

陈丹,刘海蓉,周雪雁,等. 新疆柯柯牙生态防护林工程实施前后气象因子的对比分析[J]. 陕西气象,2024(1):37-43.

文章编号:1006-4354(2024)01-0037-07

新疆柯柯牙生态防护林工程实施前后 气象因子的对比分析

陈丹,刘海蓉,周雪雁,谭甜甜

(阿克苏地区气象局,新疆阿克苏 843000)

摘要:在新疆气候“暖湿化”背景下,利用柯柯牙区域国家气象站(阿克苏站 1961—2020 年,温宿站 1967—2020 年)和区域气象站(2012—2021 年)气象数据,分析新疆阿克苏地区柯柯牙生态防护林工程(柯柯牙工程)实施前后柯柯牙区域气候因子变化特征。结果表明:(1)柯柯牙区域长时间序列气候呈“暖湿化”变化趋势,沙尘天气呈减少趋势;柯柯牙工程实施(1986 年)后气候“暖湿化”速率加快,扬沙日数和沙尘暴日数减少明显,尤其是温宿站扬沙日数变化趋势由增多变为减少(气候倾向率为 $-2.29\text{ d}/(10\text{ a})$)。(2)阿克苏和温宿城区沙尘天气与偏北风、偏东风的风速显著正相关,柯柯牙工程实施后阿克苏偏北风、偏东风风速减小,温宿偏东风风速减小,柯柯牙工程实施对减小沙尘关键风向的风速有积极作用,是阿克苏、温宿城区沙尘减少的重要原因。(3)对比 2012—2021 年柯柯牙区域内外气候特征,柯柯牙区域内偏“冷湿”,柯柯牙区域外偏“暖干”;柯柯牙区域内气温呈现中间高两边低、北边高南边低、平原高山区低的空间分布特征,降水量呈现北部和南部多,中部少的空间分布特征,由西北向东南呈高—低—高的分布。

关键词:气候变化;生态气象;气候评估;气候“暖湿化”;新疆柯柯牙工程

中图分类号:P463.22

文献标识码:A

在全球气候变暖的背景下,水热条件发生改变,过去几十年全球降水以波动为主,局部发生显著变化,对地表干湿状况产生重要影响^[1]。大量研究探讨不同尺度的气候变化对陆地干湿变化和生态效应的影响^[2-6],开展生态环境与气候变化产生的响应和反馈研究^[7-8],相关研究集中于长时序的气温和降水等气象要素变化对植被生长与覆盖程度的影响。结果^[9-10]显示气温和降水是驱动植被变化的主要因素,在三北防护林区域,植被指数与降水量呈显著正相关的关系,在植树造林的植被覆盖研究中地表对气候的影响研究较为匮乏,较少研究工程实施后植被变化的气候响应。

新疆气候干燥,下垫面复杂且生态环境脆弱^[11],近几十年乃至千年的气候变化整体呈“暖湿化”特征^[12-14],绿洲同荒漠戈壁下垫面气候差异显著,是典型的气候敏感带。柯柯牙区域地处新疆阿克苏地区(阿克苏市和温宿县城区东北部),北靠天山山脉、南邻塔克拉玛干沙漠,土地贫瘠且植被稀疏,风沙天气黄土弥漫,荒漠区以每年 5 m 的速度快速向阿克苏市城区移动,是新疆重点的风沙策源地。为进一步遏制土地荒漠化,新疆于 1986 年开始实施柯柯牙生态防护林工程(以下简称柯柯牙工程),依托国家三北重点防护林项目支持,建成约 7.7 万 hm^2 生态林,有效改善当地生态环境。为探求柯柯牙工程实施前后区域气候变化情况,本文针对柯柯牙工程实施前后的气象要

收稿日期:2023-01-05

作者简介:陈丹(1992—),女,汉族,四川盐亭人,硕士,工程师,从事气候与气候变化研究。

通信作者:刘海蓉(1971—),女,汉族,四川绵阳人,学士,高工,从事农业气象和气候变化适宜性研究。

基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2022D01F87);浙江省气象局科技计划项目(2021YB34)

柯柯牙工程实施后阿克苏站和温宿站平均气温分别为 11.2°C 和 11.1°C , 气候倾向率为 $0.57^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$) 和 $0.51^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$), 高于新疆区域同期平均水平 ($0.3^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$)^[11]。

阿克苏站和温宿站历年平均降水量分别为 77.6 mm 和 82.7 mm , 气候倾向率分别为 $7.0\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$) 和 $10.0\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$)。柯柯牙工程实施前阿克苏站和温宿站历年平均降水量为 61.5 mm 和 61.6 mm , 气候倾向率分别为 $-7.2\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$) 和 $-9.9\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$)。柯柯牙工程实施后阿克苏站和温宿站的历年平均降水量为 87.8 mm 和 93.3 mm , 气候倾向率分别为 $6.4\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P<0.05$) 和 $10.8\text{ mm}/(10\text{ a})$ ($P<0.05$)。1986 年后柯柯牙工程周边区域降水增多趋势显著, 降水增多速率加快, 且温宿站降水量增多速率高于新疆区域同期平均水平 ($9.6\text{ mm}/(10\text{ a})$)^[11]。

柯柯牙周边区域长时间序列气候变化呈“暖湿化”特征 ($P<0.01$), 柯柯牙工程实施后气温升高速率较柯柯牙工程实施前加快, 降水量由减少趋势变为增多趋势。说明该工程实施后该区域的气候“暖湿化”变化速率加快。通过对比, 1986—2020 年柯柯牙周边区域“暖湿化”变化速率较新

疆区域同期更快, 气温的气候倾向率较新疆区域平均高 $0.17\sim 0.3^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 降水量的气候倾向率较新疆区域平均高 $2.8\sim 3.2\text{ mm}/(10\text{ a})$, 柯柯牙区域对新疆区域气候“暖湿化”响应更加强烈。

2.2 沙尘天气变化特征

利用阿克苏站 1961—2020 年和温宿站 1967—2020 年扬沙日数、沙尘暴日数分析柯柯牙周边区域沙尘变化趋势, 结果见图 3。阿克苏站历年平均扬沙日数为 21.4 d , 最多为 44 d (2019 年); 温宿站历年平均扬沙日数 13.7 d , 最多为 31 d (1994 年)。柯柯牙周边区域扬沙日数以减少趋势为主, 其中温宿站气候倾向率为 $-2.35\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$), 阿克苏站变化趋势不明显。柯柯牙工程实施前阿克苏站和温宿站扬沙日数气候倾向率分别为 $1.42\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$) 和 $3.23\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$), 柯柯牙工程实施后温宿站扬沙日数气候倾向率为 $-2.29\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P<0.05$), 阿克苏站变化趋势不明显。

阿克苏站 1961—2020 年平均沙尘暴日数 6.2 d , 最多为 25 d (1969 年); 温宿站 1967—2020 年历年平均沙尘暴日数为 3.5 d , 最多为 14 d (1971 年)。阿克苏站和温宿站沙尘暴气候倾向率分别为 $-2.11\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$) 和 -1.32 d

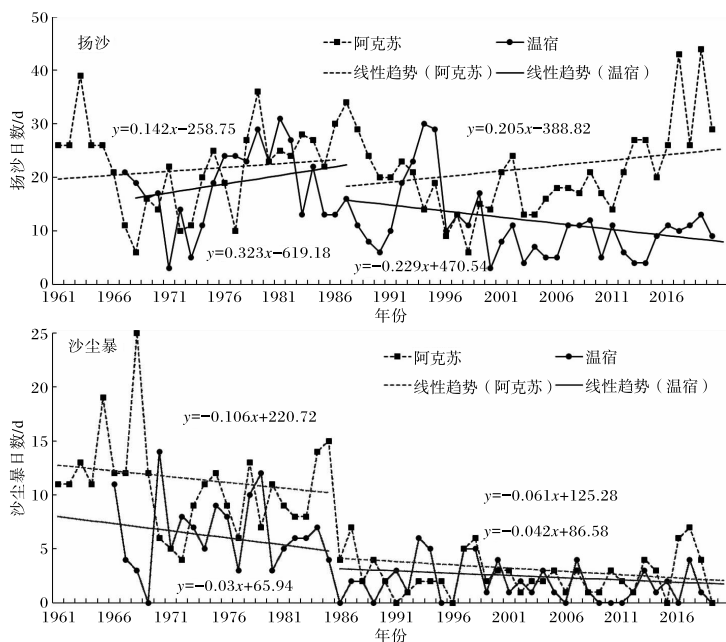


图3 阿克苏站(1961—2020年)和温宿站(1967—2020年)扬沙日数、沙尘暴日数年际变化趋势图

/(10 a)($P<0.01$)。柯柯牙工程实施前阿克苏站和温宿站历年平均沙尘暴日数为 10.7 d 和 6.6 d,气候倾向率为 $-1.1\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$)和 $-0.3\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$)。柯柯牙工程实施后阿克苏站和温宿站 1986—2020 年历年平均沙尘暴日数减少为 3.0 d 和 1.9 d,维持在较低水平,气候倾向率分别为 $-0.61\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$)和 $-0.42\text{ d}/(10\text{ a})$ ($P>0.05$)。柯柯牙工程实施后阿克苏站和温宿站年平均沙尘暴日数较实施前分别减少 7.7 d 和 4.7 d。

柯柯牙周边区域沙尘日数(扬沙日数、沙尘暴

日数)整体呈减少趋势,主要体现在柯柯牙周边区域沙尘暴日数的减少和温宿站扬沙日数的减少。柯柯牙工程实施后温宿站沙尘暴日数减少速率加快;柯柯牙工程实施后对减少温宿站扬沙日数有正向积极作用,温宿扬沙日数由工程实施前的增多趋势变为减少趋势。受 2011—2020 年南疆沙尘天气波动增多^[15]的影响,阿克苏站扬沙日数呈波动增多趋势。

2.3 风速变化特征

将 16 个风向划分为偏北风、偏南风、偏西风、偏东风等 4 个风向(表 1),分析不同风向的风速

表 1 风向划分表

划分后风向	划分前风向
偏北风	西北风(NW)、西北偏北风(NNW)、北风(N)、东北偏北风(NNE)
偏东风	东北风(NE)、东北偏东风(ENE)、东风(E)、东南偏东风(ESE)
偏南风	东南风(SE)、东南偏南风(SSE)、南风(S)、西南偏南风(SSW)
偏西风	西南风(SW)、西南偏西风(WSW)、西风(W)、西北偏西风(WNW)

变化特征及沙尘天气关键风向。

2.3.1 沙尘天气关键风向 分析阿克苏站 1961—2020 年和温宿站 1967—2020 年的扬沙日数和沙尘暴日数与各风向上风速的相关性,结果见表 2。阿克苏站的沙尘暴日数与偏东风风速、

偏西风风速、偏北风风速呈极显著性正相关。温宿站偏东风风速与扬沙日数和沙尘暴日数呈极显著性正相关。基于相关性研究结果,阿克苏站沙尘天气关键风向为偏东风、偏西风、偏北风,温宿站为偏东风。

表 2 柯柯牙区域扬沙和沙尘暴日数与各风向上风速的相关性检验

沙尘天气类型	风向	阿克苏(1961—2020 年)		温宿(1967—2020 年)	
		相关系数	显著性检验	相关系数	显著性检验
扬沙日数	偏东风	-0.262	$P<0.05$	0.357	$P<0.01$
	偏南风	-0.284	$P<0.05$	-0.019	$P>0.05$
	偏西风	-0.049	$P>0.05$	-0.106	$P>0.05$
	偏北风	0.201	$P>0.05$	0.126	$P>0.05$
沙尘暴日数	偏东风	0.423	$P<0.01$	0.571	$P<0.01$
	偏南风	-0.005	$P>0.05$	-0.144	$P>0.05$
	偏西风	0.485	$P<0.01$	0.019	$P>0.05$
	偏北风	0.52	$P<0.01$	0.348	$P<0.05$

2.3.2 各风向的风速变化 分析阿克苏站和温宿站全时间序列及柯柯牙工程实施前后各风向的平均风速和气候倾向率,结果见表 3。阿克苏站

1961—2020 年和温宿站 1967—2020 年偏东风平均风速均为 2.4 m/s,气候倾向率分别为 $-0.8\text{ (m/s)}/(10\text{ a})$ 和 $-3.6\text{ (m/s)}/(10\text{ a})$ ($P<0.01$);偏北风

平均风速为 1.8 m/s 和 1.9 m/s,气候倾向率分别为 -1.2 (m/s)/(10 a) ($P<0.01$)和 -1.6 (m/s)/(10 a) ($P<0.01$)。柯柯牙工程实施前阿克苏站和温宿站偏东风平均风速为 2.6 m/s 和 3.1 m/s,气候倾向率分别为 -0.9 (m/s)/(10 a) ($P<0.05$)和 -3.2 (m/s)/(10 a) ($P>0.05$);偏北风平均风速为 2.0 m/s 和 2.1 m/s,气候倾向率分别为 -3.2 (m/s)/(10 a) ($P<0.01$)和 -1.9 (m/s)/(10 a) ($P>0.05$)。柯柯牙工程实施后阿克苏站和温宿站偏东风平均风速分别为 2.3 m/s 和 2.1 m/s,气候倾向率分别为 -0.5 (m/s)/(10 a)

($P<0.05$)和 -3.7 (m/s)/(10 a) ($P<0.01$);偏北风平均风速分别为 1.6 m/s 和 1.8 m/s,气候倾向率分别为 0 (m/s)/(10 a) ($P<0.05$)和 -2.7 (m/s)/(10 a) ($P<0.01$)。偏西风 and 偏南风变化情况详见表 3。

分析可见:阿克苏站除偏南风外,其余各风向的风速均为减小趋势,柯柯牙工程实施前后各风向的风速没有明显变化,沙尘天气关键风向偏东风、偏西风的风速也未因柯柯牙工程实施发生显著变化;温宿站各风向风速均呈减小趋势,其中偏东风风速在柯柯牙工程实施后减小最为显著。

表 3 柯柯牙区域各风向的平均风速及气候倾向率

站名	风向	平均风速/(m/s)			气候倾向率/((m/s)/(10 a))		
		全时间序列	工程实施前	工程实施后	全时间序列	工程实施前	工程实施后
阿克苏站	偏东风	2.4	2.6	2.3	-0.08^{**}	-0.09^{*}	-0.05^{*}
	偏南风	2.1	2.1	2.1	-0.02	-0.09^{*}	0.04
	偏西风	2.5	2.8	2.3	-0.17^{**}	-0.28^{*}	-0.14^{**}
	偏北风	1.8	2.0	1.6	-0.12^{**}	-0.32^{**}	0.00
温宿站	偏东风	2.4	3.1	2.1	-0.36^{**}	-0.32	-0.37^{**}
	偏南风	1.9	2.1	1.8	-0.12^{**}	-0.20	-0.14^{**}
	偏西风	2.1	2.4	1.9	-0.19^{**}	-0.16	-0.22^{**}
	偏北风	1.9	2.1	1.8	-0.16^{**}	-0.19	-0.27^{**}

注: ** 为通过 0.01 的显著性检验; * 为通过 0.05 的显著性检验。

2.4 柯柯牙区域内外气候特征对比

2.4.1 柯柯牙区域内外气象要素对比 分析 2012—2021 年柯柯牙区域内外代表站平均气温和平均年降水量变化情况,结果见图 4。柯柯牙区域内代表站平均气温 11.7℃,柯柯牙区域外为 11.9℃,柯柯牙区域内气温较区域外偏低 0.2℃;

线性拟合后,柯柯牙区域外气温呈弱升高趋势,平均每年升高 0.01℃;柯柯牙区域内气温呈波动降低趋势,平均每年降低 0.17℃。在全球变暖的大背景下,柯柯牙区域内气温降低,说明柯柯牙工程的实施对周边环境的气候变暖趋势具有抑制作用。

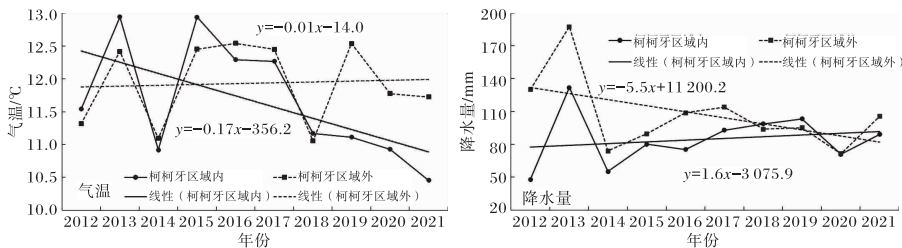


图 4 2012—2022 年柯柯牙区域内外气温和降水量年际变化对比

著正相关;柯柯牙工程实施后各关键风向的风速减小 0.3~1.0 m/s,温宿站偏东风风速减小速率加快(实施前为 $-0.32\text{ (m/s)/(10 a)}$,实施后为 $-0.37\text{ (m/s)/(10 a)}$)。

(4)2012—2021 年,在全球气候变暖和新疆气候“暖湿化”的大背景下,柯柯牙区域外气温缓慢升高、降水减少,柯柯牙区域内气温逆势降低且降水量增多;生长季柯柯牙区域内较区域外平均气温偏低 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度偏大 5.9%。柯柯牙工程减缓了区域气候变暖,增加了降水量。柯柯牙区域内气温呈现中间高两边低、北边高南边低、平原高山区低的空间分布特征;降水量呈现北部和南部多,中部少的分布的空间分布特征,由西北向东南呈高-低-高分布。

参考文献:

- [1] 王亚萍,王帅,丁婧祎,等. 气候变化背景下全球陆地干湿变化研究综述[J]. 生态学报,2023,43(2): 475-486.
- [2] 胡子瑛,周俊菊,张利利,等. 中国北方气候干湿变化及干旱演变特征[J]. 生态学报,2018,38(6): 1908-1919.
- [3] 白晓兰,魏加华,解宏伟. 三江源区干湿变化特征及其影响[J]. 生态学报,2017,37(24):8397-8410.
- [4] 莫兴国,林忠辉,刘苏峡. 气候变化对无定河流域生态水文过程的影响[J]. 生态学报,2007,27(12):4999-5007.
- [5] 何宝忠,丁建丽,李焕,等. 新疆植被物候时空变化特征[J]. 生态学报,2018,38(6):2139-2155.
- [6] 叶许春,杨晓霞,刘福红,等. 长江流域陆地植被总初级生产力时空变化特征及其气候驱动因子[J]. 生态学报,2021,41(17):6949-6959.
- [7] ZHU Z C,PIAOE S L,MYNENI R B,et al. Greening of the earth and its drivers[J]. Nature Climate Change,2016,6(8):791-795.
- [8] 秦大河,陈振林,罗勇,等. 气候变化科学的最新认知[J]. 气候变化研究进展,2007,3(2):63-73.
- [9] 贾艺璇. 退耕还林政策下干旱区土地利用变化的生态效应与气候响应:以固原市为例[D]. 杭州:浙江大学,2021.
- [10] 林隆超,王晓飞,刘延平,等. 退耕还林工程背景下延安植被覆盖时空变化特征及其对气候的响应[J]. 陕西气象,2022(4):1-6.
- [11] 姚俊强,李漠岩,迪丽努尔,等. 不同时间尺度下新疆气候“暖湿化”特征[J]. 干旱区研究,2022,39(2):333-346.
- [12] 郑玉萍,宫恒瑞,苗运玲,等. 气候变暖背景下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):1-8.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 王森,王雪姣,陈东东,等. 1961—2017 年南疆地区沙尘天气的时空变化特征及影响因素分析[J]. 干旱区资源与环境,2019,33(9):81-86.