

干旱区县域绿洲气候变化特征分析

——以鄯善县为例

王爱辉^{1,2}, 刘晓燕^{1,2}, 贾纳提·吐拉尔汗³, 黄霄霞⁴

(1. 伊犁师范学院生命资源环境系, 新疆 奎屯 833200; 2. 新疆应用职业技术学院生命资源环境系, 新疆 奎屯 833200;

3. 新疆应用职业技术学院职院, 新疆 奎屯 833200; 4. 鄯善县气象局, 新疆 鄯善 838200)

摘要: 根据鄯善县 1971—2010 年气温、降水量、风速等资料, 利用线性趋势法和距平及累积距平等方法对鄯善县绿洲气候变化进行分析。结果表明: (1) 近 40 a 鄯善县年平均气温呈波动上升趋势, 线性拟合气候倾向率为 $0.49^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$, 各季变暖趋势相同, 春夏秋冬四季平均气温线性拟合气候倾向率分别为 0.35 、 0.33 、 0.4 、 $0.43^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。年平均最高气温缓慢上升, 年平均最低气温增温明显。(2) 近 40 a 降水量总体为波动减少趋势, 线性拟合气候倾向率为 $-0.55\text{mm}\cdot 10\text{a}^{-1}$, 夏季和秋季降水量减少明显。(3) 近 40 a 平均风速总体呈缓慢减小趋势, 线性拟合气候倾向率为 $-0.05\text{m}\cdot \text{s}^{-1}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。综合气温与降水变化状况, 鄯善县绿洲气候呈暖干化发展趋势, 气温与降水存在突变情况, 年代分布有明显的阶段性、季节差异性特征。

关键词: 鄯善县; 气候变化; 累积距平; 线性趋势

中图分类号: P467 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0033-07

Analysis on the characteristics of climatic change in county's oasis of arid areas

——A study case of Shanshan County

WANG Ai-hui^{1,2}, LIU Xiao-yan^{1,2}, Jianati·Tuleerhan³, HUANG Xiao-xia⁴

(1. Department of Life, Resource and Environment, Ili Normal University, Kuytun, Xinjiang 833200, China;

2. Department of Life, Resource and Environment, Xinjiang Applicational Vocational and Technical College, Kuytun, Xinjiang 833200, China;

3. Vocational Technical College, Xinjiang Applicational Vocational and Technical College, Kuytun, Xinjiang 833200, China;

4. Shanshan County Meteorological Bureau, Shanshan, Xinjiang 838200, China)

Abstract: Based on the information of temperature, precipitation and wind speed etc from 1971 to 2010 of Shanshan County, using the methods of linear trend and accumulated anomaly, have carried out the analysis of climatic change in oasis of Shanshan County. The results indicated that: (1) The annual mean temperature has assumed a undulated increase trend in near 40 years, the climatic tendency rate by the linear fitting was $0.49^{\circ}\text{C}/\text{decade}$, the trend changing warm in each season was same, the mean temperature of the climatic tendency rate by the linear fitting in spring, summer, autumn and winter was $0.35^{\circ}\text{C}/\text{decade}$, $0.33^{\circ}\text{C}/\text{decade}$, $0.4^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ and $0.43^{\circ}\text{C}/\text{decade}$ respectively. The annual mean maximum temperature was slowly risen, the annual mean minimal temperature was obvious warm. (2) The annual gross precipitation was a undulated decrease trend during 40 years, the climatic tendency rate by the linear fitting was $-0.55\text{mm}/\text{decade}$, the precipitation reduce was obvious in summer and autumn. (3) The annual mean wind velocity was assumed a slowly decrease trend during 40 years, and the climatic tendency rates by the linear fitting was $-0.05\text{m/s}/\text{decade}$. Synthesized the change situation of the temperature and precipitation, The oasis climate has assumed a warm and dry developing trend in Shanshan County, the temperature and precipitation existed a mutation, also the years distribution had the obvious period change and seasonal differences.

Keywords: Shanshan County; climatic variation; accumulated anomaly; linear trend

近一个世纪以来, 人类活动与自然因素共同作用对气候产生的积累效应, 大大改变了气候变化的规律, 全球气候变化和区域的气候响应问题成为全

球关注的焦点之一。根据 IPCC 第四次评估报告, 近 100a(1906—2005 年) 全球平均气温升高了 0.74°C ($0.56^{\circ}\text{C} \sim 0.92^{\circ}\text{C}$)^[1], 比第三次评估报告给出的

收稿日期: 2013-07-05

基金项目: 伊犁师范学院科研项目(2011ZDK02); 国家自然科学基金项目(31260114); 新疆高校科研计划项目(XJEDU2011150)

作者简介: 王爱辉(1969—), 女, 副教授, 硕士, 主要从事绿洲生态环境研究。E-mail: xjktwah@sina.com。

100a (1901—2000年)上升 0.6°C ($0.4^{\circ}\text{C} \sim 0.8^{\circ}\text{C}$)^[2]有所提高,表明进入 21 世纪以来气温升高趋势明显。干旱区降水稀少,其独特的地理位置和脆弱的生态环境,成为气候变暖响应最为敏感的地区之一^[3]。近百年来,干旱区特别是半干旱区对全球陆地变暖的贡献达到 44%^[4]。干旱区绿洲是在荒漠背景基质上和干旱气候条件下形成的特有的中、小尺度非地带景观类型^[5],绿洲生态系统比一般的干旱区生态系统更为脆弱,其气候变暖响应更为敏感。近 40 a 来,我国西北干旱区气候出现由暖干向暖湿转变的事实^[6],新疆面积广大,受气候、地形、水文等自然因素影响,新疆绿洲具有明显的区域性差异,新疆气候变化亦趋于暖湿^[7],如南疆的莎车县^[8]、北疆的克拉玛依市^[9]、石河子市^[10],20 世纪 80 年代以后,东疆地区的吐鲁番市、哈密市、托克逊县呈暖湿化发展趋势^[11]。鄯善县是新疆干旱区典型县域绿洲,独特的地理位置使其气候变化具有自身的特点。目前,关于鄯善县气候变化的系统研究不多。文中利用新疆鄯善县 1971—2010 年的气温、降水量及风速等气象数据资料,对鄯善县绿洲近 40 a 的气候变化进行较为全面的分析,以期为该县农业生产、植被遥感监测和干旱区绿洲生态环境治理等工作提供一定理论参考依据。

1 研究区概况和研究方法

鄯善县位于新疆天山东部南麓的吐鲁番盆地东侧 $41^{\circ}12' \sim 43^{\circ}33' \text{N}$, $89^{\circ}30' \sim 91^{\circ}54' \text{E}$ 之间,东西宽 190 km,南北长约 250 km,总面积为 39 800 km^2 ,约占新疆总面积的 2.5%。地处中纬度的亚洲腹部,远离海洋,三面环山,北部为博格达山,中部为吐鲁番盆地和哈密盆地,南部为戈壁和沙漠,火焰山横贯县境,地势东北高、西南低,属典型温带大陆气候,夏热冬冷,春季升温迅速,秋季降温快,降水稀少,气候干燥,热量丰富,光照充足,无霜期长,昼夜温差大,春夏多大风风沙天气,干热风危害严重。

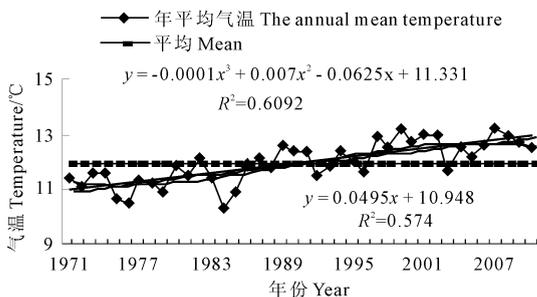


图 1 1971—2010 年鄯善县年平均气温距平变化

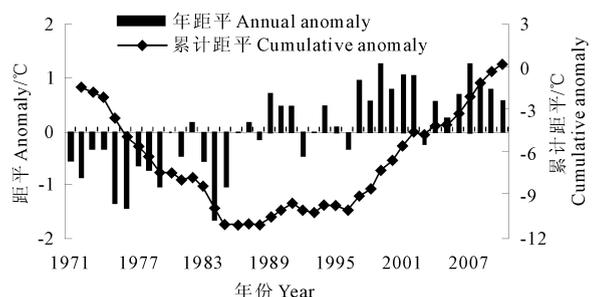
Fig. 1 Change of annual mean temperature anomaly from 1971 to 2010 in Shanshan County

研究采用鄯善县气象局 1971—2010 年逐年气温、降水量、风速等气象观测数据资料,用线性趋势法分析年平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温、年降水量及风速的变化趋势;用距平曲线的波动来反映气温、降水和风速的变化幅度,用累积距平曲线的上升和下降反映气温、降水和风速随时间变化的增加和降低,以揭示鄯善县近 40 a 气候变化的一些特征。季节划分标准是:春季 3—5 月、夏季 6—8 月、秋季 9—11 月、冬季 12 月至翌年 2 月。

2 结果与分析

2.1 气温变化特征

2.1.1 年平均气温变化趋势 从近 40 a (1971—2010 年)鄯善县年平均气温距平变化曲线(图 1)可以看出,年平均气温呈波动上升趋势,多年平均气温为 11.96°C ,总体上经历了一个由低到高的暖化过程。与多年平均气温比较,1971—1985 年温度相对较低,1986—2010 年呈明显上升趋势,线性拟合气候倾向率为 $0.49^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$,明显高于全国 1951—2004 年平均气温 $0.25^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ^[12]。根据气温距平和累积距平变化可以看出,1987 年是一个转折点,之前的各年平均气温大多在近 40 a 平均值 (11.96°C) 以下,这个时期称之为近 40 a 来的低温时期;1987 年之后多数年份年平均气温高于历史平均值,这个时期称之为近 40 a 来的高温时期,也是鄯善县历史上温度最高的时期,尤其是 1997 年以来,各年平均温度在 $11.7^{\circ}\text{C} \sim 13.2^{\circ}\text{C}$ 之间,期间最低年平均温度为 11.7°C ,比 1971—1996 年间平均温度的 11.6°C 高 0.1°C 。近 40 a 来,最暖年为 1999 年和 2007 年,年平均温度为 13.2°C ,最冷年为 1984 年,年平均温度为 10.3°C ,振幅为 2.9°C 。1989—1991 年、1994 年、1997—2002 年和 2004—2010 年气温高于 40 a 平均值,为偏暖年。年平均气温线性拟合方程相关系数 R 为 0.757,通过了 0.01 显著性检验,说明年平均气温上升趋势显著。



由鄯善县年、季平均气温年代际变化(表 1)可以看出,各季平均气温与年平均气温变化趋势相似,也呈波动上升趋势,但增温幅度不同,各季气温变幅最大的是冬季,其次是秋季,春季、夏季变幅次之。1971—2010 年间冬季温度升高了 1.7℃,平均每 10 a 上升 0.43℃;秋季温度升高了 1.6℃,平均每 10 a 上升 0.4℃;春季温度升高了 1.4℃,平均每 10 a 上升

0.35℃;夏季温度升高了 1.3℃,平均每 10 a 上升 0.33℃。近 30 a 鄯善县虽然冬季升温趋势明显,但 2000 年之后却出现冬季回冷,恢复到 20 世纪 80 年代水平。而秋季的升温以近 10a 较为明显。秋、冬季平均气温的升温幅度大于春、夏季。可见鄯善县气候变暖主要是由冬季、秋季气候变暖引起。

表 1 鄯善县年、季平均气温年代际变化/℃

Table 1 The decade change of annual, seasonal mean temperature in Shanshan County

年份 Year	年平均 Mean	春季(3—5月) Spring	夏季(6—8月) Summer	秋季(9—11月) Autumn	冬季(12—2月) Winter
1971—1980	11.2	14.7	27.6	10.4	-8
1981—1990	11.7	15.1	27.7	10.5	-6.2
1991—2000	12.3	15.7	28.5	10.5	-5.5
2001—2010	12.6	16.1	28.9	12.0	-6.3
d1	1.4	1.4	1.3	1.6	1.7
d2	0.9	1.0	1.2	1.5	-0.1

注:d1 为 2001—2010 年平均值减去 1971—1980 年平均值;d2 为 2001—2010 年平均值减去 1981—1990 年平均值。下同。

Note: d1 for the mean from 2001 to 2010 minus the mean from 1971 to 1980; d2 for the mean from 2001 to 2010 minus the mean from 1981 to 1990. The same as below.

2.1.2 年平均最高气温变化特征 由鄯善县年平均最高气温距平变化曲线(图 2)可以看出,鄯善县近 40 a 年平均最高气温缓慢上升,多年平均最高气温 20.2℃,最大值为 2007 年的 21.4℃,次高为 1991 年的 21.3℃,最低气温为 1979 年和 1984 年的 19.0℃,振幅为 2.4℃。根据最高气温距平和累积距平变化可以看出,1973 年和 1982 年分别进入两个低谷,并且在 1979 年和 1984 年达到最低值,21 世纪 80 年代末平均最高温呈显著增高趋势,直到 2003 年

又达到一个相对最低值 19.1℃。由鄯善县年、季平均最高气温年代际变化(表 2)可以看出,鄯善县近 40 a 来平均最高气温稳定上升,20 世纪 80、90 年代上升幅度最大,为 $0.6℃ \cdot 10a^{-1}$;夏季变幅相对较大,21 世纪 00 年代较 20 世纪 70、80 年代分别上升了 1.2℃和 1.1℃;近 30 年冬季变幅不大。年平均最高气温线性拟合方程相关系数 R 为 0.577,通过了 0.01 显著性检验,说明年平均最高气温上升趋势显著。

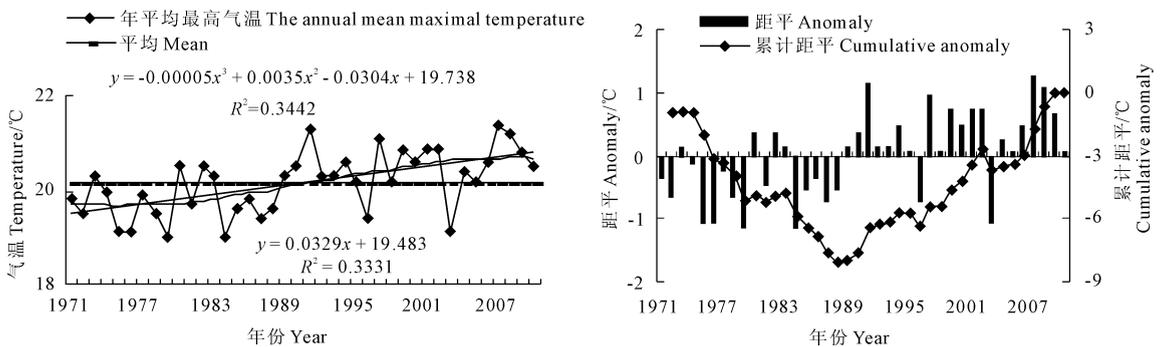


图 2 1971—2010 年鄯善县年平均最高气温距平变化

Fig.2 Change of the annual mean maximal temperature anomaly from 1971 to 2010 in Shanshan County

2.1.3 年平均最低气温变化趋势 由年平均最低气温距平变化(图 3)可以看出,鄯善县近 40 a 年平均最低气温增温明显,最低值为 1976 年的 2.8℃,最高值为 1999 年和 2007 年的 6.5℃,振幅为 3.7℃,21 世纪 00 年代相对于 20 世纪 70、80 年代的平均振幅

分别增加了 2.0℃和 1.2℃。根据最低气温距平和累积距平变化可以看出,70 年代初呈下降趋势,波动最大。自 1984 年后急剧增加。对表 3 分析发现,各年代的平均最低气温增势稳定,春季升温幅度最大,其次是夏季,2000 年后冬季平均最低气温较 20

世纪 80、90 年代降低了 0.6℃ 和 1.0℃, 虽然鄯善县冬季升温明显, 但近 10 a 已经出现回冷现象, 夏季最低气温较 20 世纪 70、80 年代高了 2.4℃ 和 1.6℃, 秋季气温较 20 世纪 70、80 年代高了 2.2℃ 和 1.2℃。

春季气温较 20 世纪 70、80 年代高了 3.0℃ 和 2.3℃。年平均最低气温线性拟合方程相关系数 R 为 0.845, 通过了 0.01 显著性检验, 年平均最低气温上升趋势显著。

表 2 鄯善县年、季平均最高气温年代际变化/℃

Table 2 The decade change of annual, seasonal mean maximal temperature in Shanshan County

年份 Year	年平均 Mean	春季(3—5月) Spring	夏季(6—8月) Summer	秋季(9—11月) Autumn	冬季(12—2月) Winter
1971—1980	19.7	23.0	36.0	20.2	-0.4
1981—1990	19.9	23.2	36.1	19.5	0.6
1991—2000	20.5	23.7	36.6	20.0	1.5
2001—2010	20.6	24.1	37.2	20.6	0.5
d1	0.9	1.1	1.2	0.4	0.9
d2	0.7	0.9	1.1	1.1	-0.1

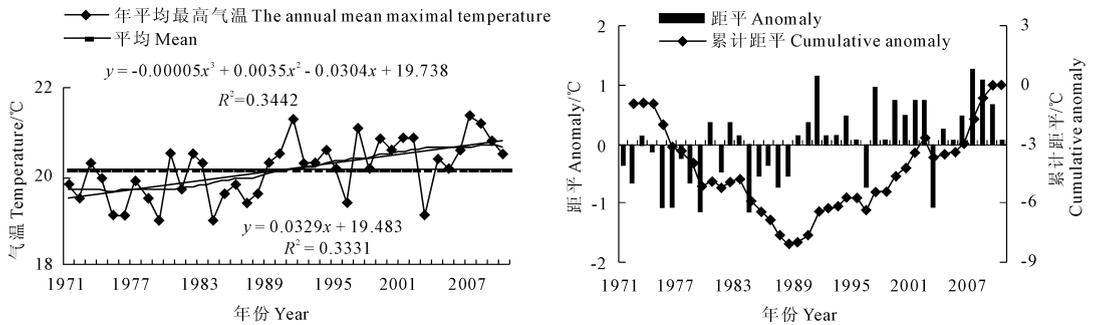


图 3 1971—2010 年鄯善县年平均最低气温距平变化

Fig. 3 Change of annual mean minimal temperature anomaly from 1971 to 2010 in Shanshan County

表 3 鄯善县年、季平均最低气温年代际变化/℃

Table 3 The decade change of annual, seasonal mean minimal temperature in Shanshan County

年份 Year	年平均 Mean	春季(3—5月) Spring	夏季(6—8月) Summer	秋季(9—11月) Autumn	冬季(12—2月) Winter
1971—1980	4.0	6.5	18.8	3.0	-13.5
1981—1990	4.8	7.2	19.5	4.0	-11.4
1991—2000	5.5	8.2	20.4	4.5	-11.0
2001—2010	6.0	9.5	21.2	5.2	-12.0
d1	2.0	3.0	2.4	2.2	1.5
d2	1.2	2.3	1.6	1.2	-0.6

2.2 降水量年际及四季变化分析

鄯善县近 40 a 的年平均降水量为 26.9 mm, 其中 1998 年降水量最多, 为 76.8 mm, 1985 年最少, 为 12.6 mm, 相差 64.2 mm。从鄯善县降水量距平变化曲线(图 4)可以看出, 近 40 a 鄯善县年降水量总体为波动减少趋势, 线性拟合气候倾向率为 $-0.55 \text{ mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$, 远低于全国年平均递减量 $1.269 \text{ mm}^{[13]}$, 与新疆已有研究地区^[14]的气候湿润方向变化趋势相反, 鄯善县气候变化总体表现为干燥化趋势。20 世纪 70 年代到 80 年代末降水量变化幅度不大,

1981 年出现突变, 降雨量为 69.0 mm, 其余年份相对波动较小, 20 世纪 90 年代初期降水量开始显著增加, 90 年代末、21 世纪初降水又呈减少趋势, 1998 年出现突变, 降雨量为 76.8 mm。根据降水距平、累积距平变化(图 4)和各年代对比分析(表 4)可以看出, 2000 年后年降水量相对 20 世纪 80、90 年代分别减少了 4.4 mm 和 3.5 mm, 相对 70 年代增加了 0.2 mm, 相对近 30 a 的年平均降水量(28.0 mm)减少了 3.0 mm。1981 年以后, 鄯善县降水变化幅度增大, 如 1981 年、1998 年、2002 年为多雨年份, 而

1972 年、1978 年、1982 年、1985 年、1993 年、2000 年、2010 年发生了较为严重的干旱。分析各季近 40 a 降水的波动,发现夏季和秋季降水减少明显,2000 年后较 20 世纪 80 年代降水减少了 4.4 mm,相对 20 世纪 70 年代增加了 0.2 mm。这可能与全国降水趋势有一定的对应关系,如 1998 年降水量最大,同年我国的长江中下游地区洪涝灾害严重。2000 年后春季降水增加显著,与 20 世纪 70、80 年代相比较,分别增加了 3.2 mm 和 4.3 mm,冬季降水相对 20 世

纪、80 年代增加了 2.4 mm,秋季降水相对 20 世纪 70、80 年代分别减少了 3.9 mm 和 3.8 mm。年降水量多项式拟合方程的相关系数 R 为 0.188,没有通过 t 检验,表明鄯善县近 40 a 降水量线性变化趋势不显著,但从降水量累计距平曲线可以看出鄯善县的年降水量变化具有明显阶段性和突变特征,突变年分别为 1981 年和 1998 年,降水量具有在突变年增加,之后数年减少的特征。

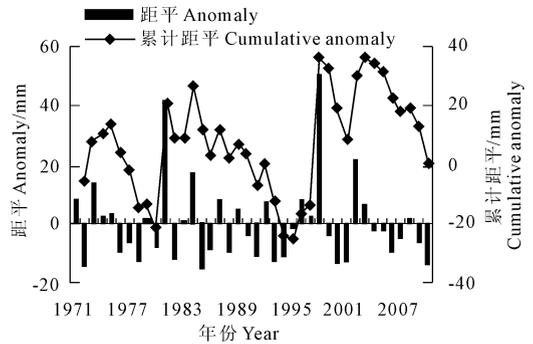
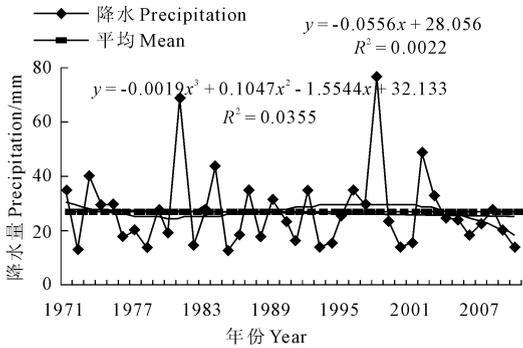


图 4 1971—2010 年鄯善县降水量距平变化

Fig.4 Change of annual precipitation anomaly from 1971 to 2010 in Shanshan County

表 4 鄯善县年、季平均降水量年代际变化/mm

Table 4 The decade change of annual, seasonal mean precipitation in Shanshan County

年份 Year	年平均 Mean	春季(3—5月) Spring	夏季(6—8月) Summer	秋季(9—11月) Autumn	冬季(12—2月) Winter
1971—1980	24.8	4.3	8.6	7.7	4.1
1981—1990	29.4	3.2	16.7	7.6	1.9
1991—2000	28.5	6.0	13.7	6.7	2.1
2001—2010	25.0	7.5	9.4	3.8	4.3
d1	0.2	3.2	0.8	-3.9	0.2
d2	-4.4	4.3	-7.3	-3.8	2.4

2.3 平均风速和盛行风向的变化分析

2.3.1 平均风速的变化趋势 由鄯善县近 40 a 平均风速距平变化(图 5)可以看出,鄯善县平均风速总体呈持续降低变化趋势,变幅不大,线性拟合气候倾向率为 $-0.05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。20 世纪 70 年代的平均风速变化呈“V”型,先连续减小后持续增大,20 世纪 80 年代平均风速呈倒“N”型变化,1984 年达最低值 $1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,1986 年和 1987 年又达到近 40 a 的最大值 $1.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,振幅为 $0.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,此后平均风速呈波动减小趋势。鄯善县近 30 a 的平均风速为 $1.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,而由黄显金^[15]1983 年整理的气象数据显示,鄯善县在此前的近 30 a 间,平均风速为 $1.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,振幅为 $0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,这说明自鄯善县建立气象站以来,鄯善县的平均风速变化一直趋于减小,大气运动趋于平缓。年平均风速多项式拟合方程的相关系数

R 为 0.428,通过了 0.01 显著性检验,年平均下降趋势显著。

2.3.2 盛行风风向变化分析 鄯善县火焰山南北的平原地区,累年盛行风风向为东风和东北风,占全年风向总和的 14%~19%。东北部小草湖至西盐池的“百里风区”靠近鄯善一侧,全年盛行北风,占全年各风向总和的 37%,静风次数多,累年静风百分率为 44%(图 6,图内不含静风百分率)。最少风向为火焰山南北的平原地区的西北风,占全年各风向总和的 1%~2%。风向的日变化,北部天山山麓,山谷风明显,白天多谷风,风自山谷向山上吹,晚上多山风,风自山上往山谷吹。山南和山北的平原地区一般是早晨至上午多吹东北风或东风,下午至傍晚多吹偏西风^[15]。

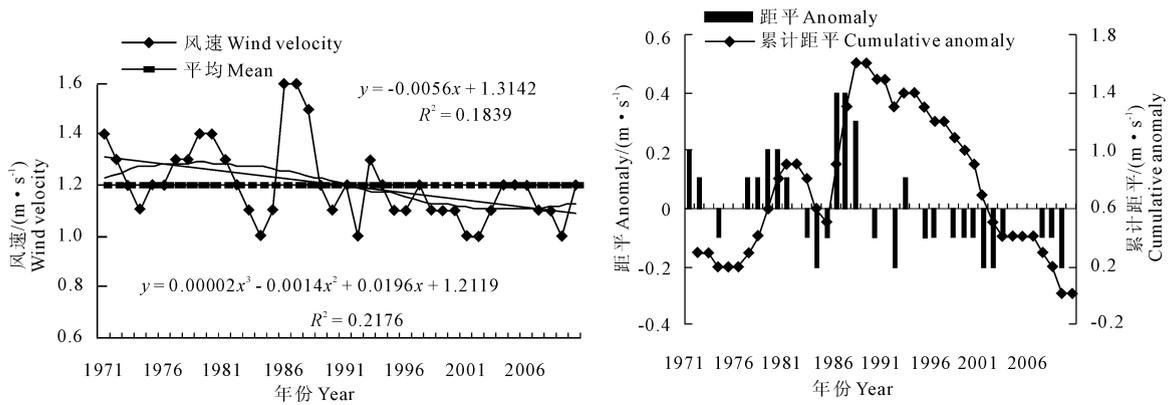


图 5 1971 - 2010 年鄯善县风速距平变化

Fig.5 Variation of wind velocity anomaly from 1971 to 2010 in Shanshan County

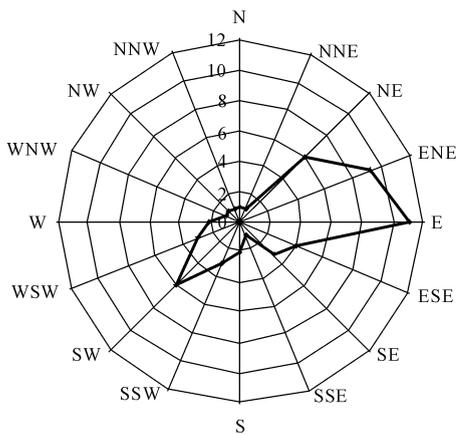


图 6 鄯善县累年风向风频玫瑰图

Fig.6 The years wind direction diagram in Shanshan County

3 结论与讨论

1) 近 40a 来鄯善县绿洲平均气温呈波动上升趋势,多年平均温度为 11.96°C ,线性拟合气候倾向率为 $0.49^{\circ}\text{C}\cdot 10\text{a}^{-1}$,20 世纪 80 年代前气温相对较低,90 年代后气温增温明显,年平均气温线性拟合方程相关系数 R 为 0.757,通过了 0.01 显著性检验,说明气温上升趋势显著。冬季和秋季平均气温、年平均最低气温以及春季、夏季平均最高气温和最低气温的升温是鄯善县气候变暖的主要原因。

2) 近 40 a 来鄯善县降水量总体为波动减少趋势,多年平均降水量为 26.9 mm,夏季和秋季降水量减少明显,春、冬两季的降水量呈增加趋势。线性拟合气候倾向率为 $-0.55\text{ mm}\cdot 10\text{a}^{-1}$,年降水量平均减少 0.055 mm,远低于全国年平均递减量 1.269 mm。近 40 a 鄯善县降水量线性变化趋势不显著,但降水量变化具有明显阶段性和突变特征,突变年分别为 1981 年和 1998 年,降水量具有在突变年增加,之后数年减少的特征。

3) 近 40 a 来鄯善县平均风速呈持续降低变化趋势,变幅不大,线性拟合气候倾向率为 $-0.05\text{ m}\cdot \text{s}^{-1}\cdot 10\text{a}^{-1}$ 。鄯善县累年盛行风风向为东风和东北风,占全年风向总和的 14% ~ 19%,累年静风百分率为 44%,这与鄯善县特殊的地形有关。

4) 综合气温与降水变化状况,鄯善县绿洲气候变化与新疆干旱区绿洲总体气候变化趋于暖湿状态不同,具暖干化发展趋势特征,气温与降水存在突变情况,年代分布有明显的阶段性、季节差异性特征。

5) 县域绿洲是干旱区国民经济和社会发展的基石与载体,县域农业生产直接关系着人类生存、发展与社会稳定。气候变化对县域绿洲农业生产影响利弊并存。一方面,气候变暖有利于县域绿洲平均积温升高,有助于作物生长期的延长、复种指数的提高和作物有机物质积累及作物产量的增加^[16],尤其是对提高当地特有作物品质更为突出,春季、夏季平均最高气温和最低气温的升温以及春季的降水量的增加,使作物生长可以获得更为有利的热量条件和水分条件,有助于设施农业发展。另一方面,气候变暖,降水量总体减少,会加剧干旱地区旱情,加重牧草需水胁迫,使天然草场退化和沙化,草场生产力降低,威胁畜牧业的可持续发展,农业灌溉及作物的正常发育过程也会受到很大影响,尤其是夏季气温升高,降水量减少,产生的高温干旱危害,限制农作物对光热和 CO_2 资源的有效利用,缩短作物的有效生长期,影响作物产量的有效提高。有研究证明,干旱发生的机率加大,冬季平均气温升温使病虫等越冬存活率上升,虫害防治难度加大^[17],气候变暖条件下极端天气与气候事件的频率增加对农业生产也有一定影响^[14]。这些都严重的影响绿洲农业生产的稳定和安全。因此,分析掌握干旱区县域绿洲气候变化规律,合理利用气候资源,加强预警研究,积极

应对并主动适应气候变化,对促进县域绿洲农业生产的可持续发展和生态安全建设有重要的指导作用。

参考文献:

- [1] 李书严,马京津,轩春怡,等.1951—2008年北京极端天气事件分析[J].气候与环境研究,2012,17(3):244-250.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: syn-thesis report – contribution of working group I, II, III to the third assessment report of the Intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [3] 胡汝骥,樊自立,王亚俊,等.近50a新疆气候变化对环境的影响评估[J].干旱区地理,2001,24(2):97-103.
- [4] 黄建平,季明霞,刘玉芝.干旱半干旱区气候变化研究综述[J].气候变化研究进展,2013,9(1):9-14.
- [5] 陈曦,罗格平.干旱区绿洲生态研究及其进展[J].干旱区地理,2008,31(4):487-495.
- [6] 杨金虎,江志红,魏锋,等.近45a来中国西北极端高、低温的变化及对区域性增暖的响应[J].干旱区地理,2006,(5):625-631.
- [7] 胡汝骥,姜逢清,王亚俊.新疆气候由暖干向暖湿转变的信号及其影响[J].干旱区地理,2002,(3):194-200.

- [8] 钱文新,阿不都克日木·阿巴斯,陈丛敏,等.莎车县近47年来气候变化研究[J].新疆气象,2006,(3):15-17.
- [9] 普宗朝,张山清,杨琳,等.1961—2008年新疆克拉玛依市气候变化分析[J].新疆农业大学学报,2009,(4):55-56.
- [10] 蒲云锦,韩春光.干旱区绿洲气候变化及影响—以新疆石河子为例[J].内蒙古气象,2011,(2):23-26.
- [11] 艾丽吉米丽·艾尼,迪丽努尔·阿吉,古丽巴哈尔·吾布力.近53年吐鲁番地区气候变化研究分析[J].绵阳师范学院学报,2011,(8):109-113.
- [12] 左洪超,吕世华,胡隐樵.中国近50年气温及降水量的变化趋势分析[J].高原气象,2004,23(2):238-244.
- [13] 万红莲.全球气候变化下西安地区的响应[J].干旱区资源与环境,2011,25(1):102-106.
- [14] 任朝霞,杨达源.近50a西北干旱区气候变化对农业的影响[J].干旱区资源与环境,2007,21(8):48-53.
- [15] 黄显金,葛炳坤,刘志强,等.鄯善县农业气候手册[M].吐鲁番:鄯善县农业局、鄯善县气象局,1983:66-67.
- [16] 孙杨,张雪芹,郑度.气候变暖对西北干旱区农业气候资源的影响[J].自然资源学报,25(7):1153-1162.
- [17] 张强,邓振镭,赵映东,等.全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J].生态学报,2008,28(3):1210-1218.

(上接第13页)

参考文献:

- [1] 刘静,王连喜,马力文,等.中国西北旱作小麦干旱灾害损失评估方法研究[J].中国农业科学,2004,37(2):201-207.
- [2] 王素艳,霍治国,李世奎,等.中国北方冬小麦水分亏缺与气候生产力—近40年的动态变化研究[J].自然灾害学报,2003,12(1):121-130.
- [3] 王恩利,韩湘玲.黄淮海地区冬小麦、夏玉米生产力评价及其应用[J].中国农业气象,1990,11(2):41-46.
- [4] 郭建平.华北农业干旱和东北作物冷害监测预报研究[J].中国气象科学研究院年报,2003,(1):35.
- [5] 胡雪琼,吉文娟,张茂松,等.云南省冬小麦干旱灾损风险区划[J].大气科学学报,2011,34(3):17-26.
- [6] 霍治国,刘荣花,姜燕,等.小麦干旱灾害等级[M].北京:气象出版社,2007:19.
- [7] 郭家选,李玉中,严昌荣,等.华北平原冬小麦农田蒸散量[J].应用生态学报,2006,17(12):2357-2362.
- [8] 莫兴国,林忠辉,李宏轩,等.基于过程模型的河北平原冬小麦产量和蒸散量模拟[J].地理研究,2004,23(5):623-631.
- [9] 李新,周宏飞.干旱农田蒸散量的日间变化分析[J].干旱区

- 资源与环境,2000,14(3):82-87.
- [10] 张瑞英,彭世彰,徐俊增,等.作物水分亏缺诊断研究进展[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):206-210.
- [11] 张喜英,裴冬,胡春胜.太行山山前平原冬小麦和夏玉米灌溉指标研究[J].农业工程学报,2002,18(6):36-41.
- [12] 霍治国,李世奎,王素艳,等.主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J].自然资源学报,2003,18(6):692-702.
- [13] 赵艳霞,王馥棠,袁国旺.冬小麦干旱识别和预测模型研究[J].应用气象学报,2001,12(2):235-241.
- [14] 王春乙,王石立,霍治国,等.近10年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展[J].气象学报,2005,63(5):659-671.
- [15] 薛昌颖,霍治国,李世奎,等.华北北部冬小麦干旱和产量灾损的风险评估[J].自然灾害学报,2003,12(1):131-139.
- [16] 王素艳,霍治国,李世奎,等.干旱对北方冬小麦产量影响的风险评估[J].自然灾害学报,2003,12(3):118-125.
- [17] 黄建,成秀虎.农业气象观测规范[M].北京:气象出版社,1993:84.
- [18] 刘荣花,朱自玺,方文松,等.冬小麦根系分布规律[J].生态学杂志,2008,27(11):2024-2027.