

# 人工绿洲对夏季气候变化趋势的影响

杨 青<sup>1</sup>, 雷加强<sup>2</sup>, 魏文寿<sup>1</sup>, 赵景峰<sup>2</sup>

(1. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002; 2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**在绿洲的气候环境效应方面, 此前的研究主要是基于个别地点的短期(几天或几个月)观测资料进行对比, 分析绿洲与荒漠之间的要素差异和能量交换机制。通过细致筛选那些观测环境变化小、人口密度低、没有进行大规模水土开发地区的气象站, 建立了反映背景变化的气候序列, 同时选择不同地区的气象站建立了绿洲气候序列, 分析背景与绿洲在气温、降水、水汽压、蒸发、风速等 9 个气候因子近 50a 来气候趋势变化率的差异, 研究绿洲发展对长年代气候变化的综合影响。结果表明, 绿洲发展产生的气候环境效应在影响局部地区长期气候变化趋势方面是十分明显的。在夏季, 绿洲平均气温的增温变化趋势要小于背景变化趋势, 有些绿洲地区如吐-善-托盆地和叶尔羌河流域绿洲气温变化趋势还略呈下降趋势。绿洲地区对最高气温的变化趋势有着明显的抑制作用。其中, 叶尔羌河流域绿洲和塔里木河中游地区绿洲最高气温变化趋势略呈下降趋势。绿洲地区对最低气温上升的变化趋势有一定的加强影响, 绿洲效应使日较差正在变的越来越小。夏季绿洲对空中水汽压的增加十分明显, 使蒸发潜力变得越来越弱, 对降水有一定程度的增加作用。绿洲效应最为显著的一个方面是风速的变化, 绿洲使平均风速和大风日数大幅度减少。

**关键词:**绿洲效应; 气候变化

## Effects of artificial oases on climate change trend

YANG Qing<sup>1</sup>, LEI Jia-Qiang<sup>2</sup>, WEI Wen-Shou<sup>1</sup>, ZHAO Jing-Feng<sup>2</sup> (1. *Institute of Desert Meteorology, China Meteorology Administration, Urumqi Xingjiang 830002, China*; 2. *Xingjiang Institute of ecology and geography, China Academy of sciences, Urumqi Xingjiang 830011, China*). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2728~2734.

**Abstract:** In earlier investigations, the effects of artificial oases on climate environment were studied by analyzing the weather element differences and energy exchange mechanism between oases and deserts areas based on comparing short term (days or months) in-situ data which were collected from very few observation stations. In this paper, a background climatic series was established by selecting weather stations which are located in remote areas where (there are not so many human activities). On the other hand, we choose weather stations located on oases and built oases climatic series. The climate change ratio differences between oases and deserts in recent 50 years are explored through analyzing 9 climatic factors (air temperature, precipitation, vapor pressure, evaporation and wind speed and so on). The results show that there are distinct climatic environmental effects caused by oasis developments on local climate change. Specifically, the warm trend in oases is lower than the background change trend in summer. There were slight cool trends in some oasis sites, such as the Turpan-Shanshan-Toksun Basin and the Yarkant River watershed. Oases played an obvious restraining role in the trend of increasing maximum temperature. For example, the maximum temperatures decreases in Yarkant River watershed and the middle reaches of Tarim River. Another result is that oases strengthened slightly the increasing trends of minimum temperature. There were decreasing trends of diurnal-nocturnal temperature difference due to oasis effects. In summer, another oasis effect is that potential evaporation decreases, air vapor pressure increases then leading to more precipitation. The most significant oasis effect is the decrease of both average wind speed and the number of gale days.

**基金项目:**国家 973 资助项目(G19990435-04); 科技部重大基础研究前期研究专项资助项目(2002CCA04600)

**收稿日期:**2004-03-21; **修订日期:**2004-11-27

**作者简介:**杨青(1956~), 男, 湖北人, 研究员, 主要从事气候变化与环境研究。E-mail: yangq@idm.cn

**Foundation item:** National Key Project (No. G19990435-04); Key Preliminary Basic Research Project of the Ministry of Science and Technology (No. 2002CCA04600)

**Received date:** 2004-03-21; **Accepted date:** 2004-11-27

**Biography:** YANG Qing, Professor, mainly engaged in climate change and environment. E-mail: yangq@idm.cn



**Key words:** oasis effect; climate change

文章编号:1000-0933(2004)12-2728-07 中图分类号:Q143 文献标识码:A

当代气候变化最显著的特点之一是人类活动对气候的影响<sup>[1]</sup>。在我国沿海经济发达的地区,人类活动对气候影响的主要手段是温室气体的大量排放。在新疆,经济活动主要是农牧业生产,因此,人类活动对气候环境的影响主要是通过大规模水土开发来体现的,而大规模水土开发又主要发生在绿洲地区,这与沿海经济地区明显不同。人工绿洲地区的气候变化实际上就是气候背景(自然条件下的气候变化)和人类活动对气候影响的叠加。问题是如何从气候的变化中提取绿洲发展对气候影响的信息,以此来分析人类活动对气候环境的影响程度,这是一个非常值得研究的课题。对于科学的制定水土开发策略,保护生态环境,有着重要的意义。

绿洲作为干旱荒漠地区特有的生态系统,在地表植被形态、温度、湿度、粗糙度等性质方面与周边荒漠在空间上有系统性的差异,它们能够在较小尺度上引起大气的响应和影响大气的运动过程。关于绿洲效应这方面的研究有很多,主要集中在绿洲的防风效应、绿洲的“冷岛”、“湿岛”的结构及效应、绿洲的辐射平衡效应、能量平衡、绿洲的热力和动力效应以及绿洲效应的数值模拟等方面<sup>[2~17]</sup>。张强、胡隐樵、韩德林等学者在这方面做了系统性的评述<sup>[5,17]</sup>。这些研究主要基于个别地点的短期(几天或几个月)小气候对比观测资料,研究绿洲与荒漠之间气象要素分布的时空差异和能量交换机制,对绿洲的各种气候效应和产生机理进行了研究分析,为绿洲的气候效应理论奠定了必要的物理基础。

由于绿洲是长期存在并稳定发展的,因此,绿洲对气候的影响也应该能够在气候的长期变化中有所反映。本研究的目的主要是想通过对比背景气候和人工绿洲地区气候在变化趋势上的差异,从另一个角度揭示人工绿洲对局部地区夏季气候变化的影响。

## 1 气候背景序列的建立

在新疆随着人口增加和城乡建设的发展,最初建于开阔地的气象站,目前大部分都已处于人工绿洲和城镇的包围之中。其气候要素的观测值或多或少地受到了当地环境变化的影响。因此,为了定量地反映气候背景的变化,最大限度的逼近真实的气候背景状况,选取长期以来观测环境相对变化较小、人口密度低、没有进行大规模水土开发、地处偏僻地区的阿拉山口、北塔山、天池、小渠子、大西沟、巴音布鲁克、七角井、达板城、库米什、红柳河等 10 个气象站资料的平均值来代表新疆地区气候背景的变化。由于各气象站建站的年份先后不一,为了相互比较,资料年代统一选取 1958(或 1959)~2002 年时间段。

## 2 绿洲气候变化

### 2.1 人工绿洲的分布与发展

新疆有大小绿洲约 8000 个左右<sup>[16]</sup>,主要分布在天山北坡和南坡、以及阿克苏垦区、吐鲁番盆地、塔里木河、叶尔羌河、和田河等一些河流的流域地区,构成了新疆的主要农牧业经济区。根据人类活动强度一般将绿洲划分为天然绿洲与人工绿洲两大类:天然绿洲以自然生态景观为主,人工绿洲以人工生态系统为主。经过 50 多年的发展,新疆绿洲总面积为  $13.57 \times 10^4 \text{ km}^2$  (1998 年),约占新疆面积的 8.22%。其中,天然绿洲面积为  $7.38 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,约占 4.47%;人工绿洲面积已达  $6.19 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,比 1949 年前扩大了 3 倍,平均年递增率达到 2.3%,每年增加 862  $\text{km}^2$ ,占新疆总土地面积的 3.73%。天然绿洲与人工绿洲的面积之比约为 11:9,天然绿洲占 54.4%,人工绿洲 45.6%<sup>[17]</sup>。

从耕地面积上看,20 世纪 50~60 年代是新疆耕地面积增加最快的时期<sup>[18]</sup>(图 1),反映了水土开发的大规模阶段。1960 年与 1950 年相比,10a 间耕地面积增加了 1.36 倍。而 2000 年与 1960 年相比,虽然这 40a 间耕地面积仅增加了 1.1 倍,耕地面积相对稳定没有大的变化,但是绿洲的发展却从来没有停止,尤其是在农田水利灌溉系统、防护林网建设等方面日趋完善;此外,绿洲养鱼业的兴起和发展,增加了大片的库塘水域面积。1949 年以来新疆已建成 480 多座大中型水库,新增水面约 2000  $\text{km}^2$ 。可养殖水产的水面为 3500  $\text{km}^2$ 。其中,湖泊水面 2530  $\text{km}^2$ ,水库水面 530  $\text{km}^2$ ,坑和人工池塘水面 320  $\text{km}^2$ 。1999 年,有水产品产出的水面 2800  $\text{km}^2$ ,其中天然水产的水面 2100  $\text{km}^2$ ,人工养殖的水面 675  $\text{km}^2$ ;水产品产量达 5.58 万 t,比 1978 年增长 8 倍<sup>[19]</sup>。这种人类大规模的水土开发使得水资源得到重新分配,不仅改变了原始地表植被特征,也使得近地面层气候发生了一定的变化。

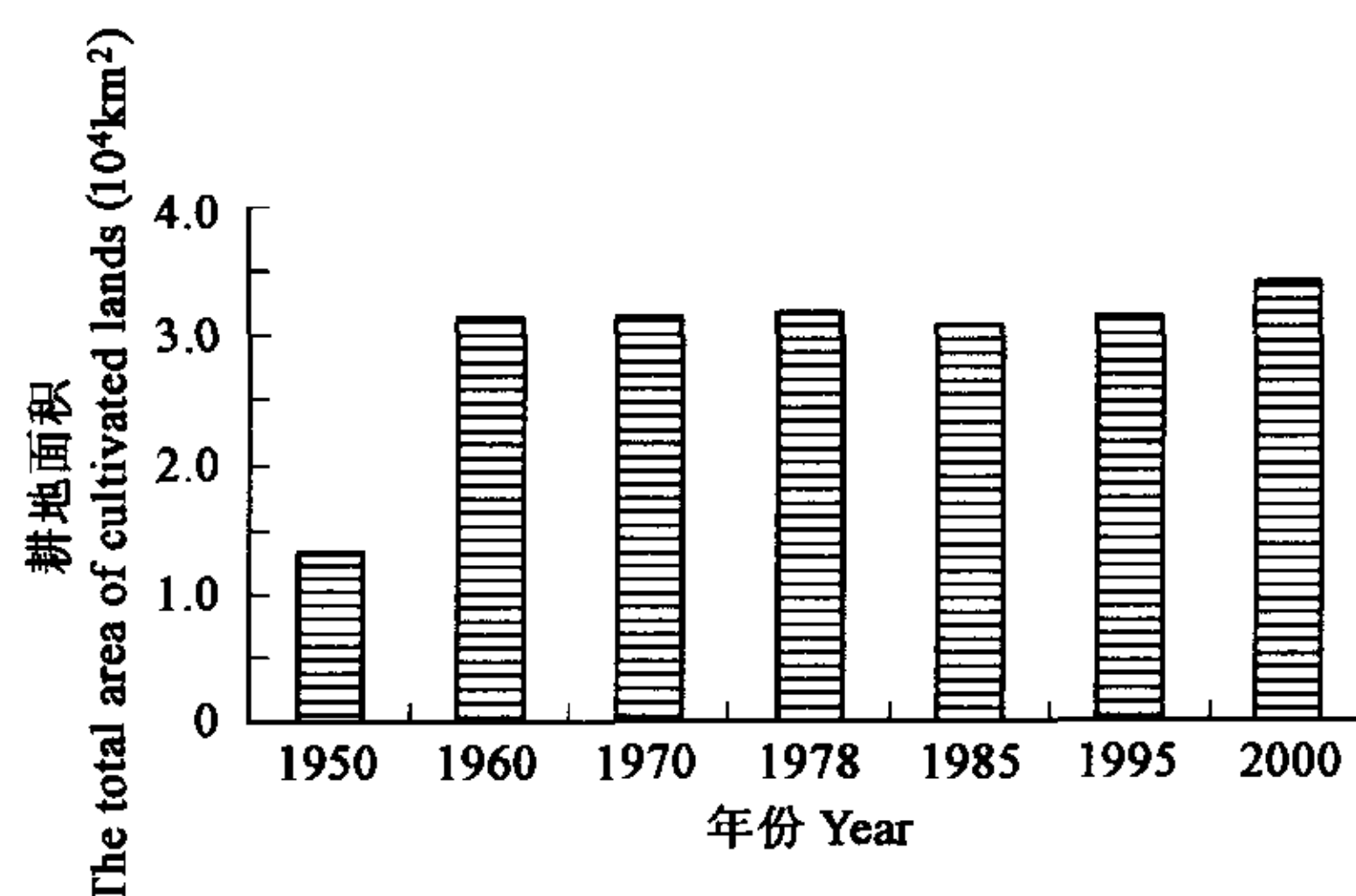


图 1 20 世纪 50 年代以来新疆总耕地面积的变化

Fig. 1 Change of the total area of cultivated lands in Xinjiang since the 1950's



2.2 典型绿洲站的选取

在新疆沙漠边缘地区,绿洲的存在改变了原始地表的特征,与沙漠或荒漠景观形成了巨大反差。绿洲是通过热力和动力两方面因素影响气候环境的;在夏季尤其如此,这个时期植物生长旺盛是绿洲效应充分展现的时期。因此,绿洲地区的气候变化是人类活动和气候背景共同作用的结果。为了突显人工绿洲对气候环境的影响,选取了下面 5 个面积相对较大、距离沙漠较近的绿洲为代表,利用这些绿洲中的气象站观测资料,分析绿洲的气候变化状况。

代表这些绿洲的气象站是:(1)天山北坡绿洲区,选择炮台、莫索湾、蔡家湖、奇台 4 个气象站;(2)叶尔羌河绿洲区,巴楚、麦盖提、莎车、岳普湖 4 个气象站;(3)吐鲁番盆地绿洲区,吐鲁番、鄯善、托克逊 3 个气象站;(4)塔里木河上中游绿洲区,新和、沙雅、阿拉尔 3 个气象站;(5)塔里木河下游绿洲区,尉犁、铁干里克 2 个气象站。

3 气候变化与绿洲效应

3.1 趋势变化率

为了便于相互比较,这里均采用直线回归方程针对夏季期间(6~8 月份)的气候背景和沙漠绿洲地区的气温、降水、水汽压、蒸发、风速等 9 个气候因子的年际变化趋势进行了分析,并以线性方程的斜率( $d$ )来代表它们的趋势变化率。

设: $X(t)$ 为某一绿洲中各气象站气候要素的逐年平均值,则它的线性趋势方程  $y(t)$ 可表示为:

$$y(t) = d \cdot t + c$$

方程中的系数可由  $X(t)$ 通过最小二乘法得到。趋势方程  $y(t)$ 随时间  $t$  的变化:

$$y'(t) = dy/dt = d$$

式中, $t$  为时间以年为单位, $c$  为常数;当  $d>0$  时表示气候要素  $X(t)$ 呈上升趋势,当  $d<0$  表示下降趋势, $d=0$  则表示没有变化趋势。

3.2 绿洲对气候变化趋势的影响

对一些气象要素的分析表明,在夏季气候背景与绿洲气候在变化趋势上有着明显的差异。表 1、表 2 列出了气候背景与各绿洲区不同气候要素的趋势变化率和常数,其中绿洲平均的变化趋势是将所有绿洲站的序列资料进行平均后计算得出的。可以看出,就平均而言,绿洲与气候背景在变化趋势上的差异反映了绿洲对气候变化趋势的影响程度,表 3 列出了对变化趋势方程在 0.05 的信度水平上进行  $F$  检验的结果。

3.2.1 气温

(1)平均气温( $Ta$ ) 气候背景变化趋势为  $0.127^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,略呈现上升趋势,通过显著性检验。而绿洲地区除了塔里木河上中游地区绿洲与背景变化趋势比较接近外,其余均远小于背景变化幅度,这说明夏季气候背景增温幅度要大于绿洲地区。其中,吐善托盆地绿洲和叶尔羌流域绿洲气温变化趋势分别为  $-0.021$  和  $-0.085^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,略呈下降趋势。检验结果表明,绿洲的平均增温趋势不显著。

(2)平均最高气温( $Th$ ) 气候背景变化趋势为  $0.169^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,呈现上升趋势,也通过显著性检验。除了天山北坡的石河子—玛纳斯—昌吉绿洲外,背景变化趋势均远大于其它绿洲地区,这说明夏季绿洲地区对最高气温的变化趋势有着明显的抑制作用。其中,叶尔羌流域绿洲和塔里木河上中游地区绿洲最高气温变化趋势分别为  $-0.028^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  和  $-0.033^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,略呈下降趋势。检验结果表明,绿洲的平均增温趋势不显著。

(3)平均最低气温( $Tl$ ) 气候背景变化趋势为  $0.275^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,呈现上升趋势。除了叶尔羌流域绿洲几乎没有变化外,背景变化趋势均小于其它绿洲地区,也就是说夏季绿洲地区对最低气温上升的趋势有一定的加强,但两者都通过了显著性检验,相关系数十分接近。

(4)平均日较差( $Td$ ) 气候背景变化趋势为  $-0.112^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ,略呈现下降趋势。除了叶尔羌流域绿洲变化很小外,背景变化趋势均大于其它绿洲地区,这表明夏季由于绿洲的影响,日较差正在变的越来越小,与最高气温的减小和最低气温的增加是一致的。从夏季气温日较差的年际变化中,气候背景值与绿洲地区在变化趋势上存在一定的差别,两者也都通过了显著性检验。

绿洲的这种“冷岛”效应是由于绿洲和周围荒漠之间地表热容量和地表热量平衡的巨大差异所造成的。白天绿洲地表受太阳辐射的加热远不如周围荒漠显著,加热最强时绿洲地表温度一般要低于荒漠地表温度  $10^{\circ}\text{C}$  以上。绿洲地表湍流感热通量也要小得多,夏季平均日峰值大约为  $100\text{W}/\text{m}^2$  左右,不到临近荒漠的  $1/3$ 。通过湍流交换,荒漠地表热量能够更快地扩散到荒漠大气中,所以形成绿洲大气被周围荒漠热空气包围的“冷岛”结构<sup>[5]</sup>。在吐鲁番绿洲的观测还表明,气温的日变化和年变化要小于外围荒漠地区<sup>[3]</sup>。

3.2.2 降水( $P$ ) 夏季降水背景变化趋势为  $0.571\text{mm}/10\text{a}$ ,上升幅度很小,没有表现出显著性增加。而绿洲地区除了吐善托盆地绿洲降水呈现下降趋势,变化率为  $-0.573\text{mm}/10\text{a}$  外,其余均远大于背景变化趋势。在塔里木河上中游绿洲地区降水趋势率最大,为  $6.997\text{mm}/10\text{a}$ 。说明在夏季绿洲对降水有一定程度的增加作用,并通过了显著性检验。文献<sup>[5]</sup>认为,由于绿洲的热力和



动力作用容易在干旱区诱发中尺度对流,有利于绿洲地区降水的产生,起到增雨效果,并且认为一般比较大的绿洲才能有这种增雨效应,增雨区主要出现在绿洲的下风方。但是,这种作用与绿洲的大小、范围、所处的地理位置及地形有很大的关系,其影响机制也不完全相同。新疆“三山(阿勒泰山、天山、昆仑山)夹两盆(准噶尔盆地、塔里木盆地)”的特殊地形,形成了山区-绿洲-沙漠地理结构,存在由山谷风驱动的水分内循环机制,这种水分内循环机制可能是导致一些绿洲降水增加的主要原因之一<sup>[20,21]</sup>。如西天山南坡的阿克苏绿洲在过去 10a 中降水增加了 34.2%,成为新疆降水增幅最大的地区,这与其绿洲耕地面积扩大和距离山区较近可能有直接关系。

表 1  夏季气候趋势变化率(d)的对比

| Table 1  Comparison of the ratios of climate change trend between the climatic background and the oases in summer |                                            |                                            |                                            |                                            |                 |                  |                 |                      |                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| 项目 Items                                                                                                          | $T_a$<br>( $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ) | $T_h$<br>( $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ) | $T_l$<br>( $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ) | $T_d$<br>( $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ) | $P$<br>(mm/10a) | $V$<br>(hPa/10a) | $E$<br>(mm/10a) | $W_a$<br>(m/(s·10a)) | $W_d$<br>(d/10a) |
| 气候背景 Climatic background                                                                                          | 0.127                                      | 0.169                                      | 0.275                                      | -0.112                                     | 0.571           | 0.171            | -30.159         | 0.020                | 0.096            |
| 天山北坡<br>Northern slope of the Tianshan Mountains                                                                  | 0.136                                      | 0.116                                      | 0.288                                      | -0.191                                     | 4.126           | 0.380            | -30.125         | -0.170               | -2.372           |
| 吐善托垦区<br>Turpan-Shanshan-Toksun reclamation area                                                                  | -0.021                                     | 0.052                                      | 0.286                                      | -0.236                                     | -0.573          | 0.542            | -105.65         | -0.449               | -6.382           |
| 叶尔羌流域 Yarkant River watershed                                                                                     | -0.085                                     | -0.028                                     | 0.001                                      | -0.006                                     | 3.032           | 0.542            | -56.922         | -0.294               | -1.402           |
| 塔里木河上中游<br>Upper-middle reached of the Tarim River                                                                | 0.092                                      | -0.033                                     | 0.315                                      | -0.346                                     | 6.997           | 0.438            | -22.205         | -0.245               | -2.108           |
| 塔里木河下游<br>Lower Reaches of the Tarim River                                                                        | 0.010                                      | 0.009                                      | 0.380                                      | -0.362                                     | 1.829           | 0.729            | -66.504         | -0.233               | -0.507           |
| 绿洲平均 Average ratios of oases                                                                                      | 0.024                                      | 0.007                                      | 0.263                                      | -0.252                                     | 3.280           | 0.585            | -56.606         | -0.285               | -2.645           |
| 绿洲与背景差值 Difference<br>between climatic background and oases                                                       | -0.103                                     | -0.162                                     | -0.012                                     | -0.140                                     | 2.709           | 0.414            | -25.662         | -0.305               | -2.741           |

表 2  回归系数

| Table 2  The regression coefficient             |                         |                         |                         |                         |                |                 |                |                   |                 |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------|
| 项目 Items                                        | $T_a(^{\circ}\text{C})$ | $T_h(^{\circ}\text{C})$ | $T_l(^{\circ}\text{C})$ | $T_d(^{\circ}\text{C})$ | $P(\text{mm})$ | $V(\text{hPa})$ | $E(\text{mm})$ | $W_a(\text{m/s})$ | $W_d(\text{d})$ |
| 气候背景 Climatic background                        | 17.2                    | 23.8                    | 10.8                    | 13.0                    | 130.6          | 8.3             | 974.1          | 4.2               | 18.8            |
| 天山北坡 Northern slope of the Tianshan Mountains   | 23.6                    | 31.8                    | 15.2                    | 16.6                    | 44.4           | 11.4            | 1094.3         | 2.9               | 12.1            |
| 吐善托垦区 Turpan-Shanshan-Toksun reclamation area   | 29.9                    | 37.5                    | 21.4                    | 16.1                    | 9.8            | 12.4            | 1608.8         | 3.3               | 32.5            |
| 叶尔羌流域 Yarkant River watershed                   | 24.8                    | 32.2                    | 17.4                    | 14.7                    | 20.2           | 12.1            | 1147.0         | 2.7               | 7.4             |
| 塔里木河上中游 Upper-middle reached of the Tarim River | 24.0                    | 31.6                    | 16.4                    | 15.2                    | 18.0           | 12.6            | 945.3          | 2.6               | 10.1            |
| 塔里木河下游 Lower Reaches of the Tarim River         | 25.3                    | 33.4                    | 16.4                    | 16.9                    | 23.2           | 10.8            | 1312.9         | 2.9               | 7.3             |
| 绿洲平均 Average ratios of oases                    | 25.5                    | 33.3                    | 17.4                    | 15.9                    | 23.2           | 11.6            | 1222.7         | 2.9               | 14.2            |

表 3  回归方程的 F 检验( $\alpha=0.05$ )

| Table 3    Significance test ( <i>F</i> )of regression equation ( $\alpha=0.05$ ) |                             |                              |                              |                              |                              |                  |                   |                  |                                |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 项目 Items                                                                          |                             | <i>T</i> <sub>a</sub><br>(℃) | <i>T</i> <sub>h</sub><br>(℃) | <i>T</i> <sub>l</sub><br>(℃) | <i>T</i> <sub>d</sub><br>(℃) | <i>P</i><br>(mm) | <i>V</i><br>(hPa) | <i>E</i><br>(mm) | <i>W</i> <sub>a</sub><br>(m/s) | <i>W</i> <sub>d</sub><br>(d) |
| 气候背景<br>Climatic<br>background                                                    | 相关系数<br>Related coefficient | 0.35                         | 0.33                         | 0.65                         | 0.32                         | 0.00             | 0.39              | 0.45             | 0.14                           | 0.00                         |
|                                                                                   | 检验结果 Test result            | 显著 yes                       | 显著 yes                       | 显著 yes                       | 显著 yes                       | 不显著 no           | 显著 yes            | 显著 yes           | 不显著 no                         | 不显著 no                       |
| 绿洲平均<br>Average ratios<br>of oases                                                | 相关系数<br>Related coefficient | 0.10                         | 0.00                         | 0.66                         | 0.66                         | 0.33             | 0.81              | 0.87             | 0.88                           | 0.93                         |
|                                                                                   | 检验结果 Test result            | 不显著 no                       | 不显著 no                       | 显著 yes                       | 显著 yes                       | 显著 yes           | 显著 yes            | 显著 yes           | 显著 yes                         | 显著 yes                       |

造成吐善托盆地绿洲降水呈下降趋势主要原因是因吐鲁番气象站 1958 年的夏季降水量异常偏多引起的,吐鲁番 1971~2000 年 30a 平均夏季降水量仅为 6.7mm,而 1958 年夏季降水量的记录为 44.8mm,是平均值的 6.7 倍,除此之外夏季降水量在也没有超过 20.0mm 记录的,由此影响到整个吐善托盆地绿洲的夏季降水变化率。此外,这与吐鲁番盆地的特殊地形也有一定关系,吐鲁番盆地是中国陆地最低的地方,盆地最低处的海拔 155m,主要以下沉气流为主,夏季气温极高,极端干燥,使得绿洲的增雨效应很难反映出来。

3.2.3 水汽压(V) 绿洲地区由于大面积的农田灌溉和植物的生长,土壤比较湿润,植被覆盖度大,蒸发和蒸腾作用导致空中水汽含量增加,绿洲对空中水汽压的影响十分明显。在夏季,平均水汽压的长期背景变化趋势为 0.171hPa/10a,略微上升,而绿



洲地区则存在明显的上升趋势,相关系数达到 0.81,远大于背景的 0.39。这从图 2 中可以看的非常清楚。南疆绿洲的水汽压趋势变化率在 0.542~0.729hPa/10a 之间,要大于天山北坡绿洲 0.380hPa/10a 的变化率。这是因为南疆空气相对干燥,夏季绿洲对空中水汽含量的增加比北疆更加明显。

张强等人研究认为<sup>[5]</sup>,夏季,绿洲平均的地表蒸散的日峰值能达到 400W/m<sup>2</sup> 左右;而荒漠的地表蒸发却极小,比绿洲小一个量级,所以绿洲地表相当于大气的水汽源,不断加湿绿洲大气,形成了绿洲的“湿岛”效应。观测表明:在 1m 高处绿洲大气比湿最大能达到 10g/kg 以上,是同高度临近荒漠大气的 4 倍左右,就是在白天也是荒漠大气的 2 倍左右。在 9 月吐鲁番绿洲,由于防风林的存在可以使沙漠和绿洲气温相差 4~5℃,相对湿度相差 10%~17%,另外一项观测资料表明,相对湿度相差 3%~6%。在青海柴达木盆地,绿洲效应使得夏季的相对湿度增加。

**3.2.4 蒸发(E)** 由于在 1980 年以前,许多站没有(或中断了)蒸发量的观测,只能依据其中具有完整蒸发量资料序列的 3 个站来建立背景值。因此,蒸发量的背景变化的代表性受到一定程度的影响,这里的对比分析仅供参考。夏季绿洲地区蒸发量(严格的说是蒸发潜力)的趋势变化率与背景变化趋势都呈现出下降趋势。蒸发量的背景变化率为-30.159mm/10a,除了天山北坡和塔里木上中游绿洲区的变化率分别为-30.125mm/10a 和-22.205mm/10a,下降趋势要小于背景变化外,其余绿洲的下降趋势都要大于背景的下降趋势,并且南疆绿洲对蒸发潜力造成的下降作用比北疆更为明显。这与一些学者对绿洲近地层大气物理的观测研究后,认为绿洲是一个“湿岛”,蒸发量相对较小,绿洲面积越大,总体上的蒸散耗水相对愈少的结论<sup>[22]</sup>是一致的。

**3.2.5 平均风速(Wa)和大风日数(Wd)**

风速的变化也许是绿洲效应影响最为显著的一个方面。由于防风林带的建设,对风速有明显的滞阻作用。Taichi MAKI、杜明远等人对新疆、青海柴达木盆地的绿洲地区的研究表明<sup>[13,14]</sup>,绿洲林带的防风效应非常明显,绿洲内部的风速基本上是外围荒漠地区风速的一半。因此,导致绿洲地区夏季平均风速和大风日数大幅减少,其趋势变化率与背景变化趋势存在较大差异(图 3,图 4)。

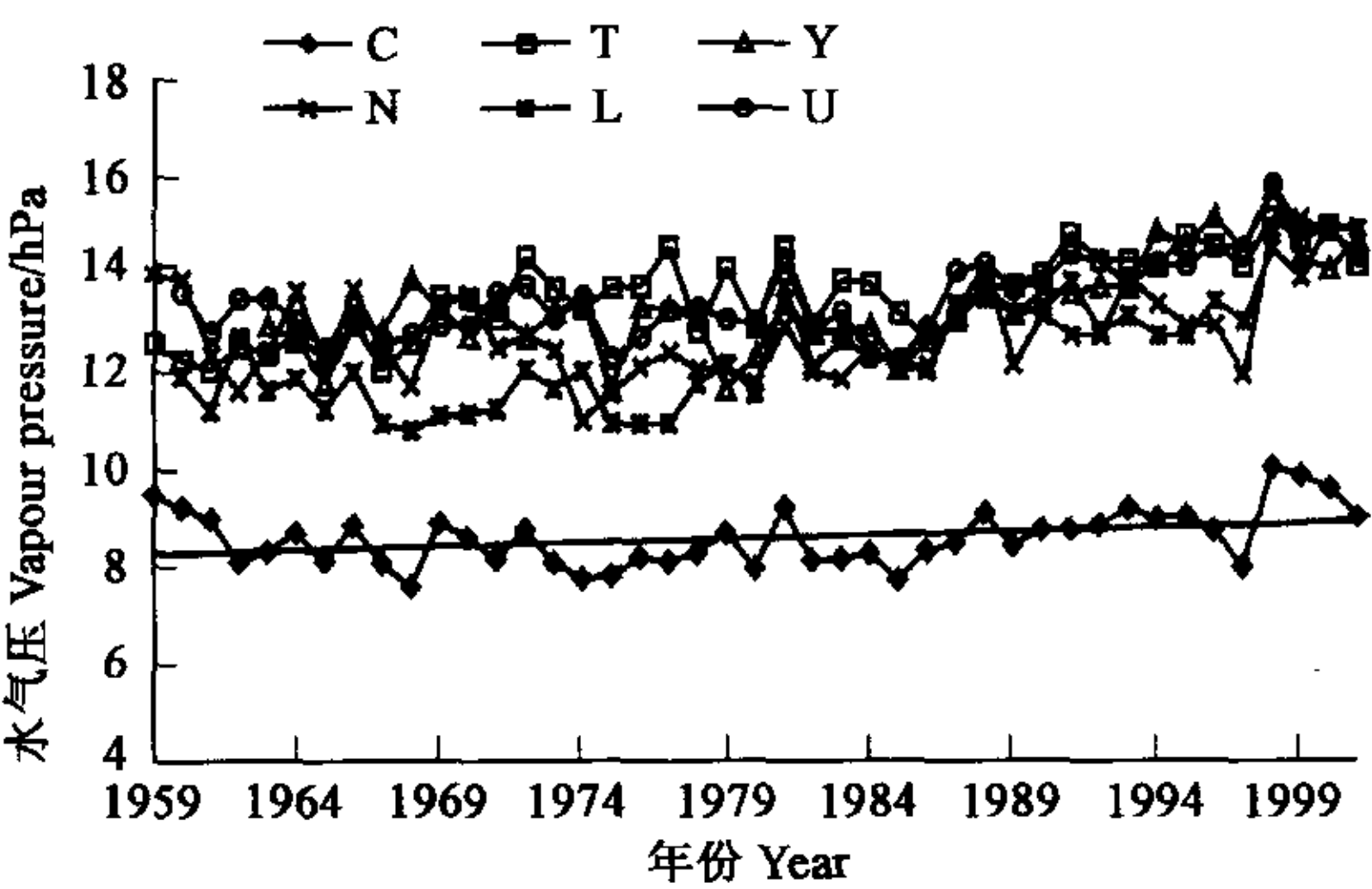


图 2 夏季水汽压的年际变化

Fig. 2 Interannual change of vapor pressure in summer

C 气候背景 Climatic background, T 吐善托垦区 Turpan-Shanshan-Toksun reclamation area, Y 叶尔羌流域 Yarkant River watershed, N 天山北坡 Northern slope of the Tianshan Mountains, L 塔里木河下游 Lower Reaches of the Tarim River, U 塔里木河上中游 Upper-middle reached of the Tarim River;下同 the same below

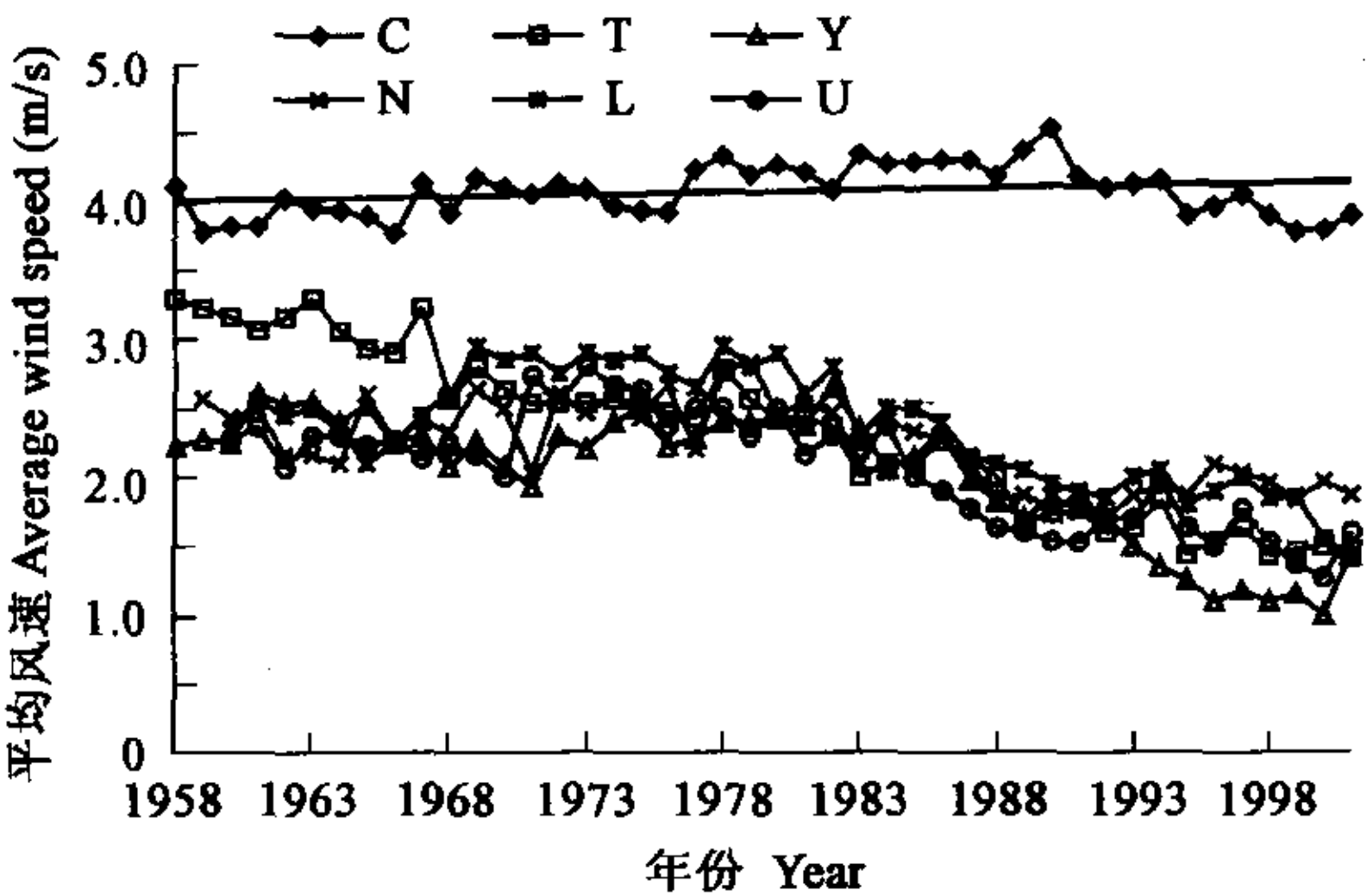


图 3 夏季平均风速的年际变化

Fig. 3 Interannual change of average wind speed in summer

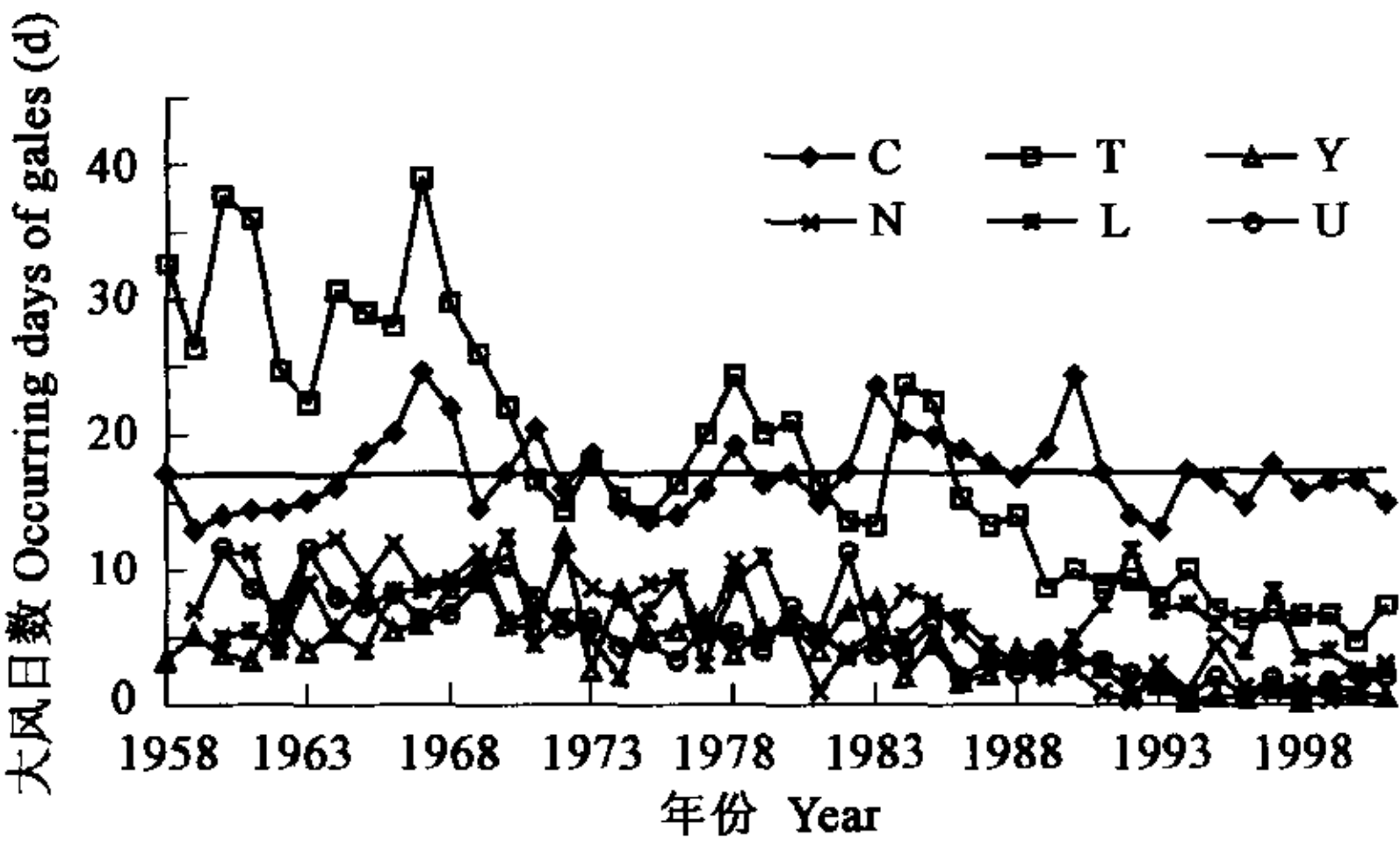


图 4 夏季大风日数的年际变化

Fig. 4 Interannual change of number of gale days in summer

平均风速背景变化率为 0.020m/(s·10a),呈现微弱上升,而绿洲地区则相反,均存在明显的下降趋势,绿洲的趋势变化率在-0.449~-0.170m/(s·10a)之间。

大风日数的情况与平均风速类似。大风日数背景变化变化率为 0.096d/10a,也略有上升,而绿洲地区不论南北疆均存在明显的下降趋势,绿洲的趋势变化率在-6.382~-0.507d/10a 之间。

F 检验结果表明,背景的平均风速和大风日数没有显著性变化,而绿洲地区则显著下降,且相关系数分别高达 0.88 和



0.93。

杜明远对青海柴达木盆地的绿洲效应进行分析后发现,随着绿洲的发展,发生强风的日数从 1956 到 1968 年一直在减少<sup>[4]</sup>。这与本研究结果是一致的。

#### 4 结果与讨论

绿洲发展产生的气候环境效应在影响局部地区长期气候变化趋势方面是十分明显的。在夏季,绿洲平均气温的增温变化趋势要小于背景变化趋势,这说明气候背景的增温幅度要大于绿洲地区,有些绿洲如吐善托盆地和叶尔羌河流域绿洲气温变化趋势还略呈下降趋势。绿洲对最高气温的变化趋势有着明显的抑制作用。其中,叶尔羌河流域绿洲和塔里木河中游地区绿洲的最高气温变化趋势略呈下降趋势。绿洲对最低气温上升的变化趋势有一定的加强影响,绿洲地区的变化趋势要大于背景变化趋势。因此,绿洲效应使日较差正在变的越来越小。

夏季绿洲对降水有一定程度的增加作用。绿洲对空中水汽压的增加十分明显,存在明显的上升趋势。新疆大部分绿洲分布在山前平原,形成特殊的山区—绿洲—沙漠地理结构,因而存在由山谷风驱动的水分内循环机制。而这种水分内循环机制可能是导致西天山南坡的阿克苏河流域大幅度增湿的主要原因之一,该地区是过去 10a 中新疆降水增幅最大的地区,降水平均增加了 34.2%,降水增加如此明显,与其绿洲耕地面积的扩大和所处的地理位置可能有直接关系。

绿洲还使蒸发潜力变得越来越弱。绿洲效应最为显著的一个方面是风速的变化。绿洲地区平均风速和大风日数大幅度减少,存在明显的下降趋势,其趋势变化率与背景变化趋势存在较大差异。

绿洲对气候的这种影响有着深刻的物理原因和生态学理论基础。人工绿洲的发展改变了地表状态,由此引起了水热平衡的改变,如大型水利工程、灌溉网的建设使地表水人为汇集,改变了流域内的水平衡,引起水分蒸发加强和降水量增加,从而改变了局部的水分循环;改变了地表状态,也就相应地改变了地表面的反射率和其他热力特性,从而改变了区域的热量平衡,也改变了生态平衡。

绿洲的气候效应是具有普遍意义的。一些研究表明,在新疆、甘肃张掖、青海柴达木盆地等地区都不同程度存在类似的绿洲气候效应<sup>[2~4,12~14]</sup>。一些数值模拟结果也证实沙漠在绿化后会使得降水量增加、风速降低、低层大气比湿增加,绿化后的气候趋向暖湿<sup>[15]</sup>。因此,从长期效果来看,人工绿洲的发展无疑会影响局部气候的变化趋势,这对于改善局部地区的气候环境是十分有利的。

#### References:

- [1] IPCC Third Assessment Report, 2001.
- [2] Kenji Kai, Mayumi Matsuda, Ritsuko Sato. Oasis Effect Observed at Zhangye Oasis in the Hexi Corridor, China. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 1997, **75**(6): 1171~1178.
- [3] Du M Y, Taichi MAKI. Climate Difference between an Oasis and its Peripheral Area in Turpan Basis, Xinjiang, China. *JIRCAS Journal*, 1994, **1**(1): 47~55.
- [4] Du M Y, Taichi MAKI. Local Climate Changes with Oasis Development—Some Observation Results. *Journal of Arid Land Studies*, 2000, **10**(s): 93~96.
- [5] Zhang Q, Hu Y Q. Geographical Features and Their Climatic Effects in Oases. *Geoscience Progress*, 2002 **17**(4): 477~486.
- [6] Hu Y Q, Gao Y X. Some New Understandings of Land Surface Processes In Arid Area from the HEIFE. *Acta Atmospheric Sciences*, **52**(3): 285~296.
- [7] Su C X, Hu Y Q. Microclimate Characteristics and “Cold Island Effect” over the Oasis in the Hexi Region. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 1987, **11**(4): 390~396.
- [8] Su C X, Hu Y Q. Cold Island Effect over Oasis and Lake. *Chinese Sciences Bulletin*, 1988, **10**(3): 756~758.
- [9] Li Y, Huang M F. Analysis of Land Surface Evaporation and Heat balance in the Transitional Zone of Oasis-Desert. *Arid land geography*, 1996, **19**(3): 80~87.
- [10] Huang M F. Climatological Analysis of Applicability on Bowen-Ratio Energy Balance Method in the Oasis-Desert Transitional Zones. *Arid land geography*, 2001, **24**(3): 259~263.
- [11] Zheng H L, Zhao S L, Wang J M, et al. Some Bio-meteorological Features of Wheat Field in the Ecological Conditions of Oasis at the Heihe Region. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(3): 357~362.
- [12] Liu S B, Xin G J. Observation Research on Heat Balance of the Artificial Vegetation and Bare Sand Dunes in Shapotou Area. *Meteorological Monthly*, 2000, **20**(1): 9~12.
- [13] Taichi MAKI, Pan B R, Du M Y, et al. Effects of Forest Windbreaks Deployed in Arid Lands, Turpan, Northwest China 1. Effect on



- Climatic Improvement. *JIRCAS Journal*, 1994, **1**(1): 29~38.
- [14] Taichi MAKI, Du M Y. Recent Climatic Change and Mico-climatic Alleviation by Windbreaks in Arid Land of Northwestern China. *Journal of Arid Land Studies*, 2000, **10**(s): 9~12.
- [15] Jiang D B, Wang S G, Lang X H, *et al.* Influence of Afforestation on Climate in Desert Region of China. *Journal of Desert Research*, 2003, **23**(1): 63~66.
- [16] Huang W F. *Oasis Development and Ecological Environment Regeneration*. Urumqi: Xinjiang Science, Technology and Public Health Press, 1998. 3~7.
- [17] Han D L. *Artificial Oases in Xinjiang*. Beijing: China Environmental Science Press, 2000. 5~7, 17~30.
- [18] Liu Y L. Macro-conception for the regulation of agricultural structure and the development of distinctive industries in Xinjiang. <http://www.xj.stats.gov.cn>
- [19] Xinjiang Agricultural University. [www.e56.com.cn](http://www.e56.com.cn)
- [20] Yang Q, He Q. Interrelationship of Climate Change, Runoff And Human Activities in Tarim River Basin. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2003, **14**(3): 309~321.
- [21] Yang Q, He Q. Climate Change in the Western Tianshan Mountainous and Climate Effect of Oasis, *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, **25**(3): 336~341.
- [22] Xu G C. Oasis Climatic Resources and Oasis Construction. *Resources and Environment in Arid Areas*, 1995, **9**(4): 137~144.

#### 参考文献:

- [1] IPCC 第三次评价报告. 2001.
- [5] 张强, 胡隐樵. 绿洲地理特征及其气候效应. *地球科学进展*, 2002, **17**(4): 477~486.
- [6] 胡隐樵, 高由禧. 黑河实验(HEIFE)——对干旱区陆面过程的一些认识. *气象学报*, **52**(3): 285~296.
- [7] 苏从先, 胡隐樵. 河西地区绿洲小气候特征和冷岛效应. *大气科学*, 1987, **11**(4): 390~396.
- [8] 苏从先, 胡隐樵. 绿洲和湖泊的冷岛效应. *科学通报*, 1987, **10**(3): 756~758.
- [9] 李彦, 黄妙芬. 绿洲——荒漠交界处蒸发与地表热能量平衡分析. *干旱区地理*, 1996, **19**(3): 80~87.
- [10] 黄妙芬. 绿洲荒漠交界处波文比能量平衡法适用性的气候学分析. *干旱区地理*, 2001, **24**(3): 259~263.
- [11] 郑海雷, 赵松岭, 王介民, 等. 黑河地区绿洲生态条件下麦田生物气象若干特征. *生态学报*, 2000, **20**(3): 357~362.
- [12] 刘树华, 辛国君. 沙坡头人工植被区和流动沙丘上热量平衡观测研究. *气象*, 2000, **20**(1): 9~12.
- [15] 姜大膀, 王式功, 郎咸梅, 等. 沙区绿化对区域气候影响的数值模拟研究. *中国沙漠*, 2003, **23**(1): 63~66.
- [16] 黄文房. 绿洲发展与生态环境建设. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1998. 3~7.
- [17] 韩德林. 新疆人工绿洲. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 5~7, 17~30.
- [18] 刘晏良. 新疆农业结构调整与特色产业发展的总体思路. <http://www.xj.stats.gov.cn>
- [19] 新疆大农业. [www.e56.com.cn](http://www.e56.com.cn)
- [20] 杨青, 何清. 塔里木河流域的气候变化、径流量与人类活动的关系. *应用气象学报*, 2003, **14**(3): 309~321.
- [21] 杨青, 何清. 西天山山区气候变化与灌区绿洲气候效应. *冰川冻土*, 2003, **25**(3): 336~341.
- [22] 徐国昌. 绿洲气候资源和绿洲建设. *干旱区资源与环境*, 1995, **9**(4): 137~144.