



肖钧,张敏,吴亚维,等.六盘水市甜樱桃主要种植区蓄冷量和蓄热量分析[J].黑龙江农业科学,2019(9):54-58.

# 六盘水市甜樱桃主要种植区蓄冷量和蓄热量分析

肖 钧<sup>1</sup>,张 敏<sup>2</sup>,吴亚维<sup>2</sup>,李秀亚<sup>1</sup>,吕金丽<sup>1</sup>,许金宽<sup>1</sup>,池再香<sup>3</sup>,叶发荣<sup>1</sup>

(1.六盘水市农业科学研究院,贵州 六盘水 553000;2.贵州省农业科学院 果树科学研究所,贵州 贵阳 550007;3.贵州省六盘水市气象局,贵州 六盘水 553000)

**摘要:**为促进六盘水地区甜樱桃产业发展,本文应用不同的需冷量计算模型(0~7.2℃,尤它模型和动力学模型)及两个需热量模型(强制模型和生长温度小时模型)对六盘水市主要樱桃种植区近年气象数据进行分析。结果表明:尽管每年需冷量、需热量存在差异,六盘水主要种植区需冷量基本都能满足其目前主栽品种红灯、美早的需冷量,而其连年需热量则显得不足。这可能表示,在高海拔冷凉地区,限制甜樱桃栽培的可能因子应为蓄热量而非蓄冷量。

**关键词:**甜樱桃;需冷量;需热量;蓄冷量;蓄热量

有着“春果第一枝”美誉的樱桃,果实艳丽,口感酸甜、结果早,经济价值较高,深受消费者青睐。受此驱动,近年来六盘水甜樱桃栽培面积增长较大。但甜樱桃在南方能否正常萌芽开花一直是广大研究者关切的问题,事实上,以红灯和美早为主的六盘水甜樱桃产业,萌芽开花问题日益凸显。甜樱桃的萌芽开花受两个因素的影响,一个是需冷量,一个是需热量<sup>[1]</sup>。甜樱桃需冷量是指从其进入休眠到休眠结束,期间的冷量累积值。需冷量得不到满足,则植株不能正常完成自然休眠全过程,引起生长发育障碍,导致不能适期萌发,或萌发不整齐,并引起花器官畸形或严重败育。需冷量达到后,甜樱桃等果树便由内休眠转为外休眠,外休眠的解除需要一定的热量蓄积,以重新激活花原基,进而完成萌芽、开花等过程。而从休眠的解除到盛花,甜樱桃还需要蓄积一定的热量,这一阶段需要的热量称为需热量。通常认为南方种植樱桃的难点在于需冷量得不到满足,然而在处于高海拔山区的六盘水,其早春期间需热量能否满足也尚不可知。本研究针对六盘水市六枝特区已经形成规模的甜樱桃种植园,进行连续3年的物候期观察和数据记载。对甜樱桃的冷量蓄积

(蓄冷量)和热量蓄积(蓄热量)进行了计算。以期了解当地甜樱桃生产中的蓄冷量、蓄热量数据,为周边地区甜樱桃产业发展提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验以六盘水市六枝特区大用园区大禹王公司内甜樱桃种植园、岩脚镇羊场村六盘水农科院试验基地内甜樱桃5~8年大树为试验材料,于2015-2017年秋季进行,对落叶期,萌芽期和开花期分别进行记载,同时对盘州市刘官镇气象数据进行测算。

气象数据为距离甜樱桃栽培区最近的气象基站自动记载的逐时数据,由六盘水市气象局提供。

### 1.2 方法

1.2.1 物候期的确定 参照《樱桃种质资源描述规范和数据标准》<sup>[2]</sup>,5%花芽鳞片松动,芽尖微微露绿视作萌芽,25%花完全开放视作开花,30%叶片自然脱落视作落叶。落别乡物候数据参照大用镇;刘官镇物候数据参照岩脚镇。

1.2.2 冷量累积值的计算 采用0~7.2℃模型、犹他模型和动力模型进行分别计算。

0~7.2℃模型:为自然休眠结束时经历0~7.2℃(不包括0℃)低温的小时数<sup>[3]</sup>。

犹他模型:犹他模型指自然休眠结束时累积的冷温单位(chill unit,单位C.U),将不同的温度范围对应不同的加权值,反映温度对低温累积的不同效果,包括高温对低温累积的负效应,温度低

收稿日期:2019-03-10

基金项目:六盘水市省市合作专项(520-20-2015-H-08、520-20-2015-01-02)。

第一作者简介:肖钧(1962-),男,学士,高级农艺师,从事果树栽培研究。E-mail: 365282886@qq.com。

通讯作者:叶发荣(1961-),男,学士,高级农艺师,从事果树栽培研究。E-mail: 3193027818@qq.com。

于 1.4℃,温度为 1.4~2.4℃和 9.1~12.4℃的权值为 0.5,对于温度介于 2.4~9.1℃的权值为 1,在 15.9~18℃时为-0.5,在温度高于18℃时为-1℃<sup>[3-4]</sup>,以冷温单位 $\geq 0$  C. U 时的日期为有效低温的起点。

动态模型:该模型假设冬季冷量积累是由两步过程产生,第一步,冷量累积产生中间产物,该产物具有不稳定性,一旦温度升高即被破坏。中间产物可在中等温度下最有效的过程中转化为永久性的“冷量单元”(chill portion,单位 C. P)。这些冷量单元在冬季累积。该模型所基于的方程式比其他模型更复杂,近年来备受推崇。具体参照高健洲和 Luedeling 等<sup>[3,5]</sup>的方法。

1.2.3 热量累积值的计算 强制热累积模型:热量累积参照 Luedeling<sup>[6]</sup>方法进行,通过生长温度小时(GDH)进行计算,通过休眠结束到 50%花朵

开放期间的热量累加值进行体现。该模型基于生理效应的 3 个温度估计:热量累积的下限阈值设定为 4℃,上限阈值设定为 25℃,临界温度设定为 36℃。等式还包括一个应力因子 F,因大用、岩脚等地甜樱桃树施肥管理较为正规,无胁迫存在,在本研究中设置为 1。

生长温度小时模型:参照 Albuquerque 等<sup>[7]</sup>的方法,累积时间同强制热模型,通过生长温度小时(GDH)进行计算,为从休眠结束直至 50%花朵开放期间的逐时温度减去 4.5℃的加权值(温度低于 4.5℃,高于 25℃均视作无积效)。

2 结果与分析

2.1 不同年份物候期记录

六盘水市大用、岩脚两个地方甜樱桃每年的物候期都有不同,总体上,岩脚镇甜樱桃萌芽、开花早于大用镇,落叶期晚于大用镇,详见表 1。

表 1 甜樱桃物候期

Table 1 Phenological period of sweet cherry

年份 Years	大用镇 Dayong town			岩脚镇 Yanjiao town		
	萌芽期	开花期	落叶期	萌芽期	开花期	落叶期
	Germination stage	Flowering stage	Deciduous stage	Germination stage	Flowering stage	Deciduous stage
2015	1. 26	3. 18	11. 25	1. 23	3. 14	11. 28
2016	2. 16	4. 01	10. 30	2. 11	3. 30	11. 09
2017	2. 06	3. 30	11. 25	1. 27	3. 28	11. 10

2.2 不同年份冷量累计值

2.2.1 0~7.2℃模型需冷量累积计算结果 通过 0~7.2℃模型估算,六盘水各樱桃种植区中,冷量累积值以大用镇最大,3 年均值为 1 443 h,刘官镇、落别乡次之,分别为 1 348 h、1 062 h,岩脚镇冷量累积值最低,为 987 h(表 2)。

2.2.2 犹他模型冷量累积计算结果 通过犹他模型估算,六盘水各樱桃种植区中,冷量累积值以大用最大,3 年均值为 1 264 C. U,落别乡、刘官镇次之,分别为 1 257 和 1 174 C. U,岩脚镇冷量蓄积值最低,为 1 161 C. U,详见表 3。

2.2.3 动态模型冷量累积计算结果 通过动态模型冷量累积计算,六盘水各樱桃种植区中,冷量累积值以刘官镇最大,均值为 78 C. P,大用镇、岩脚镇次之,分别为 64 和 56 C. P,落别乡冷量蓄积

值最低,为 52 C. P,详见表 4。

表 2 0~7.2℃模型冷量累积

Table 2 Accumulation of cold requirement in 0-7.2℃ temperature model

年份 Years	需冷量 Cold requirement/h			
	大用镇	落别乡	岩脚镇	刘官镇
	Dayong town	Luobie township	Yanjiao town	Liuguan town
2015	1492	-	1231	1442
2016	1423	1268	936	1427
2017	1413	855	793	1176
平均值 Average	1443	1062	987	1348
变异系数 Variation coefficient/%	3.0	27.5	22.6	11.1

表 3 犹他模型模型冷量累积

Table 3 Accumulation of cold requirement in Utah model				
	需冷量 Cold requirement/C. U			
年份 Years	大用镇 Dayong	落别乡 Luobie	岩脚镇 Yanjiao	刘官镇 Liuguan
	town	township	town	town
2015	1403	-	1175	1405
2016	1269	1322	1262	1099
2017	1120	1191	1046	1017
平均值 Average	1264	1257	1161	1174
变异系数 Variation	11.2	7.4	9.4	17.4
coefficient/%				

表 4 动态模型冷量累积

Table 4 Accumulation of cold requirement in dynamic model				
	需冷量 Cold requirement/C. P			
年份 Years	大用镇 Dayong	落别乡 Luobie	岩脚镇 Yanjiao	刘官镇 Liuguan
	town	township	town	town
2015	65	-	59	81
2016	64	52	53	74
2017	63	-	-	-
平均值 Average	64	52	56	78
变异系数 Variation	1.6	0	7.6	6.4
coefficient/%				

2.3 不同年份需热量累积分析

2.3.1 强制模型热累积计算结果 由表 5 可知，六盘水樱桃主要种植区强制热累积计算结果以刘官镇最高，为 5 361 GDH，落别乡、岩脚镇次之，分别 5 349 和 5 004 GDH，大用镇热量蓄积值最低，为 3 246 GDH。

2.3.2 生长温度小时模型计算结果 由表 6 可知，六盘水樱桃主要种植区生长度小时模型热量累积计算结果以刘官镇最高，为 5 531 GDH，落别乡、岩脚镇次之，分别 5 522 和 5 196 GDH，大用镇热量蓄积值最低，为 3 967 GDH。

表 5 强制模型热累积

Table 5 Heat accumulation of forced model				
	需热量 Heat demand/GDH			
年份 Years	大用镇 Dayong	落别乡 Luobie	岩脚镇 Yanjiao	刘官镇 Liuguan
	town	township	town	town
2015	3749	5921	6028	6332
2016	2492	5398	3980	4389
2017	3497	4728	-	-
平均值 Average	3246	5349	5004	5361
变异系数 Variation	20.5	11.2	28.9	25.6
coefficient/%				

表 6 生长温度小时模型热累积

Table 6 Heat accumulation of growth temperature hour model				
	需热量 Heat demand/GDH			
年份 Years	大用镇 Dayong	落别乡 Luobie	岩脚镇 Yanjiao	刘官镇 Liuguan
	town	township	town	town
2015	4605	5203	6126	6615
2016	3195	5582	4265	4446
2017	4103	5782	-	-
平均值 Average	3967	5522	5196	5531
变异系数 Variation	18.0	5.3	25.3	27.7
coefficient/%				

3 结论与讨论

根据刘仁道等<sup>[8]</sup>2009 年的研究，甜樱桃品种红灯在四川绵阳的需冷量为 960 h，刘聪利等<sup>[9]</sup>2017 年报道，用 0~7.2℃模型，甜樱桃品种红灯需冷量在 583 h，甜樱桃品种美早需冷量在 645 h，另据陈晓丹等<sup>[10]</sup>2017 年报道，在上海种植的甜樱桃品种红灯需冷量 600~800 h，在大连种植的甜樱桃品种红灯需冷量为 800~1 000 h，大连栽种的甜樱桃品种美早需冷量为 400~600 h，而北京站种植的甜樱桃品种美早需冷量为 600~800 h。根据高东升等<sup>[11]</sup>2001 年的报道，甜樱桃品种红灯 1996 年的需冷量为 1 170 C. U，1998 年需冷量为 1 240 C. U，1999 年需冷量为 1 190 C. U。

根据 Aburquerque 等<sup>[7]</sup> 2008 年对布鲁克斯、勃兰特等 7 个品种的需冷量计算,六盘水市六枝特区的大用樱桃园满足全部 7 个品种的需冷量需求。综合以上研究结果,结合本研究在六盘水 3 年的观察和计算数据,可以推测在六盘水市几个主要种植区,大用、落别、岩脚、刘官等的冷量蓄积值足够甜樱桃品种美早和红灯通过休眠,也可以满足多数对需冷量要求不高的甜樱桃品种。关于需热量对甜樱桃开花、坐果等的影响报道不多。根据 Aburquerque 等<sup>[7]</sup> 用生长度小时模型对布鲁克斯、勃兰特等 7 个品种的需热量进行计算,其最低需热量在 7 300 GDH 以上。Luedeling 等<sup>[12]</sup> 应用强制热累积模型对甜樱桃 ‘Schneiders späte Knorpelkirsche’ 需热量计算值为 3 473 GDH。这表明,六盘水市各个种植区甜樱桃可能存在开花期热量不足的情况。这可能与本研究观察到的开花少、开花不整齐等有关系。

根据 Alonso 等<sup>[13]</sup> 2005 年在杏上的研究报告,在需冷量早期得到满足的条件下,杏树的需热量在开花早晚上起的决定作用更大。Harrington 等<sup>[14]</sup> 2010 年的研究认为,需冷量和需热量并非恒定量,而可能存在一个相互补偿,冷量积累不够时,可以通过需热量的增加来补偿。本研究观察发现在六盘水的需冷量、需热量年年不同,可能是因为需冷量需热量相互补偿的一个结果。虽然 Aburquerque 等<sup>[7]</sup> 在西班牙东南部的 Murcia 地区的研究结果暗示,低需冷量品种通常能提早开花,而低需热量品种则不能,认为需冷量是决定开花早晚的重要因素。

根据多年种植经验,处于高海拔山区的六盘水各甜樱桃种植区,萌芽到开花这一时期多处于低温寡照天气,热量积蓄时间长,积蓄慢,可能存在热量不足的情况。推测,在六盘水市,需热量与需冷量之间也存在一个补偿机制,但热量欠缺的问题,已经无法通过二者平衡得到解决,使得热量欠缺的问题成为限制甜樱桃可持续发展的瓶颈。故认为,在六盘水及相似气候的高海拔山区,甜樱桃种植布局除了考虑需冷量的问题,也应对需热量问题加以考虑。

另外,本研究中物候期确定全部通过实地观察,对休眠结束的界定采用的标准不同于 Al-

burquerque 等<sup>[7]</sup>,通过定期(不同的冷凉累积期间)在田间取枝条,带回实验室在 24 ℃ 瓶插 10 d,通过瓶插 10 d 后的花芽阶段和花芽重量来判断是否通过休眠,采用的目测法可能会将冷量的积累延长,而需热量的阶段减少。后期将通过取枝瓶插试验来加以做进一步验证。

### 参考文献:

- [1] Alburquerque N, Garcia-Montiel F, Carrillo A, et al. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, 64(2): 162-170.
- [2] 赵改荣,李明. 樱桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2011.
- [3] 高健洲,张逸璇,李秉玲,等. 数量化模型估算观赏植物需冷量研究进展[J]. *中国农学通报*, 2018, 34(19): 76-82.
- [4] Luedeling E, Zhang M, Luedeling V, et al. Sensitivity of winter chill models for fruit and nut trees to climate change[J]. *Agric Ecosyst Environ*, 2009, 133(1-2): 23-31.
- [5] Luedeling E, Brown P H. A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2011, 55(3): 411-421.
- [6] Eike L, Zhang M, Gale M G, et al. Validation of winter chill models using historic records of walnut phenology[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(11): 1854-1864.
- [7] Alburquerque N, Garcia-Montiel F, Carrillo A, et al. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, 64(2): 162-170.
- [8] 刘仁道,刘建军. 甜樱桃不同品种需冷量研究[J]. *北方园艺*, 2009(2): 84-85.
- [9] 刘聪利,赵改荣,李明,等. 66 个甜樱桃品种需冷量的评价与聚类分析[J]. *果树学报*, 2017, 34(4): 464-472.
- [10] 陈晓丹,王磊,黄嘉赞,等. 甜樱桃不同品种需冷量评估初探[J]. *中国南方果树*, 2017, 46(3): 109-112.
- [11] 高东升,束怀瑞,李宪利. 几种适宜设施栽培果树需冷量的研究[J]. *园艺学报*, 2001, 28(4): 283-289.
- [12] Luedeling E, Kunz A, Blanke M M. Identification of chilling and heat requirements of cherry trees—a statistical approach[J]. *International Journal of Biometeorology*, 2013, 57(5): 679-689.
- [13] Alonso J M, Anson J M, Espiau M T. Determination of endodormancy break in almond flower buds by a correlation model using the average temperature of different day intervals and its application to the estimation of chill and heat requirements and blooming date[J]. *Journal of the*

American Society for Horticultural Science, 2005, 130(3): 308-318.

[14] Harrington C A, Gould P J, Clair J B S. Modeling the

effects of winter environment on dormancy release of Douglas-fir[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(4): 798-808.

## Analysis of Cooling Capacity and Heat Storage in Sweet Cherry Main Planting Areas of Liupanshui City

XIAO Jun<sup>1</sup>, ZHANG Min<sup>2</sup>, WU Ya-wei<sup>2</sup>, LI Xiu-ya<sup>1</sup>, LYU Jin-li<sup>1</sup>, XU Jin-kuan<sup>1</sup>, CHI Zai-xiang<sup>3</sup>, YE Fa-rong<sup>1</sup>

(1. Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Liupanshui 553000, China; 2. Institute of Fruit Science, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550007, China; 3. Meteorological Bureau of Liupanshui City, Liupanshui 553000, China)

**Abstract:** In order to promote the development of sweet cherry industry in Liupanshui area, in this paper, different chilling models (0-7.2 °C, Utah model, and Dynamic model) were applied, and two heat models (forced model and growth temperature hour model) were used to analyze the meteorological data of the main cherry planting areas in Liupanshui City in the 3 years. The results showed that despite the difference in chilling accumulation and heat accumulation per year, the chilling accumulation of the main planting areas of Liupanshui could basically meet the chilling requirement of the most planted cultivar Tieton and Hongdeng, while the heat accumulation was insufficient. This may indicate that in high-altitude cold areas, the possible factor limiting the cultivation of sweet cherry should be heat accumulation rather than cold accumulation.

**Keywords:** sweet cherry; chilling requirement; heat requirement; cold storage capacity; heat storage

### 欢迎订阅 2020 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主管主办的大豆专业领域学术期刊,也是被国内外多家重要数据库和文摘收录源收录的重点核心期刊。主要刊登有关大豆遗传育种、品种资源、生理生态、耕作栽培、植物保护、营养肥料、生物技术、食品加工、药用功能及工业用途等方面的学术论文、研究报告、研究简报、国内外研究述评、学术活动简讯和新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者,大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

《大豆科学》为双月刊,国内外公开发行。国内每期定价:40.00 元,全年 240.00 元,邮发代号:14-95。国外每期定价:40.00 美元(含邮资),全年 240.00 美元,国外代号:Q5587。全国各地邮局均可订阅,也可向编辑部直接订购。

地址:哈尔滨市南岗区学府路 368 号《大豆科学》编辑部

邮编:150086

电话:0451-86668735

网址: <http://ddkx.haasep.cn>

E-mail: [soybeanscience@vip.163.com](mailto:soybeanscience@vip.163.com)

