

doi:10.3969/j.issn.1000-6362.2020.12.006

池再香,罗培富,孙翔,等.低温天气过程对贵州西部红心猕猴桃坐果率的影响调查[J].中国农业气象,2020,41(12):807-813

低温天气过程对贵州西部红心猕猴桃坐果率的影响调查*

池再香¹, 罗培富², 孙翔¹, 曾晓珊³, 胡秋龄⁴, 李秀亚⁵, 龙如勇¹

(1. 贵州省六盘水市气象局, 六盘水 553001; 2. 六盘水市扶贫开发投资有限公司, 六盘水 553001; 3. 贵州省山地环境气候研究所, 贵阳 550002; 4. 六盘水市植保植检站, 六盘水 553001; 5. 六盘水市农业科学研究院, 六盘水 553001)

摘要: 2020 年 4 月上旬贵州西部出现了较长时间的低温天气过程, 导致正处于开花坐果期的红心猕猴桃大量落花落果。鉴于此, 于 4 月 10–17 日对贵州西部红心猕猴桃主要种植区发耳等 19 个基地红心猕猴桃坐果率进行调查, 并结合各基地 4 月 3–9 日逐日平均气温、逐日最低气温资料, 分析低温天气过程对贵州西部红心猕猴桃开花坐果的影响, 找出影响红心猕猴桃落花落果的低温条件, 以期对贵州红心猕猴桃在开花授粉坐果期中防御和减轻低温灾害影响、采取合理应对措施提供科学依据。结果表明: 4 月 3–8 日的低温天气, 造成正处开花授粉受精坐果的红心猕猴桃严重落花落果, 以顺场、新窑、普古基地红心猕猴桃落花落果率最高, 达到 70%, 其次为勺米基地的 64.5%和猴场基地的 63.3%; 以木岗基地红心猕猴桃落花落果率最低, 为 10%, 其次为大用基地的 29.5%。初花时间早、花期和授粉期长的品种, 其落花落果率偏高, 红阳品种落花落果率比东红品种偏高。在红心猕猴桃果树开花授粉坐果期间, 连续 3d 及以上日平均气温低于 12℃、日最低气温低于 10℃, 或连续 5d 及以上日平均气温低于 15℃、日最低气温低于 13℃, 将造成红心猕猴桃果树落花落果。生产上, 可以通过喷施防冻剂、熏烟等措施预防低温冷害, 减轻低温天气对红心猕猴桃果树开花授粉坐果的影响。

关键词: 红心猕猴桃; 开花期; 授粉期; 低温; 持续时间; 落花落果

Investigation of the Effects of Cold Weather on Fruit Setting Rate of Red Cartridge Kiwifruit in Western Guizhou

CHI Zai-xiang¹, LUO Pei-fu², SUN Xiang¹, ZENG Xiao-shan³, HU Qiu-ling⁴, LI Xiu-ya⁵, LONG Ru-yong¹

(1. Liupanshui Meteorological Bureau of Guizhou Province, Liupanshui 553001, China; 2. Liupanshui Poverty Alleviation and Development Investment Co., Ltd, Liupanshui 553001; 3. Guizhou Institute of Mountainous Environment and Climate, Guiyang 550002; 4. Liupanshui Phytosanitary Plant Protection Stations, Liupanshui 553001; 5. Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Liupanshui 553001)

Abstract: In the first ten days of April 2020, a long-term low temperature weather process occurred in western Guizhou, which led to a large number of flower and fruit drop of red cartridge kiwifruit which was in the period of flowering and fruit setting. In view of this to ascertain the effects of low temperature on fruit setting of red cartridge kiwifruit in early April 2020, we investigated the fruit setting rate of red cartridge kiwifruit in nineteen main planting areas of Western Guizhou from April 10th to 17th. And, combined with the data of the daily average temperature and minimum temperature from April 3th to 9th, the study analyzed the effects of cold weather on flowering and fruit setting of red cartridge kiwifruit in western Guizhou. In order to provide scientific basis for prevention and mitigation of low temperature disaster and take reasonable countermeasures, the low temperature conditions affecting the flower and fruit drop of red cartridge kiwifruit in Guizhou Province were found out. The results showed

* 收稿日期: 2020-07-13

基金项目: 贵州省科技合作项目 (52020-2015-01-02); 中国科协创新驱动助力工程项目 (2017ZLGC004)

第一作者联系方式: 池再香, E-mail: qxxf_850@163.com

that the cold weather from April 3th to 8th caused serious flower and fruit drop of red cartridge kiwifruit during their flowering, pollination, fertilization and fruit setting stage. The highest rate of flower and fruit drop was 70% in Shunchang, Xinyao and Pugu, and the second is 64.5% in Shaomi, and the third is 63.3% in Houchang. The lowest rate of flower and fruit drop was 10% in Mugang, and the second is 29.5% in Dayong. Through analysing the first-flowering dates and the time of flowering and pollination, it was found that the earlier first-flowering dates, the longer time of flowering and pollination, the rate of flower and fruit drop was higher. Besides, it was found that the rate of flower and fruit drop of Hongyang varieties was higher than that of Donghong varieties. In the period of flowering, pollination, fertilization and fruit setting stage of red cartridge kiwifruit, it was found that when the daily average temperature $< 12^{\circ}\text{C}$ and the daily minimum temperature $< 10^{\circ}\text{C}$ last 3 days or more, or when the daily average temperature $< 15^{\circ}\text{C}$ and the daily minimum temperature $< 13^{\circ}\text{C}$ last 5 days or more, it would cause flower and fruit to fall. In production, spraying antifreeze, smoking and other measures can prevent low-temperature freezing injury, and reduce the impact of low-temperature weather on the flowering, pollination and fruit setting of red cartridge kiwifruit trees.

Key words: Red cartridge kiwifruit; Flowering stage; Pollination stage; Cold weather; Time of duration; Flower and fruit drop

红心猕猴桃生长发育要求温暖湿润、夏无酷暑、冬无严寒的气候条件,以年平均气温 $15\sim 18.5^{\circ}\text{C}$ 最为适宜^[1]。红心猕猴桃生长期既怕干旱又怕渍涝,也怕高温热害和低温冻害,其产量的高低、品质的优劣主要受当地小气候因素的影响^[2]。温度是影响红心猕猴桃开花授粉受精和坐果的主要气象因子,开花期要求下限温度为日平均气温 12°C ,适宜气温为 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$,持续 5d 及以上日平均气温 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ 的低温天气,将导致红心猕猴桃花期延长,花粉发芽受到抑制,花粉活力不足,花不能正常授粉受精,造成大量的落花落果;持续 5d 及以上日平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 的高温天气,将导致红心猕猴桃花期缩短,影响授粉受精,坐果率明显降低^[3]。池再香等^[4]分析了 2013 年气候对水城红猕猴桃物候期的影响,发现红猕猴桃在开花-坐果期气温高、降水不足,导致开花提前、花的寿命缩短、授粉受精能力差、坐果率降低。国内外众多专家学者^[5-9]从不同角度分析低温对水稻、玉米、大豆等作物的影响,取得了低温冷害致灾的变化特征、低温指标阈值、风险评估等成果。朱丽云等^[10]通过分析低温寡照对番茄开花坐果的影响,指出花期遭遇低温寡照胁迫会使番茄开花延迟甚至不开花。王明昌等^[11]指出陕西苹果花期冻害风险指数无显著变化,但苹果花期冻害风险呈上升趋势。低温灾害对红心猕猴桃开花坐果的影响研究尚未见报道。2020 年 4 月上旬贵州西部出现了较长时间的低温天气过程,导致正处于开花坐果期的红心

猕猴桃大量落花落果。鉴于此,本研究利用 2020 年 4 月 3-9 日贵州西部红心猕猴桃主要种植区的水城发耳镇等 19 个基地逐日平均气温、逐日最低气温和落花落果调查资料,对低温影响红心猕猴桃落花落果进行分析,找出影响红心猕猴桃落花落果的低温条件,以期对贵州红心猕猴桃在开花授粉坐果期中防御和减轻低温灾害影响、采取合理应对措施提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 调查区域及供试品种

2020 年 4 月上旬,贵州西部出现了持续时间较长的低温天气过程,给红心猕猴桃开花坐果造成严重影响。于 4 月 10-17 日对水城县发耳镇(简称发耳,下同)、杨梅乡(杨梅)、猴场镇(猴场)、阿戛镇(阿戛)、米箩镇(米箩)、顺场乡(顺场)、勺米镇(勺米)、鸡场镇(鸡场)、都格镇(都格)、坪寨乡(坪寨)、六枝特区郎岱镇(郎岱)、龙河镇(龙河)、新窑镇(新窑)、落别乡(落别)、大用镇(大用)、木岗镇(木岗)、岩脚镇综合科研基地(岩脚)、盘州市普古乡(普古)、双凤镇(双凤)共 19 个红心猕猴桃种植区进行实地调查。每个基地均建有自动气象站,其中发耳、阿戛、顺场、鸡场、都格、龙河、新窑、落别、大用、木岗、双凤基地自动气象站观测仪器均由航天某公司生产,型号 ZQZ-A,其余基地观测仪器由重庆某公司生产,型号 DZZ4。19 个基地气象自动站均可提供逐时气温和降水资

料, 且杨梅、猴场、米箩、勺米、坪寨、郎岱、岩脚、普古基地还可提供逐时湿度、风速、风向、气压、总辐射、光照度、土壤温度、土壤湿度等气象资料。

供试红心猕猴桃品种为红阳、东红, 以红阳品种为主。

1.2 调查方法

19 个基地 2020 年 4 月 3-9 日逐日平均气温、最低气温来源于各基地气象自动站观测资料。采用 VB 语言, 从贵州 2000 余个气象自动站储存的实时气象要素值, 导出发耳等 19 个基地气象自动站 4 月 3-9 日逐日逐小时气温数据, 并对 19 个站点的数据资料进行均一性检验和质量控制处理。通过 Excel 软件统计得到各基地 4 月 3-9 日逐日平均气温和最低气温。

2020 年各基地红心猕猴桃种植面积、开花期、授粉时间以及落花落果率等数据资料来源于各基地。其中开花期为某一基地红心猕猴桃果树有 5% 的花朵开放至 75% 花朵凋落的时间, 基地面积越大, 开花持续时间越长, 因为在同一基地, 山谷比坡上开花早, 东、南向阳坡地开花比西、北向坡地早。各基地均实施人工授粉, 全株 10%~20% 的花朵开放时开始授粉, 授粉时间为第一朵花授粉至最后一朵花授粉的累积时间。

对 19 个基地每 10 公顷随机选取 10 株猕猴桃植株, 调查每株坐果率, 取平均值。

$$\text{坐果率} = \text{坐果总数} / \text{授粉总数} \times 100\% \quad (1)$$

式中, 坐果总数指授粉后子房正常膨大并生长为果实的总个数; 授粉总数指人工对雌花进行授粉

的总数量。坐果数越多, 表示坐果率越高, 反之, 坐果率越低。

$$\text{落花落果率} = (\text{授粉总数} - \text{坐果总数}) / \text{授粉总数} \times 100\% \quad (2)$$

落花落果指雌花幼果因低温造成坠落的现象。

2 结果与分析

2.1 红心猕猴桃开花授粉期调查结果

资料显示, 贵州西部红心猕猴桃种植区气候环境条件较好, 年平均气温为 14.4~17.2℃, 年降水量 1200mm 以上, 年日照时数 1300h 以上, 年平均相对湿度 80% 以上, 土壤微酸且富含腐殖质、疏松透气、排水良好^[12]。红心猕猴桃种植区大多分布在海拔 1000~1400m 地带, 位于 25°47'~26°30'N、104°31'~105°41'E (表 1)。以猴场基地 2000 年建设为最早, 2008 年推广到米箩、鸡场种植; 以米箩基地的 355.8hm² 种植面积为最大, 其次是大用基地的 200.0hm²。

4 月 10-17 日对 19 个红心猕猴桃种植基地实地调查发现, 4 月上旬持续时间较长的低温天气对红心猕猴桃开花坐果影响较重, 导致红心猕猴桃落花落果严重。由表 2 可见, 顺场、新窑、普古基地落花落果率高达 70%, 木岗基地落花落果率最低, 也有 10%, 落花落果率超过 50% 的基地占总调查区的 52.6%。由表还可以看出, 红心猕猴桃落花落果与其品种、初花时间、开花和授粉持续时长有关, 红阳品种落花落果比东红品种偏重, 其初花时间早, 开花和授粉持续时间长, 落花落果率也偏高。

表 1 贵州西部红心猕猴桃调查基地基本信息

Table 1 Basic information of survey base of red cartridge kiwifruit in western Guizhou

县区	基地	海拔	经度	纬度	基地创建年份	面积(hm ²)
County	Base	Altitude(m)	Longitude (E)	Latitude(N)	Constructed year	Area(ha)
水城 Shuicheng	发耳 Faer	1200	104°45'	26°18'	2012	53.3
	杨梅 Yangmei	1400	104°48'	26°10'	2015	15.3
	猴场 Houchang	1100	105°07'	26°13'	2000	113.5
	阿戛 Aga	1200	105°03'	26°24'	2012	42.9
	米箩 Miluo	1100	104°59'	26°22'	2008	355.8
	顺场 Shunchang	1350	104°49'	26°09'	2012	80.03
	勺米 Shaomi	1300	104°48'	26°28'	2010	102.5
	鸡场 Jichang	1250	104°39'	26°16'	2008	30.0
	都格 Duge	960	104°42'	26°22'	2012	125.9
	坪寨 Pingzhai	1300	104°38'	26°30'	2014	20.0

(续表)

县区	基地	海拔	经度	纬度	基地创建年份	面积(hm ²)
County	Base	Altitude(m)	Longitude (E)	Latitude(N)	Constructed year	Area(ha)
六枝 Liuzhi	郎岱 Langdai	1340	105°27'	26°04'	2013	33.3
	龙河 Longhe	1340	105°25'	26°17'	2015	177.9
	新窑 Xinyao	1400	105°22'	26°14'	2015	73.7
	落别 Luobie	1280	105°35'	26°10'	2014	137.3
	大用 Dayong	1300	105°35'	26°12'	2014	200.0
	木岗 Mugang	1200	105°41'	26°11'	2016	133.3
	岩脚 Yanjiao	1100	105°25'	26°20'	2015	3.3
盘州 Panzhou	普古 Pugu	1300	104°31'	26°05'	2013	133.3
	双凤 Shuangfeng	1350	104°39'	25°47'	2015	24.2

表 2 贵州西部红心猕猴桃开花授粉期和坐果率调查

Table 2 Investigation on flowering and pollination period and fruit setting rate of red cartridge kiwifruit in western Guizhou

县区	基地	品种	花期(月.日)	授粉时间(月.日)	坐果率调查时间(月.日)	落花落果率 Falling
County	Base	Varieties	Flowering period (mm.dd)	Pollination time (mm.dd)	Investigation time of fruit setting rate	flowers and fruits(%)
水城	发耳 Faer	红阳 Hongyang	03.20-04.08	03.23-04.05	04.11	60.0
Shuicheng	杨梅 Yangmei	红阳 Hongyang	03.22-04.08	03.24-04.05	04.11	40.0
	猴场 Houchang	红阳 Hongyang	03.17-04.08	03.18-04.07	04.12	63.3
	阿戛 Aga	红阳 Hongyang	03.20-04.13	03.21-04.11	04.10	61.8
	米箩 Miluo	红阳 Hongyang	03.19-04.15	03.20-04.14	04.10	63.1
	顺场 Shunchang	红阳 Hongyang	03.22-04.12	03.24-04.08	04.12	70.0
	勺米 Shaomi	红阳 Hongyang	03.21-04.16	03.22-04.12	04.11	64.5
	鸡场 Jichang	红阳 Hongyang	03.22-04.08	03.24-04.06	04.13	44.5
	都格 Duge	红阳 Hongyang	03.16-04.10	03.17-04.08	04.13	42.5
	坪寨 Pingzhai	红阳 Hongyang	03.22-04.06	03.23-04.05	04.13	40.0
	六枝 Liuzhi	郎岱 Langdai	东红 Donghong	03.31-04.23	04.04-04.21	04.17
龙河 Longhe		东红 Donghong	03.29-04.20	03.31-04.16	04.16	37.3
新窑 Xinyao		红阳 Hongyang	03.29-04.22	03.31-04.20	04.16	70.0
落别 Luobie		红阳 Hongyang	03.27-04.22	03.28-04.21	04.17	50.0
大用 Dayong		东红 Donghong	03.28-04.20	03.31-04.15	04.17	29.5
盘州 Panzhou	木岗 Mugang	东红 Donghong	03.30-04.18	04.01-04.16	04.17	10.0
	岩脚 Yanjiao	东红 Donghong	03.24-04.06	03.26	04.15	30.0
	普古 Pugu	红阳 Hongyang	03.24-04.21	03.27-04.20	04.14	70.0
	双凤 Shuangfeng	红阳 Hongyang	03.25-04.22	03.28-04.20	04.14	50.0

2.2 红心猕猴桃开花授粉期低温天气过程调查结果

红心猕猴桃要正常开花结果，首先需要达到一定的积温量。适宜的气温是开花、授粉、受精和坐果顺利完成的重要气象因子，也是猕猴桃花粉发芽、花粉管伸长完成受精过程的重要条件。贵州西部红心猕猴桃一般 3 月下旬开花，4 月上旬坐果，开花坐果期要求旬平均气温在 15℃及以上，日平均最适宜气温为 16~18℃；开花期内气温高，花的寿命就短；

相反，开花期内气温低，花的寿命就相对长些；开花期间遇到强降温天气，气温降至 12℃以下时，开花数将大大减少，甚至停止开花^[3]。

从 19 个基地自动气象站观测资料看出（表 3、表 4），红心猕猴桃开花坐果期间，除都格基地外，其余各基地均出现了日平均气温在 12℃以下、日最低气温在 10℃以下的低温天气，其中，勺米、郎岱、大用基地出现持续 7d 的低温天气，以勺米基地 4 月

表 3 主要种植区 4 月 3–9 日低温天气过程中逐日平均气温分布 (°C)

Table 3 Distribution of daily average temperature of main planting areas in the process of low temperature on April 3–9(°C)

县区名 County	基地 Base	日期(月.日)Date(mm.dd)							≤12°C持续日数 Duration≤12°C days(d)	最低温度 Min.temperature(°C)
		04.03	04.04	04.05	04.06	04.07	04.08	04.09		
水城	发耳 Faer	12.5	11.8	10.7	10.8	11.6	12.4	16.1	4	10.7
Shuicheng	杨梅 Yangmei	9.4	7.5	6.5	7.1	8.5	8.6	12.7	6	6.5
	猴场 Houchang	12.8	12.1	11.6	11.8	12.0	12.8	16.0	3	11.6
	阿戛 Aga	12.3	11.3	10.6	10.4	11.3	11.4	14.6	5	10.4
	米箩 Miluo	12.4	10.8	9.9	10.2	10.9	11.6	16.6	5	9.9
	顺场 Shunchang	9.4	7.5	6.8	7.4	8.4	8.8	12.7	6	6.8
	勺米 Shaomi	8.9	6.4	5.3	5.9	6.9	8.1	11.2	7	5.3
	鸡场 Jichang	12.1	10.6	9.6	9.9	11.3	11.5	15.3	5	9.6
	都格 Duge	17.3	14.1	12.9	13.2	14.8	14.8	18.6	0	12.9
	坪寨 Pingzhai	9.6	7.0	5.9	6.6	8.0	8.6	12.5	6	5.9
六枝	郎岱 Langdai	9.5	9.1	8.7	9.9	10.8	10.0	12.0	7	8.7
Liuzhi	龙河 Longhe	10.0	9.0	8.9	9.4	9.5	10.3	12.8	6	8.9
	新窑 Xinyao	9.7	8.8	8.9	9.6	9.9	10.3	17.3	6	8.8
	落别 Luobie	10.7	10.0	9.6	10.8	11.3	11.1	12.1	6	9.6
	大用 Dayong	8.7	7.8	7.6	8.6	9.7	10.0	11.3	7	7.6
	木岗 Mugang	11.2	10.3	9.6	10.7	11.9	11.0	12.5	6	9.6
	岩脚 Yanjiao	10.8	10.0	9.1	9.8	10.8	11.4	13.8	6	9.1
盘州	普古 Pugu	11.7	10.6	9.5	10.1	11.6	11.2	15.1	6	9.5
Panzhou	双凤 Shuangfeng	12.2	9.6	8.4	8.7	10.6	10.5	15.0	5	8.4

表 4 主要种植区 4 月 3–9 日低温天气过程中逐日最低气温分布 (°C)

Table 4 Distribution of daily minimum temperature of the main planting areas in the process of low temperature on April 3–9(°C)

县区名 County	基地 Base	日期(月.日)Date(mm.dd)							≤10°C持续日数 Duration≤10°C days(d)	最低温度 Min. temperature(°C)
		04.03	04.04	04.05	04.06	04.07	04.08	04.09		
水城	发耳 Faer	11.1	10.7	9.5	9.3	9.7	10.6	11.4	3	9.3
Shuicheng	杨梅 Yangmei	8.3	7.0	5.5	5.9	6.8	7.7	7.8	7	5.5
	猴场 Houchang	11.6	11.4	9.8	9.6	10.0	11.1	11.4	3	9.6
	阿戛 Aga	10.2	9.0	8.8	8.9	9.0	9.1	11.6	5	8.8
	米箩 Miluo	10.2	8.9	8.6	8.7	8.8	8.9	10.6	5	8.6
	顺场 Shunchang	7.4	7.0	5.9	6.0	6.9	7.5	8.4	7	5.9
	勺米 Shaomi	7.3	5.9	4.6	5.0	5.8	6.6	6.6	7	4.6
	鸡场 Jichang	10.7	8.6	8.3	8.3	8.5	8.8	10.4	5	8.3
	都格 Duge	15.0	13.1	11.2	11.4	11.9	12.7	12.7	0	11.2
	坪寨 Pingzhai	7.3	6.2	4.8	5.5	6.5	6.5	8.2	7	4.8
六枝	郎岱 Langdai	8.0	8.0	7.6	7.7	8.3	9.4	7.6	7	7.6
Liuzhi	龙河 Longhe	8.2	7.7	7.5	7.6	7.5	9.3	8.7	7	7.5
	新窑 Xinyao	7.8	7.5	7.4	7.6	7.7	9.1	13.9	6	7.4
	落别 Luobie	9.0	8.9	8.1	8.7	8.6	9.0	9.2	7	8.6
	大用 Dayong	6.9	6.8	6.4	6.6	7.6	8.9	8.3	7	6.4
	木岗 Mugang	9.0	8.5	8.3	8.8	9.0	9.1	9.9	7	8.3
	岩脚 Yanjiao	9.0	8.4	8.3	8.3	8.0	8.8	9.5	7	8.0
盘州	普古 Pugu	9.9	8.7	7.5	7.7	8.5	8.8	9.4	7	7.5
Panzhou	双凤 Shuangfeng	9.8	8.9	7.4	7.6	8.1	8.5	9.7	7	7.4

5 日的日平均气温 5.3℃、最低气温 4.6℃为最低；杨梅、顺场、坪寨、龙河、新窑、落别、木岗、岩脚、普古基地出现持续 6d 的低温现象，以坪寨基地 4 月 5 日的日平均气温 5.9℃、最低气温 4.8℃为最低；阿戛、米箩、鸡场、双凤基地出现持续 5d 的低温现象，以双凤基地 4 月 5 日的日平均气温 8.4℃、最低气温 7.4℃为最低；发耳基地出现持续 4d 的低温现象，以 4 月 5 日的日平均气温 10.7℃、6 日的最低气温 9.3℃为最低；猴场基地出现持续 3d 的低温现象，以 4 月 5 日的日平均气温 11.6℃、6 日的最低气温 9.6℃为最低。结合表 2 发现，红心猕猴桃落花落果率与其授粉期间出现 3d 及以上日平均气温在 12℃以下、日最低气温在 10℃以下有密切关系。由此可知，持续 3~7d 的低温天气，导致红心猕猴桃花期延长，花粉发芽受到抑制，花粉活力不足，花不能正常受精，造成大量落花落果。

2.3 红心猕猴桃低温冷害防御措施

低温冷害是影响红心猕猴桃开花坐果的主要气象灾害。在红心猕猴桃开花坐果期间，出现持续 5d 及以上日平均气温 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ 的低温天气，将导致红心猕猴桃落花落果^[3]。根据近 10 a 红心猕猴桃生育期及其同期的气象要素观测以及对气象灾害影响防控试验，总结出在低温天气来临之前，采取以下防御措施，改变易于形成低温冷害的温度条件，保护红心猕猴桃开花坐果不受或降低低温冷害的影响。

(1) 喷施药液防御。在低温天气来临前 2~3d，收集雄株花粉，放在干净光滑的纸上阴干，以备低温结束后进行人工点花授粉、人工喷雾授粉，同时对叶面喷施磷酸二氢钾和芸苔内酯，提升植株的抗逆性，降低受低温冷害的危害程度，用噻虫高氯氟菊酯防治叶甲。

(2) 保温管理。低温天气来临前的傍晚，在果园准备锯木屑、树枝、杂草等发烟材料，在果园上风方向，每 667m²放 1~2 个烟堆，低温来临前 1~2h，以暗火浓烟为宜，弥漫的烟雾可减少地面热辐射，提高果园区域温度，降低低温的危害程度。

(3) 灌水或喷施。在果树萌芽前，多次对果园灌水或喷水，降低土温或树温，使果树推迟萌芽。实时关注气象部门发布的天气预报，提前浇水，推迟花期。

(4) 利用腋花芽结果。腋花芽比顶花芽萌发时

间和开花时间均晚，有利于避开低温冷害对开花期的影响。

(5) 涂白。春季，对果树主干和主枝涂白，可以减少树体对太阳热量的吸收，有利于延长萌芽期和开花期的时间。

(6) 设置防风林。利用防风林，可提高局部温度和湿度，降低低温冷害程度。

3 结论与讨论

(1) 2020 年 4 月上旬，贵州西部出现持续时间较长的低温天气过程。低温天气发生期间，正是贵州红心猕猴桃果树开花、授粉、受精、坐果时期，导致 19 个基地的红心猕猴桃落花落果，尤其是顺场、新窑、普古基地落花落果高达 70%，落花落果 50% 及以上的基地达 10 个，占调查区的 52.6%。红心猕猴桃落花落果与其品种、初花时间、开花持续时间、授粉持续时间均有较大关系，红阳品种落花落果比东红品种偏重，初花时间早、花期长、授粉期长，其落花落果率偏高。

(2) 2020 年 4 月 3~8 日，除都格基地外，其余 18 个基地均存在日平均气温在 12℃及以下、日最低气温在 10℃及以下，尤其是杨梅、顺场、勺米、坪寨、新窑和大用基地出现持续 6~7d 的日平均气温在 10℃及以下、日最低气温在 8℃及以下；此次低温天气过程中，以勺米基地 4 月 5 日的日平均气温 5.3℃，最低气温 4.6℃为最低，其次是坪寨基地 4 月 5 日的日平均气温 5.9℃，最低气温 4.8℃，严重影响红心猕猴桃的授粉受精。

(3) 2020 年 4 月上旬的低温天气过程，造成贵州西部红心猕猴桃落花落果面积达 1855.5hm²，平均落花落果 49.1%，其中发耳、猴场、阿戛、米箩、顺场、勺米、新窑、普古基地红心猕猴桃落花落果超过 60%，占低温影响调查区的 42.1%。因此，在红心猕猴桃果树开花授粉受精期间，连续 3d 及以上日平均气温低于 12℃、日最低气温低于 10℃，容易造成红心猕猴桃果树落花落果，影响其产量。

在红心猕猴桃开花授粉受精坐果期间，气温是影响其坐果率的主要气象因子，而授粉所用时间的长短及其是否处在低温时段内也直接影响坐果率的高低。从 4 月 10~17 日的调查结果看，落花落果率在 50%以上除发耳、顺场基地外，猴场、阿戛、米箩、勺米、新窑、落别、普古、双凤基地授粉期均

在 20d 以上, 并且授粉后期日平均气温在 12℃ 以下, 这与池再香等^[3]研究的结果一致; 但都格基地 4 月 4-8 日逐日平均气温低于 15℃、日最低气温基本低于 13℃, 其初花为 3 月 16 日, 17 日花朵开放 10% 时, 立即进行人工授粉, 授粉期间 (3 月 17 日-4 月 8 日) 出现持续 5d (4 月 4-8 日) 的日平均气温在 15℃ 以下, 此气温条件不在适宜授粉气温范围内^[3], 可能是导致其落花落果率达 42.5% 的主要原因。本次调查表明, 低温天气过程中, 影响红心猕猴桃坐果率的气温上限为持续时间 5d 及以上的日平均气温低于 15℃、日最低气温基本低于 13℃。由于红心猕猴桃花期对低温非常敏感, 还需要继续开展更精细化的低温试验来确定红心猕猴桃花朵和幼果冻死、脱落的气温阈值和范围, 并进行低温冷害防御试验, 进而采取相应措施, 降低或减轻低温冷害影响。

参考文献 References

- [1] 朱鸿云. 猕猴桃[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009: 68-71.
Zhu H Y. Kiwifruit[M]. Beijing: Chinese Forestry Science and Technology Press, 2009: 68-71. (in Chinese)
- [2] 黄宏文. 猕猴桃属分类资源驯化栽培[M]. 北京: 科学出版社, 2013: 245-247.
Huang H W. Domestication and cultivation of kiwifruit resources[M]. Beijing: Science Press, 2013: 245-247. (in Chinese)
- [3] 池再香, 王梦慈, 肖钧, 等. 喀斯特山区主要特色作物农业气象技术及气候区划: 以贵州省六盘水市为例[M]. 北京: 气象出版社, 2019: 26-40.
Chi Z X, Wang M C, Xiao J, et al. Agrometeorological technology and climatic division of main characteristic crops in Karst mountainous area: take Liupanshui city of Guizhou province as an example[M]. Beijing: Meteorology Press, 2019: 26-40. (in Chinese)
- [4] 池再香, 张锦, 古书鸿, 等. 2013 年气候对水城红心猕猴桃物候期的影响[J]. 气候变化研究快报, 2015, (4): 80-89.
Chi Z X, Zhang J, Gu S H, et al. Effect of the climate on phenological period of Hongyang kiwifruit in 2013 of Shuicheng County[J]. Climate Change Research Letters, 2015, 4(2): 80-89. (in Chinese)
- [5] Lyons J M. Chilling injury in plants[J]. Annual Review of Plant Physiology, 2003, 24(3): 445-446.
- [6] 王春乙. 东北地区农作物低温冷害研究[M]. 北京: 气象出版社, 2008: 25-42.
Wang C Y. Research on cold damage of crop in Northeast China[M]. Beijing: Meteorology Press, 2008: 25-42. (in Chinese)
- [7] 陈德, 杨沈斌, 姜丽霞, 等. 基于障碍型冷害损失评估模型推算东北水稻无障碍型冷害终日[J]. 中国农业气象, 2017, 38(8): 507-516.
Chen D, Yang S B, Jiang L X, et al. Estimating the last date without sterile-type chilling injury for rice based on a model for evaluation of loss for sterile-type chilling injury in Northeast China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2017, 38(8): 507-516. (in Chinese)
- [8] 吴立群, 蔡志欢, 张桂莲, 等. 低温对不同耐冷性水稻品种秧苗生理特性及根尖解剖结构的影响[J]. 中国农业气象, 2018, 39(12): 805-813.
Wu L Q, Cai Z H, Zhang G L, et al. Effects of low temperature on physiological characteristics of rice seedling with difference cold [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2018, 39(12): 805-813. (in Chinese)
- [9] 姜丽霞, 王萍, 王冬冬, 等. 2013 年黑龙江省春季低温特征及对主要农作物播种期的影响[J]. 中国农业气象, 2019, 40(2): 114-125.
Jiang L X, Wang P, Wang D D, et al. Characteristics of low temperature in spring and effect on crops seeding dates in 2013 in Heilongjiang Province[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2019, 40(2): 114-125. (in Chinese)
- [10] 朱丽云, 杨再强, 李军, 等. 花期低温寡照对番茄开花坐果特性及果实品质的影响[J]. 中国农业气象, 2017, 38(7): 456-465.
Zhu L Y, Yang Z Q, Li J, et al. Effect of low temperature and weak light at flowering stage on flower-fruit characteristics of tomato[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2017, 38(7): 456-465. (in Chinese)
- [11] 王明昌, 刘布春, 刘园, 等. 陕西苹果主产区花期冻害风险评估[J]. 中国农业气象, 2020, 41(6): 381-392.
Wang M C, Liu B C, Liu Y, et al. Assessment on the freezing injury risk during apple flowering in Liqun and Xunyi[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2020, 41(6): 381-392. (in Chinese)
- [12] 夏恒, 王晓峰. 水城红心猕猴桃的气候适应性分析[J]. 贵州气象, 2013, 37(1): 34-36.
Xia H, Wang X F. Climate adaptability analysis of red cartridge kiwifruit in Shuicheng[J]. Journal of Guizhou Meteorology, 2013, 37(1): 34-36. (in Chinese)