

刘志超,孙智辉,雷延鹏. 黄土高原丘陵沟壑区春季温度变化对苹果花期冻害的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(13):131-136.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.026

黄土高原丘陵沟壑区春季温度变化 对苹果花期冻害的影响

刘志超, 孙智辉, 雷延鹏

(陕西省延安市气象局,陕西延安 716000)

摘要:统计分析黄土高原丘陵沟壑区(以延安为例)12个县(市、区)2000—2020年的春季温度资料,结果表明,延安春季温度变化平缓,但3月温度上升明显且年度变化剧烈,导致近年苹果花期异常,是近年苹果冻害加重的主要原因。延安春季升温过程中,从气候平均情况来看,容易出现3月下旬初、4月9—12日、4月20—26日、5月上旬末至中旬初等4个降温时段,形成4—5月苹果花期冻害的3个主要时段。分时段苹果花期冻害风险分析结果表明,黄河沿岸延川县、宜川县,西北部吴起县、志丹县为花期冻害低风险区;子长市、延长县、黄陵县为中风险区;洛川县、富县、宝塔区、安塞区为高风险区。

关键词:春季温度;苹果冻害;黄土高原丘陵沟壑区;延安

中图分类号: S426 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)13-0131-05

延安位于陕北黄土高原丘陵沟壑区,由于土层深厚,海拔800~1 100 m,光照充足,昼夜温差大,有利果实积累糖分,是世界苹果最佳优生区之一。苹果个大、色艳、细脆、香甜,耐贮运、无污染。截至2019年底,延安有苹果面积26.19万 hm^2 ,产量349.8万 $\text{t}^{[1]}$,是农民脱贫奔小康的支柱性产业。2000年以来,苹果遭受了7次严重花期冻害天气^[2],特别是2013、2018、2020年的冻害,对产量和品质影响巨大。针对苹果冻害天气,早期研究比较偏重于冻害指标修订^[3-4]、气象指数^[5-7]、风险区划和预防试验^[8-14]。本研究拟对延安2000年以来春季温度变化进行分析,并进行苹果花期冻害风险分析,提升延安苹果应对自然灾害的能力。

1 资料与方法

气象资料由延安市各县(市、区)气象站提供,延安温度由12个气象站数据平均求得,稳定通过温度界限日期采用5天滑动平均法^[15]。苹果产量由延安市果业服务中心提供,冻害资料来源于文献和

实地调查数据。分析方法采用对比分析等数理统计方法。

按照气象学关于季节的划分标准,3—5月为春季。时间段选定从2000年开始,主要考虑一是在20世纪中后期发生了春季增温突变^[15];二是从2000年以来,可查阅到关于苹果花期冻害的记录;三是2000年以后延安苹果种植面积和产量大幅度增加,面积由10万 hm^2 增加到近27万 hm^2 ,产量由50万 t 增加到350万 t ,成为我国苹果的主要产区,延安的主导产业。

2 温度数据分析

2.1 平均温度

延安市春季平均温度(2000—2020年)为11.6℃,3月平均温度5.5℃、4月平均温度12.2℃、5月平均温度17.2℃。西北的吴起最冷,为10.2℃,黄河沿岸的延安最暖,为13℃(图1)。延安市春季平均最高温度为20.1℃,3月最高温度14.1℃、4月最高温度20.8℃、5月最高温度25.4℃。延安市春季平均最低温度为4.4℃,3月最低温度-1.1℃、4月最低温度4.7℃、5月最低温度9.7℃。春季平均温差为15.7℃,3月平均温差15.2℃、4月平均温差16.1℃、5月平均温差15.7℃,其中4月最大,3月最小。

收稿日期:2020-10-27

基金项目:陕西省延安市科技创新团队建设项目(编号:2018CXTD-02);陕西省延安市科技计划(编号:SL2019ZC SC-002)。

作者简介:刘志超(1978—),男,河北唐山人,硕士,副高级高工,主要从事应用气象和气象灾害影响分析研究。Tel:(0911)2294762;
E-mail:459036687@qq.com。

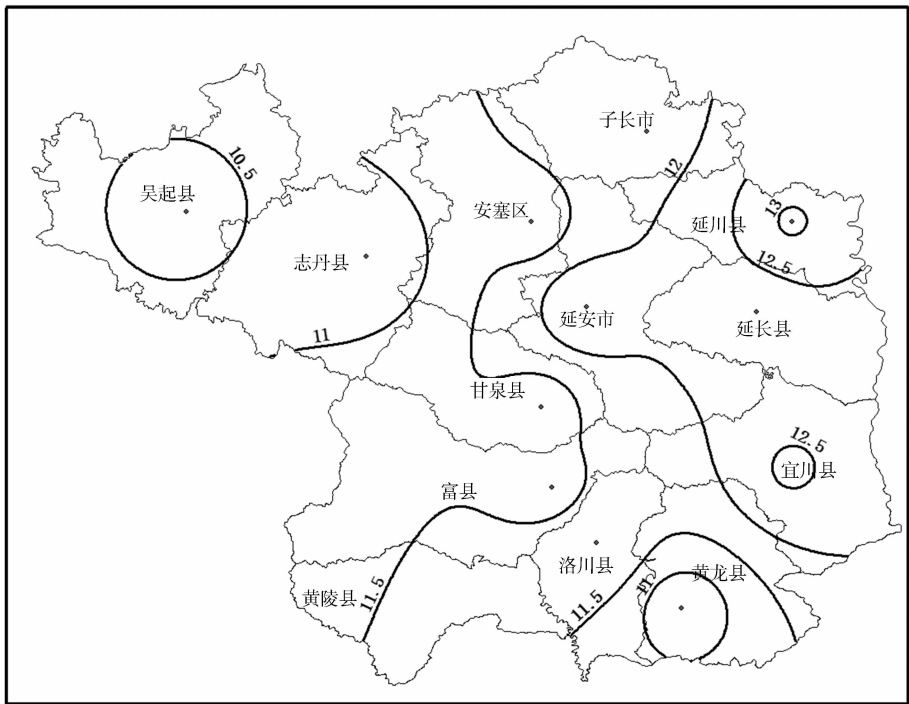


图1 延安 2000—2020 年春季平均温度分布

2.2 温度年变化

2.2.1 平均温度 由图 2 可见,2000 年以来,延安春季温度变化比较平缓。2009 年以前,年春季温度变幅小,2010 年以后,年春季温度变化剧烈。最低值出现在 2011 年,为 10.2 ℃,最高值出现在 2018 年,为 13 ℃。不同月份变化趋势不同。3 月、4 月温

度有缓慢上升趋势,而 5 月呈现明显下降趋势,下降幅度达到 0.8 ℃/10 年。2010 年以后,3 月温度变化比较剧烈。说明 2010 年春季温度剧烈变化主要是由 3 月温度变化影响的。

2.2.2 平均最高温度 由图 3 可见,2000 年以来,延安春季平均最高温度有缓慢上升趋势。与月平

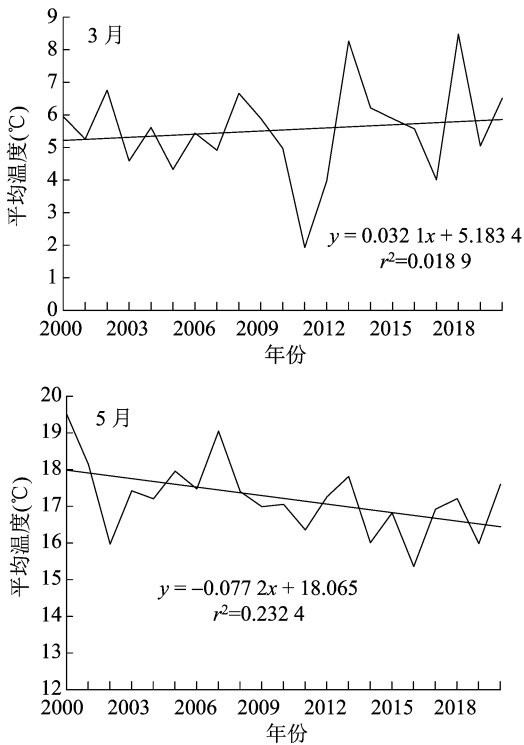
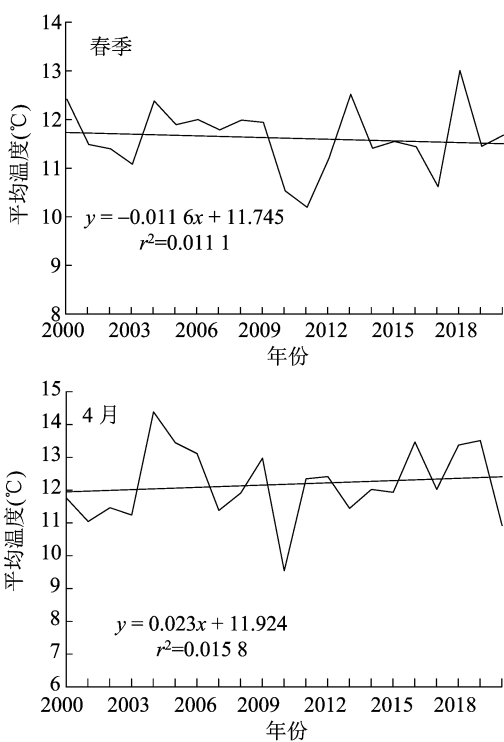


图2 延安春季平均温度年变化情况

均温度变化相似,3 月平均最高温度上升趋势最为明显,幅度达到 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$,且 2010 年以后,温度变化比较剧烈;4 月平均最高温度有较明显上升趋势,幅度达到 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$,而 5 月呈现下降趋势,降幅仅为 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。

2.2.3 平均最低温度 由图 4 可见,2000 年以来,延安春季平均最低温度有弱的下降趋势。不同月份,表现明显不同,3 月平均最低温度为弱的下降,降幅 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$,4 月变化平缓,而 5 月明显下降,降幅达到 $0.8\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ 年}$ 。

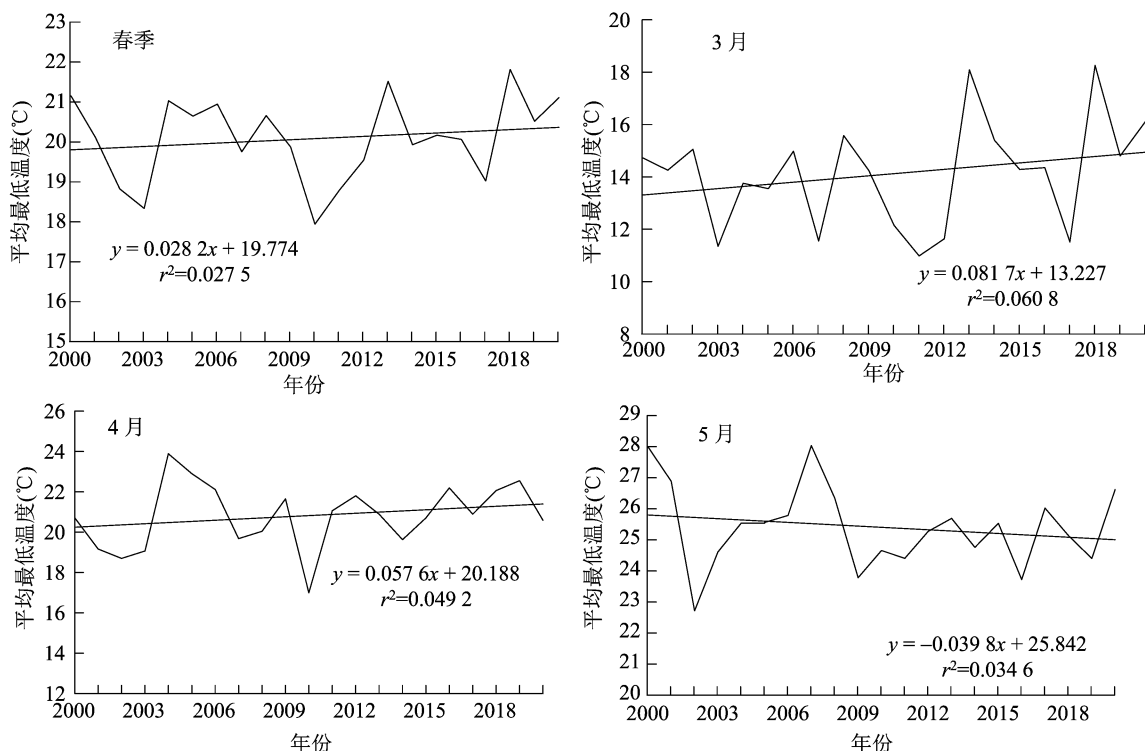


图3 延安春季平均最高温度年变化情况

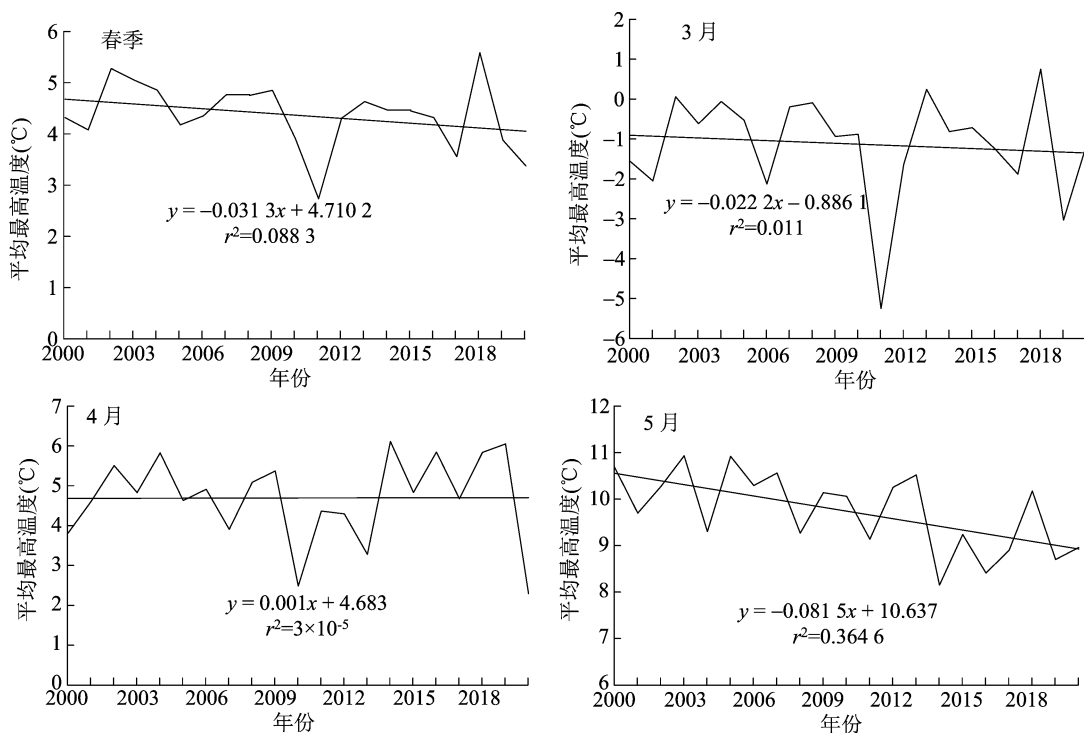


图4 延安春季平均最低温度年变化情况

总体看,3 月平均最高温度明显升高,平均最低温度略有降低,说明日较差在增大。4 月平均最高温度升高,平均最低温度不变,日较差也在增大。5 月平均最高温度和平均最低温度均在下降,但最低温度降幅略大,日较差也在增大。

2.3 春季升温

由图 5 可见,延安 2000—2020 年春季平均温度从 3 月初的 1℃ 升高至 5 月底的 19℃,升温幅度达到 18℃,日均升温接近 0.2℃。3 月升温最大,升温幅度达到 9.5℃,日均升温 0.3℃;4 月升温 6℃,日均升温 0.2℃;5 月升温幅度最小,日均升温 0.1℃。

延安春季温度波动上升。从气候平均情况来看,温度容易出现几个降低时段,一是 3 月 21—25 日,日平均气温下降 1.5℃。二是 4 月 1—12 日,这一时段温度基本没有上升,变化平缓;在 4 月 1—2 日,日平均气温下降 1℃,出现低谷;4 月 9—12 日,出现另一个低谷,日平均气温也下降了 1℃。三是 4 月 20—26 日,日平均气温降低 1.2℃。四是 5 月 6—13 日,日平均气温降低 2℃。5 月 14 日以后,温度平缓上升。

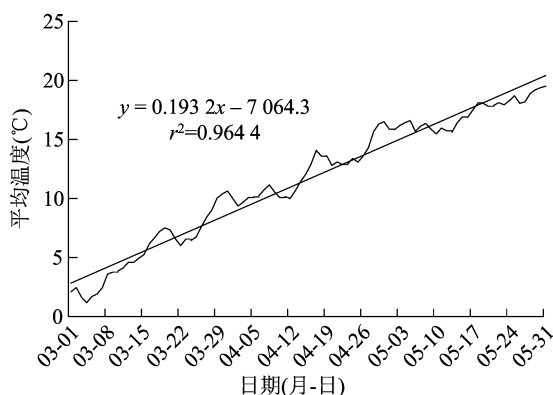


图5 延安 3—5 月平均气温变化情况

2.4 界限温度变化

农业界限温度又称指标温度,表明某些重要物候现象或农事活动开始、终止的温度。分析界限温度变化就是分析日平均温度稳定通过日期的变化及累积量变化。根据苹果生物学特性,当日平均气温上升到 3℃ 以上,苹果地上部分开始活动,气温在 5℃ 以上开始萌芽,8℃ 左右开始生长,15℃ 以上进入活跃期,萌芽适宜温度为 10~15℃^[16]。苹果的产量、品质、花期与 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温有很大的关系^[17]。根据研究,延安苹果生物学零度值为 2.9℃,在花期预报和业务服务中使用通过 3℃ 日

期和积温更恰当^[18-21]。

2.4.1 界限温度初日 延安稳定通过 3℃ 日期在 3 月 8—16 日,全市大部县出现时间非常接近,包括黄河沿岸的延川县、延长县、宜川县,南部洛川县、黄陵县、富县、黄龙县,以及宝塔区、安塞区、子长市等地,平均日期在 3 月 8—10 日,只有西北部的志丹县、吴起县偏晚,吴起县出现在 3 月 16 日,志丹县是 3 月 13 日。

稳定通过 10℃ 日期在 4 月 8—19 日,与通过 3℃ 日期相比,总体来看基本相差 1 个月。但不同地区有所差异,黄河沿岸延川县、延长县、宜川县和西北部的吴起县、志丹县这 5 个地区二者之间相差 1 个月,其他地区洛川县、富县、甘泉县、安塞区、子长市、宝塔区等通过 10℃ 日期集中在 4 月 13—15 日,是由于 4 月上旬末中旬初的降温影响的。黄龙县虽然在延安南部,但地处林区,受降温和环境双重影响,通过 10℃ 日期偏晚,在 4 月 17 日。

2.4.2 初日变化 受春季升温的影响,通过 3℃ 日期具有明显提前趋势,平均 5 d/10 年。通过 10℃ 日期总体呈提前趋势,但可以分为 2 个阶段,2013 年前为明显提前,2013 年后有推迟迹象。温度升高,界限温度日期提前,苹果花芽萌动、花开放等物候提前。统计洛川县苹果初花日发现,2001—2005 年平均在 4 月 14 日,2013—2020 年平均在 4 月 11 日,提前了 3 d。

3 花期冻害风险分析

由于苹果花前气温升高,特别是 3 月平均最高温度升高,稳定通过界限温度日期提前,导致苹果物候提前,另外,3 月温度年际之间波动加大,有的年份温度异常偏高,导致花期异常提前,这些因素均提升了遭受冻害风险。分析延安苹果花期冻害风险是十分必要的。

2000 年以来,延安出现了 7 次大面积的花期冻害天气过程,出现在 4 月 6 日至 5 月 12 日,其中 5 次过程出现在 4 月 6—15 日,另外 2 次分别出现在 4 月 21—26 日和 5 月 12 日。冻害天气出现的时间段与春季温度升温过程中气候统计的降温时段是相吻合的,把冻害出现时间段确定在 4 月 6 日至 5 月 15 日。延安地域大,海拔高度相差也大,黄河沿岸苹果种植海拔高度在 800 m,而西北苹果种植区海拔达到 1 500 m,因此导致了温度差异大,苹果物候约相差 15 d。以前我们用一个时间段分析苹果花期

冻害风险,忽略了苹果物候的差异和冻害出现的长时间段范围,做出的风险区划与实际调查有差异。前期研究考虑地理范围大,研究结果普遍把延安西北部的吴起县、志丹县作为重度风险区,把洛川县做为低风险区,与近 20 年的冻害灾情不符。因此有必要在风险分析时,考虑将冻害时段分成若干时间段,结合时段内的不同地方苹果物候差异,进行风险分析。针对延安实际,在区划时分别对应春季的 3 次降温过程划分为 3 个阶段,具体是 4 月 6—15 日、4 月 16—30 日、5 月 1 日—15 日,开展苹果花期冻害风险分析。

延安苹果种植地形基本分为 2 类,延安以南分布在塬区,延安以北以山地为主,苹果多种植在向阳半山坡或山顶。延安气象观测站除洛川县外其他均建在川道,与苹果种植区地形、海拔有较大差异,造成温度有差异,特别是最低温度苹果种植园区多高于气象站观测数据^[22-23],因此在风险分析前有必要对气象站温度数据进行简单修正,使其能更贴近实际。根据前期在志丹县、宝塔区的观测,山顶平均最低温度约高于谷地 2℃,在风险分析前将洛川县以外的其他县(市、区)最低温度提高 2℃。

第一阶段,4 月 6—15 日,从平均物候来分析,黄河沿岸的延川县、延长县、宜川县和南部黄陵县、洛川县、富县普遍进入花期,中部宝塔区、安塞区、子长市进行初花期,吴起县、志丹县苹果花芽进入萌动期。由于植物特性,这段降温对吴起县、志丹县基本没影响。分析温度,延川县、宜川县出现轻度冻害 4 年,为低风险区,延长县、子长市、黄陵县出现轻度冻害、中度冻害分别为 4 年、2 年,为中风险区,洛川县、富县、宝塔区、安塞区出现重度冻害 1 年,为重风险区。

第二阶段,吴起县、志丹县进行花芽膨大到开花期,安塞区、子长市进入盛花期,其他县(市、区)进入开花坐果期。4 月下旬降温普遍较弱,有影响的年份也少。低风险区黄河沿岸的延川县、宜川县、延长县、子长市等县,而其他县(市、区)为中风险区。

第三阶段,普遍进入坐果期。降温天气非常弱,只有北部吴起县、志丹县、安塞区、子长市气温可降至 0℃以下,对苹果幼果产生影响,划分为低风险区,其他县(市、区)为无风险区。

4 结论

2000 年以来,延安春季温度变化比较平缓。不

同月份变化趋势不同。3 月、4 月温度有缓慢上升趋势,而 5 月呈现明显下降趋势,下降幅度达到 0.8℃/10 年。

延安春季平均最高温度有缓慢上升趋势。3 月温度上升趋势最为明显,幅度达到 0.8℃/10 年,且 2010 年以后,温度变化比较剧烈。4 月温度有较明显上升趋势,幅度达到 0.6℃/10 年。受 3 月、4 月升温的影响,通过 3℃日期具有明显提前趋势,平均 5 d/10 年。通过 10℃日期总体呈提前趋势温度升高,界限温度日期提前,苹果花芽萌动、花开放等物候提前。统计洛川县苹果初花日发现,2001—2005 年平均在 4 月 14 日,2013—2020 年平均在 4 月 11 日,提前了 3 d。3 月温度升高且年度之间变化剧烈是近年来苹果花期冻害的主要原因。

延安春季温度从 1℃升高至 19℃,升温幅度达到 18℃,日均升温接近 0.2℃。3 月升温最大,4 月升温次之,5 月升温幅度最小。延安春季温度波动上升。从气候平均情况来看,容易出现 4 个降温时段,3 月下旬初、4 月 9—12 日、4 月 20—26 日、5 月上旬末至中旬初,可见 4—5 月是形成苹果花期冻害的 3 个主要时段。

经过分时间段花期冻害风险分析,延安黄河沿岸延川县、宜川县,西北部吴起县、志丹县为花期冻害低风险区;子长市、延长县、黄陵县为中风险区;洛川县、富县、宝塔区、安塞区为高风险区。

参考文献:

- [1] 延安市统计局. 2019 年延安市国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2020-04-10) [2020-10-27]. <http://www.yanan.gov.cn/gk/tjxx/ndtj/415926.htm>.
- [2] 温克刚. 中国气象灾害大典·陕西卷[M]. 北京:气象出版社,2005.
- [3] 雷延鹏,孙智辉,曹雪梅,等. 延安 5 次苹果花期冻害影响分析[J]. 中国农学通报,2018,34(32):102-107.
- [4] 王景红,刘璐,高峰,等. 陕西富士系苹果花期霜冻灾害气象指标的修订[J]. 中国农业气象,2015,36(1):50-56.
- [5] 王静,张晓煜,杨洋,等. 宁夏主要果树花器官及幼果霜冻临界温度比较研究[J]. 北方园艺,2015(7):9-13.
- [6] 刘映宁,贺文丽,李艳莉,等. 陕西果区苹果花期冻害农业保险风险指数设计[J]. 中国农业气象,2010,31(1):125-129,136.
- [7] 殷淑燕,张钰敏,李美荣,等. 气候变化对洛川苹果物候期的影响[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2011,39(6):86-90,95.
- [8] 柴芊,栗珂,刘璐. 陕西果业基地苹果花期冻害指数及预报方法[J]. 中国农业气象,2010,31(4):621-626.
- [9] 屈振江,刘瑞芳,郭兆夏,等. 陕西省苹果花期冻害风险评估及预

林榕燕,吴建设,林 兵,等. 杂交兰叶艺品系主要生理特性的比较[J]. 江苏农业科学,2021,49(13):136-140.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.027

杂交兰叶艺品系主要生理特性的比较

林榕燕, 吴建设, 林 兵, 叶秀仙, 钟淮钦

(福建省农业科学院作物研究所/福建省特色花卉工程技术研究中心, 福建福州 350013)

摘要:为探明叶色变异对杂交兰叶片主要生理特性的影响,对杂交兰紫妍氏及其 3 个叶艺品系叶片的可溶性糖含量、丙二醛(MDA)含量、相对电导率、抗氧化酶活性及三磷酸腺苷(ATP)活性等进行比较分析。结果表明,相较于对照组(K21 绿色叶片、K21-1 和 K21-2 绿色区叶片),3 个叶艺品系叶艺区叶片中 ATP 活性均有所下降,而超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性和相对电导率、丙二醛含量均有所提升。此外,相关性分析结果显示,相对电导率、SOD 活性和 CAT 活性与叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素含量存在显著或极显著负相关关系;而 POD 活性、MDA 含量、ATP 活性、可溶性糖含量与叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量不存在显著相关关系。由此推测叶色变异对相对电导率和抗氧化酶活性影响较大,抗氧化酶活性的提高有利于清除代谢产生的有害物质,防止膜脂过氧化加剧,对维持植物的正常生理代谢具有积极的作用。本研究结果为进一步开展杂交兰叶艺形成机制研究奠定了基础。

关键词:杂交兰;丙二醛含量;相对电导率;抗氧化酶;相关性分析;叶艺性状

中图分类号:S682.310.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)13-0136-05

叶色突变是自然界中一种比较常见的突变性状,当叶绿素的合成与降解途径出现异常,或是叶

绿体结构遭到破坏,都可能导致叶色突变体的产生^[1]。截至目前,人们已经在拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)^[2]、玉米(*Zea mays*)^[3]、水稻(*Oryza sativa*)^[4]和黄瓜(*Cucumis sativus*)^[5]等多种作物中获得了叶色突变体。叶色突变体的应用范围较广,不仅可以作为研究光合作用、叶绿素代谢和叶绿体遗传发育等方面的特殊材料,还可以作为优良的种质资源^[6-8]。现阶段,虽然已有叶色突变体生理特性方面的研究,但不同的突变体研究结果不尽相同^[9-10]。而且相对于模式植物和大田作物,有关兰

收稿日期:2020-08-24

基金项目:福建省自然科学基金(编号:2019J01113);福建省省属公益类科研院所基本科研专项(编号:2018R1026-3);福建省农业科学院英才项目(编号:YC2019001);福建省农业科学院科技创新团队(编号:STHT2017-2-9)。

作者简介:林榕燕(1990—),女,福建平潭人,硕士,助理研究员,主要从事花卉生物技术研究。E-mail:lryyan@163.com。

通信作者:钟淮钦,硕士,副研究员,主要从事观赏植物种质资源评价与创新利用研究。E-mail:zhqeast@163.com。

测技术研究[J]. 自然灾害学报,2013,22(1):219-225.

[10]李 倩,王 莹,林 毅,等. 基于 GIS 辽宁省‘红富士’苹果农业气候区划[J]. 中国农学通报,2013,29(28):173-178.

[11]屈振江,周广胜. 中国富士苹果种植的气候适宜性研究[J]. 气象学报,2016,74(3):479-490.

[12]柏秦凤,王景红,梁 轶,等. 基于县域单元的降尺度苹果花期冻害风险区划[J]. 中国农学通报,2013,29(16):153-158.

[13]孙智辉,马远飞,高志斌,等. 洛川苹果花期冻害气候特征及人工防霜可行性探讨[J]. 农学学报,2015,5(11):109-112.

[14]曹雪梅,雷延鹏,王 鹏,等. 洛川近地层夜间气温逆温特征及空气扰动防霜可行性分析[J]. 农学学报,2016,6(5):82-86.

[15]王树廷. 关于日平均气温稳定通过各级界限温度初终日期的统计方法[J]. 气象,1982(6):29-30.

[16]马鹏里,杨金虎,卢国阳,等. 西北地区东部气候的转折性变化[J]. 高原气象,2020,39(4):840-850.

[17]郑小华. 陕西苹果产业与气象条件关系研究[D]. 兰州:兰州大学,2006.

[18]陈赏谟,黄寿波,温福光. 果树气象学[M]. 北京:气象出版社,1987.

[19]刘 红,党晓东,都全胜,等. 安塞山地苹果初花期预报研究[J]. 中国农学通报,2019,35(10):99-103.

[20]屈振江,周广胜,魏钦平. 苹果花期冻害气象指标和风险评估[J]. 应用气象学报,2016,27(4):385-395.

[21]李美荣. 陕西省果区气候变化及苹果花期冻害风险分析与区划[D]. 兰州:兰州大学,2008.

[22]曲 静,尹盟毅,孙智辉. 黄土高原丘陵沟壑区山地与川地气温对比分析[J]. 陕西气象,2008(1):49-52.

[23]韩芳琴,孙智辉,刘志超,等. 黄土高原丘陵沟壑区气温垂直变化特征[J]. 延安大学学报(自然科学版),2011,30(2):69-74.