

马耀绒,许伟峰,韩蓓蓓,等.近30年渭南夏玉米气候适宜度研究[J].陕西气象,2023(3):49-54.

文章编号:1006-4354(2023)03-0049-06

近30年渭南夏玉米气候适宜度研究

马耀绒^{1,2},许伟峰^{1,2},韩蓓蓓^{1,2},尹贞铃^{1,2}

(1.渭南市气象局,陕西渭南 714000;

2.陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室,西安 710016)

摘要:根据渭南市11个国家气象站1991—2020年逐日气象数据,结合夏玉米农业气象观测站的生育期资料,利用气候适宜度模型来分析渭南市夏玉米不同生育期的温度、日照、降水和气候适宜度特征,以及全生育期各种适宜度的时空分布规律。结果表明:降水是影响渭南夏玉米产量的主要气候因子;乳熟至成熟期渭南夏玉米易受连阴雨天气影响,日照适宜度最小,对产量和品质造成影响;北部温度适宜度最大,南部降水和光照适宜度最大,总体气候适宜度从北向南逐渐增大,南部最适宜种植夏玉米。

关键词:气候适宜度;夏玉米;渭南市

中图分类号:S513

文献标识码:A

渭南地处陕西关中平原东部,属暖温带半湿润半干旱季风气候,气候条件优越,有利于发展农业,但夏季伏旱和秋季连阴雨对农作物造成的危害较大^[1]。夏玉米作为渭南最主要的粮食作物,种植面积占全市粮食面积的45%~55%,产量占全市粮食总产的55%~60%^[2]。近多年来,农业生产受气候变化影响较大,特别是气候变暖加剧厄尔尼诺现象,扩大了灾害性天气的影响范围,引发光照和降水异常^[3-4]。在该气候条件背景下,渭南夏玉米生长期间的气候资源也发生了变化。

目前,许多学者开展了玉米的气候适宜性研究。王苗仁等^[5]对绍兴市玉米气候适宜度及其变化特征进行了研究,得出绍兴市玉米全生育期温度适宜度大于降水适宜度和日照适宜度;邱美娟等^[6]利用模糊数学方法,得出玉米不同生育期,气候适宜度呈现出不同特点,认为水分是影响吉林省玉米生长发育的主要关键气象因子;此外还有刘新等^[7]、刘晓英等^[8]、盛绍学等^[9]、李树岩等^[10]分别对内蒙古、廊坊、安徽、河南地区的玉米气候

适宜性进行了分析。目前,渭南市玉米气候适宜度相关研究尚未见报道,因此,定量评价渭南夏玉米生育期内气象因子适宜程度和变化规律,对应对气候变化、保障农业正常生产具有重要的意义。

1 资料与方法

1.1 资料来源

产量资料等选取渭南11个县(市、区)1991—2020年全市的玉米总产量(kg)和种植面积(hm²),资料来自渭南市统计局。气象资料为渭南市11个国家气象站1991—2020年逐日平均气温(℃)、日降水量(mm)和日照时数(h)。以蒲城、大荔、临渭三个农业气象观测站2000—2020年的夏玉米多年平均生育期作为研究区的生育期数据源(表1),气象资料和生育期资料来自渭南市气象局。根据夏玉米生长发育特征,生育期可分为播种—出苗、出苗—拔节、拔节—开花、开花—乳熟、乳熟—成熟5个时段。

1.2 研究方法

1.2.1 气象产量提取

研究中一般将作物实际

收稿日期:2022-03-03

作者简介:马耀绒(1974—),女,陕西蒲城人,汉族,本科,工程师,从事农业气象工作。

基金项目:陕西省气象局秦岭和黄土高原生态环境气象重点实验室开放基金课题(2022G-32)

表 1 渭南市夏玉米平均生育期

生育期	播种—出苗	出苗—拔节	拔节—开花	开花—乳熟	乳熟—成熟
平均生育日期	6月4—15日	6月16日—7月16日	7月17日—8月4日	8月5日—9月4日	9月5—22日

产量分离为趋势产量和气象产量^[11],气象产量计算公式如下

$$y_w = y - y_i \quad (1)$$

式(1)中, y_w 、 y 、 y_i 分别为气象产量、实际产量和趋势产量。根据马耀绒等^[2]研究结果,利用 11 a 滑动平均法结合调和权重法进行趋势产量模拟,再用实际产量减去趋势产量得到气象产量。趋势产量受农业生产技术等非自然因素影响,产量逐年提高;气象产量是指由气象条件影响的那部分产量,可正可负。

1.2.2 温度、降水、日照适宜度建立 根据赵峰等^[12-13]研究,温度、降水、日照适宜度公式如下

$$P(t) = \frac{(t-t_1)(t_2-t)^B}{(t_0-t_1)(t_2-t_0)^B}, B = \frac{t_2-t_0}{t_0-t_1}, \quad (2)$$

$$P(r) = \begin{cases} \frac{r}{r_0}, & r < r_0 \\ 1, & r \geq r_0 \end{cases}, \quad (3)$$

$$P(s) = \begin{cases} \frac{s}{s_0}, & s < s_0 \\ 1, & s \geq s_0 \end{cases} \quad (4)$$

式(2)、式(3)、式(4)中, $P(t)$ 、 $P(r)$ 、 $P(s)$ 分别为某生育阶段的温度适宜度、降水适宜度、日照适宜度,值域为 $[0,1]$ 。 t_1 、 t_0 和 t_2 分别为某生育阶段的下限温度、最适温度和上限温度, t 为该生育阶段平均温度。 s 为该生育阶段平均日照时数, s_0 为该生育阶段最适日照时数,当实际日照时间大于最适日照时数时,日照适宜度为 1。 r 为该生育阶段的总降水量, r_0 为该生育阶段的需水总量。

以上适宜度各指标数据参考文献[14-15],各生育期温度、降水、日照适宜度和夏玉米气象产量的相关程度决定各气候因子适宜度在各生育期的权重,通过 SPSS17.0 计算相关系数得到温度、降水和日照各生育期的权重 a 、 b 、 c 。夏玉米各生育期参数见表 2。

表 2 渭南夏玉米各生育期参数

生育期	$t_1/^\circ\text{C}$	$t_2/^\circ\text{C}$	$t_0/^\circ\text{C}$	r_0/mm	s_0/h	a	b	c
播种—出苗期	10	33	18	30	123	0.21	0.52	0.27
出苗—拔节期	12	34	20	70	306	0.22	0.50	0.28
拔节—开花期	17	37	25	120	188	0.20	0.56	0.24
开花—乳熟期	16	36	24	170	292	0.22	0.48	0.30
乳熟—成熟期	13	34	20	50	160	0.26	0.32	0.42

1.2.3 综合适宜度模型 夏玉米生育期综合气候适宜度模型和全生育期综合气候适宜度模型分别为

$$P = a \times P(t) + b \times P(r) + c \times P(s), \quad (5)$$

$$S = \sqrt[3]{p(t)p(s)p(r)}. \quad (6)$$

式(5)和式(6)中, P 为某生育期气候适宜度, $P(t)$ 、 $P(s)$ 、 $P(r)$ 分别代表夏玉米某生育期的温度适宜度、日照适宜度和降水适宜度, S 为整个生育期的综合气候适宜度。

2 结果与分析

2.1 各生育期气候适宜度分析

2.1.1 播种—出苗期 从图 1a 和表 3 来看,温度适宜度最大,平均值为 0.92,年际间波动不明显;降水适宜度最小,平均值为 0.64,个别年份适宜度达到了 1.00,年际间波动幅度较大;日照适宜度为 0.75,呈波动上升趋势,最小值为 0.39,最大值为 0.97。该生育期总体气候适宜度为 0.68,各年代气候适宜度呈不显著上升趋势。

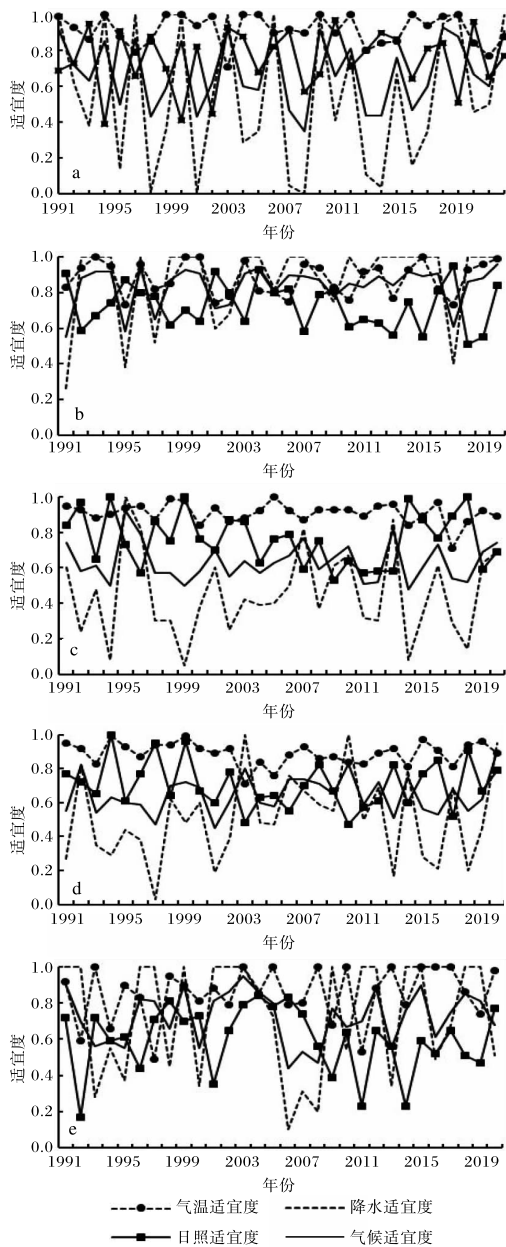


图 1 1991—2020 年渭南市夏玉米各生育期气候适宜度年际变化(a 播种—出苗, b 出苗—拔节, c 拔节—开花, d 开花—乳熟, e 乳熟—成熟)

2.1.2 出苗—拔节期 从图 1b 和表 3 看,温度适宜度最大,平均值为 0.88,年际间波动平缓。降水适宜度为 0.79,年际间上升趋势较明显,该生育期正值渭南初夏汛期的多雨时段,因而降水适宜度较大,大部分年代达到 1.00。日照适宜度平均为 0.73,最大值为 0.95,最小值为 0.51,下降趋势较明显。气候适宜度最大值达 0.96,最小值为 0.55,总体平均气候适宜度为 0.84,年代间呈较明显的上升趋势。

2.1.3 拔节—开花期 从图 1c 和表 3 看,该生育期温度适宜度最大,平均值为 0.91,呈弱的下降趋势。降水适宜度平均值为 0.45,个别年份适宜度为 1.00,年际间波动幅度较大。日照适宜度平均值为 0.76,呈明显下降趋势。该生育期正值渭南夏伏旱多发期,在所有生育期中降水量最少,由于降雨日数少,日照适宜度相比其他生育期呈现最大值。总体气候适宜度为 0.63,年代间气候适宜度呈不明显的下降趋势。

2.1.4 开花—乳熟期 从图 1d 和表 3 看,该生育期温度适宜度最大,平均值为 0.89,呈弱的下降趋势。降水适宜度平均值为 0.52,最大值为 1.00,最小值为 0.03,波动幅度较大,上升趋势较明显。此生育期渭南易受西太平洋副热带高压控制,晴热少雨,除局部地区出现雷阵雨外,很少出现大范围雨区,因而降水适宜度相对较小。日照适宜度平均值为 0.71,呈现下降趋势。总体气候适宜度为 0.65,最大值为 0.9,最小值为 0.45,各年代气候适宜度呈较明显的上升趋势。

2.1.5 乳熟—成熟期 从图 1e 和表 3 看,该生育期温度适宜度最大,平均值为 0.87,呈上升趋势。降水适宜度平均值为 0.84,最大值为 1.00,最小值为 0.10,波动幅度较大。日照适宜度平均

表 3 渭南夏玉米各生育期平均气候适宜度

生育期	播种—出苗	出苗—拔节	拔节—开花	开花—乳熟	乳熟—成熟	全生育期
温度	0.92	0.88	0.91	0.89	0.87	0.89
降水	0.64	0.79	0.45	0.52	0.84	0.69
日照	0.75	0.73	0.76	0.71	0.59	0.71
气候	0.68	0.84	0.63	0.65	0.72	0.76

值为 0.59,呈下降趋势。渭南夏玉米乳熟一成熟期在 9 月中下旬,此期间西太平洋副热带高压在东退南撤过程中,受副热带高压边缘暖湿气流影响,陕西关中易出现持续高强度阴雨天气^[16],降水相对充足,因而降水适宜度最大,日照适宜度最小。总体气候适宜度为 0.72,最大值为 0.95,最小值为 0.44,各年代气候适宜度呈不明显的上升趋势。

2.2 气候适宜度年际变化分析

由表 4 可知,温度适宜度年际变化范围为 0.79~0.97,变化趋势不明显。降水适宜度的变化范围为 0.37~0.84,表现出较明显的上升趋势,降水适宜度较高的年份为 1996 和 2020 年,达 0.82 以上,最低在 1997 年。2020 和 1996 年渭南市夏玉米生育期降水量位于 30 a 来第一和第三

多年份,气象产量为 30 a 来第二和第四高产年份。1997 年夏玉米生长期内渭南降水异常偏少,降水量为 30 a 来最少,气象产量相对较低,为 30 a 来第六低值,说明降水是影响渭南夏玉米产量的关键气象因素之一。

日照适宜度的变化范围为 0.56~0.84,较高年份为 1997 和 1998 年,达 0.8 以上,最低在 2011 年,为 0.56,呈下降趋势。2011 年 6—8 月渭南多阴雨天,造成光照不足,光照时数为 30 a 最少,对夏玉米生长和产量形成带来一定影响,气象产量相对较低,说明日照对渭南夏玉米产量形成也有一定影响。气候适宜度的变化范围为 0.62~0.84,最高年份为 2020 年,达 0.84;最低在 1997 年,为 0.62。气候适宜度高的年份,气象产量亦高。

表 4 1991—2020 年渭南夏玉米适宜度与气象产量

年份	适宜度				气象产量 /(kg/hm ²)	年份	适宜度				气象产量 /(kg/hm ²)
	温度	降水	日照	气候			温度	降水	日照	气候	
1991	0.90	0.63	0.74	0.74	228	2006	0.85	0.48	0.72	0.66	—595
1992	0.86	0.74	0.64	0.74	360	2007	0.89	0.63	0.64	0.71	280
1993	0.91	0.50	0.73	0.69	—188	2008	0.92	0.61	0.72	0.73	—2
1994	0.90	0.58	0.74	0.73	23	2009	0.84	0.66	0.67	0.72	—43
1995	0.88	0.47	0.75	0.67	—396	2010	0.91	0.80	0.61	0.76	155
1996	0.88	0.84	0.65	0.78	374	2011	0.79	0.58	0.56	0.63	—276
1997	0.79	0.37	0.84	0.62	—626	2012	0.90	0.61	0.67	0.72	—123
1998	0.94	0.72	0.82	0.82	783	2013	0.90	0.61	0.68	0.72	—209
1999	0.97	0.71	0.75	0.80	500	2014	0.82	0.51	0.61	0.63	—641
2000	0.90	0.47	0.72	0.67	—273	2015	0.96	0.59	0.70	0.73	—103
2001	0.83	0.52	0.60	0.63	—638	2016	0.90	0.65	0.72	0.75	20
2002	0.83	0.52	0.71	0.66	—708	2017	0.85	0.61	0.70	0.71	—36
2003	0.85	0.52	0.68	0.66	—745	2018	0.89	0.56	0.78	0.73	—176
2004	0.86	0.56	0.71	0.69	—439	2019	0.87	0.72	0.59	0.72	220
2005	0.83	0.48	0.66	0.64	—773	2020	0.93	0.83	0.77	0.84	696

2.3 气候适宜度空间分布规律

图 2 为温度、降水、日照和气候适宜度的空间分布图。从温度适宜度空间分布图可见,渭南市温度适宜度为 0.88~0.92,空间差异不大,渭南市北部温度适宜度大于南部,南部大于中部,中部

温度适宜度最低。从降水适宜度空间分布图可见,渭南市降水适宜度范围在 0.6~0.72 之间,空间差异较大,南部降水适宜度最大,在 0.67 以上,北部小于南部,但大于中部,中部降水适宜度最小。从日照适宜度空间分布图可以看出,渭南市

日照适宜度在 0.62~0.75 之间,空间差异较大,光照适宜度从北向南逐渐递增,南部光照适宜度最高,在 0.7 以上。从气候适宜度空间分布图可以看出,渭南市气候适宜度为 0.69~0.75,与光

照适宜度的空间分布规律较为相似,由南向北逐渐递减,南部四县附近最高,适宜度均在 0.73 以上,北部最低。

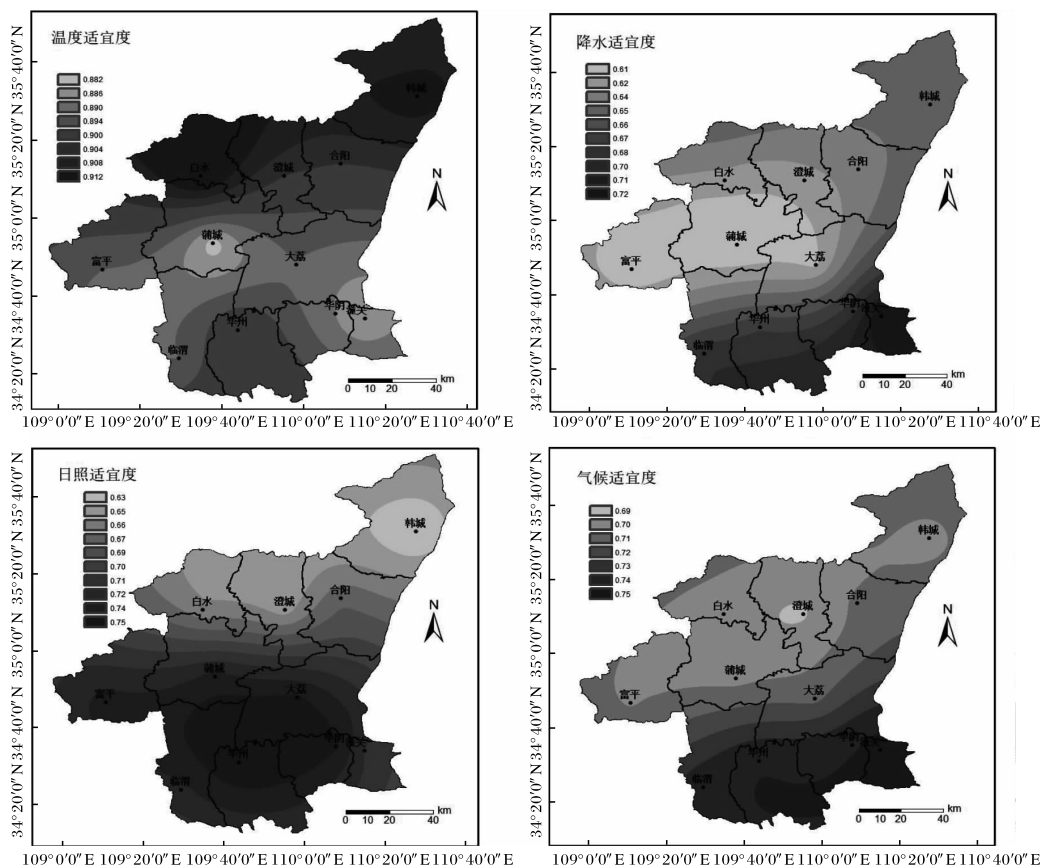


图 2 1991—2020 年渭南夏玉米温度、降水、日照和气候适宜度空间分布

3 结论与讨论

(1)渭南夏玉米各生育阶段的温度适宜度均较高,能满足夏玉米生长发育需求,温度不是影响渭南夏玉米生长的主要气象条件。

(2)生育期降水适宜度范围在 0.45~0.84 之间,年际间降水适宜度范围在 0.37~0.84 之间,降水量是影响渭南夏玉米产量的最大制约因素。尤其拔节—开花期渭南降水量最少,最容易遭受夏伏旱影响,因此,在日常生产中,需要通过人工干预,加强各生育期灌溉和保墒措施,以提高产量。

(3)乳熟—成熟期渭南易出现持续高强度阴雨天气,日照适宜度最小。生产中若此期间日照少,应通过去顶打底、摘除秆下老叶等方法,增强

农田通风透光能力,增加籽粒饱满度,提高品质。

(4)渭南市北部温度适宜度最大,南部降水和光照适宜度最大,中部降水和温度适宜度最小,总体气候适宜度从北向南逐渐增大,南部最适宜种植夏玉米。农业生产中需根据不同生育期和不同空间气候适宜度的变化和差异情况,针对性的开展调控措施,合理利用好气候资源,有效降低不同生育期和不同空间气候变化对于夏玉米产量的影响。

参考文献:

- [1] 任志艳,王宁,李甜. 关中地区气候变化及农业响应特征研究[J]. 江西农业学报,2015,27(6):118-124.

- [2] 马耀绒,淡会星,尹贞铃,等.渭南市玉米产量气象条件分析与预报模型研究[J].陕西气象,2020(2):34-37.
- [3] 周广胜.气候变化对中国农业生产影响研究展望[J].气象与环境科学,2015,38(1):81-91.
- [4] 矫梅燕.农业应对气候变化蓝皮书:气候变化对中国农业影响评估报告(NO.1)[M].北京:社会科学文献出版社,2014.
- [5] 王苗仁.绍兴市玉米气候适宜度及其变化特征[J].安徽农学通报,2018,24(3-4):87-90.
- [6] 邱美娟,王冬妮,王美玉,等.近35年吉林省玉米气候适宜度及其变化[J].东北农业科学,2019,44(1):70-78.
- [7] 刘新,赵艳丽,刘林春,等.内蒙古玉米气候适宜度及其变化特征[J].干旱气象,2018,36(6):1020-1026.
- [8] 刘晓英,周鹏,闫利霞,等.廊坊地区夏玉米气候适宜度评价分析[J].中国农学通报,2016,32(6):151-159.
- [9] 盛绍学,张建军,王晓东.安徽省夏玉米气候适宜性及时空格局特征[J].地理研究,2014,33(8):1467-1476.
- [10] 李树岩,陈怀亮.河南省夏玉米气候适宜度评价[J].干旱气象,2014,32(5):751-758.
- [11] 徐延红.夏玉米产量动态预报方法研究[J].陕西气象,2017(3):1-5.
- [12] 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):77-82.
- [13] 孙小龙,闫伟兄,武荣盛,等.基于气候适宜度建立河套灌区玉米生育期模拟模型[J].中国农业气象,2014,35(1):62-67.
- [14] 魏瑞江,宋迎波,王鑫.基于气候适宜度的玉米产量动态预报方法[J].应用气象学报,2009,20(5):622-627.
- [15] 何奇瑾,周广胜.我国春玉米潜在种植分布区的气候适宜性[J].生态学报,2012,32(12):3931-3939.
- [16] 田中伟,尹贞铃,许伟峰.渭南市近50年秋淋气候特征分析[J].陕西气象,2012(6):25-27.