北 方 园 艺
Northern Horticulture
2023(9):132-137 ·专题综述·
doi:10.11937/bfyy.20223341

落叶果树解除休眠的需冷量研究进展

张 磊[1,2,3],李 娜[1,2,3],朱永宁[1,2,4],郭 伟[5],李 阳[1,2,3],李福生[1,2,3]

(1.中国气象局 旱区特色农业气象灾害监测预警与风险管理重点实验室,宁夏 银川 750002;
2.宁夏气象防灾减灾重点实验室,宁夏 银川 750002;3.宁夏气象科研所,宁夏 银川 750002;
4.宁夏气象台,宁夏 银川 750002;5.宁夏西鸽酒庄有限公司,宁夏 吴忠 751100)

摘 要:需冷量研究在落叶果树引种、适宜种植区划及设施促成栽培方面有着广泛应用,对于落叶果树产业稳定发展具有重要意义。该文从落叶果树需冷量的概念、需冷量的估算模型、试验方法和需冷量研究在落叶果树生产中的应用等方面对目前的研究现状进行了论述,并对存在问题做了探讨,以期为今后落叶果树的需冷量研究提供参考依据。

关键词:落叶果树;解除休眠;需冷量;模型

中图分类号:S 662.2 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-0009(2023)09-0132-06

落叶果树是秋天落叶、冬季休眠、翌年春天又重新萌发生长的一类果树,广泛分布在温带地区,能耐受冬季低温,例如我国北方地区常见的苹果、桃、梨、杏、李子、葡萄等均为落叶果树[1]。正常情况下,落叶果树不能全年生长,一年内有明显的生长期和休眠期。休眠是一种相对现象,而非绝对的停止一切生命活动[2-4]。在休眠期,叶片脱落,新梢成熟,冬芽发育完善,根系暂时处于生长停顿状态,仅维持微弱的生命活动。休眠现象是落叶果树适应低温环境时所表现的一种特性,秋季叶片自然脱落是果树进入休眠的重要标志。根据休眠期落叶果树的生态表现和生理活动特点,休眠可分为自然休眠和被迫休眠2类:自然休眠是指即使给予适宜的生长环境条件仍不能萌芽生长,需要经过一定的低温条件才能解除休眠而开始萌芽生长的休眠状态;被迫休眠是指即便果树通过了自然休眠,开始或完成了生长所需的准备,但由于外界环境条件不适宜萌芽生长而被迫呈休眠状态。休眠是一个十分复杂并且很难定义的现象,目前关于落叶果树芽的休眠及其调控机理尚有很多不清楚的地方[5-6],这其中关于解除(或打破)自然休眠的需冷量研究是一个热点[7]。需冷量的估算在落叶果树南移、适宜种植区划及设施促成栽

第一作者简介:张磊(1974-),男,硕士,正高级工程师,现主要从事经济林果气象等研究工作。E-mail:zhle.131@163.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41964009)。
收稿日期:2022-08-15

construction. The research progress of phenotypic character diversity and DNA diversity was summarized, and the effects on variety identification and breeding of excellent germplasm were analyzed. In addition to being controlled by genes, the environment is also an important factor affecting the yield and quality of lilies, so it is of great significance to summarize and analyze the harm, causes and mitigation measures of continuous cropping obstacles of lilies. The research progress on genetic diversity and continuous cropping obstacles of lily germplasm resources was reviewed, in order to provide reference for lily variety breeding, genetic diversity protection and sustainable development of authentic industry.

Keywords: lily; genetic diversity; continuous cropping barrier; germplasm resources; molecular marker

培方面有着广泛应用[5,8]，对于落叶果树产业稳定发展具有重要意义[9]。该文针对落叶果树的芽解除自然休眠的需冷量研究现状做出综述。

1　落叶果树需冷量的概念

温度不仅是植物纬度分布与垂直分布的限制因子，而且是植物进行正常生长发育必不可少的外界环境条件。温带地区的落叶果树在秋季进入自然休眠后，过度的寒冷会引起冻害，但一定的低温条件又是其解除休眠，进行正常生长、发育必不可少的外界条件之一[10]。一般将落叶果树解除自然休眠所需要的有效低温累积量称为果树的需冷量，又称为低温需求量或需冷积温[11-14]，是在低温环境中对落叶果树休眠及休眠解除的量化表达，受环境特别是温度变化的影响很大，是每个落叶果树品种特性的一个重要参数[7]。

如果落叶果树的需冷量得不到满足，就不能完成自然休眠全过程，会引起生长发育障碍，即使条件适宜，也不能适期萌发，或者萌发不整齐，新梢生长不一致，严重者还会造成芽脱落，甚至引起花序退化、花器官畸形或严重败育，影响果实品质和产量[15-18]。

一般情况下，研究者把秋冬季的低温叫作冷温或者低温，一定量的低温累积称为冷量，落叶果树对低温的需求量称为需冷量[19]。这其中的冷温或低温仅是定性描述，具体的阈值或上下限是多少还难以统一，不同地区、不同树种、不同品种之间可能存在差异，在某些条件下这种差异还很大。目前，对冷温的上限阈值研究相对较多，比较广泛认可的是 7.2 ℃，也有采用 10 ℃甚至 14 ℃；而对下限阈值方面研究较少，有人认为只有 0 ℃以上的冷温对解除休眠有效，也有人认为 0 ℃以下的低温对解除休眠也有效。并且每个低温段对解除休眠的有效性是否相同也存在不同看法。

2　需冷量的估算模型

需冷量估算模型是反映一段时间内温度与低温累积之间关系的模型，对于落叶果树休眠解除需冷量的度量一直备受关注，目前还没有适合各个树种、品种的统一有效的方法[17]，主要使用的需冷量估算模型有以下几类。

2.1　冷温小时数模型(记作 CH)

这类模型是把解除落叶果树休眠所需要的冷温累积小时数作为衡量单位，以秋季日平均气温稳定通过冷温上限值为有效冷温累积的起点，记为℃·h，也可简化为 h。一般有 2 类：一类是只有冷温的上限值，而没有下限值；另一类是既有冷温的上限值，也有下限值。

2.1.1　低于冷温上限值模型

该模型认为低于上限值的所有冷温对落叶果树解除休眠是等效的，都记作 1 个冷温小时单位。例如普遍使用的低于 7.2 ℃模型即是将 7.2 ℃作为冷温的上限值[20]，自秋季日平均气温稳定通过 7.2 ℃的日期为有效冷温累积的起点，以解除自然休眠所需 7.2 ℃以下的累积冷温小时值作为品种的需冷量[11]。当然，为了计算方便，也有将上限值 7.2 ℃简化为 7 ℃，其中的温度使用逐小时平均气温。虽然低于 7.2 ℃模型得到了广泛应用，但越来越多的研究者发现落叶果树的不同树种、不同品种解除休眠的有效冷温上限值并不相同，针对某一特定树种或者品种采用不同的上限值来估算其需冷量可能更为科学，目前除了 7.2 ℃以外，还有采用 10、14 ℃和 16 ℃等作为上限值，其计算方法与式(1)类似，只需要将上限值替换即可。

$$CH=\sum_{i=1}^{t}T_{7.2},\ \text{with}\ T_{7.2}=\begin{cases}1(t\leqslant 7.2\ ℃)\\0(T>7.2\ ℃)\end{cases}\quad(1)。$$

2.1.2　冷温下限值-上限值模型

有些研究者认为过低的温度对落叶果树的休眠解除可能无效甚至有不利影响，需冷量既有上限值，也存在下限值[21]，在上、下限阈值范围内的温度对打破休眠有效，其它温度范围均无效，估算时可采用相应的冷温下限值-上限值模型。其中使用最早最多的有 0～7.2 ℃模型，如式(2)。此后在 0～7.2 ℃模型的基础上又发展出了 0～14 ℃模型等，计算方法与式(2)类似。

$$CH=\sum_{i=1}^{t}T_{7.2},\ \text{with}\ T_{7.2}=\begin{cases}1(0\ ℃\leqslant T\leqslant 7.2\ ℃)\\0(\text{else})\end{cases}\quad(2)。$$

模型(2)认为在 0～7.2 ℃的冷温对解除休眠是等效的，但也有学者推断在 0～7.2 ℃随着温度降低，冷温解除休眠的效果会增加，进而将模型

(2)进行了改进:计算时将低于上限值1 ℃的低温持续的冷量计为1个冷温小时(CH),例如若某1个小时的平均气温低于上限值3 ℃,则计为3个冷温小时(CH),依次类推[22]。

2.2 冷温单位模型(记作CU)

由于冷温小时数模型并不能适合所有的落叶果树,在冷温范围内不同的温度可能对解除休眠有不同程度的影响,因此学者们提出了一个新的概念:冷温单位(CU),并建立了多个冷温单位数累积模型。在这类模型中,不同的温度范围被赋予了不同的效应值,对应为冷温单位,将冷温单位累加即为落叶果树解除休眠的需冷量。其中建立最早也最知名的是犹他模型[23]。在犹他模型中,以秋季负累积冷温单位绝对值达到最大值时的日期为有效冷温累积的起点,规定对解除休眠效率最高的最适冷温1个小时为1个冷温单位,而偏离适期适温的对解除休眠效率下降甚至具有负作用的温度其冷温单位小于1或为负值:2.5～9.1 ℃的冷温对解除休眠最有效,该温度范围内1 h为1个冷温单位(1 CU);1.5～2.4 ℃及9.2～2.4 ℃只有半效作用,该温度范围内1 h为0.5个冷温单位(0.5 CU);低于1.4 ℃或9.2～2.4 ℃则无效,计为0个冷温单位(0 CU);16～18 ℃的冷温效应被部分抵消,该温度范围内1 h相当于－0.5个冷温单位(－0.5 CU);18 ℃以上温度范围内1 h相当于－1个冷温单位(－1 CU)。

与冷温小时数模型相比,犹他模型考虑了有效温度变化的效果[24],在特定地区预测高、中需冷量品种休眠的结束时取得了较好的效果,但其通用性依然不理想,因此,有学者经过对犹他模型的修正,分别又提出了低温冷量模型[25]、北卡罗来纳模型[26]以及正犹他模型[27]等。上述模型与犹他模型的计算方法类似,只是温度区间的划分以及对于低温单位的赋值有所差异。

2.3 冷温天数模型和动力学模型

由于发现传统的低温小时数模型和低温单位模型在某些年份不能准确预测一些植物解除休眠的时期,CESARACCIO等[21]使用了一种连续的冷温天数模型取得了更高的预测精度。这个模型是在休眠期的前一个生理阶段就开始计算累积冷温量,通过冷温天数、非冷温天数对自然休眠和生态休眠进行需冷量的区分计算。其中,对于冷温天数、非冷温天数的计算涉及多种可能,计算起来较为复杂,实际应用的很少。

EREZ等[28-29]和FISHMAN等[30-31]针对高温对冷温抵消解除休眠效应的作用机制提出了一个动力学模型,该模型认为休眠的发生和解除是一个独立的进程,通过温度调控以一种较为复杂的方式完成。为了充分模拟落叶果树的休眠进程,该模型不仅考虑了不同温度对低温累积加权值的不同,还考虑了在一个循环中暴露于冷温中的时间。在对非洲南部的地区进行试验,发现动力学模型对冬季有效冷温累积指示性很好,在冬季较冷或者较温暖地区均表现适合。虽然动力学模型被认为是最优越的或者至少与其它模型是等效的,但是由于计算比冷温天数模型还要复杂,在国内的应用非常少[24]。

3 需冷量的试验方法

若想准确估算落叶果树解除休眠的需冷量,除了需要确定有效冷温累积的起始日期外,还需要确定自然休眠的解除日期,即有效冷温累积的终点。起始日期的确定方法在该研究中已有论述,此处不再重复。解除日期的确定方法是:先让果树(整株或者枝条)进入冷温环境中积累冷量,然后让积累了不同冷量的果树进入温暖环境中萌芽,然后以萌芽率是否达到正常(一般50%,也有采用70%甚至更高的)为标准即可确定出休眠解除日期,也即冷温累积的终点。利用确定出的冷温累积的起点和终点日期之间的逐小时气温观测资料,根据相应的需冷量模型即可估算出果树的需冷量。

3.1 试材的冷温处理

3.1.1 自然冷温处理法

一般情况下让露地栽培的果树在大田条件下经过自然降温以逐渐满足其需冷量,然后分批次剪取枝条在室内进行升温催芽[13,32-35];也可将盆栽种植的果树放在室外经过自然降温逐渐满足需冷量,然后将盆栽果树整株分批次移入日光温室升温催芽。田间温度可采用自动气象站或者温度自记仪记录,至少要获得逐小时的温度观测资料。目前研究中大部分采用前一种方式进行冷温

处理。

3.1.2　人工冷温处理法

将提前采集的果树枝条[36]或者盆栽果树整株放在人工低温环境下以满足需冷量[37]：对于果树枝条可将其放在冰箱、保鲜冷库等冷温环境中，在这一过程中要注意做好保湿和防冻；对于盆栽果树，可将整株果树放置到保鲜冷库中，在入冷库前给花盆浇透水即可。冰箱和保鲜冷库内的温度一般设置在 0～5 ℃，可采取温度自记仪进行记录。

3.2　试材的升温催芽处理

3.2.1　培养箱(室)培养法

受培养空间限制，这种方法主要用于果树离体枝条的升温催芽：分批次将已在冷温环境中处理过的果树枝条放置在人工培养箱(室)中进行升温催芽。根据果树种类不同，人工培养箱(室)的温度可设置成恒温，一般在 20～28 ℃，光照可设置为光 12 h/暗 12 h。在升温催芽期，离体枝条需要采用水培法[38]进行保活，并且要定期换水和剪去少许基部露出新茬。

3.2.2　日光温室培养法

由于日光温室空间较大，这种方法主要用于整株盆栽果树的升温催芽：分批次将已在冷温环境中处理过的盆栽果树移到日光温室中升温催芽[37]，日光温室的夜温控制不低于 15 ℃，昼温在 20～30 ℃，可根据盆内土壤湿度情况适时补水。

4　需冷量研究在落叶果树生产中的应用

4.1　在设施促成栽培中的应用

落叶果树的设施栽培是一种高度集约化的栽培管理模式，是现代农业科技发展的产物，因其符合“三高”农业的要求而得以快速发展，在现代农业经济发展中具有重要意义。在落叶果树的设施促成栽培中，准确估算需冷量并采取适当的管理措施来充分满足需冷量是其能否获得预期收益的关键环节之一：只有需冷量得到充分满足后才能开始进行升温催芽，如果过早升温可能出现萌芽不整齐、萌芽率偏低、花器畸形等一系列问题，如果过迟升温又会使上市期推迟，影响收益。目前，需冷量研究在葡萄、桃、樱桃、梨、杏的设施栽培中应用较多[39-44]，取得了很好的效果，在红枣等果树的设施栽培上也有了初步尝试[37,45-46]。

4.2　在区划和引种中的应用

在开展较大范围内的落叶果树种植区划时，需冷量可以作为一个重要的区划指标使用[38]。根据一个地区冷凉时期(多数是晚秋至冬季)的多年历史气温资料可大致估测出该地区能够提供的冷温量和其稳定性，对于已经确定了需冷量指标的果树品种就可以根据其实际的冷温需求量来确定适合栽培的区域[19]，进而提高种植基地规划建设的科学性。刘芸等[47]探讨了广西各地冬季冷温累积量的分布情况，张福兴等[48]、孙庆田等[49]将需冷量指标应用在甜樱桃的种植区划研究中。

同时，在落叶果树向南方引种过程中，要特别重视需冷量的研究工作。引进品种要尽量选择低需冷量品种，同时向南方的高海拔、冷凉山区引种。福建建宁引种黄花梨获得成功，但个别暖冬出现了不适时开花、花期偏长、产量低等问题[50]。在广西灵川县的气候环境条件下，只有‘红妃’‘南早红’等中国樱桃品种适宜发展，大樱桃品种不适宜发展[51]。陈茂铨等[52]研究了 12 个桃品种需冷量，为浙西南地区引种选育提供了参考依据。

5　存在的问题与展望

落叶果树解除休眠的需冷量是一个在理论和实践上均很重要并且复杂的问题[2-3]，各种类型温度的作用原理和协作方式至今还不清楚。近年来，随着设施果树栽培面积的扩大和气候变暖影响增加，落叶果树的需冷量问题受到了广泛的关注和重视[7]，越来越多的科技工作者投入到落叶果树的需冷量研究中来，为落叶果树设施栽培、规划布局和引种提供了重要支撑。但在取得了一些进展的同时，也还存在着许多不足，以下是关于落叶果树需冷量研究中一些问题的探讨和对未来的展望。

1)落叶果树的需冷量由于树种、品种、地区和栽培方式等不同都会有所差异，目前国内的需冷量研究主要集中在葡萄、桃、杏、樱桃等少数几个树种上，对梨、李、枣、苹果等果树的研究相对较少甚至没有，特别是缺乏一些地方优势特色果实品种的需冷量研究，建议加强这方面的研究工作。

2)对于需冷量估算模型的选择多集中在冷温

小时数模型的≤7.2 ℃模型、0～7.2 ℃和冷温单位模型的犹他模型上，而在动力学模型、犹他修订模型和冷温天数模型等的应用上还非常欠缺。今后，应该开展不同需冷量模型在不同地区、不同果树种类上的适应性评估工作。

3)在开展需冷量研究时，试验材料通常采用果树的离体枝条进行水培法来保活，然后升温调查其萌芽率，这种方法的缺点是离体枝条可能因缺乏营养物质而导致萌芽率降低，影响需冷量的估算。今后的研究中，建议采用离体枝条营养液培养法进行试验；或者有条件的可用盆栽果树整株作为试验材料进行需冷量研究。

参考文献

[1] 程杰，赵鹏，李建瑛，等. 我国落叶果树主要害虫及其防治技术60年研究进展[J]. 植物保护学报，2022，49(1)：87-96.

[2] 赵文东，赵海亮，高东升，等. 温度对落叶果树休眠解除影响的研究进展[J]. 北方园艺，2008(3)：55-57.

[3] 赵文东，赵海亮，高东升. 落叶果树自然休眠发展进程的界定[J]. 北方园艺，2008(5)：62-64.

[4] 付立中，申海林，邹利人，等. 落叶果树自然休眠研究进展[J]. 北方果树，2014(4)：1-3.

[5] 田莉莉，方金豹. 落叶果树芽休眠调控研究进展[J]. 中国南方果树，2003，32(6)：61-63.

[6] 李宪利，袁志友，高东升. 影响落叶果树芽休眠的因素[J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，2001，32(3)：386-392.

[7] 庄维兵，章镇，侍婷，等. 落叶果树需冷量及其估算模型研究进展[J]. 果树学报，2012，39(3)：447-453.

[8] 周慧，李晓瑞，达海莉，等. 温度和光照对落叶果树休眠与萌芽的影响研究[J]. 宁夏农林科技，2018，59(10)：28-29，41.

[9] 郭天发，陈昌文，李勇，等. 桃新品种需冷量和需热量评价及动力学模型分析[J]. 新疆农业科学，2021，58(10)：1821-1828.

[10] 耿玉韬. 落叶果树与低温[J]. 植物杂志，1985(5)：26-27.

[11] 赵海亮，赵文东，高东升，等. 落叶果树需冷量及其估算模型研究进展[J]. 北方果树，2007(6)：1-3.

[12] 刘卓香，潘芝梅. 浙西南地区李主要品种花芽休眠需冷量研究[J]. 现代园艺，2011(14)：5-6.

[12] 王力荣，朱更瑞，左覃元. 中国桃品种需冷的研究[J]. 园艺学报，1997，24(2)：194-196.

[14] 王海波，刘凤之，王宝亮，等. 落叶果树的需冷量和需热量[J]. 中国果树，2009(2)：50-53.

[15] 姜卫兵，韩浩章，汪良驹，等. 落叶果树需冷量及其机理研究进展[J]. 果树学报，2003，20(2)：364-368.

[16] 陈尚谟，黄寿波，温福光. 果树气. 象学[M]. 北京：气象出版社，1988.

[17] 王海波，刘凤之，韩晓，等. 葡萄需冷量和需热量估算模型及设施促早栽培品种筛选[J]. 农业工程学报，2017，33(17)：187-193.

[18] 白宝璋，白崧. 落叶果树与低温的关系[J]. 北方果树，1993(2)：53-54.

[19] 房玉林，陶永胜，李华. 落叶果树需冷量的研究进展[C]. 杨凌：中国园艺学会第六届青年学术讨论会，2004.

[10] WEINBERGER J H. Chilling requirements of peach varieties[J]. Proc Amer Soc Hort Sci，1950，56：122-128.

[21] CESARACCIO C，SPANO D，SNYDER R L，et al. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species [J]. Agricultural and Forest Meteorology，2004，126(1/2)：1-13.

[22] ANDERSON J L，RICHARDSON E A. The Utah chill unit/flower bud phenology models for deciduous fruit：Their implication for production in subtropical areas[J]. Acta Hort，1987，199：124-128.

[23] RICHARDSON E A，SLEEY S D，WALKER D R. A model for estimating the completion of rest for 'Redheaven' and 'Elberta' peach trees[J]. Hortscience，1974(9)：331-332.

[24] 高建洲，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)：76-78.

[25] GILREACH P. Rest prediction model for low-chilling 'Sungold' nectarine[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science，1981，106(4)：426-429.

[26] SHAULTOUT A. Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious apples[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science，1983，108(6)：957-961.

[27] LINSLEY-NOAKES G. Estimating daily positive Utah chill units from maximum and minimum temperatures[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science，1995，5(1)：19-24.

[28] EREZ A，FISHMAN S. Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model[J]. Acta Horticulturae，1988(232)：76-89.

[29] EREZ A，FISHMAN S. The dynamic model for rest completion in peach buds[J]. Acta Horticulturae，1990，276：165-174.

[30] FISHMAN S，EREZ A，COUVILLON G A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants：Mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition[J]. J Theor Biol，1987，124(4)：473-483.

[31] FISHMAN S，EREZ A，COUVILLON G A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants：Computer simulation of processes studied under controlled temperatures[J]. Journal of Theoretical Biology，1987，126：309-321.

[32] 李文贵，邓家林，张全军，等. 四川成都早熟梨需冷量研究[J]. 中国果树，2012(1)：15-17.

[33] 李文贵，邓家林，张全军，等. 新泉梨等5个梨品种需冷量的测定分析[J]. 南方农业学报，2014，45(6)：1035-1038.

[34] 李先明，秦仲麒，涂俊凡，等. 梨品种需冷量评价模式[J]. 西北农业学报，2013，22(5)：68-71.

[35] 崔萍，曹尚银，蒋建福. 枣、石榴、无花果需冷量测定试验初报[J]. 经济林研究，2009，27(1)：91-93.

[36] 杨天仪,李世诚,蒋爱丽,等. 葡萄品种需冷量及打破休眠研究[J]. 果树学报,2001,18(6):321-324.
[37] 张磊,万仲武,李娜,等. 设施灵武长枣促早栽培的需冷量研究[J]. 干旱地区农业研究,2022,40(2):47-51.
[38] 王力荣,朱更瑞,方伟超,等. 桃品种需冷量评价模式的探讨[J]. 园艺学报,2003,30(4):379-383.
[39] 王海波,王宝亮,王孝娣,等. 设施葡萄 22 个常用品种需冷量的研究[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009(11):20-22,25.
[40] 王海波,王孝娣,王宝亮,等. 设施葡萄常用品种的需冷量、需热量及二者关系研究[J]. 果树学报,2011,28(1):37-41.
[41] 王西成,钱亚明,赵密珍,等. 设施葡萄萌芽调控中需冷量和需热量及其相互关系[J]. 植物生理学报,2014,50(3):309-314.
[42] 谭钺,李玲,李冬梅,等. 设施桃萌芽调控中冷量与热量的关系[J]. 应用于环境生物学报,2012,18(5):728-733.
[43] 刘方新,矫丽,柴洪沛,等. 甜樱桃品种需冷量测定[J]. 河北果树,2021(2):11.
[44] 逯昀,汤爱勤. 豫东地区设施杏需冷量监测及扣棚升温时期研究[J]. 中国南方果树,2017,46(3):113-115.
[45] 李程琛,李悦,曹兵,等. 设施栽培灵武长枣、冬枣休眠特性研究[J]. 北方园艺,2016(6):39-42.
[46] 高梅秀,姚宗国,鲍明辉,等. 枣设施栽培品种的需冷量研究[J]. 中国果树,2013(6):15-17.
[47] 刘芸,唐娟,姜新,等. 广西各地冬季冷温累积量分布探析[J]. 南方农业,2019,13(1):66-70.
[48] 张福兴,孙庆田,孙玉刚,等. 我国甜樱桃种植区划研究[J]. 烟台果树,2016,133(1):1-3.
[49] 孙庆田,李淑平,姜学玲,等. 四川省大樱桃生产调研与区划意见[J]. 烟台果树,2013,123(3):3-4.
[50] 廖光升,阮兆兰,邓文卿. 福建建宁低温累积量与引进果树品种需冷量浅析[J]. 中国南方果树,2011,40(3):70-72.
[51] 秦洪波,郭伦发,王新桂,等. 樱桃在广西灵川的引种表现及其需冷量研究[J]. 广东农业科学,2017,44(5):46-50.
[52] 陈茂铨,叶伟其,刘卓香,等. 12 个桃品种的花芽休眠需冷量和开花需热量[J]. 林业科学,2012,48(1):86-90.

Research Progress on Chilling Requirement of Deciduous Fruit Trees for Dormancy Removal

ZHANG Lei[1,2,3], LI Na[1,2,3], ZHU Yongning[1,2,4], GUO Wei[5], LI Yang[1,2,3], LI Fusheng[1,2,3]

(1. Key Laboratory for Meteorological Disaster Monitoring and Early Warning and Risk Management of Characteristic Agriculture in Arid Regions, China Meteorological Administration, Yinchuan, Ningxia 750002; 2. Ningxia Key Lab of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan, Ningxia 750002; 3. Ningxia Institute of Meteorological Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002; 4. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan, Ningxia 750002; 5. Ningxia Xige Estate, Wuzhong, Ningxia 751100)

Abstract: The research on the chilling requirement of deciduous fruit trees for dormancy removal is widely used in introduction, planting zoning and facility facilitated cultivation, which is of great significance for the stable development of deciduous fruit industry. This study expounded the research status of the concept, estimation model, test method and application in production of the chilling requirement of deciduous fruit trees, and discussed some existing problems, in order to provide reference for the research of the cooling demand of deciduous fruit trees in the future.

Keywords: deciduous fruit trees; dormancy removal; chilling requirement; model