

文章编号:1006-7639(2004)-04-0029-05

柴达木盆地近40 a 气候变化及其对农业影响的研究

汪青春¹, 张国胜², 李林¹, 王志峻¹, 胡玲³, 祁如英¹

(1. 青海省气候资料中心; 2. 青海省气象局; 3. 青海省气象科学研究所, 青海 西宁 810001)

摘要:利用柴达木盆地6个代表站逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日最低气温资料,对盆地40 a来的气候变化特征进行分析,同时分析了气候变化对农业生产的影响,为充分利用变化了的农业气候资源,减少不利因素带来的影响提出了对策和建议。

关键词:柴达木盆地;气候变化;农业生产;影响

中图分类号:S162.5

文献标识码:A

引言

近20 a来气候明显变暖,已引起人们的普遍关注,担心气候变化和异常会对生产生活和经济发展造成越来越严重的影响。据研究,中国气候变化的趋势与全球同步,青海高原气温变化趋势与同期全国气温变化趋势也基本一致,但有自身的特点^[1]。近40 a来柴达木盆地气候增暖显著,气温上升幅度高于青海高原的平均水平。柴达木发展农业生产有利的条件是:太阳辐射强,日照充足、光质好,光合作用潜力大。夏秋没有炎热高温,作物没有内地常见的“午睡现象”;春季温度回升早,但升温相对缓慢,使麦类的分蘖—拔节期延长,有利于幼穗分化;夏秋温度较低,使灌浆成熟期较长,养分积累多、颗粒大,千粒重高。另外,气温日较差有利于作物干物质的积累。因而,柴达木盆地春小麦创国内单产高产记录。

在西部大开发不断掀起高潮的当前,了解和掌握一地的气候资源及其变化,并在生产实践中充分加以利用,扬长避短,趋利避害,充分利用盆地丰富的光热资源,发展具有柴达木盆地特色的农牧业经济,将对今后农牧业生产的稳定、高产和持续发展具有十分重要的意义。

1 研究方法

1.1 资料

文中选用柴达木盆地的格尔木、德令哈、都兰、

大柴旦、冷湖、茫崖6个代表站1961~2002年逐日平均气温、逐月降水资料以及逐日最低气温资料,分析近40 a气温、降水以及日平均气温 $\geq 0^\circ\text{C}$ 初、终日、积温和初、终霜冻日变化。

1.2 计算方法

利用气象要素的时间序列,以时间为自变量,要素为因变量,建立一元回归方程。设 y 为某一气象变量, t 为时间(年份或序号),建立 y 与 t 之间的一元线性回归方程:

$$y(t) = b_0 + b_1 t \quad (1)$$

其趋势变化率为:

$$\frac{dy(t)}{dt} = b_1 \quad (2)$$

把 $b_1 \times 10$ 称为变化倾向率,单位为 $^\circ\text{C}/10\text{ a}$ 或 $\text{mm}/10\text{ a}$ 。趋势方程中系数 b_1 的计算式为:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (3)$$

b_1 值的符号反映上升或下降的变化趋势, $b_1 < 0$ 表示在计算时段内呈下降趋势, $b_1 > 0$ 表示呈上升趋势。 b_1 值绝对值的大小可以度量其演变趋势上升、下降的程度。

累积距平曲线的变化是气候趋势分析的又一种方法。对一距平值序列 $y_{dt}(t=1, \dots, n)$,在样本中某一时刻 t 的累积距平表示为:

$$I(t) = \sum_{i=1}^t y_{di} \quad (4)$$

把 $I(t)$ 值的时间变化绘成曲线称为累积距平

收稿日期:2004-09-03;改回日期:2004-11-02

作者简介:汪青春(1962-),男,高级工程师,主要从事气候和应用气候服务研究, E-mail: QINGCHUN-WANG@SOHU.COM.

曲线。在累积距平曲线变化中,上升表示累积距平值增加(正距平),如果要素是降水量则表示降水偏多,下降则累积距平值减少(负距平),表示降水偏少。曲线上的微小变化可表示出降水量距平值的变化,而长时期的曲线演变则可反映出降水的长期演变趋势。

2 结果与分析

2.1 气温变化的基本特征

2.1.1 平均气温

表1列出了柴达木盆地各代表站四季和年平均气温的倾向率($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)。从气温变化的倾向率看出,近42 a来海西地区气温呈明显的上升趋势,其平均倾向率达 $0.30\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,明显高于全省 $0.25\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的气温平均倾向率。就6个代表站平均而言,年平均气温20世纪60年代以来呈持续上升状态,进入90年代(1991~2000年)后升幅最为明显,并达到年代平均气温最高值。

从表1代表站四季气温倾向率及四季平均气温变化可以看出,秋、冬两季增温趋势最明显,秋、冬季平均气温变化倾向率分别达 $0.36\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.34\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。春季气温变化倾向率最小,只有 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,而且冷湖呈现出弱的负趋势。气候变化在各年代间变化趋势也不一致,从总体看,进入20世纪90年代以后,秋、冬两季增温势头趋缓,而春、夏两季增温加剧。

表1 柴达木盆地代表站四季和年平均气温的倾向率($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)

Tab.1 The trend variation ($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$) of mean seasonal and annual temperature of representative stations in Chaidamu basin

站名	全年	冬季	春季	夏季	秋季
茫崖	0.29	0.45	0.04	0.12	0.41
冷湖	0.20	0.29	-0.04	0.16	0.24
大柴旦	0.46	0.57	0.21	0.36	0.53
格尔木	0.26	0.28	0.13	0.21	0.31
德令哈	0.24	0.12	0.17	0.24	0.28
都兰	0.32	0.36	0.14	0.23	0.43
平均	0.30	0.34	0.11	0.22	0.36

图1为柴达木盆地年平均气温变化曲线。由图1可知,年平均气温为 $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,各年代年平均气温距平,20世纪60年代(1961~1970年)为 $-0.8\text{ }^{\circ}\text{C}$,70年代(1971~1980年)为 $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,80年代(1981~1990年)为 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,90年代(1991~2000年)为 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。90年代较60年代升高了 $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。1998年是42 a来年平均气温最高的一年,年平均气温高达 $4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

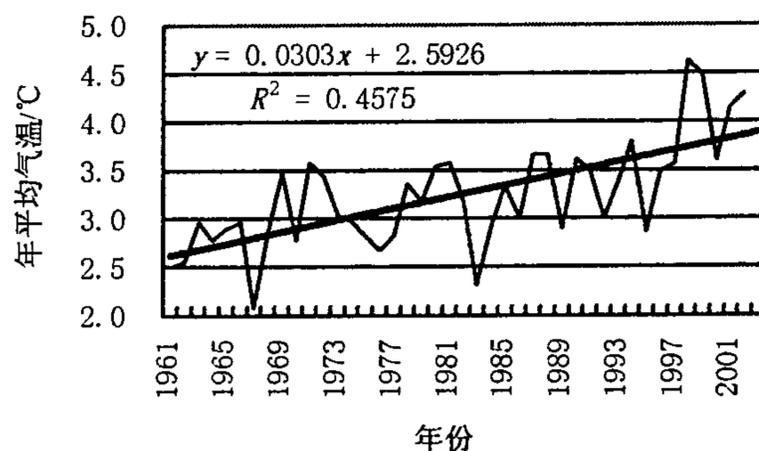


图1 柴达木盆地年平均气温变化曲线

Fig.1 The mean annual temperature variation in Chaidamu basin

对月平均最高、最低气温变化的分析表明普遍存在不对称性,即最低气温明显上升,而最高气温上升不明显或呈下降趋势,此种现象尤以春季表现最为明显。以大柴旦为例,年平均最低气温的倾向率高达 $0.595\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,年平均最高气温仅为 $0.202\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,年平均最低气温的倾向率是年平均最高气温的近3倍。最高气温和最低气温的这种不对称性变化,引起了四季气温日较差减小趋势,冬、春两季日较差减小最明显。年平均气温日较差变化倾向率为 $-0.39\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。

2.1.2 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初、终日和积温

日平均气温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的初终日具有重要的农业意义。日平均气温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的初日,大致与积雪融化、土壤解冻、春小麦开始播种、牧草开始萌动的日期相吻合;其终止日期大致与土壤冻结、冬小麦停止生长及越冬开始相符合; $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 期间的间隔天数一般视为广义的耐寒作物生长季。因此, $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温的数量反映作物生长发育对热量条件的满足程度,也是鉴定某地区热量资源的重要指标。

2.1.2.1 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初、终日

从表2中可以看出, $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 初日多年平均诺木洪、德令哈、格尔木地区出现在3月中下旬,都兰、大柴旦地区在4月上旬,平均在4月1日; $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 终日,格尔木最晚在11月上旬,其它地方在10月中、下旬,最早与最晚仅相差12 d,平均在10月25日。

20世纪90年代与60年代相比,初日平均提前约6 d;终日平均推后约5 d。

日平均气温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 期间天数多年平均值除大柴旦不足200 d外,其余均在200 d以上,最多与最少相差30 d。20世纪90年代日平均气温 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 期间天数与多年平均相比,全部站点均为正距平,但正距平数值相差较大,格尔木最多为6 d,德令哈最少为1 d,这表明20世纪90年代以来,柴达木盆地作物

生长季有所延长,有利于作物生长发育和产量提高。

表 2 代表站各年代稳定通过 0℃初、终日平均日期(日/月)

Tab.2 Mean beginning and ending date with temperature $\geq 0^\circ\text{C}$ in the representative stations in different decades

站名	$\geq 0^\circ\text{C}$ 初日						$\geq 0^\circ\text{C}$ 终日					
	平均	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代	平均	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
大柴旦	8/4	14/4	9/4	9/4	6/4	6/4	20/10	18/10	15/10	21/10	21/10	23/10
德令哈	26/3	27/3	30/3	23/3	25/3	25/3	27/10	23/10	27/10	27/10	27/10	28/10
格尔木	21/3	18/3	29/3	19/3	16/3	20/3	1/11	24/10	29/10	2/11	31/10	7/11
诺木洪	20/3	15/3	26/3	19/3	16/3	21/3	30/10	25/10	29/10	1/11	28/10	2/11
都兰	1/4	30/3	3/4	3/4	1/4	29/3	25/10	22/10	25/10	26/10	24/10	26/10

2.1.2.2 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温

表 3 列出了部分站点各年代 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温多年平均值及距平,德令哈、格尔木、诺木洪在 2 400~2 650℃之间,大柴旦、都兰为 2 010~2 080℃之间。20 世纪 90 年代 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温与多年平均相比,偏多在 125~156℃之间,偏多最多是格尔木,最少是都兰,平均偏多 136℃,与积温较低的 20 世纪 60 年代相比,偏多在 160~340℃之间,平均偏多 221℃。可见随着气候变暖 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温明显增加。

表 3 各年代 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温多年平均值及距平(℃)

Tab.3 The mean value and anomaly of temperature accumulated over 0°C in different decades

站名	$\geq 0^\circ\text{C}$ 积温					
	平均	50年代	60年代	70年代	80年代	90年代
大柴旦	2 012.0	-155.6	-70.2	-16.9	-13.9	136.1
德令哈	2 413.8	-74.5	-61.7	-18.6	-52.3	135.4
格尔木	2 656.2	-135.4	-183.1	43.5	6.3	156.2
诺木洪	2 611.2	-17.6	-75.9	-25.7	-43.4	126.7
都兰	2 083.6	-27.8	-36.2	-35.0	-67.8	125.1
平均	2 355.4	-82.2	-85.4	-10.5	-34.2	135.9

2.1.3 初、终霜冻日

由表 4 看出,近 40 a 来各级霜冻初、终日及无霜冻期均有较明显的变化。就日最低气温 $< 0^\circ\text{C}$ 的初、终霜冻而言,20 世纪 90 年代较多年平均初日推后 6 d,终日提前 5 d,无霜冻期延长 11 d。日平均最低气温 $< 2^\circ\text{C}$ 、 -2°C 的初日分别推后 6 d 和 4 d。 2°C 、 -2°C 终日分别提前 9 d 和 5 d。

20 世纪 60 年代(1961~1970 年)初霜冻日偏早、终霜冻日偏晚,无霜冻期短;70 年代(1971~1980 年)初、终霜冻日接近多年平均值;80 年代

表 4 不同年代、不同强度霜冻的平均初、终日和无霜冻期

Tab.4 Mean beginning and ending date of frost with different intensity and mean days with no frost in different decades

年代	2.0°C			0.0°C			-2.0°C		
	初日(日/月)	终日(日/月)	无霜冻期(日)	初日(日/月)	终日(日/月)	无霜冻期(日)	初日(日/月)	终日(日/月)	无霜冻期(日)
1961~1970	24/8	14/6	71	6/9	27/5	101	19/9	15/5	126
1971~1980	10/9	9/6	92	18/9	22/5	118	28/9	11/5	139
1981~1990	9/9	2/6	98	22/9	18/5	126	2/10	5/5	149
1991~2002	12/9	27/5	107	24/9	16/5	130	2/10	4/5	150
平均	6/9	5/6	92	18/9	21/5	119	28/9	9/5	141

(1981~2002 年)以后,初霜冻明显推迟,终霜冻日提前,无霜冻期明显延长。以 0°C 霜冻日为例,80 年代和 90 年代(1991~2002 年)平均初、终日分别为 9 月 22~24 日和 5 月 16~18 日,而 60 年代为 9 月 6 日和 5 月 27 日,初日推后 16~18 d,终日提前 10~12 d;无霜冻期延长 25~29 d。

图 2 绘出 0°C 初、终霜冻日及无霜期的 5 a 滑

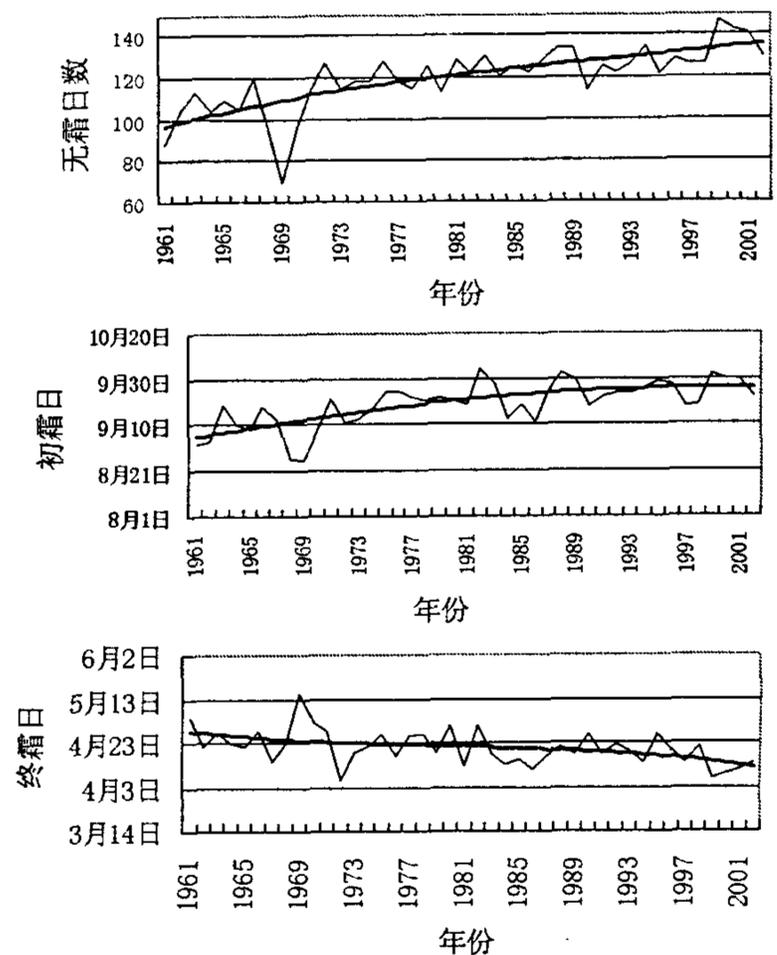


图 2 0°C 初、终霜冻日及无霜冻期年际变化图

Fig.2 The interannual variation of beginning and ending date occurring frost and no frosty days

动平均曲线,可以看出近 40 a 来终霜冻日出现明显提前的趋势;初霜冻日在 60 年代至 70 年代初期较早,70 年代中期以后明显推迟,但 70 年代中期以来无明显变化趋势,无霜冻期在逐渐延长。

2.2 降水变化的基本特征

2.2.1 降水量

图 3 是 1961~2002 年柴达木盆地 6 个代表站平均年降水量变化图。可以看出,年降水量呈现出增多趋势,其变化倾向率为 5.77 mm/10a。20 世纪 60、70 年代降水量以偏少为主,累积距平曲线呈波动式下降状态,80 年代降水偏多,累积距平曲线呈上升趋势,但进入 90 年代后,又呈偏少趋势,这主要表现在夏半年降水上。上世纪 60、70 年代平均年降水量为 81.2 mm 和 88.8 mm,80 年代多达 101.4 mm,90 年代又减少为 91.5 mm。

2.2.2 降水日数

根据气象技术规定,将夏半年 5~9 月的雨日分为 0.1~4.9 mm、5.0~9.9 mm、10.0~24.9 mm、 ≥ 25.0 mm 不同量级雨日,冬半年 10~4 月的雨日分为 0.1~2.4 mm、2.5~4.9 mm、5.0~9.9 mm、 ≥ 10.0 mm 不同量级雨日。分别统计 6 个代表站 1961~2002 年冬半年、夏半年不同量级雨日和总雨日数,计算 6 个代表站平均值序列与年份的相关系数来反映其变化趋势,相关系数 > 0 表示呈增多趋势, < 0 表示呈减少趋势,其绝对值越大反映变化越显著。

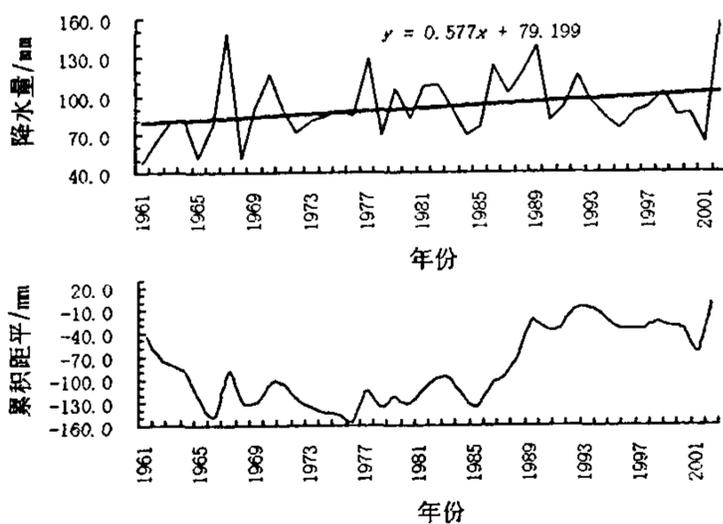


图 3 柴达木盆地年降水量及累积距平变化曲线
Fig.3 The variation of annual precipitation and its accumulated anomaly in Chaidamu basin

由表 5 可以看出,不管是夏半年,还是冬半年雨(雪)日均呈增多趋势,相对而言,夏半年较冬半年明显增多。 ≥ 10 mm 的雨日平均每年只有 1 次,近 42 a 中出现 2 次的年份共 11 a,其中 7 a 出现在 20 世纪 80 年代以后,2002 年出现 3 次。夏半年和冬半

年不同量级雨日平均雨量也呈增大趋势,夏半年较冬半年增大趋势明显。

表 5 柴达木盆地不同量级雨日、雨日平均雨量与年份的相关系数

Tab.5 The correlative coefficients between years and rainfall days with different degrees and mean rainfall in rainy days in Chaidamu basin

时段	雨量等级(mm)	雨日平均雨量	雨日
夏 半 年	0.1~4.9	0.155	0.194
	5.0~9.9	0.138	0.106
	10.0~24.9	0.150	0.277*
冬 半 年	≥ 25.0	0.094	
	≥ 0.1	0.182	0.204
	0.1~2.4	0.085	-0.011
冬 半 年	2.5~4.9	0.164	0.116
	5.0~9.9	0.016	0.027
	≥ 10.0	0.050	0.173
	≥ 0.1	0.172	0.069

注:★表示相关系数达 0.01 的显著性标准

2.3 气候变化对农业生产的影响

2.3.1 气候变化对农业生产的有利影响

霜冻是柴达木盆地的主要农业气象灾害。作物生长前期都会不同程度地遭遇晚霜冻害,但这一时期作物的耐冻程度较高。如春小麦在拔节前,受短时间 $-3 \sim -5$ °C 的低温,仍不至造成很大危害,对油菜、马铃薯、蔬菜等危害较大,但还可以采取补种、套种、重种等补救措施。早霜冻出现在 8 月中下旬时,春小麦处于乳熟—黄熟期,对产量影响很大,马铃薯薯块尚未完全成熟,耐寒能力较差,早霜冻造成的损失难以挽回,因此早霜冻比晚霜冻的危害更大。20 世纪 90 年代以后,初霜冻日明显推迟,终霜冻日提前,无霜期明显延长,生长季有效积温增加,有利于作物早播、出苗和生长发育进程加快,早霜冻的危害明显减少。气候变暖为农牧业生产提供了比过去更好的条件,对调整农作物品种结构、延长作物、蔬菜的生长期,增加产量十分有利。有条件的地方可进一步提高复种指数,提高土地利用率,延长对光、热能的利用时间,充分利用延长了的生长季,增加单位面积上的产量。复种绿肥可以培肥地力,增加牲畜饲料(草),有利农牧结合^[2~3]。

2.3.2 气候变化对农业生产的不利影响

虽然近 40 a 来柴达木盆地的降水量和降水日数明显增加,但相对于盆地干旱(极干旱)的绿洲农业区而言,不会产生明显的有利影响。相反由于气温升高,热量增加导致土壤的潜在蒸散增大,使水的利用率减小,农业水分供需矛盾加剧,农业生产环境

恶化。在 1991 年、1995 年和 2001 年由于灌溉用水偏少出现了比较明显的旱灾。东部牧业区的草场在整个牧草的生育期间都存在不同程度的干旱问题,干旱灾害出现机率为 50%。在 1988 年、1995 年、1996 年、1997 年、1999 年和 2001 年旱灾对牧业生产造成了很大的损失。同时,气候要素的变率加大,气象要素的极值变化更大,农业气象灾害、气候异常现象将增加。如冰雹、洪涝等局地性的气象灾害会更加突出,农业生产的不稳定性增加,粮食产量的波动增大。

气候变暖有利于病虫害的越冬、繁殖,造成越冬虫源、菌源基数增加,加重病虫害对农牧业生产的危害程度。另一方面,病虫害的发育速度和繁殖代数加快,越冬界限北移,害虫迁飞危害范围扩大,造成农田、草场多次受害的程度增加,使得农牧业投资和成本大幅度增加。

3 对策和建议

据研究表明^[4],20 世纪 80 年代中期以来的偏暖期还将持续下去,就农业生产而言,必须注重现代科学技术与传统农业技术相结合,如温室蔬菜、薄膜育苗等措施,充分利用生长季积温增加的有利气候条件,提高对热量资源的利用率,这是灌区农业高产优质高效的关键。

气候变暖对盆地农业生态环境的影响不可低估。为了实施农业生态发展战略,使农业环境实现良性环境,实现农业可持续发展,必须加强对农业生态环境治理建设,减少降低极端天气气候事件造成的危害。气候变暖使作物蒸腾的水分消耗和土壤蒸发加剧,使土壤水分的利用率下降和病虫害影响加重,因此必须重视选育耐高温、抗病虫害的高产品种,从作物本身的生理因素上提高对外界气候条件变化的适应性。

依靠科学技术,提高对气候变化的认识,增强防灾的自觉性和主动性。增加对自然灾害的科研、监测、预报、预防的投入。在充分利用延长了的生长季的同时,也要树立抗灾、减灾意识,立足于抗灾夺丰收。

参考文献:

- [1] 汪青春.青海高原器测时期以来的气温变化特征[A].青海气象研究[C].北京:气象出版社,2002.67-70.
- [2] 陈志国,张怀刚,陈桂琛,等.青海省农业资源的比较优势与种植业机构调整的思考[A].青海生态环境与可持续发展[C].西宁:青海人民出版社,2003.12-18.
- [3] 何维勋,冯玉香.北京近 50 年代初、终霜冻日的变化[J].中国农业气象,1992,18(4):12-15.
- [4] 周陆生.青海省长期气候变化趋势及其对生态环境可能影响的初步展望[A].青海气象研究[C].北京:气象出版社,2002.57-66.

Study on Climate Change and Its Influences on Agriculture of Chaidamu Basin during Recent 40 Years

WANG Qing-chun¹, ZHANG Guo-sheng², LI Lin¹, WANG Zhi-jun¹, HU Ling³, QI Ru-ying¹

(1. Climate Data Center of Qinghai Province; 2. Qinghai Provincial Meteorological Bureau;
3. Qinghai Provincial Meteorological Science Institute, Xining 810001, China)

Abstract: Using those data such as daily mean temperature, monthly precipitation and daily minimum temperature of 6 representative weather stations in Chaidamu basin, we analysed the characteristic of climate change and its influence on agricultural production during recent 40 years. To make full use of changed agricultural climate resource and reduce the invalid influence, some suggestions were proposed.

Key words: Chaidamu basin; climate change; agricultural production; influences