6: 599-605. (in Chinese)
- [17] 冯明. 湖北省粮食总产预测预报初探. *湖北气象*, 1997, 4: 26-29.
Feng M. A preliminary study on yield forecast of Hubei's total grain production. *Hubei Meteorology*, 1997, 4: 26-29. (in Chinese)
- [18] 冯明. 1995 年湖北省油菜产量预报初探. *湖北气象*, 1996, 2: 33-35.
Feng M. A preliminary study on yield forecasting of oilseed rape in 1995 in Hubei province. *Hubei Meteorology*, 1996, 2: 33-35. (in Chinese)
- [19] 冯明, 邓先瑞, 吴宜进. 湖北省连阴雨的分析. *长江流域资源与环境*, 1996, 4: 379-384.
Feng M, Deng X R, Wu Y J. Analysis of continuous rain of Hubei province. *Resources and Environment in the Yangtze Valley*, 1996, 4: 379-384. (in Chinese)
- [20] 张养才, 何维勋, 李世奎. *中国农业气象灾害概论*. 北京: 气象出版社, 1991: 35.
Zhang Y C, He W X, Li S K. *The Disaster Generality of Agrometeorology in China*. Beijing: Meteorological Press, 1991: 35. (in Chinese)

- [21] 刘 敏, 李书睿, 倪国裕. 湖北省农业干旱的指标和时空分布特征. 华中农业大学学报, 1994, 6: 621-624.
Liu M, Li S R, Ni G Y. The index and the temporal and spatial distribution characteristics of agrodrought in Hubei province. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1994, 6: 621-624. (in Chinese)
- [22] 贺维农. 农业常用数据资料. 北京: 农业出版社, 1981: 34-35.
He W N. *The Agricultural Data in Common Use*. Beijing: Agricultural Press, 1981: 34-35. (in Chinese)
- [23] 覃 军, 王海军. 湖北省 1961 年以来气温和降水变化趋势及分布. 华中农业大学学报, 1997, 4: 405-410.
Qin J, Wang H J. The study of air temperature and rainfall trend of Hubei province since 1961. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 1997, 4: 405-410. (in Chinese)
- [24] 冯 明. 湖北省气候变化及其对夏收作物的影响. 中国农业气象, 1997, 4: 36-42.
Feng M. Climate change and its effects on summer harvesting crops in Hubei province. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 1997, 4: 36-42. (in Chinese)
- [25] 冯 明, 叶柏年. 湖北省 80 年代以来气温变化分析. 湖北气象, 1996, 4: 22-25.
Feng M, Ye B N. Analysis on temperature change since 1980 in Hubei province. *Hubei Meteorology*, 1996, 4: 22-25. (in Chinese)
- [26] 翟盘茂, 任福民. 中国近四十年最高最低温度变化. 气象学报, 1997, 4: 418-429.
Zhai P M, Ren F M. On changes of China's maximum and minimum temperature in the recent 40 years. *Acta Meteorological Sinica*, 1997, 4: 418-429. (in Chinese)
- [27] 唐国平, 李秀彬, Guenther Fischer. 气候变化对中国农业生产的影响. 地理学报, 2000, 2: 129-138.
Tang G P, Li X B, Fischer G. Climate change and its impacts on China's agriculture. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 2: 129-138. (in Chinese)

(责任编辑 张淑兰, 赵利辉)