

专题综述

DOI: 10.16626/j.cnki.issn1000-8047.2017.01.018

温度对南方地区甜樱桃开花结实影响的研究进展*

张琛, 沈国正, 郗笃隽, 裴嘉博, 黄康康, 刘辉

(杭州市农业科学研究院园艺研究所, 浙江 310024)

摘要 我国南方地区甜樱桃引种栽培生产中存在坐果率低、落果严重、产量不稳、果实畸形等问题, 严重影响了甜樱桃产业在南方地区的发展。从需冷量、甜樱桃花芽分化进程和速率、花芽分化后期胚发育、花芽分化质量与坐果等方面阐述了温度对南方地区引种甜樱桃开花结实的影响, 并提出了南方地区引种甜樱桃提高坐果率的相应对策。认为今后可加强甜樱桃在不同生态条件下生长结果习性的研究, 选育需冷量低的品种, 优化配套栽培措施, 以促进甜樱桃栽培的向南顺利发展。

关键词 甜樱桃; 温度; 需冷量; 花芽分化; 研究进展; 南方地区

中图分类号: S662.5 文献标志码: A 文章编号: 1000-8047(2017)01-0066-05

近年来, 随着现代农业的发展, 以休闲采摘为主的果树种植发展十分迅速, 甜樱桃 (*Prunus avium* L.) 果实色泽艳丽、风味品质优良, 备受消费者欢迎, 加之栽培效益极高, 激发了南方地区的发展积极性, 引种试栽范围不断扩大。但与烟台、大连等北方甜樱桃主栽区相比, 在南方地区甜樱桃引种试栽中存在坐果率低、落果严重、产量不稳、果实畸形等问题, 严重制约了甜樱桃在我国南方地区的推广。

果树花芽质量的优劣, 与产量、果实品质密切相关。花器官发育良好, 则为授粉受精、坐果和果实正常发育奠定了良好基础, 否则往往导致坐果率低、果实畸形、小果等现象发生^[1]。甜樱桃从开花到采收时间短, 且花器发育是一系列连续复杂的过程。南方地区属于亚热带季风性气候, 年均气温比辽宁和山东等甜樱桃主产区高4℃以上, 突出特点是春季升温早、夏季高温多雨且持续时间长, 冬季入冬晚且低温不足。环境温度是造成南方地区甜樱桃坐果率低的主要因素之一。

本文从需冷量、甜樱桃花芽分化进程、花芽分化后期胚发育、花器发育与坐果状况等方面综述了近年来温度对甜樱桃开花结实的影响研究进展, 着

重分析了南方地区甜樱桃栽培中坐果率低的可能原因, 并提出了解决方法, 以期为南方地区甜樱桃栽培增产措施的合理制定提供理论借鉴。

1 温度对甜樱桃开花结实的影响

1.1 有效低温不足对花芽分化的影响

温带落叶果树积累一定量的有效低温以完成自然休眠(内休眠)是进行下一个生长发育循环所必经的阶段^[2]。有效低温不足, 植株无法完成自然休眠全过程, 引起正常生长发育障碍, 即使后期条件适宜, 也不能适期萌发, 常出现萌发不齐、花器官畸形甚至严重败育等现象^[3]。在设施生产条件下, 有效低温不足则表现为花期延长, 坐果率偏低, 重者绝产。需冷量估算模型较多, 目前常用的有<7.2℃、犹他模型、低需冷量模型、动态模型等, 其中动态模型更适于温暖地区需冷量的估算^[4]。甜樱桃一般需7.2℃以下低温600~1400h方可完成冬季休眠^[5]。南方地区雨量充沛、秋季气温较高, 甜樱桃树易出现旺长, 进入落叶和休眠期较晚, 进入早春后气温回升快, 物候期较早, 造成休眠期缩短而被迫萌芽。李勃等^[6]研究了上海和山东烟台地区‘红灯’‘先锋’甜樱桃生物学特

本文于2016-08-01收到, 2016-08-17收到修改稿。

* 杭州市科委科技计划项目(20140932H03)。

张琛电话: 0571-87313244, E-mail: tt.hang@163.com; 刘辉为通信作者, E-mail: liuhui518lh@163.com。

性的差异,发现上海较烟台地区甜樱桃萌芽提前了大约 20 d,而落叶延迟约 1 个月。需冷量不足引起甜樱桃萌芽提前、开花不整齐,主要原因为顶芽、发育好的芽体先萌发,出现了与后发育的花器官争夺营养的现象,即树体后期的补偿性生长,从而影响花芽分化。

有效低温不足影响花芽分化质量。营养物质的积累是花芽分化的物质基础,营养物质是否充足,决定了花芽分化质量的优劣^[7]。孙旭武等^[8]对不同需冷量桃品种研究结果表明,低需冷量桃品种花芽的分化质量较高,其花芽分化期叶片中的碳水化合物、可溶性蛋白、游离氨基酸以及可溶性糖含量均高于高需冷量桃品种。研究认为低需冷量桃品种花芽分化的各个阶段时间较为充足,叶片对花芽代谢物质的供应较为充足,从而使其花芽分化质量较高;高需冷量桃品种的情况则相反。因此,冬季有效低温不足常被认为是导致南方地区引种甜樱桃坐果率低的主要因素之一。但崔娟等^[9]研究发现,将全生育期在南京的 4 年生‘早红宝石’移栽至郑州后也能有较高的坐果率,认为在基本满足需冷量的前提下,冬季低温不足并非目前南方甜樱桃坐果率低的关键因子,该研究认为春季开花坐果期是影响南京地区甜樱桃坐果的关键时期。从日本香川县以及温暖的美国加州可以成功栽植甜樱桃来看,低温不足应该不是温暖的长江以南地区所有甜樱桃坐果率低的主要原因。

1.2 温度对甜樱桃花芽分化进程及其速率的影响

甜樱桃花芽分化时期大体是从每年 6 月上旬开始,10 月初基本结束,集中分化期在 7—8 月,其中花瓣、雄蕊原基分化期较短,苞片分化期、雌蕊原基分化期较长^[6,10-12]。研究表明,环境温度对甜樱桃花芽分化进程及其速率有一定的影响。赵长竹等^[13]在观察烟台、郑州、金华三地区甜樱桃花芽分化及同期温度变化后指出,3 个地区‘红灯’6 月分化绝对速率从高到低依次为金华、郑州和烟台地区;7 月分化绝对速率从高到低依次为烟台、郑州和金华地区,这与 3 个地区 6 月和 7 月的月平均温度排列顺序一致。刘婧等^[14]在对甜樱桃花芽形态分化敏感期的研究中发现,高温处理会明显加快花芽分化的进程。萼片原基和花瓣原基分化期这 2 个时期为甜樱桃花芽分化过程中的高温敏感时期,在此时期如遇高温会严重影响花芽正常分化,造成大量双(多)雌蕊花的出现。但温度高于一定程

度则会抑制甜樱桃花芽形态分化速率,延缓分化进程^[15]。Beppu 等^[16]在对‘佐藤锦’的研究中也得到相似结果。品种间花芽分化的适宜区间也略有不同,‘红灯’‘早红宝石’在 25.0~27.0 °C 时花芽快速分化,当温度>27.0 °C 时花芽形态分化速率下降;‘拉宾斯’在 26.0~29.0 °C 时花芽快速分化,当温度>29.0 °C 时花芽形态分化速率下降^[13]。

1.3 温度对甜樱桃花芽分化后期胚发育的影响

被子植物除具有单性结实的果树树种或品种外,坐果及果实发育要有种子的发育与形成^[17-20],任何造成种子败育的因素都可能造成落花落果,坐果率低。甜樱桃雌蕊原基的形成标志着花芽形态分化的完成,但花器官各原始体仍在进一步分化发育过程中,花粉粒、胚珠和胚囊的形成,标志着花芽完整发育过程的完成^[21]。甜樱桃花芽萌发后期主要伴随着翌年春季逐渐升温,尤其在花芽萌动期到谢花这段时期对温度非常敏感,此时期温度的异常与胚珠、胚囊的滞育、异常发育^[22]以及衰老失活密切相关^[23-24]。温度越高,胚珠越易衰老^[25],胚囊败育程度越重^[26],坐果越困难^[26-27]。曾有对桃花器官的研究表明,在开花前 1 个月至落瓣这段时期内如遇低温则胚囊发育慢,遇高温则加速胚囊的败育;花芽萌动期间如遇高温,珠心、胚囊的降解速度显著加快,开花后胚囊迅速退化。另外,在花芽萌动期及花药发育的不同时期进行短时高温处理,将导致绒毡层及中层细胞的提前解体,花药异常发育,花粉粒萌芽率降低,雄、雌蕊变褐、败育等^[28-29]。也有研究指出,高温环境下染色体配对、着丝粒分离、纺锤体形成及胞质分裂等减数分裂行为过程均出现异常,此类异常最终造成大量花粉的畸形、败育^[21-29]。王世平等^[30]在上海地区观察到甜樱桃花期样品有胚珠无胚囊的比率为 71.9%,无胚珠无胚囊的比率为 26.3%,总体异常比率高达 98.2%。花期遭遇高温造成胚珠、胚囊发育不良是上海地区甜樱桃不能正常结实的主要原因。Beppu 等^[26]在花期对甜樱桃‘佐藤锦’进行高温和低温处理研究后发现,花期前后气温在 25 °C 以上条件下胚囊停留在未发育阶段,并且花后 2 d 迅速退化,花芽发育期遭遇高温使胚囊、珠心迅速退化是出现坐果困难等现象的主要原因。日本甜樱桃设施栽培生产中,加温栽培条件下也出现坐果困难、结实不良等现象。研究发现当花期温度高于 25 °C,即使通过人工授粉坐果率仍未有所提高,

这可能与高温引起的胚囊、珠心退化有关^[31]。

春季花前较低温度有利于胚珠、胚囊发育^[32]。但春季低温冻害也会对甜樱桃坐果产生较大影响。尤其是萌芽开花期、幼果期等生长适应性较弱的时期,更易受晚霜的伤害,从而造成花、叶萎蔫,出现果实缩水、生长受阻等现象,严重时花器官变黑,导致落果,直接影响产量。南方地区春季升温较快,物候期较北方主产区早10~20 d,此时正值3月上中旬。寒潮、倒春寒的发生造成开花期低温冻害,轻者减产,重者绝收,给生产带来巨大的经济损失^[33]。

温度不仅影响胚珠、胚囊的发育,雄配子体发育^[34-35]、柱头接受花粉能力^[36]、花粉动力学等方面也会受到不同程度的影响^[32,37-38]。在甜樱桃花芽萌动期间,对其进行短时高温处理后分别调查雌蕊枯萎率、花药变褐率、花瓣卷曲率及花粉萌发率。结果表明,除花粉萌发率显著下降外,其余三者数值均表现为升高。这些数值的改变与花期的散粉行为密切相关,花粉活力降低,后期生殖行为失常。雄蕊发育过程中受到高温的抑制作用与遭遇高温时间密切相关,遭遇高温越早,抑制作用越显著;雌蕊和花冠发育则恰好相反,遭遇高温越晚,抑制作用越显著^[39]。对甜樱桃花粉粒进行细胞学观察后发现,高温对其发育进程无明显影响,但会加速降解绒毡层、中层细胞,从而导致部分花粉粒在发育过程中出现解体,最终表现为成熟花粉粒呈现明显的大小分化。

1.4 温度对甜樱桃花芽分化质量与坐果的影响

双子果、果实的缝合线过深或正常大小果实上附着一个发育退化的果实残迹等畸形现象是南方地区甜樱桃栽培中存在的主要问题之一,严重影响其商品价值。造成双子果的原因在于甜樱桃花芽分化过程中心皮基部融合不全,或2个心皮融合在一起,形成双雌蕊,最终形成双子果。这是由于甜樱桃花器官分化发育具有时序性,前期发育过程中不良环境因素造成的器官原始体发育不良在后期逐步累积。Stephen等^[40]指出,果实缝合过深、畸形果现象与上一年7—9月气温偏高紧密相关。在花芽发育过程中,只有双雌蕊等长的花芽才能继续发育成为双雌蕊花,而双雌蕊不等长的花芽中较短的1根雌蕊逐渐退化消失。这也是花期双雌蕊花比率低于花芽分化期双雌蕊花比率的原因。

Beppu等^[16]对甜樱桃‘佐藤锦’研究发现,

在7月下旬至9月上旬期间,当日、夜气温均为25℃时,花芽均为单柱头;当日气温高于30℃,雌蕊原基的分化显著变慢,双柱头比率显著增加;当日气温为35℃时,观察到近80%的花芽中雌蕊出现双柱头或三柱头,同时雄蕊出现花药被花瓣状或柱头状附属物取代等畸形现象。Beppu等^[16]报道高温导致双雌蕊发生的关键时期是从萼片原基向花瓣原基过渡期,而设施栽培(避雨栽培)调查数据也证实了该观点。Roversi等^[41]认为双子果的发生与品种之间关系较大,与果枝年龄和角度影响不大。此外早熟品种较晚熟品种容易发生,春夏季节日最高气温高的地方双子果率高,如35℃高温处理下的短柄樱桃无法开花并最终脱落;30℃处理下,大部分花为畸形花,无花粉散出^[42]。在对设施栽培下的甜樱桃高温处理后,高温使花朵显著减小并造成雌、雄蕊败育,开花后出现大量落花落果现象^[21-22]。

2 提高南方地区甜樱桃坐果率的措施

2.1 选择需冷量低的品种

南方地区冬季气温相对较高,甜樱桃在栽培过程中打破自然休眠的有效低温不足、持续时间短。充分满足其需冷量打破自然休眠,是实施其他措施提高坐果率的前提和基础。因此,南方地区甜樱桃引种应尽可能选择需冷量低的品种,以有利于打破自然休眠。目前,对甜樱桃不同品种需冷量的研究多不系统,且同一品种在不同地区、不同研究之间结果有较大差异。需冷量具有遗传特性,与品种有关。一般而言,相较于晚熟品种早熟品种需冷量较低^[43],南方引种可选‘布鲁克斯’‘拉宾斯’‘佐藤锦’等品种。

2.2 适时调节温度

露地栽培的甜樱桃,为避免或减轻花期前后的高温天气对其开花坐果造成的伤害,在建园时就要设计和建好防风林带。防风林带不仅在降低风速方面效果显著,且在春季提高地温、夏季降低气温方面有较大作用,可用此来改善果园小气候,创造一个有利于甜樱桃开花坐果的适宜环境。在高温来临前后,积极采取各种应对措施,如采用遮阳网及时遮阴,当气温超过25℃时结合地下水喷灌蒸发冷却等降温措施,以防止或减轻由高温引起的胚珠和胚囊发育不良、花粉败育等。

日光温室或大棚栽培的甜樱桃,升温前1周内

至开花为萌芽期, 也称为孕花期, 此段时间内需及时监测温度变化, 温度控制不可过高或过低。从开始升温到开花期须保证有 1 个月左右的时间, 否则即便开花, 坐果率也极低。甜樱桃在开花期对温度要求更为严格, 温度过高或过低均会影响后期授粉受精坐果等。白天温度要保持在 12~18℃, 最高不超过 20℃, 夜间最低温度不低于 5℃, 以保证花粉管的正常萌发。

2.3 合理修剪, 控制营养生长

甜樱桃花芽形态分化从 6 月中旬开始, 9 月底至 10 月初基本完成雌蕊原基的分化。此时控制枝条旺长是修剪关键, 应尽量做到不冒条。8 月中下旬对幼树、旺树修剪以改善内膛光照为主, 适时疏除背上直立枝、过密枝、过旺枝等。控制新梢旺长的同时应注意增加花束状果枝的比例。采用生长季及时摘心、疏除徒长枝、短截发育枝等方法均利于培养花束状果枝, 同时可抑制营养生长过旺, 促进花芽分化^[44]。在冬季修剪时可重短截 1 年生枝, 促发枝条, 能提高营养枝和长果枝的比例; 第 2 年发出的强旺枝再次重短截, 中、短枝即可形成结果枝组。现在生产中, 采用吉塞拉系列的矮化砧木, 配合夏季合理修剪, 也可明显控制枝条旺长现象。甜樱桃整体树形要以通风透光为主, 南方地区夏季高温多雨, 枝量控制应比北方适栽区稀疏。另外, 采用秋季喷硼^[45]等措施提高坐果率。

2.4 合理施肥、花期放蜂

甜樱桃落叶前(南方地区看具体情况, 从近年来看, 各地方管理情况不同, 差别大, 正常管理可保叶到 9 月中下旬)施足基肥、花前和采后追肥是保证其花芽分化、正常开花坐果及提高产量和品质的重要措施。花前追肥可促进当年开花、坐果。果实采收后 15~30 d 树体进入花芽分化期, 此时追肥有助于提高翌年成花率, 降低畸形花率, 达到增产效果^[46]。秋后落叶前施足基肥, 以强壮树体、提高花芽分化质量, 保证树体安全越冬。春季萌芽前可补充氮肥, 以满足甜樱桃开花坐果期间的养分需要。同时, 注意微量元素(钙、硼等)的补充, 盛花期喷施 0.2%~0.3% 硼砂可提高坐果率。另外, 花期放蜂配合授粉亦能显著提高坐果率。

2.5 科学防控病虫害, 严防早期落叶

病虫害防治不及时导致枝条病害, 提前落叶进入休眠期, 树势衰落, 树体贮藏营养不足, 影响翌年花芽质量。花果腐烂病是甜樱桃花果期常见病

害, 主要危害花和果实, 花器外观表现为变褐干枯, 形成的灰褐色粉状分生孢子块较难观察, 待其落花时才能发现花已腐烂; 幼果发病主要在落花 10 d 后, 表现为果实表面可见部分褐色小斑点, 后迅速蔓延, 最终引起整个果实软腐, 成为僵果悬挂在树上。另外, 甜樱桃流胶病、褐斑病、细菌性穿孔病、叶斑病、根颈腐烂病以及梨小食心虫、金龟子、天牛、桑白蚧、刺蛾等也是甜樱桃上常见的病虫害。采果后至落叶前这段期间应特别加强土肥水管理, 及时进行病虫害防治等。

3 展望

我国南方地区春季升温早、快, 果实成熟早, 可比北方露地栽培更早上市, 就近供应市场, 减少流通环节, 加长整个甜樱桃市场的供应期, 因而南方地区发展甜樱桃产业具有广阔前景。但受南北地区气候条件(特别是温度、湿度、降雨)差异的影响, 南方地区引种栽培的甜樱桃在树体生长发育规律上与北方地区有一定程度上的差异, 常表现为花芽分化质量降低、花器官发育异常、花而不实、坐果率低。鉴于甜樱桃花器官发育对温度要求存在品种间的差异性, 结合各地各品种有效低温的积累特性, 今后可开展不同生态区之间、不同甜樱桃品种间区域性试验, 研究花芽分化及性器官发育对特定温度的响应, 为选择适宜特定生态环境的品种及栽培中采取合理的配套技术措施提供理论依据, 促进我国甜樱桃产业顺利向南推进。

参考文献

- [1] 曹尚银, 张秋明, 吴顺. 果树花芽分化机理研究进展. 果树学报, 2003, 20 (5): 345-350.
- [2] 李宪利, 高东升, 夏宁. 果树设施栽培的原理与技术研究. 山东农业大学学报, 1996 (2): 227-232.
- [3] 王力荣, 胡霞云. 桃品种的低温需求量. 果树科学, 1992, 9 (1): 39-42.
- [4] 王海波, 刘凤之, 王宝亮, 等. 落叶果树的需冷量和需热量. 中国果树, 2009 (2): 50-53.
- [5] Seif S, Gruppe W. Chilling requirements of sweet cherries (*Prunus avium*) and interspecific cherry hybrids (*Prunus x ssp.*). Acta Hort, 1985, 169: 289-294.
- [6] 李勃, 李淑平, 谢兆森, 等. 上海和烟台地区甜樱桃生物学特性及花芽分化进程研究. 果树学报, 2010, 27 (3): 349-354.
- [7] 李秉真, 孙庆林, 张建华, 等. 苹果梨花芽分化期内源激素含量的变化. 植物生理学通讯, 2000, 36 (1): 27-29.

- [8] 孙旭武, 李唯, 王力荣, 等. 桃花芽分化期蛋白质、氨基酸和碳水化合物含量的变化. 甘肃农业大学学报, 2004, 6 (3): 295-299.
- [9] 崔娟, 方金豹, 林苗苗, 等. 影响南京甜樱桃坐果的关键时期. 园艺学报, 2015, 42 (6): 1157-1166.
- [10] 姜建福, 赵长竹, 李金强, 等. 郑州地区甜樱桃花芽形态分化的观察. 果树学报, 2009, 26 (4): 466-470.
- [11] Li B, Xie Z S, Zhang A, et al. Tree growth characteristics and flower bud differentiation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) under different climate conditions in China. Horticultural Science (Prague), 2010, 37 (1): 6-13.
- [12] 宫美英, 张凤敏, 孙庆田, 等. 大樱桃花芽形态分化期的观察. 北方果树, 2007 (4): 9-11.
- [13] 赵长竹, 姜建福, 张慧琴, 等. 三地区甜樱桃花芽分化与温度的关系. 果树学报, 2011, 28 (6): 1001-1011.
- [14] 刘婧, 孙培琪, 史作安, 等. 甜樱桃花芽形态分化敏感期的研究. 华北农学报, 2011, 26 (增刊): 287-289.
- [15] Beppu K, Kataoka I. High temperature rather than drought stress is responsible for the occurrence of double pistils in 'Satohishiki' sweet cherry. Scientia Horticulturata, 1999, 81 (2): 125-134.
- [16] Beppu K, Ikeda T, Kataoka I. Effect of high temperature exposure time during flower bud formation on the occurrence of double pistils in 'Satonishiki' sweet cherry. Scientia Horticulturae, 2001, 87: 77-84.
- [17] 胡宝忠. 植物学. 北京: 中国农业出版社, 2002: 233-238.
- [18] 邓西民. 果树生物学. 北京: 高等教育出版社, 1999: 90-93.
- [19] 吕柳新. 果树生殖学导论. 北京: 中国农业出版社, 1995: 38-50.
- [20] 黄卫东. 温带果树结实生理. 北京: 北京农业大学出版社, 1994: 58-60.
- [21] 边卫东, 邓艳华, 朱育贤, 等. 大樱桃胚珠、花粉发育与温度变化的关系. 果树学报, 2006, 23 (4): 609-612.
- [22] Beppu K, Okamoto S, Sugiyama A, et al. Effects of temperature on flower development and fruit set of 'Satohishiki' sweet cherry. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 1997, 65 (4): 707-712.
- [23] Stösser R, Anvari S F. On the senescence of ovules in cherries. Scientia Horticulturae, 1982, 16 (1): 29-38.
- [24] Cerovic R, Ružic D, Micic N. Viability of plum ovules at different temperatures. Annual Applied Biologists, 2000, 137 (1): 53-59.
- [25] Postweiler K, Stösser R, Anvari S F. The effect of different temperatures on the viability of ovules in cherries. Scientia Horticulturae, 1985, 25 (3): 235-239.
- [26] Beppu K, Suehara T, Kataoka I. Embryo sac development and fruit set of 'Satonishiki' sweet cherry as affected by temperature, GA₃ and paclobutrazol. Journal of Japanese Society for Horticultural Science, 2001, 70 (2): 157-162.
- [27] Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M. Warm temperatures at bloom reduce fruit set in sweet cherry. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2007, 81 (2): 158-164.
- [28] 叶正文, 杜纪红, 苏明申, 等. 高温对桃花粉发育及小孢子产生的影响. 园艺学报, 2010, 37 (3): 355-362.
- [29] 沈元月, 郭家选, 刘成连, 等. 温度对桃花器官发育的影响. 园艺学报, 1999, 26 (1): 1-6.
- [30] 王世平, 袁彩娟, 戴韵婷, 等. 上海地区栽培的欧洲甜樱桃花器发育的观察. 园艺学报, 2004, 31 (3): 357-359.
- [31] 远腾久. 农业技术体系. 东京: 农山鱼村文化协会出版, 1993: 81-84.
- [32] Sheard A G. Factors leading to poor fruit set and yield of sweet cherries in South Africa. CAPE TOWN: University of Stellenbosch, 2008.
- [33] 施海燕, 呼丽萍, 侯亚茹. 不同药剂组合对'红灯'大樱桃花器器官抗寒性的影响. 果树学报, 2014, 31 (1): 91-95.
- [34] Thompson M M, Liu L J. Temperature, fruit set, and embryo sac development in Italian prune. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1973, 98 (2): 193-197.
- [35] 边卫东. 温室甜樱桃开花结实特性研究. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [36] Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M. The effect of temperature on stigmatic receptivity in sweet cherry (*Prunus avium* L.). Plant, Cell and Environment, 2003, 26: 1673-1680.
- [37] Lütfi P. The effects of temperature on pollen germination and pollen tube growth of apricot and sweet cherry. Gartenbauwissenschaft, 2002, 67 (2): 61-64.
- [38] Hedhly A, Hormaza J I, Herrero M. Effect of temperature on pollen tube kinetics and dynamics in sweet cherry, *Prunus avium* (Rosaceae). American Journal of Botany, 2004, 91 (4): 558-564.
- [39] 李燕, 李玲, 李少旋, 等. 高温对设施甜樱桃花器器官发育的影响. 中国农业科学, 2011, 44 (10): 2101-2108.
- [40] Stephen M S, Jerry U. Cherry crinkle-leaf and deep suture disorders. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 1999, 10 (2): 1-7.
- [41] Roversi A, Monteforte A, Panelli D, et al. Observation on the occurrence of sweet cherry double-fruits in Italy and Slovenia. Acta Horticulturae, 2008, 795: 849-854.
- [42] 陈镇, 李永强, 陈文荣, 等. 温度对短柄樱桃花芽萌发及若干生理指标的影响. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2010, 33 (2): 210-215.
- [43] 徐芳杰, 张雪英, 骆军. 南方地区大樱桃栽培的主要限制因子及针对性改良措施. 上海农业学报, 2014, 30 (3): 106-112.
- [44] Guimond C M, Andrews P K, Lang G A. Scanning electron microscopy of floral initiation in sweet cherry. J Am Soc Hortic Sci, 1998, 123 (4): 509-512.
- [45] Beppu K, Kataoka I. Studies on pistil doubling and fruit set of sweet cherry in warm climate. J Jpn Soc Hortic Sci, 2011, 80 (1): 1-13.
- [46] 张颜春, 孙少霞, 代淑红, 等. 露地栽培大樱桃坐果率低的原因及克服方法. 山西果树, 2012 (6): 35-36.