

郑玉萍, 宫恒瑞, 苗运玲, 等. 新疆天山北坡经济带持续低温指数变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象, 2022, 16(5): 8-14.  
doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2022.05.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



# 新疆天山北坡经济带持续低温指数变化特征

郑玉萍<sup>1,2</sup>, 宫恒瑞<sup>2</sup>, 苗运玲<sup>2</sup>, 王毅<sup>2</sup>, 崔玉玲<sup>2</sup>, 蒲洁<sup>2</sup>

(1. 中亚大气科学研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830002; 2. 乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 利用新疆天山北坡经济带 12 个国家气象站逐日最低气温和平均气温资料, 研究该区域 1965—2019 年持续低温指数  $C_{CDI}$  的变化规律及其对气温变化的响应, 结果表明: 研究区的年、季平均气温均呈显著升高趋势, 其中冬季升温幅度最大, 夏季升温幅度最小; 受气候变暖的影响, 研究区  $C_{CDI}$  呈显著减少趋势, 其中冬季减少幅度最大、夏季最小; 研究区  $C_{CDI}$  和平均气温之间呈显著的反相关, 年、季都经历了气温距平由负转正、同时对应  $C_{CDI}$  距平由正转负的过程; 年、季  $C_{CDI}$  对平均气温的敏感系数均为负值, 说明  $C_{CDI}$  值随着气温的升高而减少, 敏感系数绝对值春、夏、秋三季均呈显著减小趋势, 即  $C_{CDI}$  对气候变暖的响应在减弱, 而冬季则呈显著增大趋势, 即  $C_{CDI}$  对气候变暖的响应在增强。

**关键词:** 天山北坡经济带; 持续低温指数; 变化特征

**中图分类号:** P468.021

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-0799(2022)05-0008-07

近 50 年来新疆大部分地区气温上升明显, 降水增多, 呈“暖湿化”变化<sup>[1-2]</sup>, 而高纬度的北疆地区, 气候变暖更为明显<sup>[3-4]</sup>。新疆天山北坡经济带位于北疆以乌鲁木齐、石河子和克拉玛依市为轴心的准噶尔盆地南缘天山北坡中段, 是全疆农牧业资源最富集的地区, 是重要的粮食生产基地, 同时也是新疆优质长绒棉、加工番茄、色素辣椒等特色作物的种植基地, 冬季设施农业发展也较为迅速。近些年来气候变暖总体有利于农业生产的发展, 但低温冷害仍为该区域主要的农业气象灾害之一, 尤其是延迟型低温冷害<sup>[5-8]</sup>。低温冷害一般是指农作物在整个生长发育期或某个生长发育期内, 气温低于作物所需的临界温度而造成的严重减产。前人在研究低温冷害指标方面取得了不少成果, 如利用  $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$  活动积温<sup>[9]</sup> 或某个生长阶段内平均气温的距平值<sup>[10]</sup> 等作为生长季内冷害的指标; 在确立冷害指标的基础上运用回归分析方法建立模型对低温冷害进行预测<sup>[11-12]</sup>; 李新建

等<sup>[13-14]</sup> 还构建了棉花热量指数作为棉花冷害指标, 具有较好的生物和物理学意义; 邹陈等<sup>[15]</sup> 通过智能人工气候箱对石河子棉区棉花障碍型冷害开展了模拟试验研究。王艳华等<sup>[16-17]</sup> 综合考虑作物不同生长阶段对温度耐受力差异和低温持续时间对其生长发育的影响, 定义了持续低温指数 (Consecutive Cold Day Index, 简称为  $C_{CDI}$ ) 作为一种新的低温冷害指标, 该指标与作物产量的波动密切相关, 能够较好地反映极端低温对作物的综合影响。本文借鉴  $C_{CDI}$  这一冷害指标, 分析 1965—2019 年天山北坡经济带  $C_{CDI}$  的变化规律及其对年、季气温变化的响应, 以期对农业生产趋利避害提供参考。

## 1 资料及统计方法

### 1.1 资料

采用新疆天山北坡经济带中处于同一气候区域的 12 个国家气象站 (图 1, 乌鲁木齐、米东、昌吉、阜康、呼图壁、玛纳斯、石河子、莫索湾、乌兰乌苏、沙湾、乌苏、精河) 逐日最低气温、平均气温, 时间段为 1965 年 1 月—2019 年 12 月。

收稿日期: 2021-11-13; 修回日期: 2022-03-20

基金项目: 中亚大气科学研究基金项目 (CAAS202018)

作者简介: 郑玉萍 (1973—), 女, 高级工程师, 主要从事气象服务与应用气象研究, E-mail: hs\_zyp@163.com

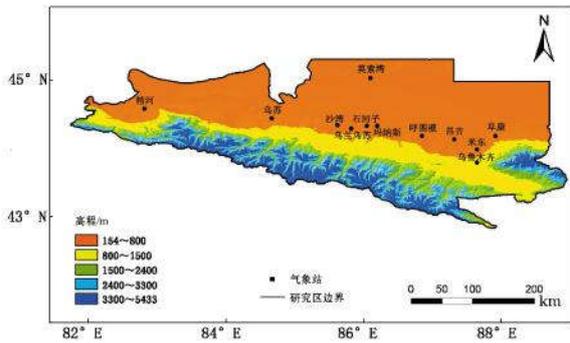


图1 研究区海拔高度及气象站点分布

## 1.2 统计方法

$C_{CDI}$ 定义为统计时段内(一年或一个季节内)连续3 d及以上日最低气温低于该日多年日最低气温平均值3 °C的总日数<sup>[16-17]</sup>。

假定  $T_{ij}$  为第  $j$  时段第  $i$  天的日最低气温,  $T_i$  平均为第  $i$  天 1981—2010 年日最低气温平均值年序列的 5 日滑动平均值, 则  $C_{CDI}$  为某时段内至少连续出现 3 d 以上  $T_{ij}$  比  $T_i$  平均小 3 °C 的总日数。文中春季为 3—5 月、夏季为 6—8 月、秋季为 9—11 月、冬季为 12 月—次年 2 月。

对研究区内 12 站逐日气温资料进行统计处理, 采用线性趋势对近 55 年来  $C_{CDI}$  及年、季平均气温变化趋势进行分析, 变化趋势显著性用相关系数  $r$  进行检验: 当  $r > r_{\alpha=0.01}$  时, 判断为变化极显著; 当  $r > r_{\alpha=0.05}$  时, 判断为变化显著。

定义  $C_{CDI}$  的温度敏感系数  $H$  为平均气温  $T$  升高 1 °C 所引起的  $C_{CDI}$  的改变量, 即

$$H = \frac{\partial C_{CDI}}{\partial T} \quad (1)$$

式中,  $H$  为  $C_{CDI}$  的温度敏感系数, 单位为  $d \cdot ^\circ C^{-1}$ , 其绝对值越大, 表示  $C_{CDI}$  对温度的敏感性越强。本文以因变量  $C_{CDI}$  依自变量平均气温的一元线性回归方程的回归系数来表示  $C_{CDI}$  的温度敏感系数, 为了排除偶然因素的影响, 某一年的温度敏感系数由以这一年为中心, 向前、后各取 5 a 共 11 a 的样本资料计算所得。

## 2 结果分析

### 2.1 持续低温指数的指示意义

为了确认  $C_{CDI}$  作为一种新的低温冷害指标的指示意义, 统计研究区近 55 年来 12 个站点出现  $C_{CDI}$  时对应的日最低气温(表 1)。结果表明, 研究区冬季 12 月—次年 2 月出现  $C_{CDI}$  时对应的日最低气温 12 站平均值为  $-22.8 \sim -26.2$  °C, 远远低于日光温室严重冻害指标  $-18$  °C<sup>[18]</sup>, 同时  $-20$  °C 以下低温对牧业产羔育幼也会造成不利影响; 3、11 月出现  $C_{CDI}$  时的日最低气温  $< -10$  °C, 会造成日光温室蔬菜减产甚至绝收<sup>[19]</sup>; 4、10 月  $C_{CDI}$  对应的日最低气温  $< 0$  °C, 则会出现霜冻影响大田作物; 5 和 9 月  $C_{CDI}$  对应的日最低气温低于喜温作物生长的临界指标 10 °C, 夏季 6—8 月低于喜温作物积极生长发育的指标 15 °C。由此可见,  $C_{CDI}$  这一指标对作物生长季 0 °C 以上的低温冷害和春秋、冬季 0 °C 以下的冻害均具有很好的指示意义。

### 2.2 持续低温指数的空间分布

1965—2019 年研究区平均年  $C_{CDI}$  为 68 d, 其空间分布见图 2a, 最大值出现在昌吉, 平均每年为 87 d, 最小值在玛纳斯, 平均每年为 58 d。其中昌吉、米东、莫索湾、沙湾、乌苏站年  $C_{CDI}$  为 70~75 d, 高于研究区平均值, 说明这些区域出现低温冷害及冻害的频率相对较大; 阜康、乌鲁木齐、呼图壁、玛纳斯、石河子、乌兰乌苏、精河等 7 站的年  $C_{CDI}$  为 58~66 d, 低于研究区平均  $C_{CDI}$  值, 出现低温冷害及冻害的频率相对较小。

从研究区四季平均  $C_{CDI}$  来看(图 2), 冬季最大, 为 28 d, 春季次之, 为 17 d, 秋季 14 d, 夏季最少, 为 8 d。从图 2 可知, 研究区四季的  $C_{CDI}$  空间分布和年  $C_{CDI}$  空间分布基本一致, 即, 春、夏、秋、冬季  $C_{CDI}$  最大值均出现在昌吉, 分别为 21、12、18、35 d, 其中昌吉、米东、莫索湾、沙湾、乌苏等 5 站  $C_{CDI}$  均高于研究区的平均  $C_{CDI}$  值, 阜康、乌鲁木齐、呼图壁、玛纳斯、石河子、乌兰乌苏、精河等地  $C_{CDI}$  值相对较小, 其中春、夏、秋季  $C_{CDI}$  最小值均出现在玛纳斯, 分别为 15、6、12 d, 冬季  $C_{CDI}$  最小值出现在乌鲁木齐, 为 24 d。

### 2.3 研究区气候变暖的事实分析

1965—2019 年来研究区的年、季平均气温均呈升高的趋势, 其中 12 个站点的年平均气温全部达到了极显著升高的标准( $r > r_{\alpha=0.01}$ ); 春季和秋季均为 10

表 1 研究区各月出现  $C_{CDI}$  时对应的日最低气温指标

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
12 站平均气温/°C	-26.2	-23.3	-12.7	-0.5	6.6	11.7	14.2	11.7	5.5	-1.7	-13.4	-22.8
单站最低气温/°C	-30.0	-27.3	-15.0	-1.4	5.8	8.5	13.1	10.1	3.8	-3.0	-15.5	-26.0

个站点达到了极显著升高标准、1个站点达到了显著升高标准( $r > r_{\alpha=0.05}$ );夏季有10个站点达到了极显著升高标准;冬季有4个站点达到了极显著升高标准,4个站点达到了显著升高标准(图3)。

近55年来,整个研究区年平均气温的气候倾向率为 $0.33\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,各站的年气温气候倾向率为 $0.18\sim 0.49\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冬季升温幅度最大,研究区平均气候倾向率为 $0.37\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,各站气候倾向率为 $0.21\sim 0.60\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;夏季升温幅度最小,研究区平均

气候倾向率为 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,各站气候倾向率为 $-0.13\sim 0.38\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ;春、秋季研究区平均气候倾向率分别为 $0.33, 0.35\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ,各站春、秋季气候倾向率分别为 $0.10\sim 0.51\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}, 0.17\sim 0.53\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

## 2.4 持续低温指数对气候变暖的响应

### 2.4.1 持续低温指数年、季变化响应

对研究区的年、季 $C_{CDI}$ 变化趋势进行分析表明,年、季 $C_{CDI}$ 均呈减少趋势(图4)。其中12个站点年 $C_{CDI}$ 均达到了极显著减少标准( $r > r_{\alpha=0.01}$ );春、秋季均

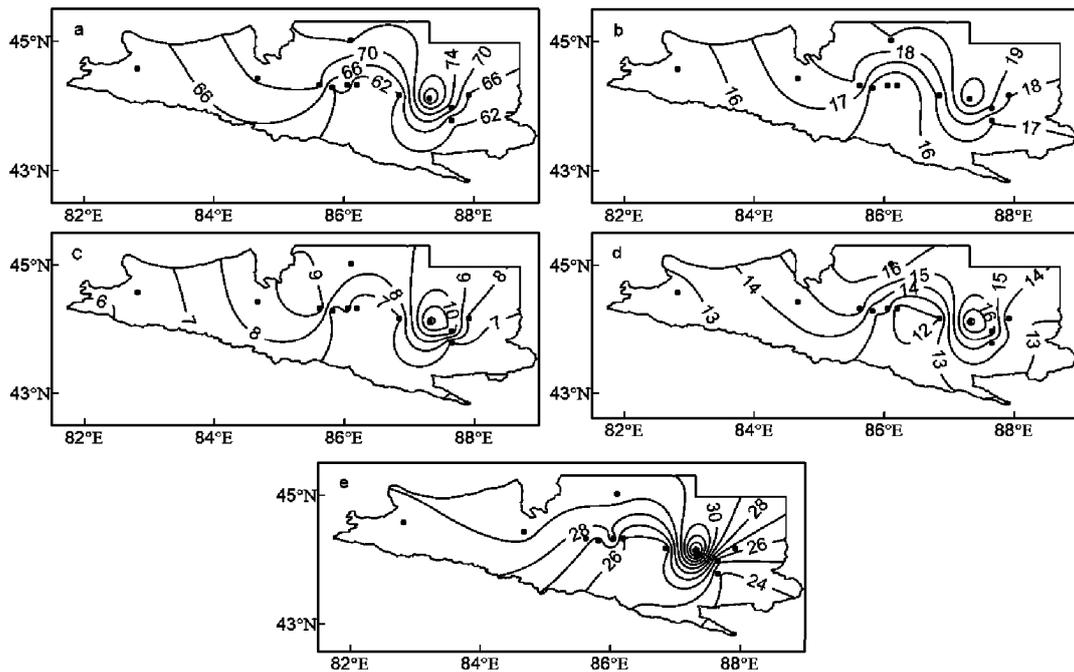


图2 研究区年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)、冬季(e) $C_{CDI}$ 空间分布

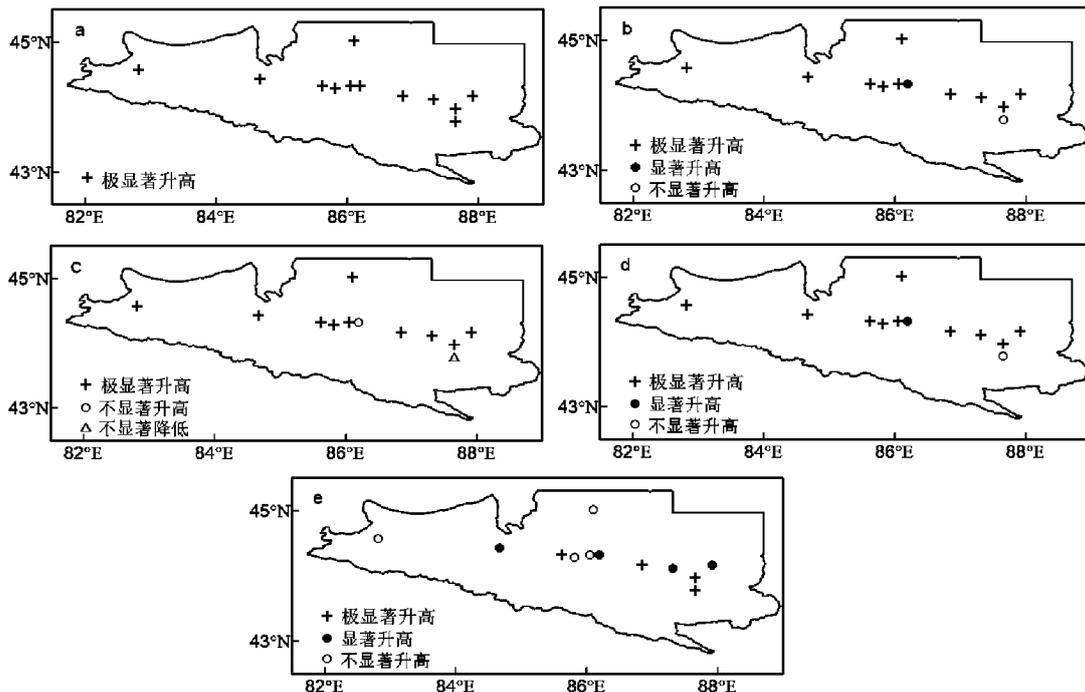


图3 研究区年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)、冬季(e)气温变化趋势分布

有 10 个站点为极显著减、1 个站点为显著减少( $r > r_{\alpha=0.05}$ );夏季有 10 个站点极显著减少;冬季有 8 个站点极显著减少,3 个站点显著减少。对比图 3 和图 4 可知,研究区各站  $C_{CDI}$  年、季变化趋势和气温的变化趋势基本一致,二者之间存在很好的对应关系,玛纳斯站尤为突出,夏季、秋季升温趋势都不显著,对应  $C_{CDI}$  减少趋势也不显著。

研究区平均年  $C_{CDI}$  气候倾向率为  $-12.0 \text{ d}/10 \text{ a}$ ,其中冬季  $C_{CDI}$  降幅最大,气候倾向率为  $-4.0 \text{ d}/10 \text{ a}$ ,夏季  $C_{CDI}$  降幅最小,气候倾向率为  $-2.2 \text{ d}/10 \text{ a}$ ,春、秋季气候倾向率均为  $-2.9 \text{ d}/10 \text{ a}$ 。由此可知,随着年、季气温的升高,研究区的年、季  $C_{CDI}$  趋于减少,即低温冷害及冻害发生的频率趋于减少,且各季节  $C_{CDI}$  的减少程度与气温的升高程度有很好的对应关系。受季节升温程度不同的影响,各季节  $C_{CDI}$  减少幅度也不同,表现为升温幅度最大的冬季  $C_{CDI}$  减少最明显,说明研究区冬季持续出现  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  以下的寒冷天气趋于减少,这对设施农业及畜牧业生产的开展十分有利,处于农事季节的春、夏、秋三季的  $C_{CDI}$  也呈减少趋势,这对大田生产总体来说是有利的,但  $C_{CDI}$  减少幅度明显小于冬季。从图 4 中可以看出,玛纳斯春、夏、秋三季  $C_{CDI}$  减少都不显著,说明该地作物生长季的低温冷害需要重点关注。

#### 2.4.2 年代际变化响应

研究区年、季  $C_{CDI}$  和平均气温之间呈极显著的负相关,二者相关系数为  $-0.765 \sim -0.940$ ,均通过

了 0.01 的显著性水平检验。将研究区 1965—2019 年分为 6 个年代际,分别统计了年、季  $C_{CDI}$  距平 ( $\Delta C_{CDI}$ ) 和气温距平 ( $\Delta T$ )。结果表明,二者之间负相关非常明显,即各年代际  $C_{CDI}$  负距平基本均对应气温正距平,  $C_{CDI}$  正距平对应气温负距平,年、季都经历了气温距平由负转正的过程、同时  $C_{CDI}$  距平经历了由正转负的过程,其中年和春季的转折点出现在 20 世纪 90 年代,夏、秋季转折点出现在 21 世纪 00 年代,冬季转折点出现在 20 世纪 80 年代。从各年代际的气温距平和  $C_{CDI}$  距平变幅来看,冬季振幅最大、春、秋季次之,夏季最小(表 2)。

#### 2.5 持续低温指数的温度敏感性分析

计算研究区 1965—2019 年  $C_{CDI}$  对平均气温的温度敏感系数,得出历年  $C_{CDI}$  对年平均气温的敏感系数均为负值(图 5),说明年  $C_{CDI}$  值随着年平均气温的升高而减少。年  $C_{CDI}$  对气温的敏感系数为  $-21.8 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ ,即年平均气温每升高  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ,年  $C_{CDI}$  减少 21.8 d,其中 1990 年以前敏感系数平均值达  $-24.7 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ ,1991 年之后降为  $-19.2 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ 。年  $C_{CDI}$  和年平均气温之间呈显著的负相关,历年相关系数均通过了 0.05 的显著性水平检验,从图 5a 可知,1991—2002 年相关系数比其它时段低,对应敏感系数也相对较小。

各季节  $C_{CDI}$  对平均气温的敏感系数也均为负值,其中冬季敏感系数最大,平均为  $-6.3 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ ,秋季次之,为  $-5.8 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ ,春季和夏季均为  $-5.4 \text{ d}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$ 。从  $C_{CDI}$  和平均气温二者的相关系数来看,春季和冬季

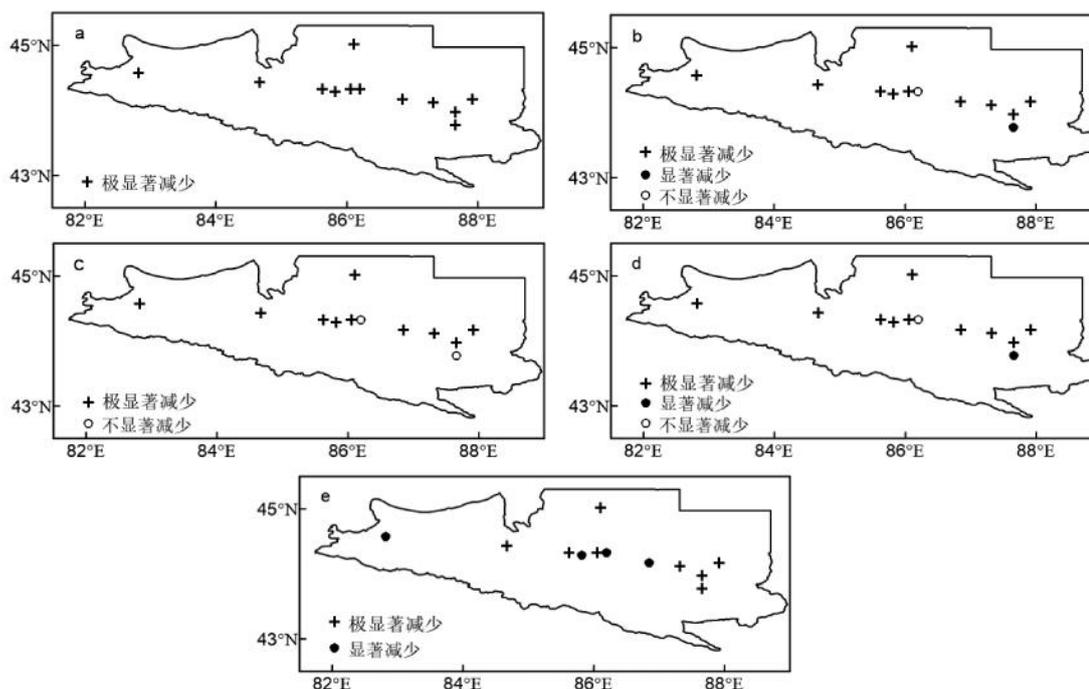


图 4 研究区年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)、冬季(e)  $C_{CDI}$  变化趋势分布

表2 研究区1965—2019年各年代际年、季CCDI距平及年平均气温距平对比

	1965—1970年	1971—1980年	1981—1990年	1991—2000年	2001—2010年	2011—2019年
年	$\Delta C_{CDI}/d$ 34.2	21.3	0.1	-3.9	-19.1	-24.0
	$\Delta T/^\circ C$ -1.0	-0.6	-0.2	0.2	0.7	0.7
春季	$\Delta C_{CDI}/d$ 5.5	7.0	1.0	-0.3	-4.8	-6.7
	$\Delta T/^\circ C$ -0.6	-1.0	-0.6	0.2	0.8	1.2
夏季	$\Delta C_{CDI}/d$ 5.4	3.7	1.5	-1.0	-2.4	-5.6
	$\Delta T/^\circ C$ -0.6	-0.3	-0.4	-0.2	0.1	0.6
秋季	$\Delta C_{CDI}/d$ 9.2	3.8	0.1	2.0	-7.9	-4.1
	$\Delta T/^\circ C$ -1.2	-0.4	-0.4	-0.1	1.3	0.5
冬季	$\Delta C_{CDI}/d$ 14.4	7.1	-2.2	-4.2	-3.7	-7.2
	$\Delta T/^\circ C$ -2.0	-0.9	0.4	0.7	0.4	0.4

相关性最好,相关系数平均值分别达-0.886、-0.932,历年相关系数均通过了0.01的显著性检验;秋季历

年相关系数均通过了0.05的显著性水平检验;夏季相关性最弱,相关系数有11a未通显著性水平检验,对应敏感系数也表现为波动性变化明显(图5)。除了冬季以外,其他3个季节的相关系数和敏感系数的多年变化趋势基本一致。

从敏感系数的多年变化趋势来看,整个研究期年 $C_{CDI}$ 的温度敏感系数绝对值呈极显著的减小趋势( $r > r_{\alpha=0.01}$ ),平均每10a减小 $1.8 d \cdot ^\circ C^{-1}$ 。从各个季节来看,秋季 $C_{CDI}$ 的温度敏感系数呈极显著减小趋势( $r > r_{\alpha=0.01}$ ),平均每10a减小 $1.0 d \cdot ^\circ C^{-1}$ ;春季、夏季 $C_{CDI}$ 温度敏感系数绝对值呈显著减小趋势( $r > r_{\alpha=0.05}$ ),平均每10a分别减小 $0.2、0.6 d \cdot ^\circ C^{-1}$ ;冬季则与其他季节相反, $C_{CDI}$ 的温度敏感系数绝对值呈显著增大趋势( $r > r_{\alpha=0.05}$ ),平均每10a增大 $0.2 d \cdot ^\circ C^{-1}$ 。以上分析结果说明,随着研究区的气候变暖,近50年冬季 $C_{CDI}$ 对气温变化的敏感性是趋于加强,即 $C_{CDI}$ 随着气温的升高而减少的趋势在增强,而春季、夏季、秋季 $C_{CDI}$ 对气温变化的敏感度在降低,即 $C_{CDI}$ 值随着气温的升高而减少的趋势在逐渐减弱。

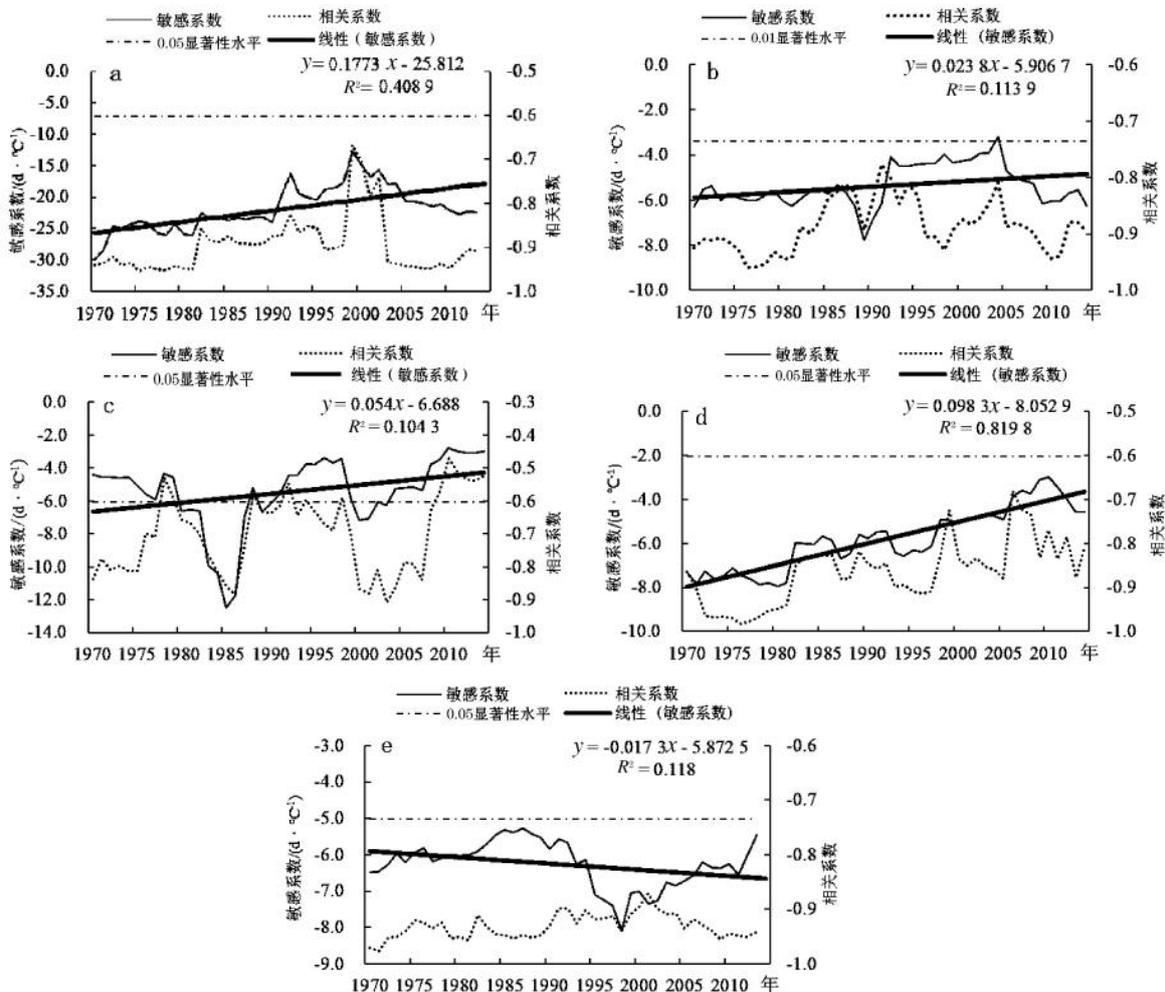


图5 研究区年(a)、春季(b)、夏季(c)、秋季(d)、冬季(e) $C_{CDI}$ 对其平均气温的敏感系数及相关系数变化

### 3 结论与讨论

(1)1965—2019年,研究区的年、季平均气温均呈显著升高趋势,其中冬季升温幅度最大、夏季升温幅度最小。随着气温的升高,研究区年、季  $C_{CDI}$  均呈显著减少趋势,其中冬季减少幅度最大、夏季减少幅度最小;年、季  $C_{CDI}$  和平均气温之间呈显著负相关;经统计,年、季  $C_{CDI}$  对平均气温的敏感系数均为负值,即  $C_{CDI}$  值随着平均气温的升高而减少;从多年变化趋势来看,年及春、夏、秋三季  $C_{CDI}$  的温度敏感系数绝对值呈显著减小趋势,即  $C_{CDI}$  随着气温升高而减少的趋势在减弱,而冬季则呈显著增大趋势,即  $C_{CDI}$  随着气温升高而减少的趋势在增强。

(2)在气候变暖的大背景下,研究区的年、季  $C_{CDI}$  均显著减少,对农牧业生产来说总体有利,其中冬季  $C_{CDI}$  对气候变暖的响应尤为显著,这将减少冬季冻害的发生,对发展设施农业和牧业生产有利。

需要注意的是,主要农事季节春、夏、秋三季  $C_{CDI}$  虽然也呈减少趋势,但  $C_{CDI}$  降幅明显低于冬季,且  $C_{CDI}$  随着气温升高而减少的趋势在逐渐减弱。这提示在气候变暖的背景下春、秋季的霜冻、作物生长季的低温冷害仍然需要重点防御,同时要关注研究区  $C_{CDI}$  的区域性差异,特别要做好  $C_{CDI}$  高值区即低温冷害发生频率较高区域以及  $C_{CDI}$  减少不显著区域的重点防御。

#### 参考文献:

- [1] 普宗朝,张山清,王胜兰,等.近 48 a 新疆干湿气候时空变化特征[J].中国沙漠,2011,31(6):1563-1572.
- [2] 贺晋云,张明军,王鹏,等.新疆气候变化研究进展[J].干旱区研究,2011,28(3):499-508.
- [3] 李硕,沈彦俊.气候变暖对西北干旱区农业热量资源变化的影响[J].中国生态农业学报,2013,21(2):227-235.
- [4] 徐娇媚,徐文修,李大平.近 51a 伊犁河谷热量资源时空

变化[J].干旱区研究,2014,31(3):472-480.

- [5] 徐德源,徐广玲,任水莲.80 年代新疆气候变化对农业生产的影响[J].新疆气象,1992,15(6):26-31.
- [6] 李迎春.新疆棉区秋季热量条件及其对棉花产量的影响[J].干旱区资源与环境,2001,15(2):44-49.
- [7] 何清,袁玉江,李新建.新疆主产棉区热量变化及对棉花生产的影响[J].新疆农业大学学报,2000,23(4):27-36.
- [8] 袁玉江,李新建,何清.影响阿克苏棉区棉花单产的温度要素分析[J].中国农业气象,2001,22(1):34-38.
- [9] 李新建,唐凤兰,杨举芳,等.新疆棉花延迟型冷害指标试验研究[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(2):44-46.
- [10] 傅玮东,李新建,黄慰军.新疆棉花播种—开花期低温冷害的初步判断[J].中国农业气象,2007,28(3):344-346.
- [11] 王石立.近年来我国农业气象灾害预报方法研究概述[J].应用气象学报,2003,14(5):574-582.
- [12] 王春乙.重大农业气象灾害研究进展[M].北京:气象出版社,2007:30-55.
- [13] 李新建,毛炜峰,谭艳梅.新疆棉花延迟型低温冷害的热量指数评估及意义 [J]. 中国农业科学,2005,38(10):1989-1995.
- [14] 李新建,毛炜峰,杨举芳,等.以热量指数表示北疆棉区棉花延迟型低温冷害指标的研究[J].棉花学报,2005,17(2):88-93.
- [15] 邹陈,吉春容,张玲,等.石河子棉区棉花障碍型冷害的人工模拟试验研究 [J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(3):89-94.
- [16] 王艳华,任传友,黄瑞冬,等.中国近 45 年低温指数时空持续变化分析[J].自然灾害学报,2013,22(2):116-123.
- [17] 王艳华,任传友,韩亚冬,等.东北地区活动积温和极端持续低温的时空分布特征及其对粮食产量的影响[J].农业环境科学学报,2011,30(9):1742-1748.
- [18] 薛思嘉,王朋朋,陈思雨,等.承德市日光温室气象灾害变化规律的分析[J].石河子科技,2019(4):9-13.
- [19] 郭晓冬.灾害性天气对日光温室蔬菜的危害及预防措施[J].甘肃农业科技,2008(9):50-51.

## The Consecutive Cold Day Index Change Characteristics of the Northern Slope Economic Belt of Tianshan Mountains

ZHENG Yuping<sup>1,2</sup>, GONG Hengrui<sup>2</sup>, MIAO Yunling<sup>2</sup>, WANG Yi<sup>2</sup>, CUI Yuling<sup>2</sup>, PU Jie<sup>2</sup>

(1. Central-Asia Research Center of Atmospheric Science, Urumqi 830002, China;

2. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China)

**Abstract** The daily minimum temperature and average temperature data from 12 national meteorological stations in the economic belt on the northern slope of Tianshan Mountains in Xinjiang were used to study the variation rules of the consecutive cold day index ( $C_{CDI}$ ) and its response to temperature change during 1965–2019. The results showed that the annual and seasonal mean temperatures in the study area increased significantly, and the largest warming range in winter and the smallest warming range in summer. Under the influence of climate warming,  $C_{CDI}$  decreased significantly, with the largest decrease in winter and the smallest in summer. There was a significant inverse correlation between  $C_{CDI}$  and mean temperature in the study area. The annual and seasonal temperature anomalies both changed from negative to positive, and the corresponding  $C_{CDI}$  anomalies changed from positive to negative. The sensitivity coefficients of annual and seasonal  $C_{CDI}$  to mean temperature were negative, indicating that  $C_{CDI}$  decreases with the increase of temperature. The absolute value of sensitivity coefficients showed a significant decreasing trend in spring, summer and autumn. In other words, the response of  $C_{CDI}$  to climate warming was weakening. And the  $C_{CDI}$  increased significantly in winter, indicating that the response of  $C_{CDI}$  to climate warming was increasing.

**Key words** the economic belt on the northern slope of Tianshan Mountains; consecutive cold day index; change characteristics