

近 46 a 来河西走廊绿洲最高、最低气温变化的区域特征及突变分析

马亚兰, 刘普幸, 霍华丽

(西北师范大学 地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以 1960—2005 年河西走廊绿洲月平均最高、最低气温资料为基础, 采用气候倾向率、5 a 滑动平均、Mann—Kendall 突变检验等方法对河西走廊绿洲最高、最低气温的时空变化特征和突变特点进行了分析。结果表明, 近 46 a 来河西走廊绿洲最高、最低气温均有明显增温趋势, 最低气温增温幅度明显大于最高气温; 增温趋势强弱的地域差异显著, 最高气温中部 > 西部 > 东部, 最低气温东部 > 中部 > 西部; 四季均呈现增温趋势, 冬季增温幅度最大; 研究区升温突变明显, 突变时间存在空间和季节差异。

关键词: 最高、最低气温; 气候倾向率; Mann—Kendall 突变检验; 河西走廊

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)02-0192-06

中图分类号: P467

Regional Characteristics and Abrupt Change of Maximum and Minimum Temperatures in Hexi Corridor Oasis During the Past 46 Years

MA Ya lan, LIU Pu xing, HUO Hua li

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on the monthly averaged maximum and minimum temperatures in Hexi corridor oasis from 1960 to 2005, the characteristics of spatiotemporal variation and the abrupt change are analyzed by the methods of climate tendency rate, 5-year running means, and Mann—Kendall abrupt change test. Results are reported as follows: Firstly, the maximum and minimum temperatures increased obviously, the warming amplitude of minimum temperature is remarkably higher than maximum temperature, and the anti-symmetrical warming trends presented. Secondly, the warming amplitudes of maximum and minimum temperatures are obviously different in different regions. By the maximum temperature, the order is central part > western part > eastern part and by the minimum temperature, eastern part > central part > western part. Thirdly, the maximum and minimum temperatures increased during each season, but they are higher in winter than other seasons. Fourthly, the abrupt changes of maximum and minimum temperatures are apparent and they are different in different regions and seasons.

Keywords: maximum and minimum temperature; climate tendency rate; Mann—Kendall abrupt change test; Hexi corridor

IPCC 第 4 次评估报告指出, 过去 100 a 来全球地表温度升高 0.74 °C, 变暖幅度自 20 世纪 90 年代以来明显加速, 未来 100 a 全球气温将升高 1.1 °C~6.4 °C^[1]。而极端气温是反映气候冷暖变化程度的重要标志^[2], 对陆地生态来说, 最高、最低气温的变化对环境和植物生理活动有着重要作用。日间最高气温变化影响到植物光合作用、果品品质、冰川积雪融化等; 夜间最低气温则影响作物呼吸、干物质积累等。

因此, 对最高、最低气温变化的研究具有重要的生态与环境指示意义^[3]。

国内外学者对全球变暖背景下最高、最低气温的变化已经进行了一系列的研究。国外 Karl 等人^[4]的研究揭示了美国和前苏联极端最低温度在过去几十年有明显上升趋势, 而极端最高温度的变化则表现出较强的区域性, 从大范围看无显著的变化趋势。Frich 等^[5]发现, 20 世纪后半叶逐年极端最高温度与

收稿日期: 2009-08-18

修回日期: 2009-11-04

资助项目: 甘肃省科技计划基金项目(0803RJZA094); 甘肃省教育厅导师项目(080F11); 甘肃省级重点学科资助项目(自然地理学)

作者简介: 马亚兰(1983—), 女(汉族), 陕西省宝鸡市人, 硕士研究生, 研究方向为干旱区域环境与绿洲建设。E-mail: mylxinfeng@163.com。

通信作者: 刘普幸(1964—), 女(汉族), 山西省平遥县人, 博士, 教授, 研究生导师, 研究方向为干旱区域环境、绿洲建设与可持续发展。

E-mail: fmlpx@nwnu.edu.cn

极端最低温度的差异在显著减小。Mantou 等^[6]发现在东南亚和南太平洋地区, 1961 年以来, 热日和暖夜显著增多, 而冷日和冷夜却减少了, 这些主要是极端低温和极端高温升温的不对称性引起的。Cao 等^[7]通过全球气候模式和对流辐射模式的模拟结果发现, 最高、最低气温的这种非对称变化可能源自 CO₂ 浓度的增加。国内江志红等^[8]的研究表明, 我国夏季平均最高气温、最低气温的空间形态基本都在 20 世纪 70 年代末到 80 年代初发生显著的变化。丁裕国等^[9]利用经验正交函数对我国冬季平均最低气温和夏季平均最高气温进行客观区划, 揭示了我国近半个世纪冷夏、严冬气候异常的变化规律。唐红玉等^[10]分析认为, 无论是年还是季, 平均最低气温的增暖幅度明显大于平均最高气温的增暖幅度。并且, 目前已经开展了对我国西北地区的乌鲁木齐河源^[11]、三江源地区^[12]、宁夏自治区^[13]最高、最低气温变化趋势的分析, 但对河西走廊的最高、最低气温变化研究尚未见报道。本研究主要探讨全球变暖背景下河西走廊绿洲最高、最低气温的变化趋势、区域差异和突变特征, 旨在分析气候变化的区域特征, 以期为河西走廊绿洲的可持续发展提供科学的气候变化背景。

河西走廊东起乌鞘岭, 西至甘新省界, 南北介于南山(祁连山、阿尔金山)和北山(马鬃山、合黎山和龙首山)之间, 长约 900 km, 为西北东南走向的狭长地。河西走廊绿洲东西跨越近 10 个经度, 东部受东南季风和西南季风的影响, 西部受中纬度西风的控制, 中部处于两大环流系统的交汇区, 不同环流系统造成气候的区域差异^[14]。其气候变化不仅直接影响该区本身水土保持、生态建设、资源开发利用和经济建设, 而且对全国乃至全球气候变化及生态建设起着极其重要的作用, 具有代表性。

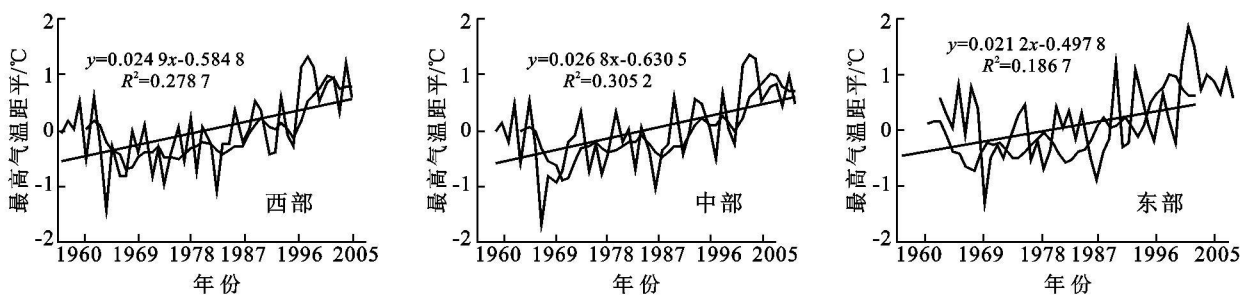


图 1 河西走廊绿洲 1960—2005 年最高气温距平年际变化

注: 折线为最高气温距平; 曲线为 5 a 滑动趋势; 斜线为线性趋势线

河西走廊绿洲最低气温呈显著增温趋势(图 2), 特别是 1990s 以来升温最为明显, 西部和中部最低气温变化趋势相似, 在 1960s 有一降温过程, 此后开始持

1 资料与方法

数据来源于河西走廊绿洲区 12 个气象站 1960—2005 年历年月平均最高、最低气温观测资料, 在数据处理前, 根据石羊河、黑河、疏勒河流域的自然地理分界对河西走廊绿洲的气象站进行了区域划分, 古浪、武威、永昌和民勤站代表河西走廊东部, 山丹、张掖、高台、酒泉和鼎新站代表河西走廊的中部, 玉门、安西和敦煌站代表河西走廊西部^[14], 将各区域内气象站最高、最低气温的平均值作为该区域气候变化的分析数据; 季节划分上, 以 3—5 月为春季, 6—8 月为夏季, 9—11 月为秋季, 12 月及次年 1—2 月为冬季。先分别计算东、中、西部逐月最高、最低气温值, 再计算其平均值和距平值, 然后利用气候倾向率和 5 a 趋势滑动分析其年际变化趋势, 在此基础上, 采用 Mann—Kendall 法对其最高、最低气温进行突变分析。

2 结果分析

2.1 最高、最低气温年际变化特征

河西走廊绿洲最高气温总体呈上升趋势(图 1), 进入 1990s 以后, 增温趋势尤其显著, 整个河西走廊绿洲最高气温变化趋势基本一致, 都在 1960s 呈现降温趋势, 此后基本表现为持续快速增温过程, 1990s 中期以后增温明显。最高气温的增温幅度呈现空间差异: 中部 > 西部 > 东部, 气候变化倾向率分别为 0.268 °C/10 a (通过 0.001 的置信度检验), 0.249 °C/10 a (通过 0.001 的置信度检验) 和 0.212 °C/10 a (通过 0.01 的置信度检验), 依次相差 0.019 和 0.037 °C/10 a。中、西部升温幅度大于东部的结论与孔兰东等^[15]研究的甘肃省气温变化结果一致。由于走廊中、西部大部分地区为戈壁和荒漠, 高温干旱, 受太阳辐射后升温迅速。

续增温, 与中部和西部相比, 东部 1960s 并没有明显的降温, 从 1960s 到 1970s 末表现为在波动中有微弱的增温, 1980s 以后迅速增温, 近年来增温尤其显著。最低

气温增温幅度呈现出区域差异, 尤其东部显著大于西部, 增温幅度东部> 中部> 西部, 气候变化倾向率分别为 0.375(通过 0.001 的置信度检验)、0.361(通过 0.001 的置信度检验) 和 0.311 °C/10 a (通过 0.001 的置信度检验), 依次相差 0.014 和 0.050 °C/10 a。

从最高、最低气温变化倾向率来看, 最低气温增

温幅度大于最高气温增温幅度, 表现出不对称的增温趋势, 这也意味着夜间气温有较强的增温, 白天气温有较弱的增温, 说明气温日较差在逐渐减小, 表明全天气温逐渐升高, 这与全球变暖的趋势一致。分析各区域最高、最低气温变化倾向率的差值, 得出气温日较差变化幅度的空间差异: 东部> 中部> 西部。

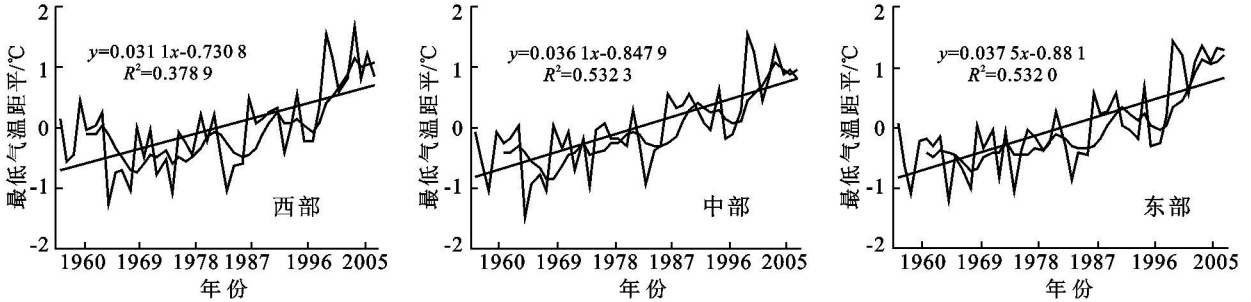


图 2 河西走廊绿洲 1960—2005 年最低气温距平年际变化
注: 折线为最低气温距平; 曲线为 5 年滑动趋势; 斜线为多年趋势

2.2 最高、最低气温年代际差异

河西走廊绿洲最高气温总体呈上升趋势(表 1), 21 世纪以来是整个走廊绿洲近 46 a 来的最暖时期, 东、西部最冷时期为 1970s, 而中部则在 1960s 最冷, 表现出区域差异, 总体而言, 整个走廊绿洲最高气温从 1990s 起开始迅速升温, 为正距平。最高气温的季节年代际变化与其年代际变化趋势大体一致, 但也表现出差异: 在 1960s, 整个走廊绿洲最高气温春、夏季为正距平, 处于一段高温时期, 尤其是西部春季最高气温甚至高于 1990s, 1960s 到 1970s 春、夏季最高气温呈下降趋势; 而秋、冬季最高气温在 1960s 为负距平, 是 46 a 来最低时期, 46 a 来一直表现出增高趋势, 这也意味着秋、冬季最高气温增温幅度大于春、夏季, 反映出秋、冬季对全球变暖响应的敏感性。1970s 至 1980s 整个河西走廊绿洲四季均为负距平, 最高气

温低于其多年平均值, 从 1990s 起, 整个走廊绿洲四季最高气温开始增高, 最高气温均为正距平。

河西走廊绿洲最低气温年代际变化规律(表 2) 与其最高气温变化基本一致, 总体呈现增温趋势, 1990s 以前最低气温为负距平, 之后为正距平, 21 世纪以来是整个河西走廊绿洲近 46 a 来的最暖时期。就季节变化而言, 1960s 除西部在春季为正距平(0.04) 外, 整个河西走廊绿洲四季均为负距平; 1970s 整个河西走廊绿洲四季最低气温均为负距平; 1980s 整个河西走廊绿洲春、夏季最低气温均为负距平, 而秋季则是正距平, 冬季中部为正距平, 而东、西部是负距平, 进一步反映出秋、冬季对全球变暖响应的敏感性; 从 1990s 起, 最低气温开始增高, 除东部秋季在 1990s 为负距平(-0.02) 外, 整个河西走廊绿洲四季均为正距平。

表 1 河西走廊绿洲年、季最高气温距平的年代际变化

年代	西部					中部					东部				
	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年
1960s	0.19	0.13	-0.49	-0.66	-0.20	0.13	0.13	-0.53	-1.12	-0.34	0.00	0.20	-0.28	-0.63	-0.16
1970s	-0.39	-0.58	-0.31	-0.44	-0.41	-0.35	-0.47	-0.30	-0.10	-0.28	-0.35	-0.41	-0.37	-0.31	-0.33
1980s	-0.39	-0.35	-0.08	-0.09	-0.21	-0.39	-0.37	-0.06	-0.26	-0.26	-0.50	-0.30	-0.13	-0.52	-0.31
1990s	0.09	0.24	0.50	0.75	0.38	0.11	0.20	0.61	1.03	0.47	0.32	0.16	0.57	0.89	0.45
2000—2005	0.84	0.94	0.64	0.91	0.74	0.84	0.86	0.48	0.88	0.67	0.87	0.59	0.35	1.17	0.59

2.3 最高、最低气温季节变化

从河西走廊绿洲 1960—2005 年最高气温四季变化(图 3) 可以看出, 最高气温四季变化与全年变化趋势一致, 都表现为增温趋势, 但变化过程和增温幅度却表现出一定的区域和季节差异: 春季变化稳定, 增

温幅度较小, 1960s 到 1970s 中期偏暖, 此后有微小降低, 东部在 1980 末开始上升, 增温幅度显著(通过 0.02 置信度检验); 夏季变化较为稳定, 1960 年左右为一高温期, 此后开始降温, 西部在 1970s 末降至最低点, 此后开始上升, 中部在 1970s 初转为平稳波动, 直

到 1990s 中期为一低温期, 此后开始迅速增温。增温幅度的空间差异: 西部(通过 0.02 置信度检验) > 中部(通过 0.01 置信度检验); 秋季变化较为剧烈, 增温幅度较大, 整个河西走廊绿洲变化过程曲线相似, 1960s 到 1970s 初期有一降温过程, 此后为稳定的增温阶段。增温幅度呈现空间差异与夏季相同: 西部 >

中部 > 东部(均通过 0.01 置信度检验); 冬季最高气温变化剧烈, 增温幅度最大, 1960s 到 1980s 中期总体在升温, 但波动较大, 1990s 初以后波动变小, 但持续增温, 且增温幅度较大。增温幅度呈现空间差异: 中部(通过 0.01 置信度检验) > 东部(通过 0.001 置信度检验) > 西部(通过 0.01 置信度检验)。

表 2 河西走廊绿洲年、季最低气温距平的年代际变化

年代	西部				中部					东部					
	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年
1960s	0.04	-0.13	-0.33	-0.72	-0.29	-0.08	-0.18	-0.40	-1.47	-0.54	-0.17	-0.18	-0.37	-1.21	-0.49
1970s	-0.69	-0.40	-0.24	-0.63	-0.47	-0.66	-0.39	-0.18	-0.26	-0.35	-0.62	-0.43	-0.14	-0.43	-0.38
1980s	-0.36	-0.40	0.01	-0.02	-0.18	-0.27	-0.24	0.06	0.07	-0.08	-0.33	-0.22	0.04	-0.09	-0.14
1990s	0.36	0.21	0.02	0.77	0.34	0.49	0.22	0.07	1.00	0.43	0.45	0.19	-0.02	0.79	0.33
2000—2005	1.08	1.21	0.90	0.99	1.00	0.88	0.98	0.74	1.10	0.88	1.11	1.08	0.84	1.61	1.11

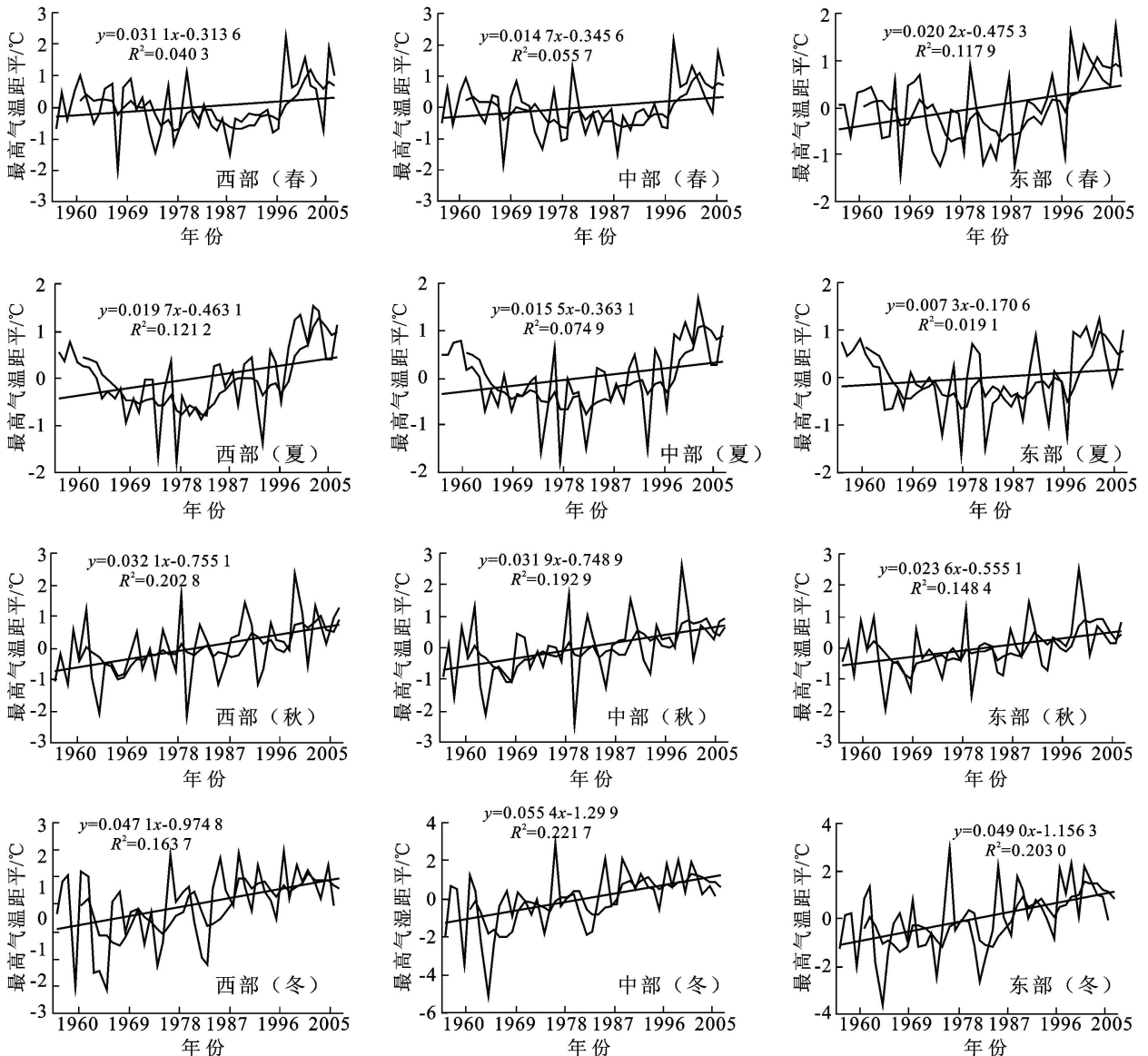


图 3 河西走廊绿洲 1960—2005 年四季最高气温距平变化曲线

注: 折线为最高气温距平; 曲线为 5 a 滑动趋势; 斜线为多年趋势

从同一区域不同季节最高气温的变化过程来看,最高气温的增温幅度又表现出季节差异:中、西部均是冬季>秋季>夏季,而东部则是冬季>秋季>春季,可以看出整个河西走廊绿洲秋、冬季的最高气温对全球变暖的响应比夏、春季敏感。

同样,河西走廊绿洲 1960—2005 年最低气温四季变化(图略)可以看出,最低气温在各个季节都表现出很强的增温趋势,春季整个河西走廊绿洲最低气温变化过程比较相似,增温幅度较大,变化平缓,在 1960s—1970s 末有微弱降温过程,此后表现为稳定升温,1990s 中期以后增温幅度增强。增温幅度表现出空间差异:东部(通过 0.001 置信度检验)>中部(通过 0.01 置信度检验)>西部(通过 0.01 置信度检验);夏季整个河西走廊绿洲最低气温变化过程基本一致,变化过程极为平缓,1960s—1990s 中期在波动中有微弱的增温趋势,1990 中期以后剧烈增温,增温幅度的空间差异:西部>东部>中部(均通过 0.001 置信度检验),但差异不大(0.01~0.02 °C/10 a);秋季最低气温变化波动较大,中、西部在 1960s 有明显的降温过程,1970s 初则开始升温,1980s—1990s 未处于稳定的波动变化中,1990s 末以后开始迅速增高。东部表现为阶跃式增温趋势,1960s—1970s 中期为一低温阶段,1970s—1990s 末为一相对高温阶段,在 1990s 末以后增温幅度增强,气温再次升高。增温幅度的空间差异:中部>西部>东部(均通过 0.01 置信度检验),但差异不大(0.01~0.02 °C/10 a);冬季整个河西走廊绿洲最低气温变化剧烈均(通过 0.001 置信度检验),波动大,增温幅度大(>0.50 °C/10 a),46 a 来表现为持续的增温趋势。增温幅度中部微大于东部(0.007 °C/10 a),两者显著大于西部(0.19~0.20 °C/10 a)。与最高气温变化相同,同一区域不同季节最低气温的增温幅度也表现出季节差异:西部冬季>夏季>春季>秋季,中部冬季>春季>秋季>夏

季,东部则是冬季>春季>夏季>秋季,进一步说明冬季对全球变暖响应的敏感性。与最高气温季节增温幅度相比,秋季表现出差异,最高气温秋季增温显著,而最低气温秋季则增温不明显。

从最高、最低气温的季节变化过程来看,整个河西走廊绿洲两者均在春季和夏季变化平缓,秋季变化较为剧烈,冬季变化最为剧烈。从增温幅度来看,除秋季最高气温增温幅度高于最低气温外,其余季节均是最低气温增温幅度显著高于最高气温,表现出不对称的增温趋势。

3 最高、最低气温突变分析

采用 Mann—Kendall 法对河西走廊绿洲全年及各个季节最高、最低气温进行突变分析,从检验结果(表 3)来看,最高、最低气温升温突变明显,突变时间存在一定区域差异,整个走廊绿洲最高气温在 1994 年发生升温突变,而最低气温突变显示区域差异,东部最早、中部次之,西部最晚,表明东部对全球变暖响应的敏感性。就不同季节来看,春季:最高气温突变中部和西部同在 1999 年,比东部晚;最低气温突变中部和东部在 1996 年,早于西部。夏季:整个河西走廊绿洲最高、最低气温突变时间相同。秋季:最高气温突变西部最早、中部次之,东部最晚;最低气温突变则相反,东部最早、中部次之,西部最晚。冬季:最高气温突变中部和西部在 1986 年,比东部早;最低气温突变东、西部在 1986 年,比中部早。

从同一区域不同季节最高、最低气温的变化过程来看,突变时间又存在一定季节差异,整个河西走廊绿洲最高、最低气温发生突变均是冬季最早,秋季次之,而春季和夏季存在差异,最高气温在西部和中部都是夏季早于春季,东部则春季早于夏季;最低气温在整个河西走廊绿洲都为春季早于夏季,总体上反映了秋、冬季对全球变暖响应的敏感性。

表 3 河西走廊绿洲最高、最低气温突变年份

地区	最高气温					最低气温				
	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬
西部	1994 ^{**}	1999 [*]	1998 ^{***}	1987 ^{**}	1986 [*]	1996 ^{***}	1997 ^{**}	1998 ^{**}	1995 ^{**}	1986 ^{***}
中部	1994 ^{***}	1999 [*]	1998 ^{**}	1988 ^{***}	1986 [*]	1989 ^{***}	1996 ^{***}	1998 ^{**}	1994 ^{**}	1982 ^{***}
东部	1994 ^{***}	1996 [*]	1998 ^{**}	1989 ^{**}	1989 [*]	1988 ^{***}	1996 ^{***}	1998 ^{**}	1982 ^{**}	1986 ^{***}

注: * 表示通过 0.05 置信度检验; ** 表示通过 0.01 置信度检验; *** 表示通过 0.001 置信度检验。

4 结论

近 46 a 来河西走廊绿洲最高、最低气温均有明显增温趋势,最低气温增幅显著大于最高气温,呈不对

称的增温趋势,即气温日较差逐渐减小。从 1990s 起最高、最低气温开始迅速升温,21 世纪以来是近 46 a 来的最暖时期。增温幅度表现出区域差异,最高气温中部>西部>东部,最低气温东部>中部>西部。在季节

上表现为秋季和冬季变化剧烈, 春季和夏季变化平缓。而且, 冬季增温强度明显高于其它季节。最高、最低气温升温突变明显, 突变时间存在区域和季节差异。

[参 考 文 献]

- [1] IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 王冀, 江志红, 张海东, 等. 1957—2000 年东北地区春季极端气温变化及其与北极涛动的关系 [J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(1): 41-45.
- [3] 王菱, 谢贤群, 苏文, 等. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响 [J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 337-343.
- [4] Karl T R, Kukla G, Razuvayee V N, et al. Global warming: Evidence for asymmetric diurnal temperature change [J]. Geophys. Res. Lett, 1991, 18: 2253-2256.
- [5] Frich P, LVAL exander, Dellaarta P, et al. Observed coherent change in climatic extremes during the Second half of the 20th century [J]. Clim. Res., 2002, 19(3): 193-212.
- [6] Mantou M J, Dellamarta P M, Haylock M R, et al. Trend in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the South Pacific: 1961—1998 [J].

Int. J. Climat or, 2001, 1: 269-284.

- [7] Cao H X, Mitchell J B F, Lavery J R. Simulated diurnal range and variability of surface temperature in a global climate model for present and doubled CO₂ climates [J]. Climate, 1992, 5(9): 920-943.
- [8] 江志红, 丁裕国, 屠其璞. 中国近 50 年冬夏季极端气温场的年代际空间型态及其演变特征研究 [J]. 应用气象学报, 1998, 10(S): 97-103.
- [9] 丁裕国, 江志红. 中国近 50 年严冬和冷夏演变趋势与区划 [J]. 应用气象学报, 1995, 10(S): 88-96.
- [10] 唐红玉, 翟盘茂, 王振宇. 1951—2002 年中国平均最高、最低气温及日较差变化 [J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 728-735.
- [11] 成鹏, 刘盛梅. 乌鲁木齐河源最高和最低气温变化趋势分析 [J]. 河北农业科学, 2009, 13(6): 79-81.
- [12] 游庆龙, 康世昌, 李潮流, 等. 三江源地区 1961—2005 年气温极端事件变化 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 232-236.
- [13] 陈晓光, Declan Conway, 郑广芬, 等. 1961—2004 年宁夏极端气温变化趋势分析 [J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(2): 73-77.
- [14] 贾文雄, 何元庆, 李宗省, 等. 近 50 年来河西走廊平原区气候变化的区域特征及突变分析 [J]. 地理科学, 2008, 28(4): 525-531.
- [15] 孙兰东, 岳立, 刘新伟, 等. 甘肃省极端最高气温的气候特征分析 [J]. 应用气象学报, 2006, 17(S): 110-116.

(上接第 191 页)

若是在作物生长季节或者蔬菜大棚里这样的扰动测试将会受到严格的限制。

3 结 论

(1) 与经典的环刀法相比, 新型原位土壤容重取样器数据可靠, 经过 T 检验后, 二者之间无显著差异。(2) 新型原位土壤容重取样器测定所需时间短, 功效高, 比环刀法测定的功效高 17. 78 倍。(3) 新型原位土壤容重取样器测定扰动面积仅为环刀法的 1/344。

[参 考 文 献]

- [1] 史东梅, 吕刚, 蒋光毅, 等. 马尾松林地土壤物理性质变化及抗蚀性研究 [J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 36-37.
- [2] 朱祖祥. 土壤学 [M]. 北京: 农业出版社, 1985: 81.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978: 511-514.
- [4] Takayuki H. Sampler for investigating soil contamination: Japan, 2007039998 [P]. 2007 02 15.