

河南省夏玉米生长季农业气候资源变化分析

李树岩^{1,2}, 方文松^{1,2}, 马志红^{1,2}

(1. 河南省气象科学研究所, 河南 郑州 450003;

2. 中国气象局 河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室, 河南 郑州 450003)

摘要: 为充分合理利用气候资源, 评估气候变化对玉米生长的可能影响, 利用河南省 118 个气象站 1961—2008 年气象观测资料, 对夏玉米生育期内光、温、水气候资源的年际变化趋势及变化幅度的空间分布差异进行了分析。结果表明: 河南省光能资源空间分布由北向南逐渐减少, 年际间下降趋势显著, 平均每 10 a 太阳辐射减少 50.2 MJ/m², 日照时数减少 37.6 h。热量条件稍有改善, 播种开始日期显著提前, 平均每 10 a 提前 2 d; 可生长日数显著增加, 平均每 10 a 增加 2.85 d; 适宜生长日数变化趋势不明显, 但年际间波动增大; 近 50 a 夏玉米生育期大部分地区积温总体表现为减少趋势, 但 20 世纪 80 年代中期后以增加趋势为主, 空间分布上豫西、豫西南减少显著, 平均每 10 a 减少 20 °C·d 以上。降水年际间波动较大, 呈不明显的增加趋势。总体来看, 光照资源减少, 热量条件年际间波动性增大, 降水时空分配更加不均, 增加了多种灾害发生的可能性, 加大了玉米生产的气候风险。应通过筛选品种、调整播期、改进生产措施等途径趋利避害, 保障玉米高产稳产。

关键词: 气候资源; 夏玉米; 气候变化; 界限温度

中图分类号: S164 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)07-0021-06

Changes of Agricultural Climate Resources in Henan Province during Summer Maize Growing Season

LI Shu-yan^{1,2}, FANG Wen-song^{1,2}, MA Zhi-hong^{1,2}

(1. Henan Institute of Meteorological Sciences, Zhengzhou 450003, China;

2. Key Laboratory of Agrometeorological Safeguard and Applied Technique in Henan Province, China Meteorological Administration, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: To fully and reasonably use climate resources and assess possible effects of future climate, the interannual change trend and spatial distribution differentiation of light, temperature and precipitation during summer maize season were analyzed using the weather data from 1961 to 2008 of 118 meteorological stations in Henan province. Possible effects of agro-climate resource changes on summer maize production were further discussed. Results showed that light resource reduced from north to south spatially, and presented obviously decreasing trend; the solar radiation and sunshine hour every 10 years decreased by 50.2 MJ/m² and 37.6 h, respectively. Heat resource had a slight improvement, so the sowing date significantly advanced with 2 d earlier and possible growing duration significantly prolonged with 2.85 d increasing every 10 years, respectively. Suitable growing duration had no obvious variation trend but with increasing annual fluctuations. Accumulated temperature during summer maize season indicated an overall reducing trend during the past 50 years, but an increasing trend was dominated during mid and late 1980s in most areas of Henan province. Spatially, the accumulated temperature significantly decreased in west and south-west areas with a climate tendency of above 20 °C·d every 10 years. Rainfall had large annual fluctuations and showed an increasing trend but not significantly. Overall, light resource decreased, annual fluctuation of heat increased, and spatial and temporal distribution of rainfall was further uneven, which increased the occurrence possibilities of multi-disasters and climate risks of summer

收稿日期: 2011-12-08

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006041)

作者简介: 李树岩(1979-), 女, 河北唐山人, 高级工程师, 硕士, 主要从事农业气象研究。E-mail: lsy_126com@126.com

maize production. Measures such as variety screening, sowing time adjustment and management improving should be taken to avoid disadvantages, to protect the high and stable maize production.

Key words: climate resources; summer maize; climate change; critical temperature

农业气候资源是指影响并直接参与农业生产过程,且能被农业生产对象所利用的属于某种物质或能量的农业气候要素^[1]。组成农业气候资源的光、热、水、气等要素的数量、组成及其分配状况,在一定程度上决定了一个地区的农业生产类型、农业生产率和农业生产潜力。当前,全球变暖已是不争的事实,最近 100 a 全球平均气温升高了 0.3~0.6 °C,特别是 20 世纪 80 年代以来,增温更为迅速^[2]。全球气候变暖带来的气温、降水、光照等气候要素的变化,对农业生态环境以及作物生长发育和产量形成将造成显著影响^[3-4];受气候变化的影响,热量、水分、光能等农业气候资源的年际间分配也有明显的差异。国内外许多学者在气候变化对农业生产的影响方面做了大量而卓有成效的工作^[5-11],目前研究多集中在气候变暖对作物种植区域界限、物候变化、生态等方面^[12],而对于局部地区作物关键发育期的影响研究较少。

河南省位于南北气候过渡带,在全球气候变化的大背景下,其气候变化趋势也有局部地区特殊性。夏玉米在河南省是仅次于小麦的主要粮食作物,具有易管理、生长周期短、产量高、效益好等特点^[13],但玉米生长期中,由于气温高、降水时空分配不均匀,极易发生旱、涝、阴雨寡照等各种自然灾害^[14-15]。鉴于此,对河南省夏玉米生育期内光、温、水气候资源的变化趋势进行分析,探讨气候资源变化对玉米生长发育的可能影响,以期对玉米生产趋利避害、充分合理利用气候资源、评估气候变化对农作物的影响等方面提供参考。

1 材料和方法

6—9 月份为河南夏玉米主要生长季,利用河南省 118 个观测站的气象资料进行夏玉米生育期间的光温水气候资源分析,包括太阳总辐射、日照时数、平均气温、降水量,资料年份为 1961—2008 年,资料来源于河南省气候中心。首先对观测资料进行预处理,剔除资料年代过短的站点并对缺测数据进行插值处理。其中农业气候资源变化趋势分析采用线性气候倾向率方法,变化趋势的空间分布使用克里金方法插值绘图。

2 结果与分析

2.1 光照资源分析

2.1.1 太阳辐射变化 利用太阳总辐射的日照类估算模型^[16-17],计算河南省 30 个农业气象观测站的玉米生长季太阳总辐射(图 1)。由图 1 可知,夏玉

米生育期内太阳辐射的空间分布存在一定的纬向差异,由北向南逐渐减少,同玉米生育期降水量分布存在显著的负相关性,豫北降雨日数相对较少,云量少,大气透明度高,辐射强,大部分地区太阳辐射在 1 520 MJ/m² 以上,其中濮阳最大为 1 575 MJ/m²,豫南阴雨日数较多,6—9 月份降水量能达到 600~800 mm,使大气透明度降低,辐射减少,大部分地区太阳辐射小于 1 480 MJ/m²,其中内乡最小为 1 457 MJ/m²,南北最大相差约 100 MJ/m²。

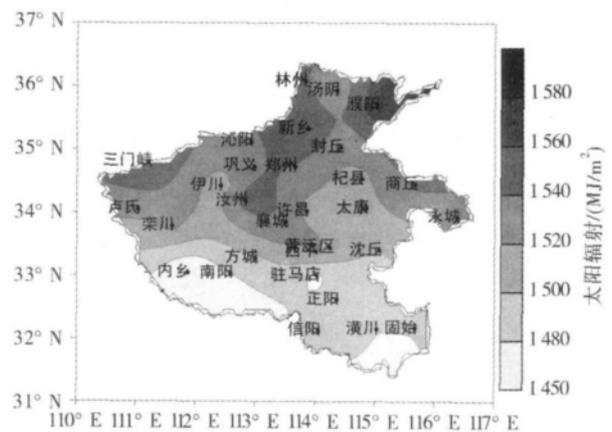


图 1 河南省夏玉米生长季太阳总辐射空间分布

太阳辐射的年际间波动较大(图 2),最大值出现在 1966 年(1 794 MJ/m²),最小值出现在 2003 年(1 258 MJ/m²),近 50 a 太阳总辐射呈极显著的下降趋势($P < 0.01$),每 10 a 太阳辐射的线性倾向率为 -50.2 MJ/m^2 。

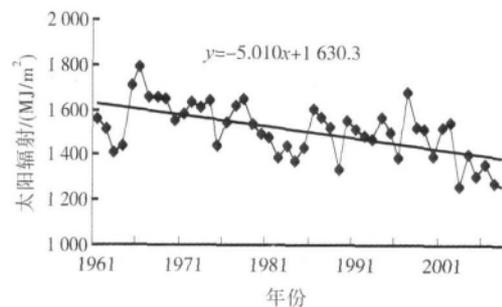


图 2 河南省太阳辐射年际变化

2.1.2 日照时数变化 玉米生长季,全省各地日照时数统一表现为减少趋势(图 3),但不同地区存在较大差异,尤其是豫北和豫中的大部分地区减少更为明显,豫西地区减少幅度较小。这主要是因为豫北和豫中地区,人类活动造成大气污染,表现为轻雾和(或)霾增加^[18],使大气能见度下降;而豫西多为山区,所受影响相对较小。

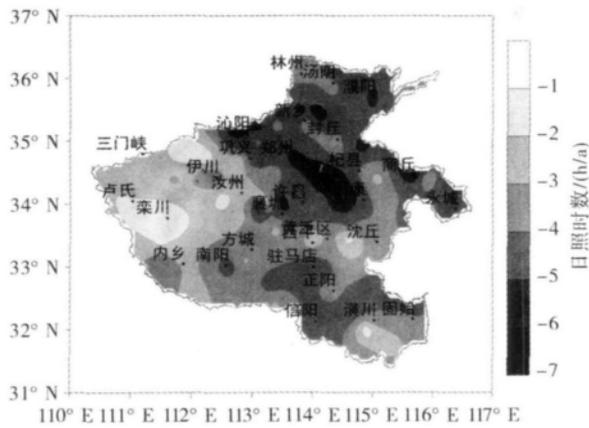


图 3 河南省日照时数线性倾向率分布

玉米生长季近 50 a 日照时数的年际变化如图 4 所示,全省平均日照时数呈极显著的下降趋势($P < 0.01$),平均每 10 a 减少 37.6 h。尤其在 2000 年后,平均日照时数仅 400 h 左右,普遍较少。

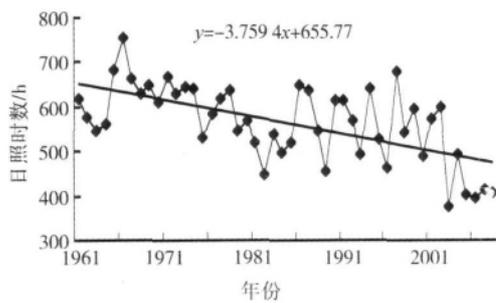


图 4 河南省日照时数年际变化

2.2 热量资源分析

2.2.1 平均气温年际变化 在全球变暖的背景下,河南省夏玉米生长季的热量条件也在发生变化(图 5)。6—9 月份夏玉米生长季平均气温年际变化大体可以划分为 3 个阶段,20 世纪 60 年代至 80 年代初期呈较明显的下降趋势,平均每 10 a 下降 4.6 °C,80 年代初期至 20 世纪末期,又以每 10 a 5.2 °C 的速率上升,2003 年以后又呈下降趋势。

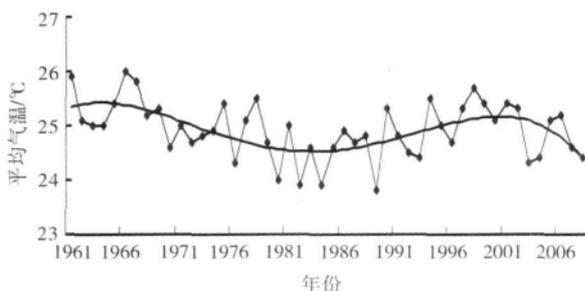


图 5 河南省夏玉米生长季平均气温年际变化

2.2.2 界限温度年际变化

2.2.2.1 日平均气温稳定通过 10 °C 初日 气温达到 10 °C,玉米种子可以萌发出苗,为开始播种的温

度指标,同时 10 °C 也是玉米生长发育的最低温度,具有重要的生物学意义。分析表明,河南省春季稳定通过 10 °C 的初日平均在 3 月 28 日至 4 月 21 日,近 50 a 年际变化呈显著的提前趋势($P < 0.05$),平均每 10 a 提前 2 d(图 6)。由 10 °C 初日年代际间变化(图 7)来看,20 世纪 90 年代前变化比较平稳,90 年代后曲线降幅很大,提前趋势更加明显,这与全球气候变暖的背景是一致的。

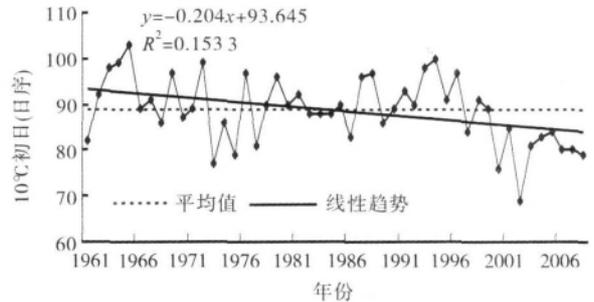


图 6 河南省 10 °C 初日年际变化

日序为每年自 1 月 1 日开始的日期序列,下同

图 7 河南省 10 °C 初日年代际变化

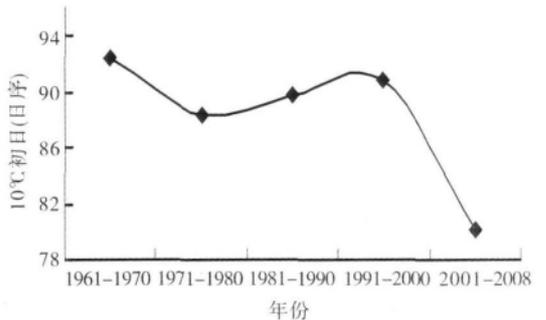


图 7 河南省 10 °C 初日年代际变化

2.2.2.2 日平均气温稳定通过 18 °C 初日 当日平均气温达到 18 °C 以上时,玉米植株开始拔节,并且在一定范围内随温度的升高而加快,同时温度低于 18 °C 时有损植株开花授粉,影响灌浆成熟。由图 8 可知,18 °C 初日多年平均在 5 月上旬(约每年的第 128 天),近 50 a 变化趋势不明显,前 30 a 的年际间波动较小,变异系数为 4.6%,20 世纪 90 年代后年际间波动较大,变异系数为 7.3%。由 18 °C 初日年代际间变化(图 9)来看,20 世纪 90 年代后稍有提前。

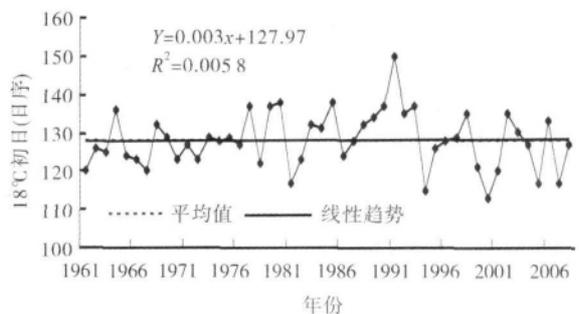


图 8 河南省 18 °C 初日年际变化

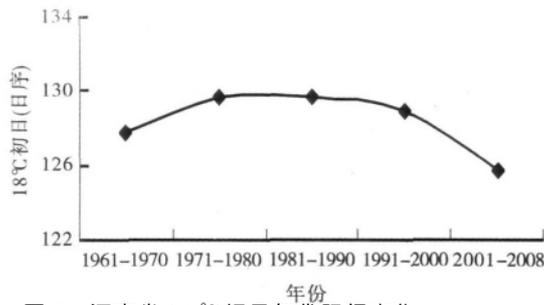


图 9 河南省 18℃初日年代际间变化

2.2.2.3 日平均气温 $\geq 15^\circ\text{C}$ 及 $\geq 20^\circ\text{C}$ 终日 日平均气温稳定通过 10°C 以后开始播种,日平均气温大于 15°C 终日以前为可生长期,大于 20°C 终日以前为适宜生长期^[19]。玉米可生长界限日平均气温 $\geq 15^\circ\text{C}$ 终日平均出现在 10 月 1 日至 10 月 21 日,多年年际变化呈轻微的推后趋势(图 10),大于 15°C 终日的年代际间变化也存在一定的波动性(图 11)。玉米适宜生长界限日平均气温 $\geq 20^\circ\text{C}$ 终日平均出现在 9 月 1 日至 9 月 21 日,多年年际变化趋势不明显(图 12),但由年代际间变化(图 13)可知,年代际间变化差异明

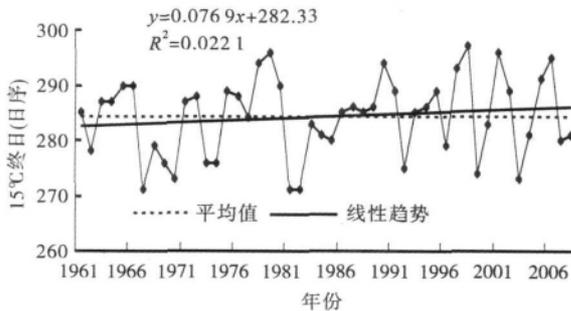


图 10 河南省日平均气温 $\geq 15^\circ\text{C}$ 终日年际变化

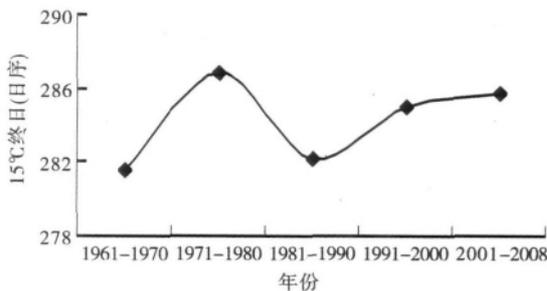


图 11 河南省 15℃终日年代际间变化

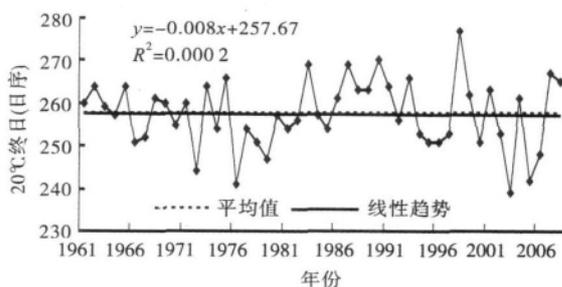


图 12 河南省日平均气温 $\geq 20^\circ\text{C}$ 终日年际变化

显,20 世纪 70—80 年代普遍提前,80—90 年代又明显推后,90 年代后又呈提前趋势。

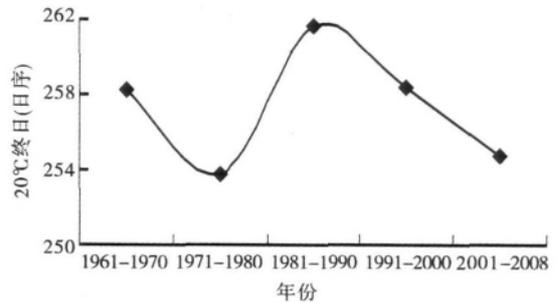


图 13 河南省 20℃终日年代际间变化

2.2.2.4 玉米可生长日数、适宜生长日数年际变化

10°C 初日至 15°C 终日持续日数为玉米的可生长日数, 10°C 初日至 20°C 终日持续日数为玉米的适宜生长日数。由图 14、图 15 可知,玉米可生长日数呈显著的增加趋势($P < 0.05$),每 10 a 增加 2.85 d,这与前面的分析较为一致,夏玉米可生长日数增加,生育期内热量条件有所改善,对于选用中晚熟品种,提高产量更为有利;适宜生长日数变化趋势不明显,但年际间波动幅度增大,说明气候变化的不稳定性增加,对玉米的稳产存在一定威胁。

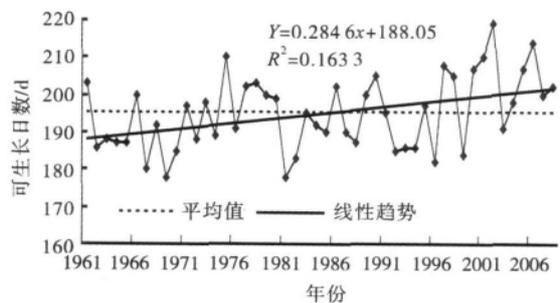


图 14 河南省玉米可生长日数年际变化

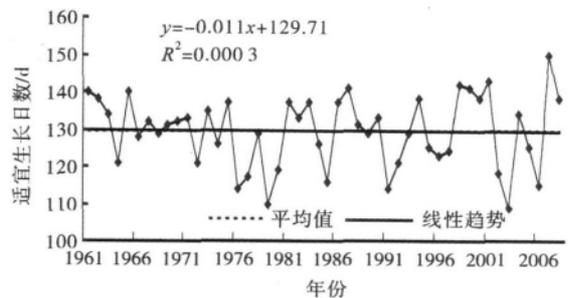


图 15 河南省玉米适宜生长日数年际变化

2.2.3 生长季积温年际变化

2.2.3.1 生长季积温年际变化 河南省玉米全生育期积温多年在 $2\ 914 \sim 3\ 181^\circ\text{C} \cdot \text{d}$ 的范围内变化,多年呈不太明显的下降趋势(图 16),但分段来

看,20 世纪 80 年代中期以前积温呈显著的下降趋势($P < 0.05$),平均每 10 a 下降 $63.1\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,80 年代中期以后又以正距平为主,积温变化呈一定的上升趋势,平均每 10 a 增加 $22.6\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,说明 20 世纪 90 年代后 6—9 月份温度有所上升。

2.2.3.2 生长季积温空间分布变化 玉米生长季积温全省大部分地区表现为减少趋势,豫西、豫西南减少趋势更为明显,豫西北部分地区略有增加(图 17)。

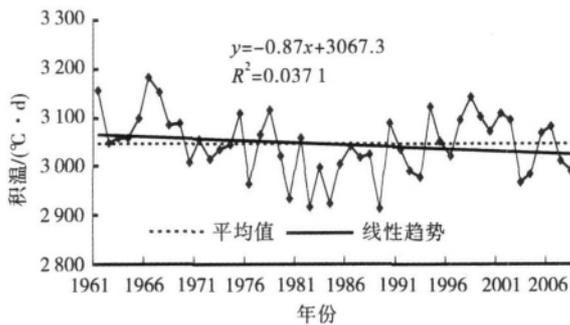


图 16 河南省玉米生长季积温年际变化

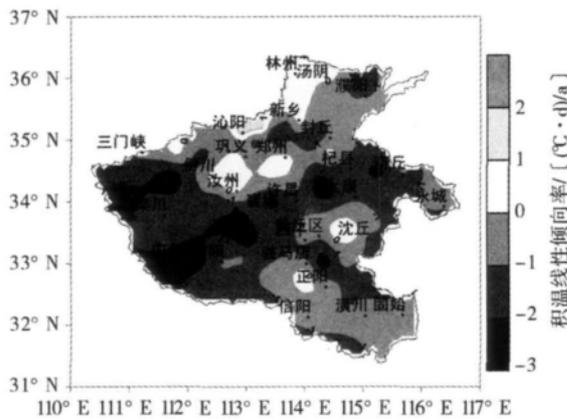


图 17 河南省玉米生长季积温线性倾向率分布

2.3 降水资源分析

如图 18 所示,河南省近 50 a 夏玉米生长季降水量总体呈不明显的增加趋势。分段来看,1985 年之前呈不明显的增加趋势,1985—1999 年是一个明显减少的时期,降水距平基本为负值,之后有所增多,但年际间的变异性加大。

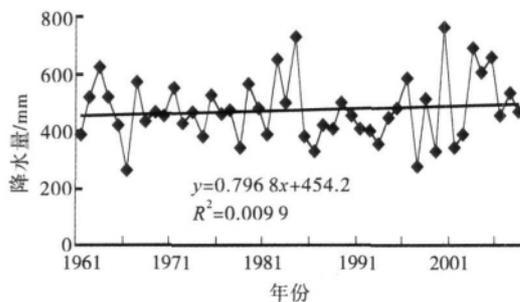


图 18 夏玉米生长季降水量年际变化

全省大部分地区的降水呈增加的趋势(图 19),其中,豫中、豫东和豫南大部分地区线性倾向率均为正值,豫北、豫西北及南阳盆地部分地区呈减少的趋势,从一定程度上也说明干旱少雨地区雨量越发偏少,雨量较丰沛地区降水量增加,两极分化加剧了旱涝灾害发生的可能性。

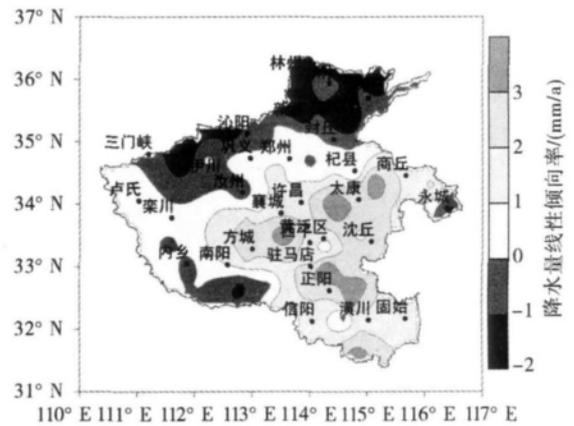


图 19 夏玉米生长季降水量线性倾向率分布

3 结论与讨论

通过对河南省夏玉米生育期的光、热量、水等农业气候资源变化进行分析,结果表明:近 50 a 河南省夏玉米生育期内太阳辐射的空间分布存在一定的纬向差异,且呈较明显的下降趋势,年间波动较大。全省平均日照年际变化呈明显的减少趋势,平均每 10 a 减少 37.6 h。

夏玉米生长季平均气温年际变化呈先降后升再降的趋势;日平均气温稳定通过 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初日明显提前,平均每 10 a 提前 2 d,20 世纪 90 年代更加明显;日平均气温稳定通过 $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初日的多年变化趋势不明显,90 年代后年际间波动加大;日平均气温 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 终日,呈不明显的推后趋势,且存在一定的波动性, $\geq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 终日,总体变化趋势不明显,但年代际变化差异较大;夏玉米可生长日数呈明显增加趋势,适宜生长日数变化趋势不明显但年际间波动幅度增大,说明气候变化的不稳定性增加。夏玉米生长季积温多年呈不太明显的下降趋势,积温空间分布大部分地区表现为减少趋势,豫西、豫西南减少更为明显,豫西北部分地区略有增加。

河南省夏玉米生长季降水量呈不明显的增加趋势,其中 1985—1999 年是一个明显减少的时期,降水距平基本为负值,之后有所增多,但年际间的变异性加大。全省大部分地区的降水呈增加的趋势,降

水空间分布不均,一定程度上加剧了降水量分配的两极分化。

总体来看,夏玉米气候资源的时空变化及分布将对玉米的生产带来更为复杂的影响,有利有弊。然而,光照资源减少,热量条件年际波动性增大,降水时空分配更加不均,都是影响夏玉米高产稳产的重要因素,应加以重视。可通过调整播期和品种布局、改进生产措施^[20-21]等途径降低气候条件的不利影响,适应气候变化。

参考文献:

- [1] 李继由. 农业气候资源理论及其充分利用[J]. 自然资源, 1995(1): 1-8.
- [2] 董杰, 贾学锋. 全球气候变化对中国自然灾害的可能影响[J]. 聊城大学学报, 2004, 17(2): 58-70.
- [3] 王位泰, 张天峰, 蒲金涌, 等. 黄土高原中部冬小麦生长对气候变暖和春季晚霜冻变化的响应[J]. 中国农业气象, 2011, 32(1): 6-11.
- [4] 叶彩华, 栾庆祖, 胡宝. 北京农业气候资源变化特征及其对不同种植模式玉米各生育期的影响[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1350-1364.
- [5] 邓可洪, 居辉, 熊伟, 等. 气候变化对中国农业的影响研究进展[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 439-441.
- [6] 毛德华, 王宗明, 宋开山, 等. 东北多年冻土区植被 NDVI 变化及其对气候变化和土地覆被变化的响应[J]. 中国环境科学, 2011, 31(2): 283-292.
- [7] 肖风劲, 张海东, 王春乙, 等. 气候变化对我国农业的可能影响及适应对策[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 327-331.
- [8] 刘颖杰, 林而达. 气候变暖对中国不同地区农业的影响[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(4): 229-233.
- [9] 樊静. 近 40 年来奇台县农业气候资源的变化特征分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 273-278.
- [10] 陈杰, 杨久文. 营口地区农业气候资源分析及主要气象灾害[J]. 现代农业科技, 2010(17): 297-298.
- [11] 李钰. 阜阳市农业气候资源特点及主要气象灾害[J]. 现代农业科技, 2008(22): 357-358.
- [12] 王芳, 高永刚, 白鸣祺. 近 50 年气候变化对七星河湿地生态系统自然植被第一性净生产力的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(1): 257-262.
- [13] 南纪琴, 肖俊夫, 刘战东. 黄淮海夏玉米高产栽培技术研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 106-110.
- [14] 张建立. 气候因子对豫南夏玉米生长发育的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(1): 54-57.
- [15] 赵霞, 王宏伟, 谢耀丽, 等. 豫南雨养区夏玉米产量与气象因子的关系[J]. 河南农业科学, 2010(3): 18-23.
- [16] 曹雯, 申双和. 我国太阳日总辐射计算方法的研究[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(4): 587-591.
- [17] 周晋, 吴业正, 晏刚. 中国太阳总辐射的日照类估算模型[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(6): 925-927.
- [18] 赵东, 罗勇, 高歌. 1961 年至 2007 年中国日照的演变及其关键气候特征[J]. 资源科学, 2010, 32(4): 701-711.
- [19] 陈怀亮, 张雪芬. 玉米生产农业气象服务指南[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 19-21.
- [20] 邵立威, 王艳哲, 苗文芳, 等. 品种与密度对华北平原夏玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 182-188.
- [21] 张学林, 张许, 王群, 等. 秸秆还田配施氮肥对夏玉米产量和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2010(9): 69-73.