

1953—2005 年内蒙古东部产粮区气候变化特征研究

侯琼¹ 杨泽龙¹ 杨丽桃² 李喜仓²

(1. 内蒙古自治区气象科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古自治区气候中心, 内蒙古 呼和浩特 010051)

摘要:利用系统聚类分析和相关分析方法,根据 1953—2005 年内蒙古东部产粮区 48 个气象站的气象资料,进行了气候相似区划分;并得出各区在热量、水分的时间变化上具有较高的区域一致性。据此,以区域内各站点的温度、降水和日照时数的平均值作为区域热光水时间序列,分析了各气候要素变化特征及其对农业可能产生的影响。结果表明:各区域温度呈上升趋势,增温速率(平均增温为 0.3—0.4 /10 a)高于中国平均增温速率(0.22 /10 a),增温幅度呈从西向东递增的趋势,平均最低气温增幅最大,平均最高气温增温幅度与海拔呈正相关,尤以 1988 年以后变暖趋势最为明显;降水量基本呈减少趋势,年代际波动较大;20 世纪 90 年代至今,内蒙古东部产粮区生长季降水明显减少,气温迅速升高,暖干化趋势表现明显,温差减小和日照时数减少,水热匹配格局发生改变,粮食产量出现减少趋势的可能性较大。

关键词:气候变化;区域一致性;水热匹配;农业气象;内蒙古东部

中图分类号:S162.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-503X(2008)03-0006-07

1 引言

内蒙古东部区位于 116°—126°E,41°—52°N 范围内,包括呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市和赤峰市所辖地区,气候、地理环境与我国东北地区相似,是东北区域气候变化研究的组成部分,也是内蒙古自治区粮食主产区之一。近年来,涉及我国东北地区气候变化方面的研究较多^[1-6],但针对内蒙古东部区气候变化的研究报道较少,任国玉^[7]和白美兰^[8]对内蒙古东部区气候变化及其对生态环境演变的影响进行分析和研究,得出一些有价值的结论。本文旨在针对内蒙古东部产粮区的气候特点,研究该区域气候变化规律和发展趋势,探讨植物生长季节水热匹配关系的变化对农业可能产生的影响,为进一步分析农作物对区域气候变化的响应,制订区域农业发展规划和应对气候变化的措施提供参考。

2 资料与方法

2.1 资料来源与方法

气象资料来源于内蒙古自治区气候中心,包括近 50 a 内蒙古东部区 48 个气象站(建站至 2005 年)的温度、降水和日照时数等逐月资料。生长季指 4—9 月,非生长季指 10 月至翌年 3 月。温差由年或生长季时段内平均最高气温与平均最低气温之差计算。

利用系统聚类分析方法^[9]进行气候相似区域划分,以相关分析方法判断区域内气象要素的代表性,根据区域一致性分析结果确定温度、降水和日照时

数等时间序列样本。采用相关分析、趋势分析和累积距平等方法,分析各区域的水热变化特征^[10]。

2.2 区域划分

利用近 50 a 48 个气象站的年平均气温、平均最高气温、平均最低气温、年降水量和日照时数 5 个因子进行平均值—标准偏差相似聚类分析,划分出 6 个气候相似区(图 1)。图 1 中 I 到 VI 区以种植业为



图 1 内蒙古 4 个农区或农牧交错区分布示意
主或种养结合,为农区或农牧交错区, I 区和 II 区位于呼伦贝尔市西部和中部大兴安岭及阿尔山一带,以草原和森林为主,划分成草原区和林区。 III 区:赤峰南部、通辽灌区,包括红山区、宁城、喀喇沁、敖汉、奈曼、库伦、开鲁、科尔沁区、科左中、科左后 10 个区、县、旗。 IV 区:赤峰西北部丘陵山区,包括翁牛特、巴林左、巴林右、林西、克什克腾、阿鲁科尔沁 6

收稿日期:2008-03-05;修订日期:2008-04-30。

基金项目:中国气象局沈阳大气环境研究所环境安全研究开放实验室基金资助。

作者简介:侯琼,女,1960 年生,正研级高级工程师,主要从事干旱农业、草原生态和气候变化方面的研究。

个旗县。区:通辽北部、兴安盟南部农牧交错区,包括扎鲁特、科右中、突泉、科右前(乌兰浩特)、扎赉特 5 个旗县。区:呼伦贝尔市东南部农业区,包括扎兰屯、阿荣旗、莫力达瓦 3 个旗县。

本文以 4 个农业或农牧交错区为研究区域,分析主要产粮区的气候变化规律。

表 1 区域内各站点间平均气温、降水量相关系数 r

区域	平均气温 t						降水量 R					
	年			生长季			年			生长季		
	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)
	0.83—0.99	0.92	3.9	0.75—0.98	0.90	6.1	0.21—0.75	0.53	19.2	0.23—0.75	0.56	17.9
	0.88—0.99	0.95	2.8	0.88—0.98	0.94	1.8	0.39—0.79	0.60	4.7	0.42—0.78	0.60	4.9
	0.92—0.99	0.96	1.2	0.93—0.98	0.96	0.6	0.34—0.80	0.64	13.2	0.36—0.80	0.65	13.7
	0.96—0.98	0.97	0.8	0.96—0.98	0.97	1.0	0.70—0.84	0.75	8.4	0.69—0.84	0.74	8.8

注:样本数均大于 45; 区 10 个站点可以计算出 45 个相关值, 区 6 个站点和 区 5 个站可分别计算出 15 个和 10 个相关值, 区 3 个站点仅有 3 个相关值。

性检验,变率小,年相关程度好于生长季。降水量的相关程度相对较差, 区通过 0.05 以上信度检验的占 95.6%,平均相关系数较低,变率大; 区和 区均通过 0.01 信度检验; 区有 90% 的数值通过 0.01 信度检验,其余通过 0.05 水平的检验。由于研究区域的降水主要集中在生长季,所以,年和生长季 2 个时间段的差别较小。

3 结果分析

3.1 热水光基本气候特征区域一致性

区域内各站点温度、降水各要素通过 Pearson 相关分析结果表明(表 1),4 个区域内平均气温的相关程度较高,为 0.92 以上,均通过 0.001 水平的显著

与平均气温相比,平均最高气温与平均最低气温的相关程度较差,区域内各站点间变化大,稳定性差,其中平均最高气温的变幅最大;时间段上,由于生长季温度除了受天气背景控制外,还会受到下垫面的干扰,因此区域内站点间温度的变化幅度增大,造成年值稍好于生长季。见表 2。

表 3 反映了日照时数的区域相关,各区域内日

表 2 区域内各站点间平均最高气温和平均最低气温相关系数 r

区域	平均最高气温 t_{max}						平均最低气温 t_{min}					
	年			生长季			年			生长季		
	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)	变幅	平均	变率/ (%)
	0.42—0.92	0.77	11.4	0.51—0.93	0.77	10.6	0.67—0.92	0.80	5.7	0.54—0.91	0.76	8.5
	0.75—0.95	0.87	6.2	0.68—0.94	0.84	6.9	0.71—0.89	0.82	2.6	0.76—0.90	0.83	2.8
	0.71—0.94	0.85	7.3	0.68—0.93	0.83	9.4	0.80—0.91	0.85	2.0	0.73—0.87	0.81	3.5
	0.88—0.91	0.90	1.4	0.92—0.95	0.93	1.3	0.87—0.97	0.91	4.3	0.86—0.94	0.90	3.6

注:样本数均大于 45。

表 3 区域内各站点间日照时数相关系数 r

区域	年				生长季			
	变幅	平均	变率/(%)	B1/B2	变幅	平均	变率/(%)	B1/B2
	-0.27—0.68	0.33	51.3	51.2/44.4	-0.40—0.68	0.33	51.2	64.4/46.6
	0.10—0.72	0.46	27.4	93.3/53.3	0.41—0.79	0.54	16.1	100.0/100.0
	0.09—0.75	0.42	47.3	70.0/60.0	0.28—0.77	0.52	25.2	90.0/80.0
	0.27—0.65	0.50	30.8	66.7/66.7	0.39—0.70	0.57	21.3	100.0/100.0

注:样本数均大于 45; B1 和 B2 分别表示通过 0.05 和 0.01 显著性检验值的比例。

日照时数的变化范围较大,相关系数的显著性不高,变率大;相关程度生长季大于年,就 4 区平均状况而言,通过 0.05 和 0.01 水平检验的相关值,生长季为 88.6% 和 81.7%,年值为 70.3% 和 56.1%,表明日照时数的区域一致性在生长季较高。从区域上看,

、区的相关好于、区,达到显著水平数值的比例大,区较差,这与区站点多、东西跨度大有关。

综上所述,从区域内温度和降水基本因子相关分析看,系统聚类分区的结果合理,气温和降水在

0.05 或 0.01 信度水平上相关显著。表明所分区域在热量、水分的时间变化上具有较高的区域一致性,而日照时数的区域一致性在生长季较强。依据研究区热水光时间变化的区域一致性,将各区域内各站点的温度、降水和日照时数观测值进行平均作为区

域热水光时间序列,用来分析区域气候波动特征及其可能的发展趋势。

3.2 各区域温度演变特征

3.2.1 气温线性趋势

由表4的线性趋势拟合参数中可以看出:(1)平

表 4 各区域年和生长季温度要素的线性趋势拟合参数

时段	平均气温 t				平均最高气温 t_{\max}				平均最低气温 t_{\min}			
	年	0.032	0.033	0.039	0.041	0.012	0.021	0.013	0.018	0.049	0.048	0.067
年 r	0.659	0.655	0.716	0.662	0.249 *	0.355	0.202 *	0.269 *	0.718	0.698	0.809	0.763
生长季	0.022	0.028	0.035	0.041	0.007	0.025	0.017	0.028	0.039	0.041	0.066	0.080
生长季 r	0.519	0.605	0.685	0.769	0.115 *	0.331	0.231 *	0.345	0.621	0.622	0.817	0.800

注:为趋势倾向率($^{\circ}\text{C}/\text{a}$), r 为相关系数;*表示未通过显著性检验,其余趋势线 95.3%通过 0.01 信度检验。

均气温、平均最高气温和平均最低气温的趋势倾向率均为正值,其中平均最低气温的 最大,增温幅度最大,增温速率为 $0.5-0.8^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,平均最高气温的 最小,平均气温以 $0.3-0.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速度增加,比中国平均增温速率($0.22^{\circ}\text{C}/10\text{a}$)高^[11],符合当前气候变暖的结论;(2)在地域分布上,平均气温和平均最低气温的增温幅度有从西向东,即由 区向 区递增的趋势,生长季平均气温和平均最低气温以 $0.2-0.4^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.4-0.8^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速率增加,增温幅度小于年增温值,且年 与生长季之间的差异由 区向 区减小,反映出随纬度增加升温显著和非生长季增温在纬度相对偏低的地区更加明显的特点;(3)平均最高气温的增加速率为 $0.07-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,区域分布上的表现与平均气温和平均最低气温不同,在 区 明显偏高,且除 区外增温幅度生长季大于年;这种差异是由于海拔高度不同造成的。通过相关分析发现,最高气温的升温速率与海拔高度的关系十分密切,线性相关为 0.7243 (达到 0.001 的显著水平, $n=24$, 图2),而与

区域分布规律上与平均气温和平均最低气温表现不同;(4)平均气温和平均最低气温均通过 0.01 信度的 t 检验,平均最高气温的线性拟合结果较差,8 条曲线中仅 37.5%通过 0.05 的信度检验;总体上,温度的线性趋势明显。

3.2.2 气温变化阶段性特征

由图 3 可知,各区气温距平均在波动中上升,变化趋势极其相似,20 世纪 50—60 年代以负距平为主,、 区仅在 1961 年和 1963 年出现正距平, 区在 1967 年出现一次正距平,而 区出现正距平的年份稍多(1953、1955、1959、1963 年和 1968 年);70 年代初(1973 年, 区为 1975 年)转入正、负距平相间时期,持续到 80 年代后期,期间正距平出现 4 a (— 区是 1973、1975、1982 年和 1983 年, 区是 1975、1982、1983 年和 1986 年);1988 年进入正距平时期。累计距平曲线表明,近 55 a 各区气温累计距平呈现 V 字型变化,最低点出现在 1987 年左右,此期以前气候变暖不明显,80 年代末变暖趋势明显增强。 区在 1988 年以前距平变化的位相和正距平出现的次数与其他 3 个区域略有差别,可能与地理位置处于大兴安岭东南部,受地形的影响有关。

3.2.3 温差和积温变化特征

温差和积温是反映能否满足植物生长发育对热量需求和影响生产能力的重要参数。由表 5 可知,温差(包括气温年较差和生长季的气温差)的年际变化呈现减小趋势,其中年温度差减小最明显,各区域以 $0.27-0.64^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的速度减小,生长季温差减小速度略大于夏季;区域间温差减小的速度以 区和 区较快, 区最慢;线性趋势的相关程度是年大于生长季大于夏季,83.3%的趋势线通过 0.05 以上的显著性检验。这些结果表明最低气温升高明显,非生长季升温显著的特点。

积温变化规律各区域一致,以大于等于 5 积

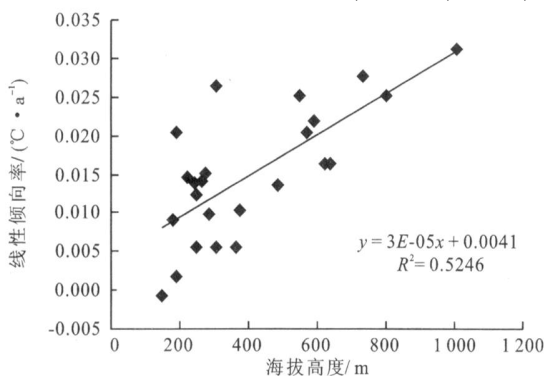


图 2 最高气温增温幅度与海拔高度的关系

纬度关系较小(相关系数仅为 0.102)。由于 区位于赤峰北部,多为大兴安岭余脉组成的丘陵山区,是研究区域内海拔最高的地区,因此平均最高气温的增温幅度明显偏高,也导致温差降低的速率,造成在

温的 值最大,增加最明显,且线性拟合趋势效果最佳,大于等于 10 积温的 值最小,线性拟合效果

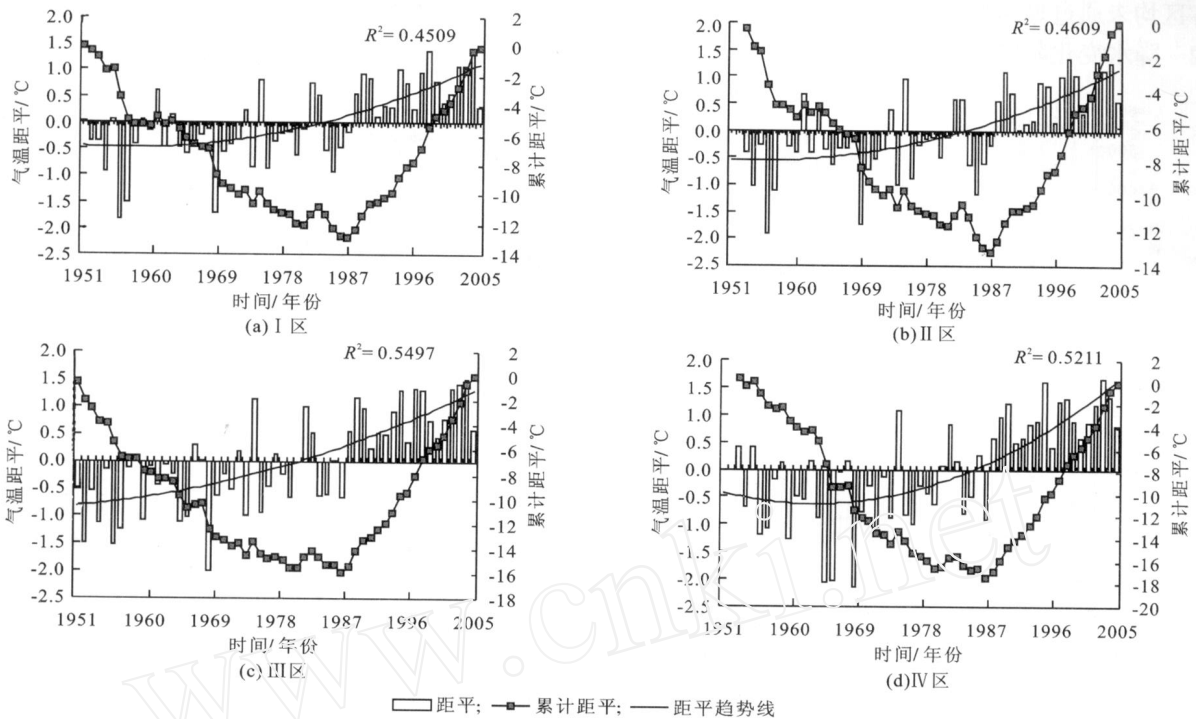


图 3 各区气温距平及累计距平年变化曲线

表 5 各区域温差和积温的趋势倾向率 和相关系数 r

项目	区域参数	r		r		r		r	
		r	r	r	r	r	r	r	r
温差	年	-0.0394	0.5539	-0.0272	0.3657	-0.0585	0.6387	-0.0642	0.5913
	生长季	-0.0324	0.3895	-0.0155	0.1625*	-0.0528	0.5216	-0.0512	0.4451
	夏季(6—8月)	-0.0324	0.3315	-0.0085	0.0686*	-0.0538	0.4077	-0.0422	0.3294
积温	大于等于 0	5.5174	0.5795	7.0578	0.6748	8.6101	0.7526	8.7190	0.8123
	大于等于 5	6.2372	0.6173	8.3428	0.6930	9.4482	0.7727	9.1967	0.7933
	10	4.7816	0.4523	5.9771	0.5230	7.5775	0.5934	9.0680	0.7461

注: 的单位为 /a;除带“*”的值外,均通过 0.05 以上的显著性检验。

较差;积温增加幅度由 区 区增大,与气温的变化趋势一致。阶段性变化是 20 世纪 50 年代积温以负距平为主,60 年代和 70 年代正距平略占优势,80 年代和 90 年代初负距平又占多数,90 年代中后期至

2006 年积温迅速增加并达到最大值,大于等于 10 积温的阶段性波动较大。

3.3 各区域降水演变特征

3.3.1 降水线性趋势

表 6 各区域年和生长季降水量和日照时数线性趋势拟合参数

时段	降水量				日照时数			
	r	r	r	r	r	r	r	r
年	0.0339	-0.6907	-0.4513	-0.6037	-0.3152	-0.4778	-0.5351	-3.7365
年 r	0.0071	0.1281	0.0049	0.1025	0.048	0.0819	0.0728	0.3842**
生长季	0.0780	-0.6281	-0.3791	-0.6430	-0.6725	0.0683	-0.1962	-1.4565
生长季 r	0.0173	0.1187	0.0570	0.1086	0.133	0.0141	0.0332	0.1977

注: 为趋势倾向率,降水量单位为 mm/a,日照时数单位为 h/a; r 为相关系数,样本数 n = 53; **表示通过 0.01 信度的显著性检验。

由表 6 可知,(1)降水量变化总体呈波动下降趋势,这与张凯等^[2]对沈阳地区的研究结果相似, 区变化很小,其余 3 个区以 4.5—6.9 mm/10 a 的速度

减少, 区和 区减少明显;(2)生长季 减小幅度、区小于年,说明生长季降水减少较多, 区则相反,生长季降水 值低于年值,表明降水的减少

主要体现在生长季;(3)降水量线性趋势的代表性不强,各区均未通过显著性检验,但年代际波动较大。

3.3.2 降水变化阶段性

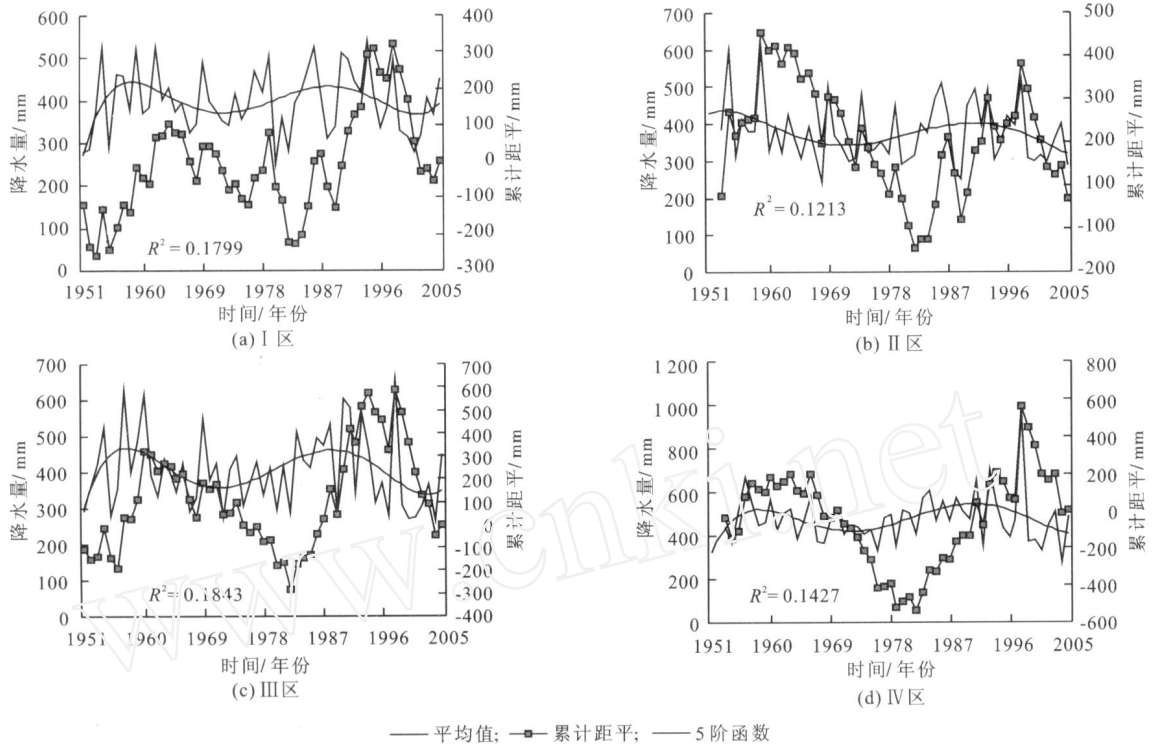


图4 各区域年降水量及其累计距平年变化曲线

变化的5阶函数与原序列间相关系数到区分别为0.4241、0.3483、0.4293和0.3778(除去1998年值时为0.5122),区在0.05水平,其余3区在0.01水平上相关显著,表明拟合函数对原有序列具有较好的代表性。结合累积距平特征曲线分析,4条曲线的变化趋势十分相似,峰值出现的年份略有差异。20世纪50年代为多雨时段,1964年前后(累计距平次高点)转为少雨期,并持续到80年代初,1982年累计距平达到最低点(区为次低点,最低点出现在1953年),之后又进入多雨时段直到90年代中后期,在1998年出现累计距平最高值(区出现在1959年)以后到本世纪初又转为少雨时段。

3.4 日照时数演变

由表6可知,(1)年日照时数4区均呈减少趋势,减少速度为3.2—5.4 h/10 a,与全国平均减少值(5%)接近^[12];(2)生长季值,除区明显高于年值外,其余各区低于年值,说明非生长季日照时数减少明显;(3)线性趋势的代表性不强,仅有区的年拟合曲线通过显著性检验。

图5反映出近50 a中4个区域的生长季日照时数变化趋势相近,用5阶多项式拟合与原序列间相关系数为0.511—0.620,均通过0.01水平的显著性检验。总体上呈双峰曲线变化,20世纪50年代日照时数在低位徘徊,进入60年代日照时数迅速增加,

根据拟合曲线相关系数通过0.05以上显著性检验,且随曲线阶数增加相关系数提高很小为原则确定曲线的阶数。从图4可以看出,年降水时间

到70年代初达到第1峰值,之后逐步减少,到80年代末达到低谷,90年代转入增加趋势,本世纪初达到第2峰值,之后又呈减少趋势。最大峰值各区域有差异,区出现在本世纪初,其他3区出现在70年代初。累计距平的峰谷变化在位相上与拟合曲线不同,第1低谷出现在60年代初(区未出现),第2低谷出现在1998年前后(区未出现),最大峰值出现在80年代初。

3.5 水热匹配特征变化对农业的影响

通过上述分析可以得出,研究区域温度呈升高趋势,日平均气温和积温增加,温差、降水和日照时数有所减少,水热匹配格局正在发生变化。由表7可知,20世纪50、60年代生长季降水除区呈增加趋势外,其他均为减小趋势,但变化幅度不大,未达到显著水平,而此时温度的变化趋势正好相反,区平均气温以较小的变幅减小,其余3区以0.02—0.03/a的速率增加,粮食产量主要受年际间气象条件的影响;70、80年代降水表现为较明显的上升趋势,而温度略有上升($=0.01-0.03/a$),4区表现一致,虽然增温不明显,但雨热的同步增加为农牧业生产创造了良好的条件;90年代至本世纪初,生长季降水明显减少(4区平均为 -9.5 mm/a),温度显著升高(4区平均 $=0.099/a$),表现出明显的暖干化趋势,对植物生长和农业生产极为不利,成为

生态环境恶化的主要气候驱动因子。

从温差和积温的变化来看,生长季温差以

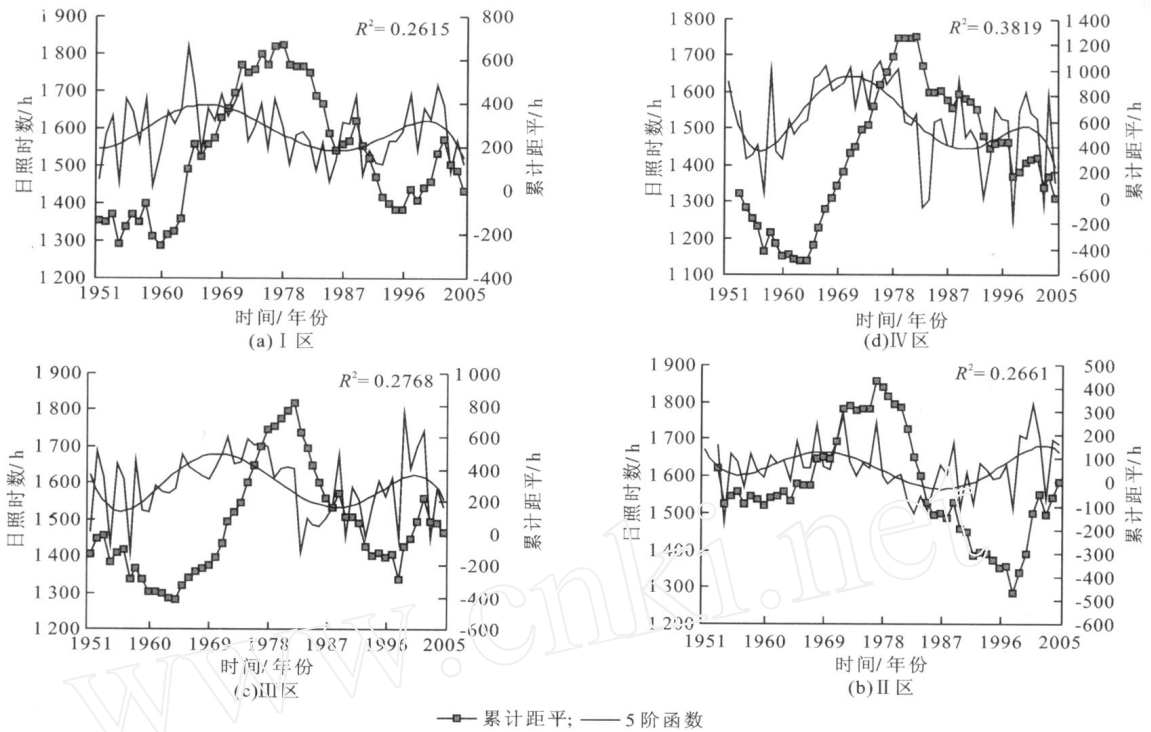


图 5 各区域生长季日照时数及其累计距平变化曲线

表 7 各区域降水和平均气温年代际变化线性趋势拟合参数

区域	参数	降水 R			温度 T		
		1953—1970	1971—1990	1991—2005	1953—1970	1971—1990	1991—2005
I	r	3.3277	3.6869	-8.0800	-0.0013	0.0130	0.0900
	r	0.249	0.296*	0.460**	0.014	0.150	0.580**
	r	-4.6843	3.1650	-7.8264	0.0364	0.0096	0.1111
II	r	0.268	0.246	0.462**	0.347*	0.110	0.661**
	r	-0.5157	7.3521	-10.8010	0.0292	0.0100	0.1173
	r	0.030	0.455**	0.385**	0.339*	0.112	0.676**
III	r	-1.4127	6.8991	-11.2850	0.0190	0.0324	0.0771
	r	0.091	0.557**	0.292*	0.192	0.385**	0.557**

注: *和 **分别表示通过 0.05 和 0.01 信度的显著性检验。

0.16—0.53 / 10 a 的速度减小,这种由低温升高导致的温差减小,使植物夜间的呼吸强度增加,干物质积累减少;而积温的增加,不仅使植物生长期延长,冷害有可能减少,有利于熟性较长品种的大面积种植,特别是大于等于 5 积温的明显增加,更利于喜凉作物的生长,也会使土壤水分耗散加剧,在水分条件不能保证供给的情况下,增温的优势未必能够体现出来。同时,温度增加也会加大病虫害危害的可能。生长季日照时数的减少不会对作物生长产生较大影响。

4 结论与讨论

(1) 系统聚类分区和相关分析表明,各区域在气温、降水的时间变化上具有较高的区域一致性,日照

时数的区域一致性在生长季表现较强。区域内各站点的气温、降水、日照时数平均值可用来分析气候变化趋势。

(2) 各区域温度呈上升趋势,平均气温以 0.3—0.4 / 10 a 的速度增加,平均最低气温增幅最大,线性趋势明显,特别是自 1988 年以后变暖趋势明显;增温幅度有从西向东,即由 区 区递增的趋势;积温变化趋势与气温的变化趋势一致,其中以大于等于 5 积温增加最明显;温差的年际变化呈现减少趋势,减小幅度年温差大于生长季温差大于夏季温差。

(3) 降水基本呈减少趋势,到 区以 4.5—6.9 mm/10 a 的速度减少,其中、区冬季减少较多,区主要在生长季减少明显;降水量线性趋势不

显著,但年代际波动较大,从20世纪50年代到本世纪初,约每隔2个年代季表现为多雨—少雨—多雨—少雨时段。

(4)日照时数呈减少趋势,减少速度为3.2—5.4 h/10 a;与生长季比较,非生长季日照时数减少明显;阶段性变化规律与降水的变化趋势基本相反。

(5)水热匹配格局发生改变,20世纪70—80年代雨热同步增加有利于植物生长;而20世纪50—60年代和90年代至今,这2个时期的降水和气温变化均呈降水减少、温度增加趋势,但变化幅度差异较大,后一阶段降水和气温变化趋势的相悖程度远大于50—60年代,生长季降水和气温变化线性趋势达到极显著水平。因此,近十几年生长季降水明显减少而温度迅速升高,暖干化趋势表现明显,以及温差和日照减小,均对植物生长和农业生产造成了不利影响;积温的增加虽然可使植物生长期延长,冷害有可能减少,产量增加,但能否抵消因水分不足等不利因素造成的减产,还需要深入研究。

参考文献

- [1] 李辑,龚强.东北地区夏季气温变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(1):6-10.
- [2] 张凯,娄德君,潘静,等.1957—2000年沈阳地区气温和降水变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(6):38-42.
- [3] 张丹梅.近50年阜新地区气候变化特征分析[J].气象与环境学报,2007,23(1):27-29.
- [4] Qian W H,Zhu Y F. Climate change in China from 1880 to 1998 and its impacts on the environmental condition [J]. Climate Change,2001,50(4):419-444.
- [5] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近50年气温及降水的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244.
- [6] 王遵娅,丁一汇,何金海.近50年来中国气候变化特征的再分析[J].气象学报,2004,62(2):228-236.
- [7] 任国玉.科尔沁地区本世纪温度变化[J].气象科学,1998,18(4):373-380.
- [8] 白美兰.内蒙古东部近54年气候变化对生态环境演变的影响[J].气象,2006,32(6):31-36.
- [9] 裴喜春,薛河儒. SAS 及应用[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [10] 王锡稳,王毅荣,张存杰.黄土高原典型半干旱区水热变化及其土壤水分响应[J].中国沙漠,2007,27(1):123-128.
- [11] 《气候变化国家评估报告》编写委员会.气候变化国家评估报告[M].北京:科学出版社,2007:18-30.
- [12] 任国玉,郭军,徐铭志,等.近50年来中国地面气候变化基本特征[J].气象学报,2005,63(6):942-956.

Climatic characteristics for grain production area in the east of Inner Mongolia from 1953 to 2005

HOU Qiong¹ YANG Ze-long¹ YANG Li-tao² LI Xi-cang²

(1. Inner Mongolia Meteorological Institute, Huhhot 010051, China; 2. Inner Mongolia Climate Center, Huhhot 010051, China)

Abstract Based on the meteorological data from 1953 to 2005 in 48 weather stations in the grain production area of the eastern Inner Mongolia, the grain production area could be divided into different parts in terms of climatic analogy by hierarchical cluster analysis and correlation analysis. Water and heat changes were of an obvious regional consistency. Using the average temperature, precipitation and sunshine duration as time series of heat, water and light, the characteristics of climate elements and their effects on agricultural production were analyzed. The results indicate that temperature has an increasing trend in each region. The tendency rate is 0.3—0.4 / 10 a, which is higher than that in China (0.22 / 10 a). Warming tendency is increasing from the western to the eastern in Inner Mongolia, and average minimum air temperature increases obviously. The relationship between the warming amplitude of average maximum air temperature and elevation is positive. Warming tendency is obvious, especially after 1988. Precipitation has a decreasing trend and its inter-decadal changes fluctuate greatly. Precipitation of growing season in the grain production of the eastern Inner Mongolia decreases obviously and air temperature increases rapidly, so warming-drying trend is obvious. Furthermore, water and heat matching pattern is changed with the decreases of temperature difference and sunshine duration. Consequently, food yield might reduce in the future.

Key words Climate change; Regional consistency; Water and heat matching; Agricultural meteorology; The eastern of Inner Mongolia