

天水市 45 年气候变化特征及对林果生长的影响

姚小英^{1,2}, 朱拥军², 把多辉², 张 岩³, 马 杰², 王 彤², 杨世勇⁴

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省天水市气象局, 甘肃 天水 741000; 3. 天水市农业科学研究所, 甘肃 天水 741000; 4. 天水市果树研究所, 甘肃 天水 741000)

摘 要: 利用天水市 3 个代表气象站 1961~2005 年气象资料及历年林果资料, 分析了 45 年温度、降水、干旱指数时空变化特征及对果树生长的影响。研究表明, 20 世纪 60 年代以来, 天水市气温总体呈上升趋势, 特别是冬季气温上升较为明显, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温和高温日数自 90 年代以来明显增加, 90 年代为 40 a 来的暖期和降水的最少期, 干旱指数下降, 春旱、春末初夏旱、伏旱出现几率增多。气候变化对林果业发育期、产量品质及种植布局均带来一定影响。

关键词: 45 年气候变化; 林果生长; 天水市
中图分类号: S162.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0240-06

近百年来, 地球气候系统正经历一次以全球变暖为中心的显著变化, 给社会、经济与环境带来重要影响, 特别对农业、畜牧业以及林果业的影响巨大^[1~3]。天水市位于甘肃东南部, 地跨长江、黄河两大水系, 地理位置独特, 山峦迭嶂、河谷交错, 地形地貌复杂, 自然条件优越, 传统农业、设施农业和现代高优农业发展迅速, 林业和经济林果业种植面积大, 是甘肃省果品的主产区, 也是我国北方最佳水果生产基地之一。其花牛苹果、大地湾蜜桃、天翠大樱桃、麦积葡萄已形成知名品牌享誉省内外甚至国内外。2006 年全市果品总产量达到 6 亿 kg, 果品总产值突破 9 亿元, 林果业已成为推动当地农村经济发展的三大支柱产业之一。研究 40 余年温度、降水、干旱气候特征以及对林果生长的影响, 对了解本地气候变化特点及规律, 发展特色林果产业, 壮大林果优势名牌及新农村建设的意义极大。

1 资料来源及研究方法

根据天水市气候特点及地理位置分布状况, 将本地划分为三个气候区: 渭河谷地(以秦州区为代表)、渭北旱区(以秦安县为代表)、关山区(以清水县为代表)。利用三个代表点 1960~2005 年历年季月降水量、气温、积温、高温日数、干旱指数资料及天水市果树研究所历年果树生育期、产量及品质资料, 运用数理统计方法分析、探讨气候变化特征及对林果生长的影响。

2 温度变化特征

2.1 温度的年代际变化

天水市各地的年平均气温 20 世纪 60~80 年代为冷期, 进入 90 年代以后, 呈现一暖期, 特别是进入 21 世纪, 气温变暖趋势非常明显。40 年间各地平均气温距平上升了 $0.7^{\circ}\text{C} \sim 1.2^{\circ}\text{C}$, 以渭河谷地增幅最多, 其次是渭北旱区及关山地区。平均气温自 60 年代开始总体来说是逐年上升的, 80 年代出现回落, 关山地区回落最大, 距平值达到历史最低值, 为 -0.3°C 。90 年代至 2005 年气温上升较为迅速(图 1), 渭河谷地上升幅度最多。各地气温变化二阶主值函数呈抛物线状, 函数值如图 1 中所示, 信度均通过 0.01 检验。

2.2 温度的四季变化

四季气温的总体亦呈上升趋势, 其中以冬季气温上升最为明显。各地自 60 年代开始呈逐年上升趋势, 以渭河谷地上升幅度最为显著, 40 年上升了 2.2°C , 其余地方上升 1.7°C , 40 年间平均气温的线性增温率为 $0.4 \sim 0.55/10\text{a}$ 。尤其是进入 80 年代后期, 暖冬(季平均气温距平 $> 0.6^{\circ}\text{C}$)明显增多, 1990~2005 年仅 16 年间出现了 13 个暖冬。对天水市秦州区冬季气温变化(1942~2005)进行二次曲线拟合, 拟合方程为: $y = 0.0012x^2 - 0.0698x - 0.2527$, $R^2 = 0.2932$ (图 2)(y 为冬季平均气温二阶主值函数值, x 为年代序列, 起始值为 1, 以下类同)。其线性化后的

复相关系数 $R=0.670$, 通过 $\alpha=0.01$ 检验。

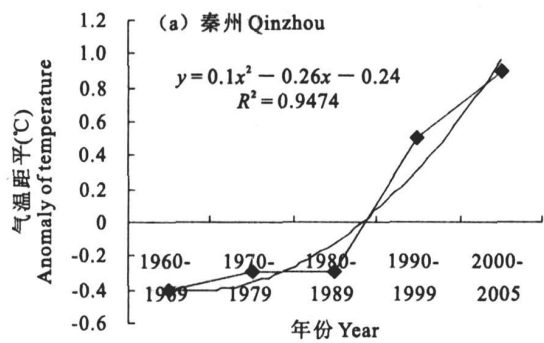


图 1a 天水市渭河谷地(以秦州为代表)
年平均气温距平 45 a 变化(℃)

Fig. 1a The variation of annual anomaly of temperature for the last 40 years in the valley and plain area of Tianshui (Making Qinzhou as an example)

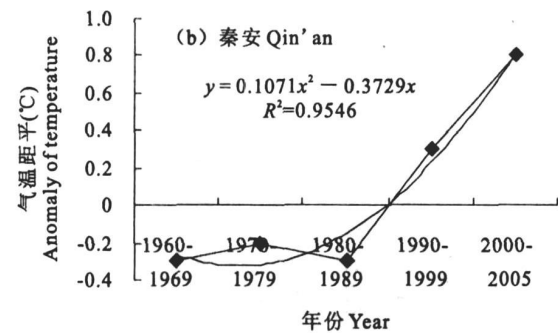


图 1b 天水市渭北旱区(以秦安为代表)
年平均气温距平 45 a 变化(℃)

Fig. 1b The variation of annual anomaly of temperature for the last 40 years in WeiBei dryland area of Tianshui (Making Qinan as an example)

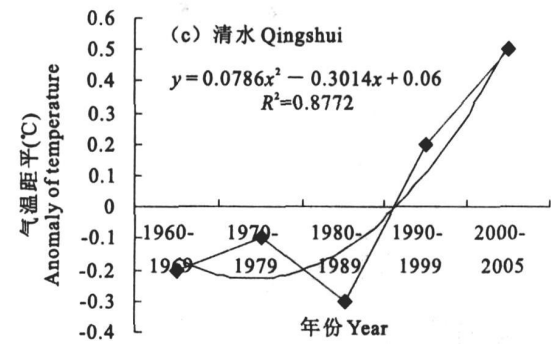


图 1c 天水市关山区(以清水为代表)
年平均气温距平 45 a 变化(℃)

Fig. 1c The variation of annual anomaly of temperature for the last 40 years in Guanshan area of Tianshui (Making Qingshui as an example)

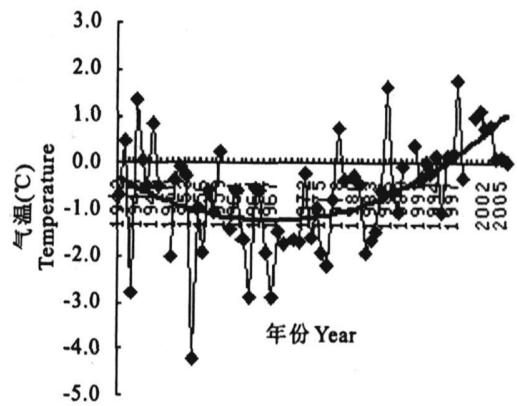


图 2 天水市秦州区冬季气温变化(1942~2005)
Fig. 2 The variation of winter temperature at Qin Zhou, Tianshui in 1942~2005

各地春、夏季气温变化趋势一致,60 年代为一暖期,70 年代变幅不大,80 年代为谷点,90 年代回升,2000~2005 年达到最高点,从 80 年代开始,涨幅春季平均 $0.8^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,夏季 $0.6^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,秋季自 60 年代以来一直呈现上升趋势(图 3)。

2.3 积温的变化

积温的变化与平均气温的变化趋势一致。负积温减少,作物主要生长期(3 月~10 月) $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 60~80 年代变化比较平稳,90 年代呈现明显的上升趋势,90 年代较 80 年代平均增长 6.2% 。对秦州历年积温(1961~2005)进行二次曲线拟和,拟合方程为: $y=0.6136x^2-19.56x+3548.9$, $R^2=0.3209$

2.4 高温日数的变化

90 年代以来, $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 及 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温日数明显增多,其中 1997 年 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 日数达 66 d, $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 日数达 8 d,均达到有气象记录以来极高值。高温日数的增多及持续时间加长加剧了伏旱的出现频数及严重程度。拟合的二阶多项式趋势线表明 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 日数 40 a 来呈上升趋势(图 4)。

3 降水的变化

3.1 降水的年代际变化

据李栋梁等人研究^[4,5],甘肃河东地区年降水量近 20~30 年以 8~9 a 周期较为明显。从天水市各地降水量年代变化中可以清楚地看到,近 40 a 的年降水量变化基本表现为 10 a 的周期震荡,以渭河谷地最为明显,60、80 年代最多,最大值为 60 年代,为 559.8 mm,70 年代、2000~2005 年次之,90 年代最小,为 460.6 mm(图 5)。

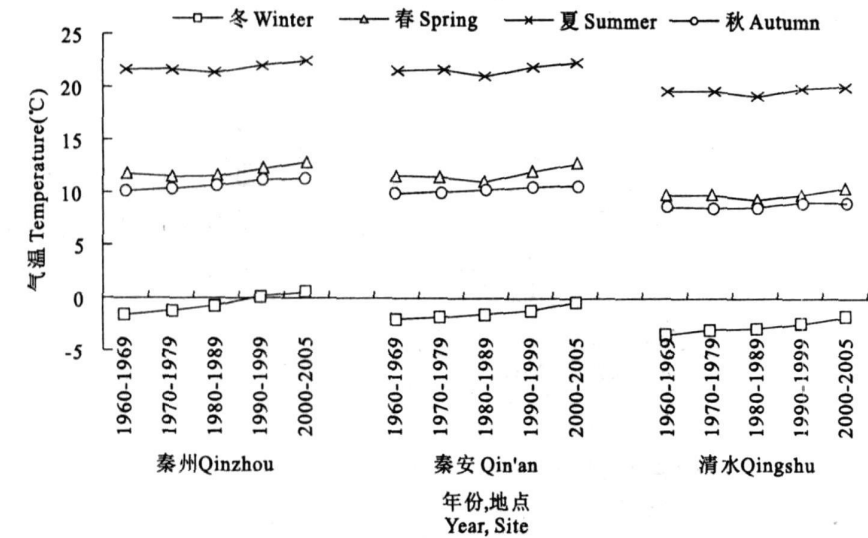


图 3 天水市各地四季平均气温年代变化

Fig. 3 The variation of four seasons temperature in Tianshui(1961~2005)

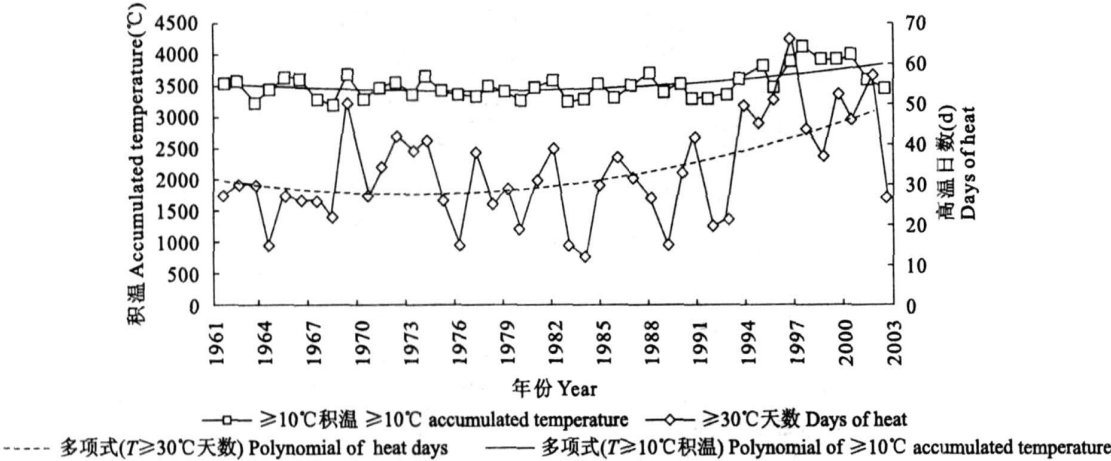


图 4 天水市秦州区积温及高温日数历年变化(1961~2005)

Fig. 4 The variation of accumulated temperature($\geq 10^{\circ}\text{C}$) and the days of heat in Tianshui(1961~2005)

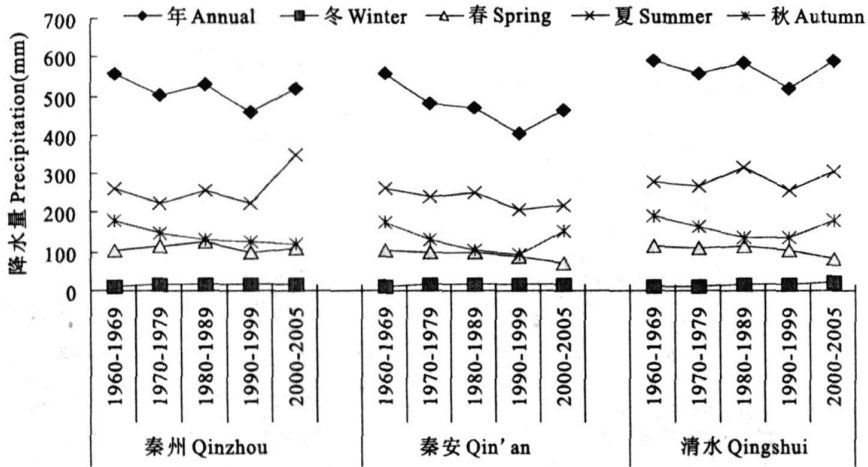


图 5 天水市各地降水量年代变化

Fig. 5 The annual variation of precipitation in Tianshui(1960~2005)

3.2 降水的四季变化

因冬季降水较少,各年代变幅较小,60年代最少,80年代及2000~2005年间最多;春季各地80年代最

多,90 年代后呈减少趋势,2000~2005 年较 80 年代渭北及关山区减少 28%,渭河谷地减少 15%;夏季各地 90 年代最少,进入 21 世纪后,有回升趋势,渭河谷地回升最为显著,达到 352.3 mm,为历史之最。秋季渭河谷地自 60 年代开始一直呈减少趋势,其他地区 90 年代达谷点,2000~2005 年呈回升态势。

4 干旱气候演变特征

4.1 干旱气候模式

根据天水市主要作物生长的关键季节,确定出四个主要关键需水时段,即 4 月上旬~5 月上旬(春旱)、5 月中旬~6 月中旬(春末初夏)、7 月中旬~8 月中旬(伏旱)、8 月下旬~10 月中旬(秋旱)。

确定天水市干旱气候模式为:

$$Y_{ij} = (R_{ij}/R_j)(M_{ij}/M_j)$$

($i = 1,2,\dots,n$,为样本长度;
 $j = 1,2,3,4,5,6$,为时段)

式中, Y_{ij} 为各时段干旱指数百分率(简称干旱指数); R_{ij} 为各时段降水总量; R_j 为对应各时段平均降水量; M_{ij} 为各时段规定标准的降水日数; M_j 为各时段规定标准的平均降水日数。

经分析研究,利用干旱指数公式计算值所确定的旱度标准如下:

- $Y_{ij} > 120\%$,定为 1 级,即多雨;
- $60\% < Y_{ij} \leq 120\%$,定为 2 级,即正常;
- $30\% < Y_{ij} \leq 60\%$,定为 3 级,即轻旱;
- $Y_{ij} \leq 30\%$,定为 4 级,即重旱。

另外规定:Y1 为春旱时段(第一时段),Y3 为春末夏初旱时段(第二时段),Y2 为伏旱时段(第三时段),Y4 为秋旱时段(第四时段)。

在各干旱时段中, M_{ij} 的统计标准则不同,在伏旱时段中以降水量 ≥ 10 mm 为统计标准,在春、初夏、秋旱时段中以降水量 ≥ 5.0 mm 为统计标准。

4.2 干旱气候演变特征

按当地农业生产需要,我们计算了三个代表站(天水、秦安、清水)的四个主要时段的干旱指数(历史资料统计年代秦州为 1942~2005 年,其他各县为 1961~2005 年)。为便于比较,将计算值立方根进行归一化处理,将干旱指数(立方根值)以 >3.9 为不早或多雨, ≤ 3.9 为旱或重旱;降水距平百分率为 $>-0.36\%$ 为正常或偏多, $\leq -0.36\%$ 为旱或重旱,得到天水市各地各主要时段干旱年际出现频次(表 1)。

表 1 天水市各主要时段干旱出现频次(1942~2005 年)
Table 1 Times of different drought in 1942~2005 in Tianshui

项 目 Items	1942~1950		1951~1960		1961~1970		1971~1980		1981~1990		1991~2000		2001~2005	
	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought	干旱 Drought	重旱 Heavy drought
秦州 Qinzhou District	Y ₁	3	1	3	1	4	2	2	1	1	4	3	4	3
	Y ₃	1		4	1	5	1	1	2	1	6	2	2	2
	Y ₂	3	2	5	1	2	6	4	3	1	7	3	1	
	Y ₄	2		5	2	3	2	1	5	2	7	2	2	1
	合计 Sum	9	3	17	5	14	11	8	11	5	24	10	9	6
秦安 Qinan County	Y ₁					3	4	2	4	2	5	2	3	2
	Y ₃					4	3	1	2		3	1	2	1
	Y ₂					1		4	3	2	7	3	1	1
	Y ₄					2	2	4	4	4	7	3	1	
	合计 Sum					10	6	15	8	13	8	22	9	4
清水 Qingshui County	Y ₁					2	1	3	2	3	4	3	3	3
	Y ₃					5	4	2	1	3	4	1	3	1
	Y ₂					1	1	5	4	2	4	2		
	Y ₄					2	1	4	1	4	4	1	1	
	合计 Sum					10	7	14	8	12	6	16	7	4

各地 90 年代干旱出现次数最为频繁,其中最多为秦州区,其次为渭北秦安。50 年代为干旱出现的第二个峰值年代,最少为 40 年代及 21 世纪。各类

干旱中,以伏旱和秋旱出现几率最高。90 年代以来,春旱出现的几率增加。

5 气候变化对林果生长的影响

5.1 对果树发育期的影响

20 世纪 90 年代以来,特别是进入 21 世纪,气温逐渐升高,而尤以冬春季气温升高明显。据果树所 1990~2004 年果树发育期平均观测资料(表 2),

因气温升高导致果树发育期普遍提前,90 年代以来天水市杏、桃、梨、苹果、大樱桃、核桃等果树花芽萌动、开花期及果实成熟期均提前 5~10 d,以关山区偏早最多,渭河流域及渭北旱区最少,相差天数为 3~5 d。

表 2 天水市主要果树物候期(月—日)
Table 2 Main fruit trees phenophase in Tianshui(m—d)

树 种 Species	品 种 Varieties	花期 Flowering				
		萌芽期 Bud	初花期 Beginning	盛花期 Peak	落花期 End	果实成熟期 Mature
苹果 Apple	天汪 1 号 Tianwang No. 1	03—13	04—14	04—19	04—22	09—25
	红富士 Red Fuji	03—18	04—17	04—21	04—24	10—26
大樱桃 Big cherry		花芽 Flower bud	叶芽 Leaf bud			
	红灯 Hongdeng	03—15	04—04	04—05	04—07	05—19
	巨红 Juhong	03—15	04—02	04—05	04—06	06—07
桃 Peach	春丰(早熟) Chunfeng(Precocious)	03—28		04—09		06—26
	春丰(晚熟) Chunfeng(Late mature)	04—03		04—14		08—20
杏 Apricot	兰州大接杏 Lanzhou Dajie		04—05	04—07		06—30
	张工园杏 Zhanggongyuan		04—06	04—05		06—30
葡萄 Grape	巨峰 Jufeng	04—13		06—04		08—23
	巨星 Juxing	04—16		06—08		08—22
核桃 Walnut	香玲 Xiangling	04—15		04—20		09—25
	丰辉 Fenghui	04—13		04—20		09—25

5.2 对产量及品质的影响

3 月中旬到 4 月下旬,为主要果树萌芽一开花期,因气候变暖,仲春气温的增高导致基础温度上升,2000~2005 年寒潮、霜冻天气出现的几率较 70、80 年代甚至 90 年代明显增多。据统计,3、4 月份的寒潮 90 年代到 2006 年出现的气候概率为 0.2~0.4 次/a,伴随寒潮,出现降雪、霜冻天气,因前期基础温度偏高,果树发育期提前,受冻能力明显减弱,使 2000 年以后的冻害危害更为严重。冻害使果树花器褐变,幼果冻裂或冻死,果品品质及产量遭受严重影响。如 2001 年 4 月 8 日的冻害,造成全市果树新叶及花器全部受冻,其中大樱桃及核桃基本绝收。2006 年 4 月 11~14 日持续冻害和霜冻,使市果树所甜樱桃、杏绝收,苹果减产 20%,元帅系 7.2%的苹果果实出现“霜环病”,21.3%的果实果面粗糙、裂果畸形,果形指数为 1.052,比未发生冻害的果实下降 8.9%,全所因冻害造成直接经济损失 50 多万元。

90 年代以来,因降水偏少,春旱及伏旱增多,春旱的加剧影响苹果、杏、栗等的正常生长,使花期缩短,受孕时间减少,孕花质量不高,直接影响到产

量^[6];伏旱的频增,特别是 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温日数的逐年增多,严重影响到苹果、核桃等果树的正常生长,造成落叶落果,果仁发育不充实,果皮干枯,枯枝等。据果树所试验资料显示,90 年代以来,因气温升高导致苹果的含糖量比 80 年代增加 0.5 个百分点,含酸量及适中硬度指标分别下降 0.3 个百分点和 0.9 kg/cm^2 。高温使产量下降,造成较为严重的经济损失。如 2006 年夏季渭北秦安县 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 高温日数达 40 d,高温干旱使全县果椒园受旱面积达 $8\,790.7\text{ hm}^2$,其中苹果 $6\,991.0\text{ hm}^2$,桃子 $1\,489.1\text{ hm}^2$,梨 310.7 hm^2 ;成灾面积 $5\,588.7\text{ hm}^2$,其中苹果 $4\,462.4\text{ hm}^2$,桃子 867.6 hm^2 ,梨 258.8 hm^2 ,共计经济损失 8378.9 万元。

因冬春气温的增高导致果树病虫越冬率提高,病虫害明显加重也是影响林果产量与品质的主要因素^[7,8]。

5.3 对果树种植布局的影响

气候变化导致极端气候事件频频出现,寒潮、霜冻、冰雹、高温干旱等气象灾害成为制约果树业发展的主要因素。根据各地光、热、水变化特征及果树生态气候综合指标,合理调整原有果树种植布局。在

城郊川道区、浅山区海拔 1 600 m 以下地区建立苹果生产基地;在城郊、川道地区建立大樱桃、葡萄生产基地;在浅山半干旱地区建立桃、梨生产基地;在 1700 m 以下半干旱地区建立核桃生产基地;在林区及林缘区建立板栗生产基地。

6 结 论

- 1) 20 世纪 60 年代以来,年平均气温经历了冷暖期的变化,自 90 年代开始,变暖趋势明显。四季气温总体呈上升趋势。其中以冬季气温上升最为明显,40 年间上升了 1.5℃~2.2℃。
- 2) 作物生长季 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 90 年代呈现明显的上升趋势,90 年代较 80 年代平均增长 6.2%, $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 高温日数 90 年代以来明显增多。
- 3) 近 40 年的年降水量变化基本表现为 10 年的周期震荡,90 年代各地出现一致性的最低值,60、80 年代最多,关山区 2000~2005 年达到最高值,为 592.7 mm,春季降水 90 年代以后基本呈减少趋势,这也是当地春旱 90 年代以后增多的主要原因,其他季节降水 90 年代达最低点,2000~2005 年有不同程度的回升。
- 4) 各地 20 世纪 90 年代干旱出现次数最多,最多为秦州区,其次为渭北秦安。50 年代为干旱出现的第二个峰值年代。最少为 40 年代及 21 世纪。各类干旱中,以伏旱和秋旱出现几率最高。90 年代以

来,春旱出现的几率增加。

5) 气候变化使果树发育期 90 年代以来普遍提前 5~8 d;同时因气候变化使得寒潮、霜冻、干旱等气象灾害及病虫害发生频繁,对果树产量及品质的影响更为剧烈。

参 考 文 献:

[1] 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.

[2] 于淑秋,林学椿,徐祥德.中国西北地区气候变化特征[C].中国气象学会气候学委员会编.新世纪气象科技创新与大气科学发展——气候系统与气候变化论文集[A].北京:气象出版社,2003.426—429.

[3] 宋连春,张存杰.20 世纪西北地区降水量变化特征[J].冰川冻土,2003,25(2):143—147.

[4] 李栋梁,等.甘肃省河东年降水量的周期变化[J].高原气象,2000,(3):20—23.

[5] 林 纾,陆登荣.近 40 年来甘肃省降水变化的特征[J].高原气象,2004,23(6):898—904.

[6] 刘德祥,董安祥,陆登荣.中国西北地区近 43 年气候变化对农业生产的影响[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):195—200.

[7] 丁 敏,黄春长.秦岭北麓平原对全球气候变暖的响应及对林果业发展的影响研究[J].自然资源学报,2003,18(2):235—239.

[8] 姚玉璧,李耀辉,张谋草,等.陇东黄土高原气候对全球变暖的响应及对林果的影响[J].南京林业大学学报,2005,29(4):157—160.

Climate changing feature and its impact on fruit development
in Tianshui in last 45 years

YAO Xiao-ying^{1,2}, ZHU Yong-jun², BA Duo-hui², ZHANG Yan³, MA Jie², WANG Tong², YANG Shi-yong⁴

(1. Key Laboratory Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key laboratory
of Arid Climate Change and Reducing Disaster of China Meteorological Administration, Lanzhou
Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. The Tianshui Meteorological Bureau, Tianshui, Gansu 741000, China;

3. The Institute of Agriculture Sciences of Tianshui, Tianshui, Gansu 741000, China;

4. Tianshui Institute of Fruit Tree, Tianshui, Gansu 741000, China)

Abstract: Based on the climate data from 1961~2005 of 3 representative meteorological stations and the data of fruit growing, the feature have been analyzed about the variation of temperature, precipitation, drought indexes and their influence to fruit tree growing in the last 45 years. The study indicates that since 1960s, the temperature has increased, especially in winter, accumulated temperature($\geq 10^{\circ}\text{C}$) and the days of heat have been increased since 1990s. The temperature was the highest and the precipitation was the lest in 1990s, the drought index dropped, spring drought, early summer drought and hot drought appeared more. The influence has been brought to fruit growing period, yield, quality, planting distribution because of climate changing.

Key words: climate changing; fruit tree growing; Tianshui