

夏玉米气候适宜度对全球气候变暖的响应 ——以商丘地区为例

史本林, 朱新玉, 胡云川, 刘晓满

(商丘师范学院, 河南 商丘 476000)

摘要: 运用商丘地区8个农业气象观测站及气象试验站1971~2010年逐日日照时数、温度和降水量观测值, 构建了玉米光照、温度、降水及综合气候适宜度计算模型, 对1971~2010年玉米全生育期及各主要生育阶段的气候适宜度与综合气候适宜度动态变化进行分析。结果表明: 玉米全生育期温度、光照、降水及综合气候适宜度平均值分别为0.507、0.587、0.545及0.541; 玉米生育期内光照适宜度较好, 降水适宜度次之, 温度适宜度最差, 温度是限制玉米生长发育的主要气候因子。近40 a以来, 温度适宜度以0.003/10a线性趋势下降, 光照适宜度以0.049/10a线性趋势下降, 降水适宜度以0.006/10a线性趋势下降。气候因子匹配效果较差, 对玉米的生长不利。降水和温度是影响玉米播种及出苗的主要气候因子, 播种-出苗期气候因子综合匹配效果较差。温度的明显升高及夏秋两季日照时数降低幅度较大, 导致玉米出苗-拔节期对各气候因子的适宜性较差。玉米拔节-抽穗期降水和温度的适宜性较高, 降水和温度的有效匹配有利于玉米的拔节及抽穗。抽穗-乳熟期温度、光照和降水组合效果趋好, 有利于玉米干物质质量的积累; 乳熟-成熟期光照适宜性较强, 温度和降水适宜性较差, 综合气候适宜性变差。

关键词: 气候变暖; 玉米; 气候适宜性; 黄淮地区

中图分类号: S162.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2013)10-1277-08

气候变化是近百年来最显著的地球环境变化, 农业生产受气候变化的影响较为明显且广泛^[1-4]。由于粮食作物生产的气候影响因子不易控制, 使其对气候变化的敏感性和脆弱性较为突出。根据IPCC历次评估报告, 国内外对粮食作物种植结构、产量增减、生长发育节奏、熟制、种植界限及可种植海拔高度上限抬升等受气候变化的影响做了研究, 成果显著^[8-14]。目前, 探索粮食作物对气候变化的响应机理与过程, 使其适应气候变化是粮食作物稳产、高产的重要手段; 其中, 粮食作物对气候适宜性的研究已成为当前研究热点问题之一^[5-7]。国际权威杂志 Nature 2012年2月同时刊登了2篇文章, 特别强调了气候变化对粮食作物的影响; 报道了气候变暖会导致作物早熟、减产, 干物质质量积累下降^[3,12]。王琪等^[15]研究发现, 在水分基本适宜的条件下, 气候变暖导致东北地区玉米生物量增

加, 产量提高。但张吉旺等^[16]认为, 未来黄淮地区的玉米随着气候变暖有比较明显的减产趋向。相关气候变化研究多侧重于单因子对粮食作物的影响, 由于粮食作物生长的影响因子多样性及其相互间关系的复杂性, 在评估粮食作物气候适宜性时, 各因子选取及其关系的表达较为困难; 以往研究中, 温度、光照和降水单因子气候适宜性评价报道较多, 缺少各环境因子的协同作用, 不能客观反映气候变化对粮食作物生长的影响特征。综合气候各因子对玉米生长的影响及适宜性程度, 是农业实际生产的需要。

黄淮地区是玉米的种植基地, 2011年以河南为主体的中原经济区获国务院批准, 其战略地位提升为国家重要的粮食生产和现代农业基地。近40 a来, 黄淮地区受气候变暖的影响, 玉米生长发育特征发生了较大变化。本文根据1971~2010年

收稿日期: 2012-10-17; **修订日期:** 2013-03-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(41140019)、教育部人文社会科学研究青年项目(13YJCZH283)、河南省教育厅科学技术研究重点项目(12A170005)资助。

作者简介: 史本林(1967-), 男, 河南柘城人, 教授。主要从事区域环境变化研究。E-mail: shibenlin@163.com

通讯作者: 朱新玉, 副教授。E-mail: tia20021201@163.com

商丘地区玉米种植区生长发育资料及同期气象资料,分析玉米气候适宜性的变化特征,探索其生育阶段的气候适宜性,为中原经济区综合实力提升、提高农作物产量及未来应对气候变化提供科学决策。

1 资料与方法

1.1 研究区概况及资料来源

商丘位于河南东部,地处黄淮平原腹地,介于114°49'E~116°39'E、33°43'N~34°52'N,总面积10 704 km²。58.2%的土壤为两合土和沙壤土,27.9%为淤土和砂浆土,另有13.9%的潮土和碱土。商丘属暖温带半湿润大陆性季风气候,春季温暖大风多,夏季炎热雨集中,秋季凉爽日照长,冬季寒冷少雨雪,年平均气温13.9~14.3℃,年降水量623 mm,年平均日照时数为2 204.4~2 427.6 h,无霜期平均为207~214 d^[17]。

研究区选取商丘市区、民权、睢县等8个农业气象观测站1971~2010年的玉米生长期光照、温度及降水的逐日测量值和主要农作物玉米各个发育期的观测资料。取8个观测站的逐年气候适宜度平均值,作为研究区域气候适宜度时间序列值。所有资料都是依照中国气象局《农业气象观测规范》^[18]要求和注意事项进行观测而得到的,并保持了观测方法的一致性。以上资料分别由商丘市气象局和商丘市农业局提供。

1.2 气候适宜度计算方法

各气候因子对作物生长的影响应在“适宜”和“不适宜”间,界限应允许一定程度的模糊;综合相关研究^[5],玉米各气候因子适宜度计算模型为:

1) 温度适宜度:

$$S_{(T_i)} = \frac{[(T_i - T_1)(T_2 - T_i)^B]}{[(T_0 - T_1)(T_2 - T_0)^B]} \quad B = \frac{T_2 - T_0}{T_0 - T_1} \quad (1)$$

$S_{(T_i)}$ 为温度适宜度 T_i 为生育阶段逐日平均温度(℃), T_1 为某一发育期的下限温度(℃), T_2 为上限温度(℃), B 为基于三基点温度计算的常数, T_0 为最适温度的平均值(℃)。当 $T_i = T_0$ 时, $S_{(T_i)} = 1$; 当 $T_i = T_1$ 或 $T_i = T_2$ 时, $S_{(T_i)} = 0$; 当 $T_i < T_2$ 或 $T_i > T_2$ 时, $S_{(T_i)} = 0$ 。温度适宜度随着气温的升高而增长,到达某一适宜值后,适宜度随温度的升高而迅速下降^[19](见表1)。

2) 光照适宜度计算模型为:

$$S_{(S_i)} = \begin{cases} e^{-[(S_i - S_0)/b]^2} \\ 1 \end{cases} \quad (2)$$

$S_{(S_i)}$ 为光照适宜度,以日照百分率达到70%为临界点。日照百分率大于70%时适宜度为1,小于70%时其对玉米的适宜度应小于1。 S_0 为当日照百分率70%的时数(h), S 为实时日照数(h), b 为常数,经多次拟合得到表1。

3) 降水适宜度:

$$S_{(R_i)} = \begin{cases} 1 & R_i \geq R_0 \\ R_i/R_0 & R_i < R_0 \end{cases} \quad (3)$$

$S_{(R_i)}$ 为玉米降水适宜度(水分适宜度),鉴于降水量时间分布的不均匀性及农作物生长特性,降水适宜度以旬为单位, R_i 为旬降水量(mm), R_0 为旬生理需水量(mm),根据FAO给出的作物系数,运用实时气象资料根据Penman(98版)公式计算而得^[20-21]。当 $R_i \geq R_0$ 时,且完全可被土壤储存接纳时,认为玉米基本可全部吸收利用,适宜度为1;当 $R_i < R_0$ 时,适宜度小于1。

4) 玉米某一生育阶段或全生育期的温度、光照及降水的适宜度可用下式计算: $S_{(c)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_{(c_i)}$

式中 m 为生育阶段或生育期的总天数, $S_{(c_i)}$ 为光照($S_{(s)}$)、温度($S_{(T)}$)或降水($S_{(R)}$)适宜度。玉米生长发育及产量受光、温、水综合气候因子影响,参考以往研究^[21,22],用下式表示光、温、水对玉米的综合作用:

$$C_r = \sum_{j=1}^n (0.20S_{(s)_j} + 0.32S_{(T)_j} + 0.48S_{(R)_j})$$

式中 C_r 为综合气候适宜度, j 为生育期, n 为计算生育阶段所包括生育期数。

表1 夏玉米不同生育期各变量变化值

Table 1 Variables value of maize in different growth periods

变量	夏玉米生育期				
	播种期- 出苗期	出苗- 拔节期	拔节- 抽雄期	抽雄- 乳熟期	乳熟- 成熟期
T_1 (°C)	6	15	18	16	15
T_2 (°C)	32	32	36	35	25
T_0 (°C)	25	20	25	23	24
b	7.69	7.68	8.55	9.21	9.25

2 结果分析

2.1 研究区气候变化基本特征

近40 a研究区气候变化基本特征为温度明显升高,降水量增加,日照时数逐渐减少(图1)。1971~2010年,年均温以0.28℃/10a ($R^2=0.404$, $p <$

0.01)的线性趋势升高,其中春季线性升高趋势为 $0.57^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($R^2=0.144, p<0.01$),夏季为 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($R^2=0.097, p<0.1$),秋季为 $0.17^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($R^2=0.108, p<0.05$),冬季为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($R^2=0.118, p<0.05$);春、冬两季气温升高比较明显,气候变暖较为显著。年均日照时数以 $0.48\text{ h}/10\text{a}$ ($R^2=0.529, p<0.01$)的线性趋势降低,其中夏、秋两季日照时数降低幅度较大,春季日照时数降低较小。年降水量以 $23.8\text{ mm}/10\text{a}$ ($R^2=0.024, p>0.1$)的线性趋势增加,其中除春季外,夏、秋、冬三季降水量均呈线性增加趋势;夏、秋两季降水量增加幅度较冬季大;1991~2010年与1971~1990年相比,年降水量均值增加了 38.17 mm 。可知,研究区气候趋向于暖湿化。

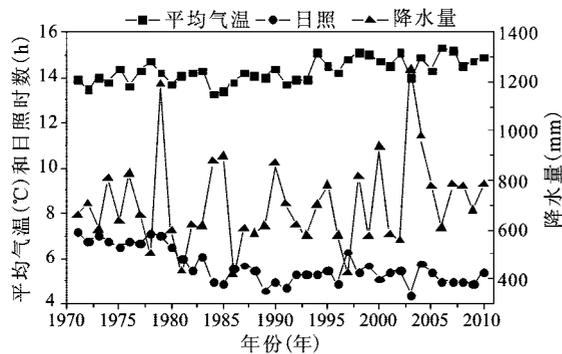


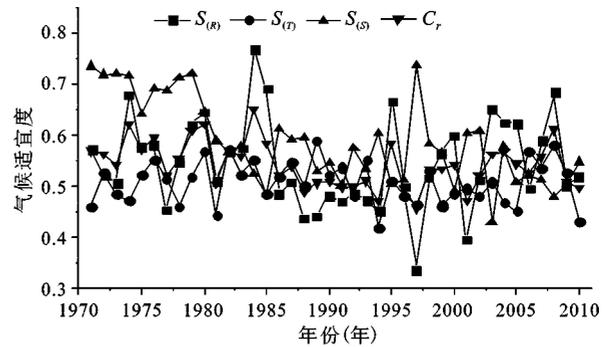
图1 研究区气温、降水量和日照变化(1971~2010年)

Fig. 1 Variations of annual mean temperature, precipitation and sunshine from 1971 to 2010 in study area

2.2 玉米温度、光照与降水及综合气候适宜度的年际变化

玉米全生育期平均单因子气候适宜度以光照适宜度最高为0.587,其次为降水适宜度0.545,温度适宜度最低0.507;综合气候适宜度平均值为0.541(图2)。

降水、温度及光照基本能够满足玉米的正常生长需求,与玉米生产的影响实际情况相符^[23],但均呈下降趋势。降水适宜度以 $0.006/10\text{a}$ ($R^2=0.007, p>0.01$)的线性趋势下降,温度以 $0.003/10\text{a}$ ($R^2=0.005, p>0.01$)的线性趋势下降,光照适宜度以 $0.049/10\text{ a}$ ($R^2=0.480, p<0.05$)的线性趋势下降。近20 a以来(1991~2010年)与20世纪70~80(1971~1990年)年代相比,降水、温度和光照适宜度分别下降了0.025、0.018和0.085,综合适宜度下降了0.035;由于气温、光照和降水适宜性下降,加



注: $S(p)$ 为降水适宜度; $S(t)$ 为温度适宜度;

$S(s)$ 为光照适宜度; C 为综合适宜度

图2 玉米全生育期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 2 Annual variations of climate suitability in the whole growth period of maize from 1971 to 2010

大了黄淮地区玉米减产的可能。

2.3 玉米不同生育阶段各气候因子适宜度的变化

2.3.1 播种-出苗期各气候因子适宜度

该时期光照适宜度较好,平均为0.610,其次为降水和温度适宜度分别为0.461和0.445;综合气候适宜度均值为0.486,其中降水适宜度和综合气候适宜度为玉米全生育期的最低值(图3)。

研究区在玉米播种-出苗期的5~6月份降水总量较少且时间分布不均匀,加上旱情发生频率较高,是影响玉米播种及出苗的主要原因^[24]。光照适宜度在20世纪70~80年代适宜性较好,但波动较大,转折点出现在20世纪90年代后,适宜性减弱。温度适宜度在该生育阶段的波动不大,但适宜性较差。综合气候适宜度在该生育阶段的平均值是玉米全生育期的最低值(0.486);可见,玉米在播种-出苗期的气候因子的有效匹配影响了玉米的生长发育。

2.3.2 出苗-拔节期各气候因子适宜度

玉米出苗-拔节期水分适宜度最高,平均为0.615,温度和光照适宜度相差不大,平均值分别为0.531和0.529,;综合适宜度平均为0.571(图4)。降水适宜度呈逐年下降趋势,但未达显著水平($p>0.01$),21世纪90年代以来与20世纪70~80年代相比,降水适宜度总体下降了0.032;可见,近20 a来,玉米在出苗-拔节期的降水适宜性较差。温度适宜度总体呈下降趋势,但波动不大;1971~1990年与1991~2010年相比,温度适宜度均值下降较大为0.046。近40 a以来,平均气温明显升高,超过玉米正常生长的最适温度,导致其温度适宜性降低。

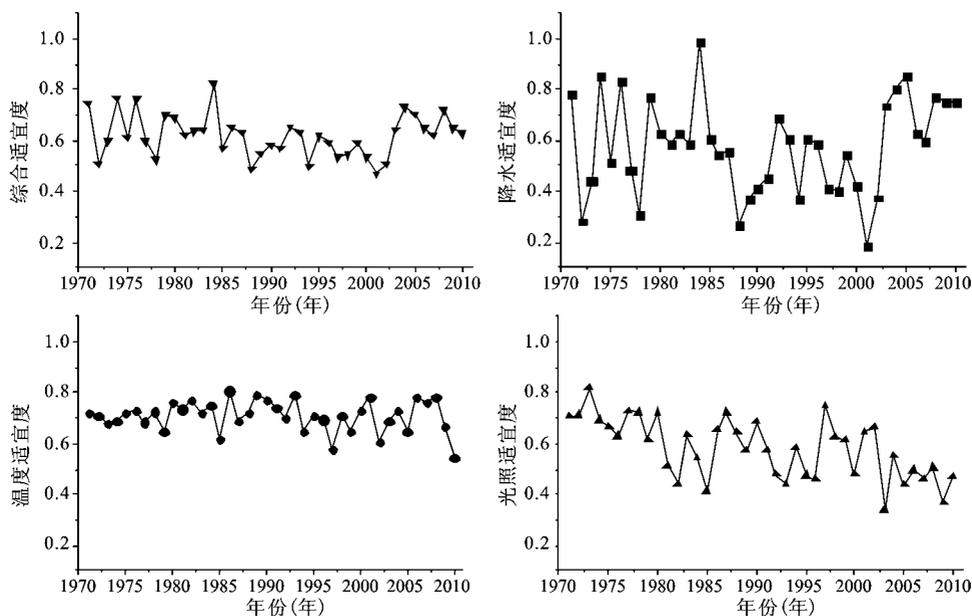


图3 玉米播种-出苗期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 3 Interannual variations of climate suitability of maize in sowing to emergence period from 1971 to 2010

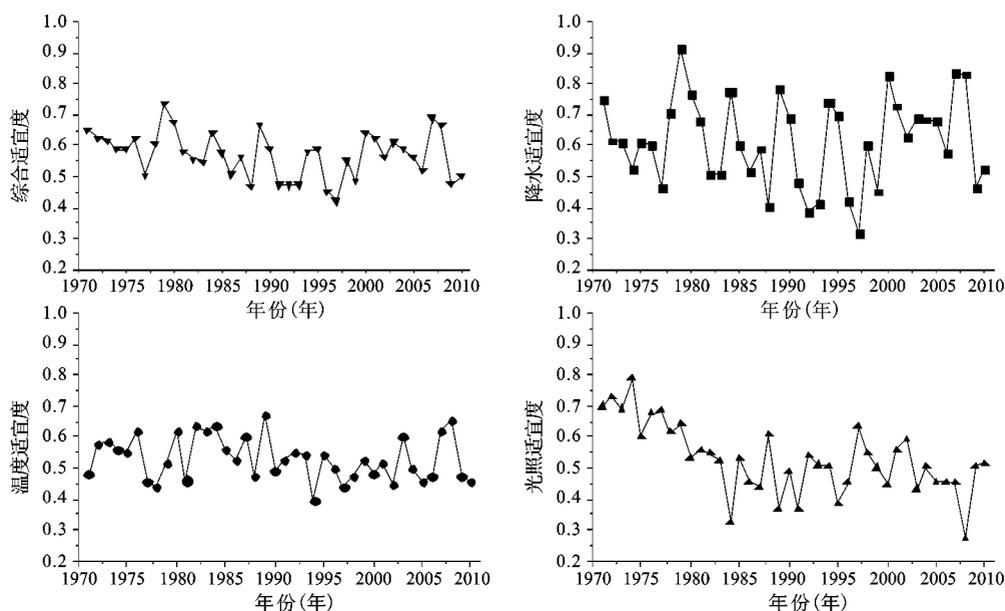


图4 玉米出苗-拔节期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 4 Interannual variations of climate suitability of maize in emergence to jointing period from 1971 to 2010

光照适宜度以 $0.058/10 \text{ a}$ ($R^2=0.364, p<0.05$) 线性趋势下降, 20世纪90年代后与前期相比, 平均下降了0.065, 变化较大。由图2可知, 日照时数以夏、秋两季降低幅度最大, 这对玉米正常的拔节生长影响较大, 导致光照适宜性较差。综合气候适宜度呈逐年降低趋势, 但变化幅度不大, 未达到差异显著性水平 ($R^2=0.066, p>0.05$)。

2.3.3 拔节-抽穗期各气候因子适宜度

拔节-抽穗期是玉米主要生长期, 平均适宜度以降水最高为0.699, 光照适宜度为玉米全生育期最低的时段最低(0.502); 综合适宜度为玉米全生育期的最高值(0.640)(图5)。

自20世纪70年代以来, 降水适宜度呈增加趋势, 以 $0.024/10 \text{ a}$ ($R^2=0.028, p>0.05$) 的线性趋势上

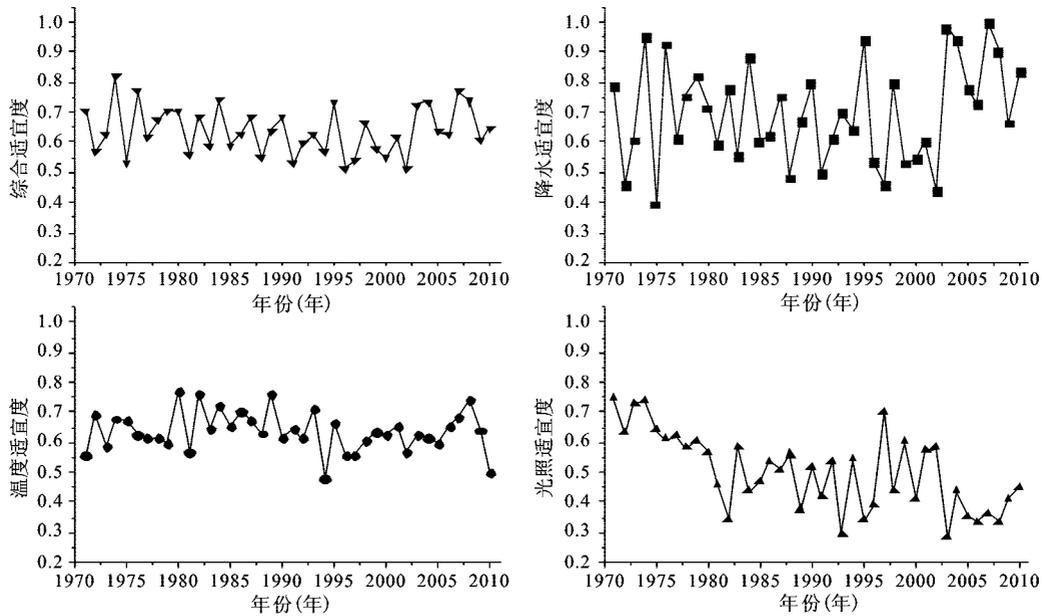


图5 玉米拔节-抽穗期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 5 Interannual variations of climate suitability of maize in jointing to tasseling period from 1971 to 2010

升。温度适宜度呈下降趋势,但变化不明显。拔节-抽穗期是玉米的主要生长阶段,玉米对降水和温度的适宜性较高,说明此阶段的降水和温度有利于玉米正常生长发育。光照适宜性在该生育阶段最差且为全生育期最低值,以 $0.070/10\text{ a}$ ($R^2=0.408$, $p<0.05$)的线性趋势降低;尤其20世纪90年代以来下降最为明显,与前期相比,光照适宜度下降了2.465,降幅较大,对玉米拔节期正常生长产生较大影响。综合气候适宜度总体变化较小,是玉米全生育期的最高值,尤其是20世纪90年代以来呈逐年上升趋势。总体来看,该生育期各气候因子匹配效果较好,有利于玉米的生长。

2.3.4 抽穗-乳熟期各气候因子适宜度

抽穗-乳熟期温度、光照和降水适宜度平均值分别为0.710、0.581和0.575,温度适宜度为全生育期最高的时段;综合气候适宜度平均值为0.619(图6),玉米对温度、光照和降水的适宜性均较好。温度适宜度线性变化不明显,20世纪80年代中后期及21世纪初的温度适宜度较高。光照适宜度随年份呈减少趋势($R^2=0.360$, $p<0.05$),适宜度较高的值出现在20世纪70年代初、80年代末及90年代初。降水适宜度呈增加趋势($R^2=0.004$, $p>0.05$),随年份的波动较大,20世纪70年代初及21世纪初的适宜度值较高,其余年份均较低;降水对玉米该生育阶段的影响较大。综合气

候适宜度总体变化不大,但进入21世纪波动较大,呈下降趋势。

2.3.5 乳熟-成熟期各气候因子适宜度

该生育阶段温度、光照和降水适宜度的均值分别为0.436、0.649和0.475,综合气候适宜度0.497(图7)。玉米对光照的适宜性较好,对温度和降水的适宜性较差;该生育阶段的光照适宜度为全生育期最高,温度适宜度为全生育期最低,乳熟-成熟期阶段常常因为连阴雨天气而影响玉米正常成熟。温度适宜度在进入21世纪以来的波动较为明显,近年来平均气温明显升高,尽管玉米成熟期的秋季平均气温变化较小(图1),但极端气温出现较为频繁,最高、最低气温超出了该生育阶段的温度适宜上下限,使其适宜性有所下降。20世纪90年代末期以来,光照适宜度呈下降趋势($R^2=0.381$, $p<0.05$),适宜度最高值出现在20世纪70年代末期、80年代末期及90年代末期,最低值在2009年前后。降水适宜度随年份呈逐年下降趋势($R^2=0.114$, $p<0.05$),20世纪80年代末及90年代末适宜度较高,进入21世纪后降水适宜度下降幅度较大,近20年来玉米生长后期降水适宜性变差。综合气候适宜度下降趋势较小,波动不大。

3 结论

依据玉米不同生育阶段对降水、温度及光照

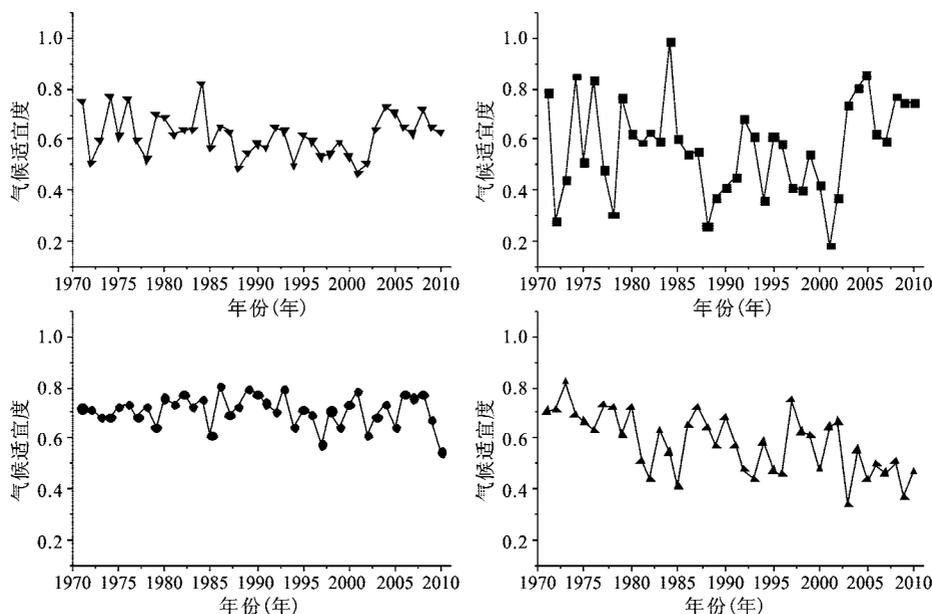


图6 玉米抽穗-乳熟期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 6 Interannual variations of climate suitability of maize in tasseling to milk period from 1971 to 2010

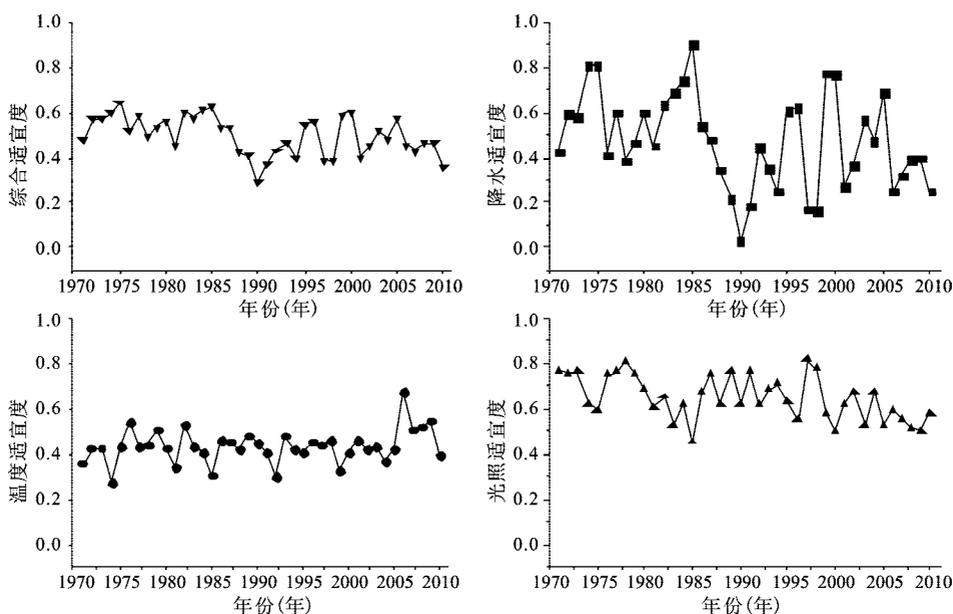


图7 玉米乳熟-成熟期气候适宜度年变化(1971~2010年)

Fig. 7 Interannual variations of climate suitability of maize in milk to maturity period from 1971 to 2010

的需求建立的各气候因子的适宜度及综合气候适宜度计算模型,考虑了玉米生长特性、对当地气候因子的适宜性及对不同环境条件适应,适用性优于单一气候因子评价模型^[5,24],可为当地玉米应对气候变化提供决策依据。

1) 全生育期各气候因子的适宜度中,玉米对光照适宜度较好,其次是降水适宜度,温度适宜度最低;由此可知,温度是限制玉米正常生长发育的

主要气候因子。近40 a来,温度、光照和降水适宜度均呈下降趋势,结合种植区气候变化特征可知,气温上升和日照时数下降对玉米的生长不利;综合气候适宜度呈逐年降低趋势,说明环境因子匹配效果变差。

2) 降水和温度是限制玉米播种及出苗的主要气候因子,光照适宜度在20世纪70~80年代适宜性较好,进入90年代以来适宜性减弱,综合适宜

度在播种-出苗阶段的均值为全生育期的最低值;可见,玉米在播种-出苗期的各气候因子的有效匹配影响了玉米的正常发育。

3) 近20 a来,玉米在出苗-拔节期对各气候因子的适宜性均较差。由于温度的明显升高,超过玉米正常生长的最适温度,使其温度适应性降低;夏、秋两季日照时数降低幅度较大,对玉米正常的拔节生长影响较大,导致其光照适宜性较差。

4) 拔节-抽穗期是玉米主要生长阶段,玉米对降水和温度的适宜性较高,降水和温度的有效匹配有利于玉米正常生长发育。该生育阶段的综合气候适宜度为全生育期的最高值,尤其是20世纪90年代以来呈逐年上升趋势,可见该生育阶段各气候因子匹配效果较好,有利于玉米的生长。

5) 玉米在抽穗-乳熟期对温度、光照和降水的适宜性均较好,尤其是温度适宜度为全生育期的最高值。抽穗-乳熟期为玉米生物量和干物质质量积累的关键阶段,温度、光照和降水较好的综合匹配效果对该阶段玉米的生长发育大有益处。乳熟-成熟期玉米对光照适宜性较好,为全生育期最高值,温度适宜度为全生育最低值,此阶段常因连阴雨天而影响玉米正常成熟。随着全球气候变暖,气温明显升高,极端温度频现,最高、最低气温超出了该生育阶段的温度适宜上下限,导致适宜度有所下降。综合气候适宜度呈逐年下降趋势,尤其是进入21世纪以来,下降幅度较大,各气候因子的匹配效果较差。

参考文献:

- [1] 施洪波. 华北地区高温日数的气候特征及变化规律[J]. 地理科学, 2012, **32**(7): 866~871.
- [2] 李爽, 王羊, 李双成. 中国近30年气候要素时空变化特征[J]. 地理研究, 2009, **28**(6): 1593~1605.
- [3] Lobell D B, Sibley A, Ortiz-Monasterio J I. Extreme heat effects on wheat senescence in India [J]. *Nature*, 2012, **2**(3): 186-189.
- [4] 何凡能, 李珂, 刘浩龙. 历时时期气候变化对中国古代农业影响研究的若干进展[J]. 地理研究, 2010, **29**(12): 2289~2296.
- [5] 赵峰, 千怀遂. 全球变暖影响下农作物气候适宜性研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2004, **12**(2): 134~137.
- [6] 浦金涌, 张存杰. 甘肃省冬小麦水分适应性动态变化分析[J]. 资源科学, 2008, **30**(9): 1397~1420.
- [7] 浦金涌, 姚小英, 王位泰. 气候变化对甘肃省冬小麦气候适宜性的影响[J]. 地理研究, 2011, **30**(1): 153~160.
- [8] 陈长青, 类成霞, 王春春, 等. 气候变暖下东北地区春玉米生产潜力变化分析[J]. 地理科学, 2011, **31**(10): 1272~1279.
- [9] 茆长宝, 陈勇. 南京市近60年气候变化及其对冬小麦产量影响[J]. 资源科学, 2010, **32**(10): 1955~1962.
- [10] Bannayan M, Lotfabadi S S, Sanjani S, et al. Effects of precipitation and temperature on crop production variability in north-east Iran [J]. *International Journal of Biometeorology*, 2011, **55**(3): 387-401.
- [11] Liu Y J, Yuan G F. Impacts of climate change on winter wheat growth in Panzhuang Irrigation District, Shandong Province [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2010, **20**(6): 861-875.
- [12] Pongratz J, Lobell D B, Cao L, et al. Crop yields in a geo-engineered climate [J]. *Nature*, 2012, **2**(2): 101-105.
- [13] 何云岭, 鲁枝梅. 近60年昆明市气候变化特征分析[J]. 地理科学, 2012, **32**(9): 1119~1124.
- [14] 王培娟, 张佳华, 谢东辉, 等. 1961~2010年我国冬小麦可种植区变化特征[J]. 自然资源学报, 2012, **27**(2): 215~224.
- [15] 王琪, 马树庆, 郭建平, 等. 温度对玉米生长量和产量的影响[J]. 生态学杂志, 2009, **28**(2): 255~260.
- [16] 张吉旺, 董树亭, 王空军, 等. 大田增温对夏玉米产量和品质的影响[J]. 应用生态学报, 2007, **18**(1): 52~56.
- [17] 商丘市统计局. 商丘市统计年鉴[R]. 商丘: 商丘市统计局, 2002: 5~6.
- [18] 国家气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
- [19] 冶明珠, 郭建平, 袁彬, 等. 气候变化背景下东北地区热量资源及玉米温度适宜度[J]. 应用生态学报, 2012, **23**(10): 2786~2794.
- [20] 刘钰, Pereira L S. 对FAO推荐的作物系数计算方法的验证[J]. 农业工程学报, 2000, **16**(5): 26~30.
- [21] 王丽霞, 任志远. 山西省大同市农业生态气候适宜度评价[J]. 地理研究, 2007, **26**(1): 53~59.
- [22] 邓振镛, 张强, 浦金涌, 等. 气候变暖对中国西北地区农作物种植的影响[J]. 生态学报, 2008, **28**(8): 3760~3768.
- [23] 熊伟, 林而达, 蒋金荷, 等. 中国粮食生产的综合影响因素分析[J]. 地理学报, 2010, **65**(4): 397~406.
- [24] 赵峰, 千怀遂, 焦士兴. 农作物气候适宜度模型研究——以河南省冬小麦为例[J]. 资源科学, 2003, **25**(6): 78~82.

Influence of Climate Change on Climate Suitability of Summer Maize in Central Plain of China: A Case Study of Shangqiu

SHI Ben-lin, ZHU Xin-yu, HU Yun-chuan, LIU Xiao-man

(*Shangqiu Normal University, Shangqiu, Henan 476000, China*)

Abstract: Global climate change has significant impacts on agricultural production. Climate variability adversely impacts crop production and imposes a major constraint on farming planning, mostly on how to enhance the yields of maize, across the world. Owing to the fundamental importance of food to human welfare, crop and livestock production, used the data of maize experimental field and meteorological data of eight agro-meteorological experiment stations and agro-meteorological observation stations in Shangqiu from 1991 to 2010, the models of climate suitability had been established. The dynamic variation of climate suitability in the whole growth period from 1971 to 2010 was analyzed. The results showed that the suitability degrees of temperature, sunshine, precipitation and integrated were 0.507, 0.587, 0.545 and 0.541 respectively during the whole growth period of maize. The sunshine suitability degree was the best, precipitation suitability degree taken the second place and the temperature suitability degree was the worst. It is indicated that temperature is the major limiting factor for maize growth and development. The temperature suitability degrees decreased by 0.003 every ten years, sunshine suitability degree decreased by 0.049 every ten years and the precipitation suitability degrees decreased by 0.006 every ten years from 1971 to 2010. The weaken combination effect of temperature, sunshine and precipitation was unfavorable for the growth of maize. The precipitation and temperature were the main climatic factors affecting the sowing and emergence of maize. The precipitation, temperature and sunshine had poor combination effect in sowing to emergence period, which had the unfavorable influence on the growth of maize. Because of the temperature increasing and the sunshine hours decreasing, suitability of every climatic factor was weaker in the emergence to jointing period of maize. In jointing to tasseling period of maize, precipitation and temperature suitability degrees were well. It indicated that the effective combination of precipitation and temperature were beneficial to the jointing and tasseling of maize. The combination effect of temperature, sunshine and precipitation trended to better in the tasseling to milk period, which was beneficial to the accumulation of dry matter of maize. The sunshine suitability degrees were well, temperature and precipitation suitability degrees were weaker in milk to maturity period of maize, and the integrated climate suitability degree began to deteriorate.

Key words: climate warming; summer maize; climate suitability; the Huanghuai Region