

车向军,张天峰,任继帮,等. 气候资源变化对陇东地区苹果生产的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(1):128-133.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.01.023

# 气候资源变化对陇东地区苹果生产的影响

车向军,张天峰,任继帮,路学勤,张谋草,张俊林

(甘肃省庆阳市气象局,甘肃庆阳 745000)

**摘要:**为了研究气候资源变化对陇东地区苹果生产的影响,为苹果产业健康持续发展提供理论依据,利用有代表性的气象站西峰、崆峒及麦积的气象资料,分析苹果各生长发育物候期的气象条件变化及灾害影响。结果表明,陇东地区开展苹果观测以来平均气温呈上升趋势,南部麦积的平均气温明显高于西峰、崆峒,西峰的升温趋势较快,尤其进入 21 世纪后平均气温明显上升,麦积近年来平均气温屡创新高,热量资源增加。降水的地域差异明显,西峰、麦积降水量为微弱增多趋势,崆峒增多趋势最为明显,有利缓解干旱危害。崆峒、麦积的日照为增加趋势,西峰呈减少趋势,但西峰的日照最为充足。各物候期的气候条件变化不一,花期冻害及膨大期高温干旱对苹果生产影响最大。总体来看,气候变化对陇东地区苹果生长影响的利大于弊,有利于苹果规模化、产业化发展,但部分年份灾害对苹果的产量、品质及商品率影响很大。因此,在苹果产业发展规划中要调整布局,引进优化品种,各成熟期合理搭配。在生产管理上,加强科技创新,引用新技术、新方法,有效防御气象灾害的危害,促进陇东地区苹果产业健康持续发展。

**关键词:**气候资源;平均气温;降水量;陇东地区;苹果;规模化;影响

**中图分类号:** S162.5<sup>+</sup>5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0128-06

陇东地区地处甘肃东部,为青藏高原东部黄土高原沟壑区,地形复杂,生态环境脆弱,气候变化对农业生产的影响非常大<sup>[1]</sup>。随着全球气候变化,陇东地区的农业生产气象条件亦发生相应变化,热量资源增加,农耕地延长,农业生产潜力增加<sup>[2]</sup>。陇东地区地处全国优质苹果生产带,是甘肃省的苹果栽植基地。苹果作为陇东地区主要的经济林果,栽植面积逐年增加,尤其是近年来随着产业结构调整及作物布局优化,陇东地区苹果栽植面积达 36 万 hm<sup>2</sup>。因此,研究气候资源变化对陇东地区苹果生产的影响,降低苹果生产的不确定性,配合开展苹果出口示范区创建,对于确保果农增产增收、农业生产稳定及精准脱贫有着重要的现实意义。

针对气候变化对农业的影响,许多学者作了大量的研究和分析,受全球气候变化影响,农业气候资源发生相应变化,粮食作物产量下降,苹果单位面积产量增加,生育期延长,但种植的脆弱性及因灾受损程度扩大<sup>[3-5]</sup>。西北地区是气候变暖最明显的地区之一,增温幅度明显高于全国平均增温水

平,降水年际波动增大,西北地区东部干旱趋于严重,极端天气事件频发,气候变化对作物产量的不利影响更为显著<sup>[6-8]</sup>。气候暖干化使西北地区特色作物返青提前,生长发育进程加快,旱作农业区特色作物气候产量下降<sup>[9-10]</sup>。气象因子对苹果品质及产量影响的定量化研究不充分,灾害天气增多,种植风险增加<sup>[11-12]</sup>。气候变化背景下我国粮食生产安全已受到严重挑战,2020—2050 年我国农业生产将受到气候变化的严重威胁<sup>[13-14]</sup>。因此,本研究从气候资源开发利用方面分析陇东黄土高原气候变化特征及对果业生产的影响,为该地果业生产应对气候变化、充分利用气候资源提供理论决策依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

综合考虑陇东地区的地形地貌、气候特点,选取甘肃省庆阳市西峰区代表东部平塬沟壑地形、平凉市崆峒区代表西部残塬山川地形、天水市麦积区代表南部丘陵河谷地形。以这 3 个气象观测站的气象观测资料为研究对象。

### 1.2 方法

陇东地区为温带大陆性气候,属半湿润农业气候区,气温南部高于北部,降水量南部多于北部,气候垂直差异明显。雨季集中,分布不均,雨热同季,

收稿日期:2019-05-06

基金项目:甘肃省气象局气象科研项目(编号:GSMACg2018-15)。

作者简介:车向军(1971—),男,甘肃庆城人,工程师,主要从事农业气象应用与研究。Tel:(0934)8213784;E-mail:cxj\_z@tom.com。

光照资源丰富,气温日较差大,适宜大力发展经济林果业。据西峰农业气象试验站苹果观测资料分析,陇东地区苹果一般早春 3 月气温通过 0 ℃即可萌动,10 月中旬果实采收完毕。因此,本研究的时间范围为 3—10 月中旬。

本研究利用陇东地区 1980—2018 年西峰区、崆峒区、麦积区的逐月平均气温、降水量资料来分析苹果生长物候期的萌芽期(3 月)、开花期(4 月)、果实膨大期(5—9 月上旬)、着色期(9 月中下旬)及成熟采收期(10 月上中旬)<sup>[15]</sup>的气候变化情况,通过 Excel 2003 软件进行数据制图及统计分析,研究气

候变化对苹果生产的影响。

2 气候变化对苹果生长的影响分析

2.1 气候变化的总体特征

根据陇东地区有苹果物候观测(1980 年开始)以来气象资料(表 1)分析,平均气温呈上升趋势,其中南部麦积的平均气温明显高于西峰、崆峒 1.9 ℃,西峰的平均气温较低,但升温趋势较快,为 0.69 ℃/10 年。3 地升温幅度均大于全国年平均升温幅度<sup>[16]</sup>,且变化具有趋同性。进入 20 世纪后,平均气温明显上升,尤其是麦积近年来的平均气温屡创新高。

表 1 1980 年以来西峰、崆峒、麦积的气温、降水量、日照时数的年代变化情况

时间	气温(℃)						降水量(mm)						日照时数(h)					
	崆峒		西峰		麦积		崆峒		西峰		麦积		崆峒		西峰		麦积	
	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平	实况	距平
1980—1990 年	13.9	-0.8	13.7	-1.0	16.0	-0.6	481.1	1	530.4	4	528.6	7	1 543.4	-71.6	1 659.4	-24.1	1 400.3	-48.4
1991—2000 年	14.5	-0.2	14.4	-0.3	16.5	-0.1	438.3	-8	449.4	-12	435.4	-12	1 661.0	46.0	1 747.1	63.6	1 518.6	69.9
2001—2010 年	15.2	0.5	15.2	0.5	16.8	0.2	461.9	-3	515.4	1	479.4	-3	1 670.3	55.3	1 683.7	0.2	1 452.9	4.2
2011—2018 年	15.3	0.6	15.6	0.9	17.4	0.8	535.4	12	552.2	8	535.9	9	1 586.7	-28.3	1 636.9	-46.6	1 422.9	-25.8
平均	14.7		14.7		16.6		476.3		510.3		493.6		1 615.0		1 683.5		1 448.7	

在降水量方面,西峰、麦积整体上为微弱增多趋势,崆峒增多趋势最为明显,为 13.3 mm/10 年,且 1990 年以来持续增加。降水量的变化趋势与西北地区变化趋势不一致<sup>[17]</sup>,表现为地域差异明显。多年平均降水量以西峰最多,为 510.3 mm,崆峒最少,为 476.3 mm,各地降水量年际差异较大。

日照时数的整体变化特征是崆峒、麦积为增加趋势,分别为 11.0、3.1 h/10 年,西峰呈减少趋势,为 -13.3 h/10 年。西峰的日照最为充足,麦积的日照时数最少。2011 年以来,日照均为偏少变化趋势,与陈少勇等的研究结论<sup>[18-19]</sup>一致。

2.2 气候变化对苹果生长的影响

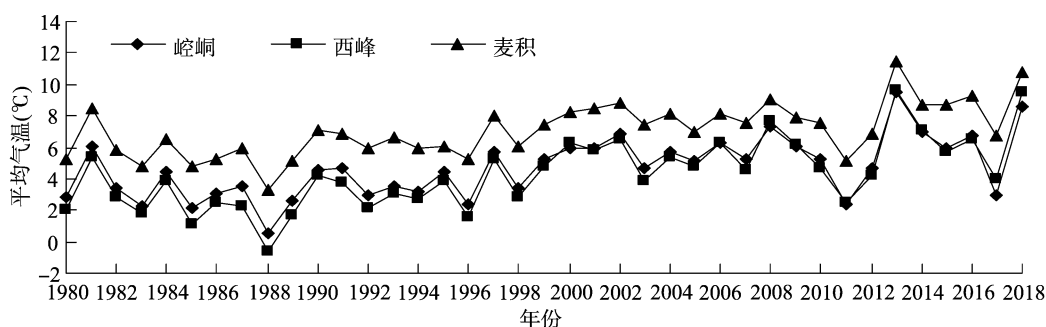
苹果是甘肃省陇东地区的支柱产业,位居三大支柱产业之首,是陇东地区大力发展的经济作物。近年来,由于地方政府的重视及农业产业结构调整,苹果栽植面积及产量逐年增加,但农户的收益不很稳定,主要是由于苹果生育期气候年际变率大、花期冻害、持续阴雨及膨大期干旱高温对苹果产量及品质影响明显,气候变化对苹果生长发育有着重要的影响作用<sup>[20]</sup>。

2.2.1 苹果萌动期(3 月)的气候特征 初春 3 月,气温回升,日平均气温稳定通过 0 ℃,果树解除休眠期,萌动开始,进行萌芽。由图 1-a、图 1-b 看出,20 世纪 80 年代苹果树萌动期 3 月平均气温呈下降

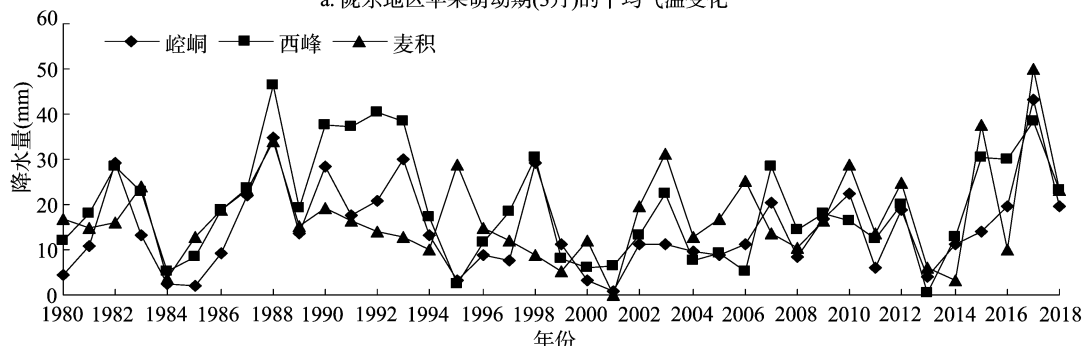
趋势,20 世纪 90 年代到 21 世纪初气温呈上升趋势,近 10 年来气温变率(平均最高气温与平均最低气温的差)明显增大,最大变率达 7.1 ℃,且崆峒、西峰 2011、2017 年 2 次月平均气温 < 3 ℃,苹果萌动期延长,花期推迟。西峰降水量呈偏少趋势,崆峒、麦积呈偏多趋势,各地变化不一。初春土壤解冻,失墒迅速,易发生干旱,降水偏多有利于叶芽、花芽数量增加,提高坐果率。

2.2.2 苹果花期(4 月)的气候特征 苹果开花期抗寒能力下降,遭受冻害的风险增大,尤其是近年来随着全球气候变暖,陇东各地气温均呈上升趋势(图 2-a),增温幅度为西峰 > 崆峒 > 麦积,苹果开花期呈偏早趋势,遭遇强降温寒潮天气,受灾严重,如 2018 年陇东地区 3 月份气温异常偏高,苹果花期比历年提前 11 d,且遭受了强降温天气,花期出现了严重冻害,使中心花、顶花丧失活力而干枯,子房冻死,个别果园减产 50% 以上,果农损失惨重。近 10 年来,苹果花期气温变幅相对缩小,但晚霜冻害天气频发。

苹果花期降水量呈增多趋势(图 2-b),增加幅度为麦积 > 西峰 > 崆峒。由于陇东地区是雨养农业,春季干旱多发频发,部分年份 4 月降水量不足 10 mm,易造成果花因缺水而脱落及落果,降低坐果率。未来降水量增加,花期干旱程度将有所减轻。

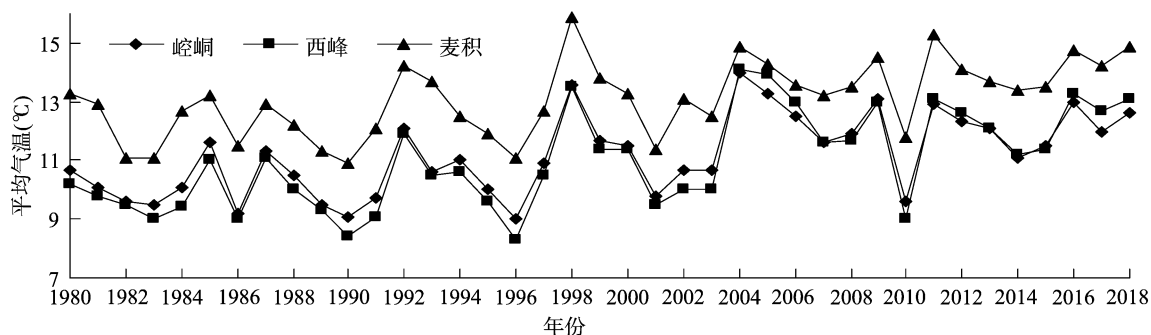


a. 陇东地区苹果萌动期(3月)的平均气温变化

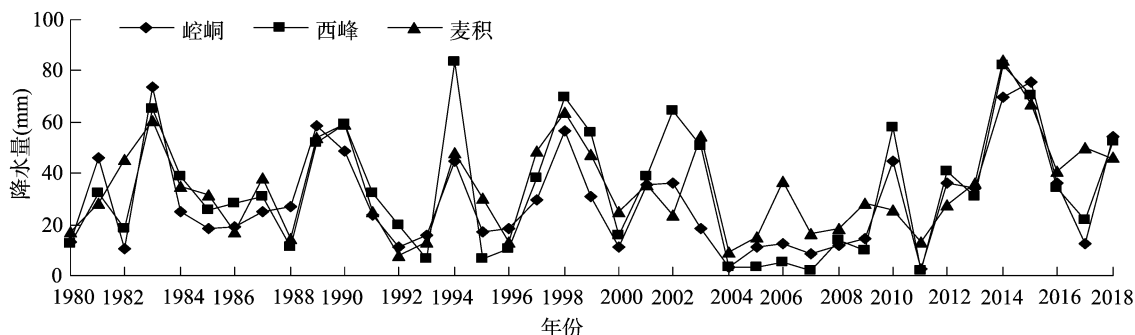


b. 陇东地区苹果萌动期(3月)的降水量变化

图1 1980—2018 年陇东地区苹果萌动期(3月)的平均气温和降水量变化



a. 陇东地区苹果花期(4月)的平均气温变化



b. 陇东地区苹果花期(4月)的降水量变化

图2 1980—2018 年陇东地区苹果花期(4月)的平均气温和降水量变化

同时,在降水偏多年份,花期有时遭遇持续低温阴雨天气,影响苹果开花授粉,造成有花无果,并易发生霉心病。果园湿度大时,易发生腐烂病、褐斑病、轮纹病、斑点落叶病。

### 2.2.3 苹果膨大期(5—9月上旬)的气候特征 苹

果膨大期是苹果产量形成的关键时期,也是为下一年产量打下基础的重要时期。崆峒、西峰、麦积的光热条件能满足苹果膨大的正常生长需求,高温和降水量是苹果膨大期生长的主要气候影响因素。各地苹果膨大期降水量年际变率大且分布不均(图

3-a), 大多数年份降水偏少, 其中西峰降水偏少年份最多, 达 56%, 崆峒降水偏少年份最少, 为 41%。因此, 陇东地区易发生干旱, 有时春末初夏旱、伏旱、秋旱接连出现, 对苹果的膨大生长造成极为不利的影响。而且伏旱天气往往伴随高温天气 (图 3-b), 高温又助推干旱加速发展, 使苹果膨大

生长受阻, 果个偏小或生理落果。高温天气还造成苹果表面灼伤、皴裂等, 严重影响当年的苹果品质和产量。麦积最高气温  $\geq 35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  的日数出现频繁, 更易造成苹果表面“灼伤”。未来最高气温呈上升趋势<sup>[21]</sup>, 高温干旱将同时影响新梢生长和花芽的形成, 制约着来年的花芽数量及质量。

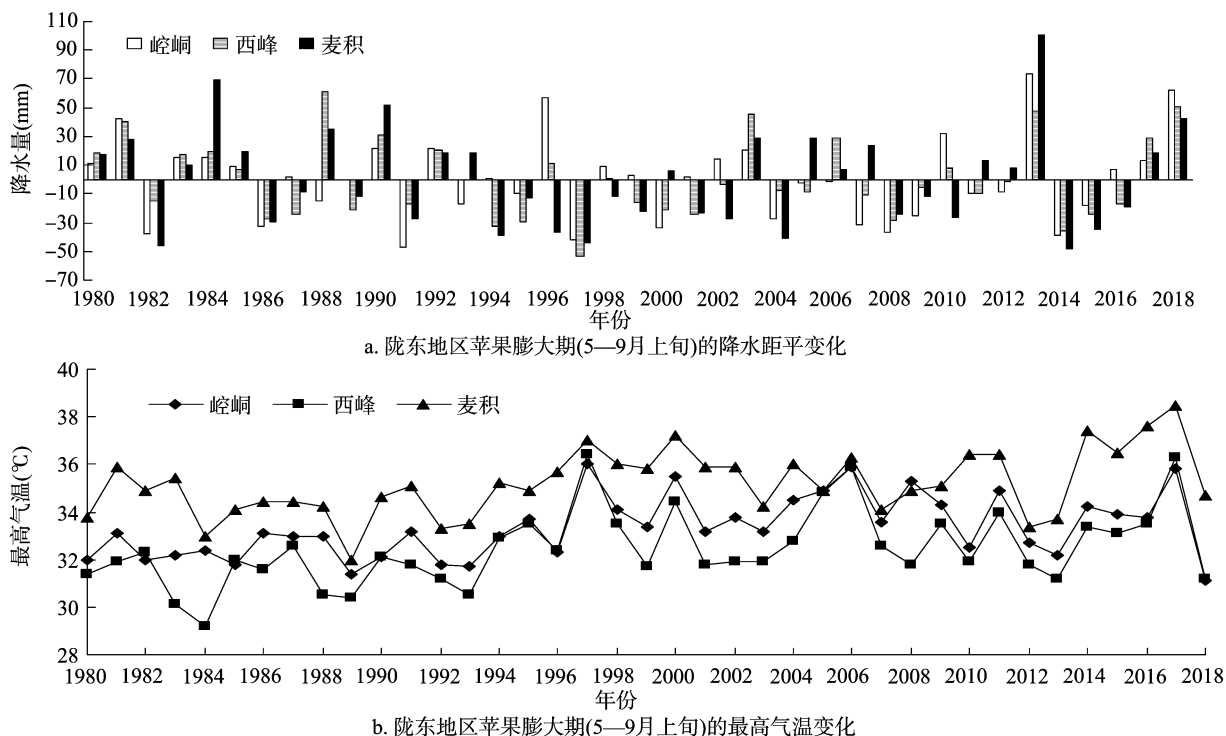


图3 1980—2018年 陇东地区苹果膨大期(5—9月上旬)的降水量距平和最高气温变化

2.2.4 苹果着色期(9月中下旬)的气候特征 9月中旬, 苹果解袋后进入着色期, 充足的光照、较低的温度及较大的温差有利于苹果着色<sup>[22]</sup>。陇东各地苹果着色期日照时数呈减少趋势(图4-a), 尤其是进入21世纪以来各地日照时数持续偏少。据气象资料分析, 日照偏少主要是阴雨雾天气造成的。阴雨雾使苹果着色缓慢或不着色, 也造成苹果表面光泽度降低, 风味变差。

苹果着色期的平均气温以  $10\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  为宜, 平均气温低、昼夜温差大有利于增糖增色。着色期各地平均气温均在适宜范围之内, 西峰的平均气温最低且温差较大, 对果实着色最为有利, 果实糖度较大。

2.2.5 苹果成熟采收期(10月上中旬)的气候特征

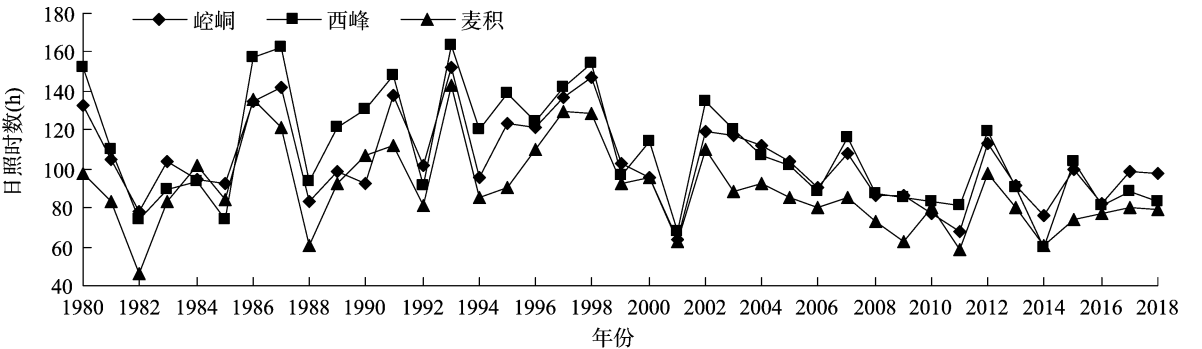
苹果成熟采收期亦需要充足的光照及晴好的天气, 为适时采收储存及上市创造一个良好的天气条件。由图5可知, 苹果成熟采收期大多数年份降水较少、光照充足, 利于及时采收。个别年份采收期出现了持续阴雨, 尤其是2017年西峰区出现了14 d

的阴雨天气, 降水量达  $114.5\text{ mm}$ , 苹果着色差, 水锈明显, 出现斑点病害, 采收期推迟, 不利于储存。

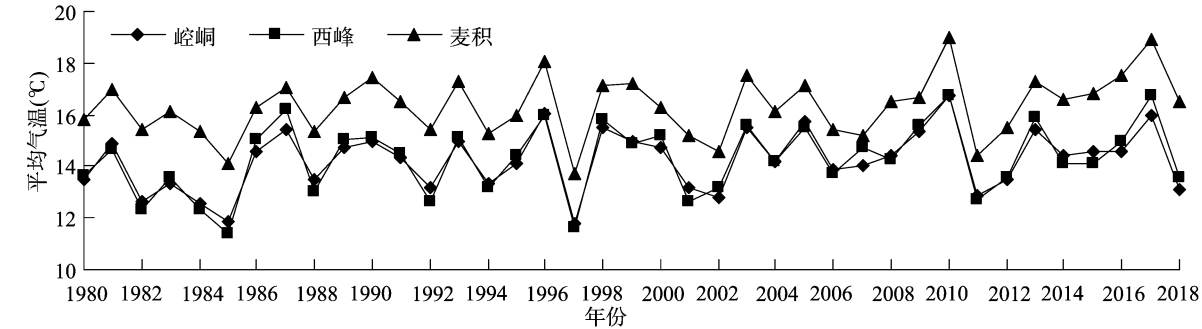
### 3 讨论与结论

陇东地区苹果生长发育期内平均气温呈上升趋势, 麦积的平均气温最高, 西峰的升温趋势最为明显, 且各地的增温幅度均大于全国平均增温幅度, 热量资源增加。在降水量方面, 崆峒呈增多趋势, 西峰、麦积为微弱增多趋势, 大体与翟盘茂等分析的西北地区降水量增加结果<sup>[23]</sup>相一致, 但小于西北地区平均增加幅度, 且各地差异明显。在日照时数方面, 崆峒、麦积为增加趋势, 西峰为减少趋势, 近10年来各地日照时数均偏少。

气象条件的变化对苹果各个生长发育阶段的影响不同, 影响最大的是花期和膨大期生长。苹果花期各地气温均呈上升趋势, 气温偏高年份花期提前。降水量呈增多趋势, 未来降水量增加, 干旱程度将有所减轻。花期持续阴雨天气影响果花授粉,

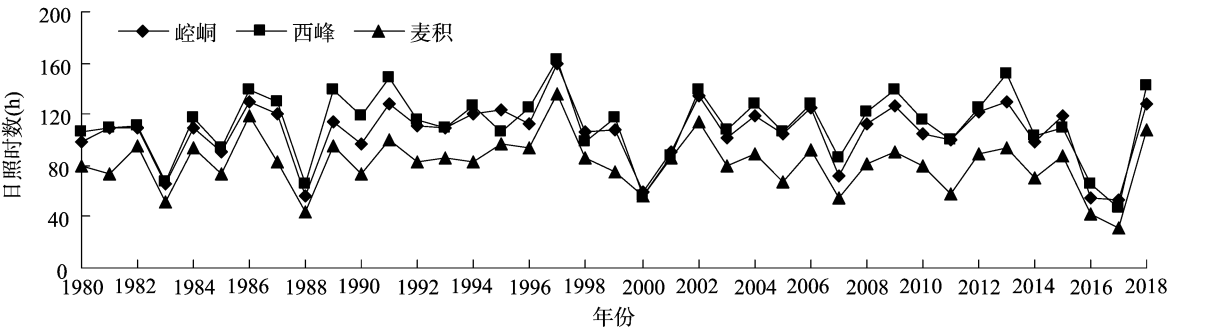


a. 陇东地区苹果着色期(9月中下旬)的日照时数变化

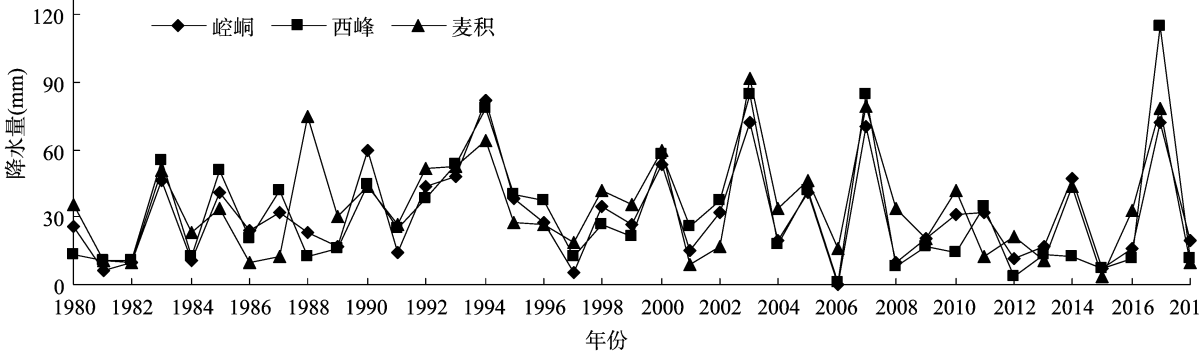


b. 陇东地区苹果着色期(9月中下旬)的平均气温变化

图4 1980—2018 年陇东地区苹果着色期 (9 月中下旬)的日照时数和平均气温变化



a. 陇东地区苹果成熟采收期(10月上中旬)的日照时数变化



b. 陇东地区苹果成熟采收期(10月上中旬)的降水量变化

图5 1980—2018 年陇东地区苹果成熟采收期 (10 月上中旬)的日照时数和降水量变化

易产生霉心病;苹果膨大期是需水的关键时期,其中5—6月是需水临界期,雨水不足制约新梢生长和花芽的形成,影响着来年的花芽数量及质量。大多

数年份降水能满足苹果膨大生长需水要求,光照充足,利于果肉细胞裂变,果实加速生长。但降水年际变率大,分布不均,是影响果品质量的主要因素。

麦积易出现  $\geq 35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  的高温天气,使果实呼吸加剧,光合作用效率降低,并使果实“灼伤”。

气候变化对陇东地区苹果生长的利大于弊,气候温和,雨量适中,光照充足,昼夜温差大,有利于苹果的生产,果农收益好,但部分年份降水量分布不均、灾害频繁发生,尤其是花期遭受冻害、膨大期的高温干旱对苹果的产量、品质及商品率影响很大,灾害重的年份果农损失较大,个别年份管理不当可造成损失过半。

通过近年当地政府的着力打造及宣传,陇东苹果的品牌效应及市场地位在全国逐年提升,创造的经济价值逐年攀升,为促进当地产业结构调整、生产稳定及精准脱贫起到了重要作用。尽管受全球气候变化及气象灾害影响,陇东地区仍是全国苹果生产的优生区,要适应气候变化,根据地域、地形、地貌及气候特点,继续巩固和扩大苹果栽植。在生产中要调整布局,引进优化品种,在南部丘陵河谷地发展中、晚熟耐寒抗高温品种,在东部平原沟壑区及西部残塬山川区发展早、中、晚熟抗低温冻害品种,并合理搭配。在生产管理上,加强科技创新,科学、有效地试验新技术、新方法<sup>[24]</sup>,提升应对气候变化能力<sup>[25]</sup>,有效防御春季低温冻害、冰雹及伏期高温干旱的危害,促进陇东地区苹果产业健康持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 赵红岩,张旭东,王有恒,等. 陇东黄土高原气候变化及其对水资源的影响[J]. 干旱地区农业研究,2011,29(6):262-268.
- [2] 车向军,周忠文,张谋草,等. 陇东黄土高原地区热量资源分布演变分析及对农业生产的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(32):221-226.
- [3] 刘彦随,刘玉,郭丽英. 气候变化对中国农业生产的影响及应对策略[J]. 中国生态农业学报,2010,18(4):905-910.
- [4] 白秀广,陈晓楠,郑少锋. 气候变化对苹果主产区单产及单产增长的贡献研究[J]. 中国农业大学学报,2005,20(4):82-91.
- [5] 白秀广,李纪生,霍学喜. 气候变化与中国苹果主产区空间变迁[J]. 经济地理,2015,35(6):130-137.
- [6] 翟盘茂,邹旭恺. 1951—2003 年中国气温和降水变化及其对干旱的影响[J]. 气候变化进展研究,2005,1(1):16-18.
- [7] 姜彤,李修仓,巢清尘,等. 《气候变化 2014:影响、适应和脆弱

- 性》的主要结论和新认知[J]. 气候变化研究进展,2014,10(3):157-166.
- [8] 徐超,杨晓光,李勇,等. 气候变化背景下中国农业气候资源变化Ⅲ. 西北干旱区农业气候资源时空变化特征[J]. 应用生态学报,2011,22(3):763-772.
- [9] 邓振镛,张强,王润元,等. 西北地区特色作物对气候变化响应及应对技术的研究进展[J]. 冰川冻土,2012,34(4):855-862.
- [10] 郭建平. 气候变化对中国农业生产的影响研究进展[J]. 应用气象学报,2015,26(1):1-11.
- [11] 段晓凤,张磊,金飞,等. 气象因子对苹果产量、品质的影响研究进展[J]. 中国农学通报,2014,30(7):33-37.
- [12] 陈鹏狮,米娜,张玉书,等. 气候变化对作物产量影响的研究进展[J]. 作物杂志,2009(2):5-9.
- [13] 赵俊芳,郭建平,马玉平,等. 气候变化背景下我国农业热量资源的变化趋势及适应对策[J]. 应用生态学报,2010,21(11):2922-2930.
- [14] 莫伟强,黎伟标,许吟隆,等. 中国地面气温和降水变化未来情景的数值模拟分析[J]. 中山大学学报(自然科学版),2007,46(5):104-108.
- [15] 国家气象局编定. 农业气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,1993.
- [16] 张强,邓振镛,赵央东,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.
- [17] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(Ⅰ):中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2006,2(1):1-5.
- [18] 陈少勇,张康林,邢晓宾,等. 中国西北地区近 47 年日照时数的气候变化特征[J]. 自然资源学报,2010,25(7):1142-1152.
- [19] 黄小燕,张明军,王圣杰,等. 西北地区近 50 年日照时数和风速变化特征[J]. 自然资源学报,2011,26(5):826-835.
- [20] 王位泰,张天峰,蒲金涌,等. 甘肃陇东苹果春季生长对终霜冻变化的响应特征[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(4):227-230.
- [21] 王菱,谢贤群,苏文,等. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响[J]. 自然资源学报,2004,19(3):337-343.
- [22] 杨双晓,张程,李祥. 影响陕西渭北套袋红富士着色不良的因素分析与改进措施[J]. 山西果树,2016(6):21-22.
- [23] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化[J]. 地理学报,2003,58(增刊 1):1-10.
- [24] 邓振镛,张宇飞,刘德祥,等. 干旱气候变化对甘肃省干旱灾害的影响及防旱减灾技术的研究[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(4):94-99.
- [25] 张志强. 加强应对气候变化能力建设的思考[J]. 环境保护,2019,47(1):14-19.