

# 梨种质需冷量与需热量研究

杨祥, 霍宏亮, 郭瑞, 董星光, 田路明, 刘超,  
齐丹, 张思梦, 徐家玉, 聂晗宇, 曹玉芬\*

(中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100)

**摘要:**【目的】对梨种质需冷量与需热量关系进行探究以及种间对比、筛选优异资源。【方法】于2020年11月至2021年5月以国家梨种质资源圃保存的12个种的290份梨种质为试验材料,采用 $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ 模型、 $0\sim 7.2^{\circ}\text{C}$ 模型和犹他模型3种需冷量估算模型以及需热量估算模型中的生长度时数模型,估算梨种质的需冷量、需热量。利用SPSS软件对结果进行聚类分析、相关性分析,Excel软件统计分类。【结果】犹他模型所估算的梨花芽需冷量范围为292~486.5 C·U,叶芽需冷量范围为347.5~519 C·U;  $0\sim 7.2^{\circ}\text{C}$ 模型估算的梨花芽需冷量范围为86~324 h,叶芽需冷量范围为176~361 h; $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ 模型估算的梨花芽需冷量范围为94~1052 h,叶芽需冷量范围为321~1120 h。生长度时数模型估算的梨花芽需热量范围为6108~9728 GDH °C。散点图比较结果显示梨叶芽的需冷量普遍大于花芽;相关性分析结果显示,梨需冷量与需热量之间无显著相关性;花芽需冷量平均值整体呈现为西洋梨>新疆梨>白梨>砂梨>秋子梨,需热量平均值整体呈现为砂梨>西洋梨>新疆梨>白梨>秋子梨。筛选出低需冷量梨种质29份、低需热量65份、高需热量27份以及需冷、热量均低的种质12份。【结论】梨的需冷量、需热量范围广,种间差异符合一定的地域特性;犹他模型、 $0\sim 7.2^{\circ}\text{C}$ 模型较为适合用于兴城地区的梨需冷量评价;需冷量和需热量的评价可为梨生产引种、栽培调控、花期预测、品种选育提供参考依据。

**关键词:**梨; 种质资源; 需冷量; 需热量

中图分类号:S661.2

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2022)07-1213-08

## Study on chilling and heat requirements of pear germplasm resources

YANG Xiang, HUO Hongliang, GUO Rui, DONG Xingguang, TIAN Luming, LIU Chao, QI Dan, ZHANG Simeng, XU Jiayu, NIE Hanyu, CAO Yufen\*

(Research Institute of Pomology, Chinese Academy of Agricultural Science, Xingcheng 125100, Liaoning, China)

**Abstract:**【Objective】The study on chilling requirement (CR) and heat requirement (HR) is very important for the selection of cultivars in different ecological zone, especially under the serious condition of global warming in winter. China is the origin center of pears with diversified pear accessions. At present, no systematic research on CR and HR of pears has been done, and the evaluation on CR and HR of many pear varieties is still lacking. The experiment was designed to discover the difference in CR and HR among pear species, select desirable accessions as well as explore the relationship between CR and HR of pear germplasm resources. 【Methods】This study was conducted from November 2020 to May 2021. The experimental materials contained 290 pear accessions from 12 species preserved in the National Pear Germplasm Resource Nursery. Three models including CR  $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$  model,  $0\sim 7.2^{\circ}\text{C}$  model and Utah model, were used to estimate the CR; one model of HR, the growing degree hours model, was chosen to estimate the HR. Cluster and correlation analyses were performed by SPSS software on the results, and statistical classification was done by Excel software. 【Results】The CR of floral buds was between 292 and 486.5 C·U, while the CR of leaf buds was between 347.5 and 519 C·U according to Utah model; the CR of floral buds was between 86 and 324 h, while the CR of leaf buds was between

收稿日期:2021-12-09 接受日期:2022-02-24

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-28-01);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP)

作者简介:杨祥,男,在读硕士研究生,研究方向为梨种质资源。Tel:18864836605,E-mail:714909459@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. Tel:13942936219, E-mail:yfcaas@263.net

176 and 361 h according to 0-7.2 °C model; the CR of floral buds was between 94 and 1052 h, while the CR of leaf buds was between 321 and 1120 h according to  $\leq 7.2$  °C model. The HR of floral buds was between 6108 and 9728 GDH °C according to growing degree hours model. Scatter plots and fitted linear equations were made according to the estimated results of the CR models. The comparison results showed that the CR of pear leaf buds was generally greater than that of floral buds, which was basically in line with the pear growth characteristics in that the flowers appeared first and then the leaves started to grow, which can reduce leaf coverage and improve pollination efficiency. Correlation analysis was made between CR estimated by 0-7.2 °C model and Utah model and HR estimated by growing degree hours model, respectively. The results showed that there was no significant correlation between the CR and the HR among 290 pear accessions. In addition to factors such as tree species, varieties and ecological environment that affect the relationship between CR and HR, the number of samples is also an important factor restricting the discovery of the relationship between CR and HR. The average CR of floral buds was listed in a descending order: Common Pear > Xinjiang Pear > Chinese White Pear > Sand Pear > Ussurian Pear, and the average HR of floral buds was listed in a descending order: Sand Pear > Common Pear > Xinjiang Pear > Chinese White Pear > Ussurian Pear. The CR of Common Pear accessions was the highest and Ussurian Pear was the lowest, which was consistent with the phenological feature in that Ussurian Pear bloomed the earliest and the Common Pear the latest. The HR of Sand Pear was the highest and Ussurian Pear the lowest. This result may be due to that, Sand Pear usually was cultivated along the south of the Yangtze River and Ussurian Pear in the northeast. Based on the cluster analysis of the estimation results, combined with the frequency distribution map, the CR of leaf buds and flower buds of pears could be divided into three types: high, medium and low. As a result, 29 pear accessions with low floral buds' CR, 16 with low leaf buds' CR, 65 with low floral buds' HR, 27 with high floral buds' HR, and 12 pear accessions with both low floral buds' CR and low floral buds' HR were screened out. In the process of effective accumulation of chilling units, three models performed differently in this region. The Utah model accumulated the earliest with slower accumulated rate and smaller coefficient of variation. Accumulation rate of 0-7.2 °C model presented fast initially and then slow, the overall growth trend changed little, and the estimation result was similar to the Utah model. Estimation results obtained from  $\leq 7.2$  °C model differed obviously among accessions with high coefficient of variation, and a fast overall accumulation rate of chilling units was found. Estimation results obtained from  $\leq 7.2$  °C model were larger than those from other models. During the effective low-temperature accumulation process according to the  $\leq 7.2$  °C model, there were 35 days when the hourly temperature was  $\leq 7.2$  °C throughout the day, which would lead to higher CR estimation results and errors in the estimation results of medium and low CR germplasms. 【Conclusion】There was a wide range of CR and HR for pears, and the differences among species conformed to regional growing characteristics. Our result showed that the Utah model and the 0-7.2 °C model were more suitable for the evaluation on pears in Xingcheng, Liaoning province. The determination of CR and HR of pears may provide key reference for their introduction to the main cultivation area and variety breeding.

**Key words:** Pear; Germplasm resource; Chilling requirement; Heat requirement

休眠是含有分生组织的植物结构可见生长暂时停止的生理状态,可以主要分为内休眠和生态休眠两个阶段<sup>[1]</sup>。一般认为落叶果树打破内休眠需要一定量的有效低温,即需冷量。需冷量是果树能否理

想生长以及栽培者掌握物候进程规律和品种选择的关键依据。在全球气候变暖、异常天气增多的气候已经导致一些果树品种在原有适种地区无法正常完成物候进程、影响到了果业生产的大环境下,明确落

叶果树需冷量规律越来越受到大家的重视。梨作为我国水果重要组成部分,掌握其需冷量规律的重要性不言而喻。梨的需冷量受品种、地区、年际乃至发育阶段等多种因素影响,很难确定一个适合所有地区和品种的估算模型,目前国内常用的需冷量估算模型是≤7.2 ℃模型、0~7.2 ℃模型和犹他模型。由于梨鲜见设施栽培,缺少对设施控温时机确定的需求,国内外对梨需冷量的研究案例以及已有案例的试验样本数量相较于桃、葡萄等水果都较少。李先明等<sup>[2]</sup>对28份梨品种应用多种模型进行了需冷量评价,认为≤7.2 ℃模型作为梨需冷量的评价标准比较适宜;李文贵等<sup>[3]</sup>对新泉梨等5个梨品种进行了需冷量测定分析;封雷<sup>[4]</sup>在南京地区梨需冷量及设施栽培关键技术研究中对37个梨品种进行了需冷量评价。以上对梨需冷量研究中都是以几个到数十个梨品种为样本,而我国的梨资源丰富,品种繁多,仍有大量的梨品种需冷量评价上的空白。

落叶果树从解除内休眠到开花展叶还需要一定的有效热量积累,即需热量<sup>[5]</sup>。需热量具有遗传性,不同果树树种、品种间存在差异,在一定程度上影响落叶果树的正常生长发育以及开花展叶等物候进程<sup>[6]</sup>。落叶果树的需热量研究相较于需冷量而言更为浅显,对梨的需热量评价案例也十分稀少。目前需热量同需冷量一样主要是根据物候学模型估算而非生态生理学模型估算,估算方法常用生长度时数模型<sup>[7]</sup>和有效积温模型<sup>[8]</sup>。在探究需冷量与需热量关系方面的研究已有不少,但是多集中在其他落叶果树上,较大样本的梨需冷量与需热量相关性分析还未见报道。

笔者采用3种常用需冷量估算模型和生长度时数模型对国家梨种质资源圃保存的290份梨种质进行了需冷量、需热量评价,对比了梨花芽需冷量与叶芽需冷量之间的关系,筛选出一部分低需冷量梨资源,对需冷量与需热量之间的关系进行了比较分析,以期对梨生产引种、品种选育提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

试验于2020年9月至2021年5月进行,供试的290份梨种质全部来自中国农业科学院果树研究所“国家果树种质梨资源圃”,地处东经120°44’,北纬40°37’,丘陵地带,坡度为3°~7°,海拔120 m左右,土

壤属砂壤土,常规管理。

### 1.2 方法

1.2.1 温度数据记录 2020年9月中旬在资源圃内每隔30 m放置1个美国HOBO蓝牙温度记录仪MX2201,距离地面1.5 m。9月底开始每隔1 h记录1次该时段内的平均温度,温度记录一直持续到2021年5月上旬花期结束。

1.2.2 枝条离体培养 枝条离体培养在人工智能气候室内进行,温室控制培养条件(参考王力荣等<sup>[9]</sup>的方法)为:温度(昼/夜)25 ℃/15 ℃,光/暗时数14 h/10 h,光照度2500 lx,空气相对湿度为60%~70%。从落叶期开始,每隔5~7 d,从田间生长健壮的树体上随机选取1年生枝5~10条,长度30~40 cm,枝条基部留5 cm左右无芽部分。枝条采回后,立即清洗、剪平枝条基部,插入约3 cm深的清水中,立即移入到人工智能气候室。每隔3 d换1次水,并将枝条基部剪去2~3 mm,露出新茬。培养3周后进行统计和计算。

萌芽标准:最低萌芽标准为叶芽、花芽顶端鳞片开裂、露绿。休眠结束统计标准:如萌芽率为50%~60%,则需冷量统计以本次采样时间为准;若萌芽率为60%~70%,则以该次与上一次采样时间需冷量的平均值为准;若萌芽率>70%,则需冷量统计以上一次采样时间的需冷量为准。

1.2.3 盛花期和展叶期统计 4月初开始进行盛花期和展叶期统计,每隔1 d田间统计1次。盛花期、展叶标准参见《梨种质资源描述规范和数据标准》<sup>[10]</sup>。

1.2.4 需冷量和需热量的计算方法 试验采用0~7.2 ℃模型<sup>[11]</sup>、≤7.2 ℃模型<sup>[12]</sup>和犹它模型<sup>[13]</sup>对梨需冷量进行估算。≤7.2 ℃模型指自然休眠结束时经历7.2 ℃以下低温的小时数,以秋季连续3 d日平均温度稳定低于7.2 ℃的日期为有效低温累积的起点。0~7.2 ℃模型指自然休眠结束时经历0~7.2 ℃(不包括0 ℃)低温的小时数,有效低温累积的起点与≤7.2 ℃模型相同。犹他模型为美国Utah州立大学Richardson提出的计算需冷量的“冷温单位模型”,该模型规定对破眠效率最高的最适冷温1个小时为1个冷温单位;而偏离适温的对破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。以秋季负累积低温单位绝对值达到最大值时的日期为有效低温累积的起点,确定的低温累积起点为2020年9月30日,单位为C·U。其冷温单位与温度换算见表1。

表1 犹他模型低温转换系数  
Table 1 Utah model of low temperature conversion coefficient

温度 Temperature/°C	<1.5	1.5~2.4	2.5~9.1	9.2~12.4	12.5~15.9	16.0~18.0	18.1~21.0	>21.1
低温转换系数(C.U)	0	0.5	1	0.5	0	-0.5	-1	-2
Low temperature conversion coefficient								

采用生长度时数模型<sup>[7]</sup>对梨开花展叶所需要的热量进行估算。生长度时数模型:单位为GDH °C,当温度≤4.5 °C时,累积1 h需热量为0 GDH °C;当温度为4.5~25.0 °C时,累积1 h需热量为GDH °C = t - 4.5;当温度≥25 °C时,累积1 h需热量为20.5 GDH °C。

1.2.5 数据统计 试验数据采用SPSS 26.0软件进行相关性分析和聚类分析,采用Excel、Origin软件进行作图和统计。

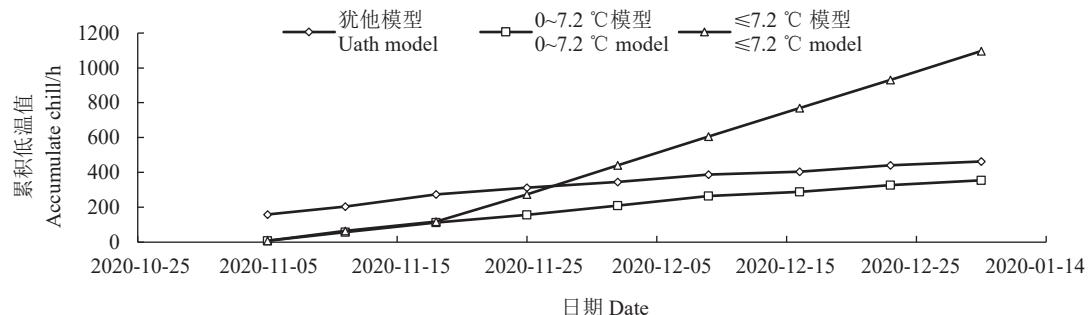


图1 不同模型有效低温累积量的比较

Fig. 1 The comparison of effective accumulation of chilling units among different models

间的推延,3种模型统计的有效低温累积量均呈上升变化趋势,整体呈现2种不同的变化趋势。犹他模型、0~7.2 °C 模型有效低温累积量的变化趋势保持一致,且数值差异不显著;7.2 °C 模型累积量在11月15日之后几乎呈直线增长,全过程显著高于其他两种模型。

## 2.2 不同模型估算的需冷量结果

分别应用3种模型对290份梨种质进行估算,结果表明,犹他模型所估算的花芽需冷量范围为292~486.5 C·U,叶芽需冷量范围为347.5~519 C·U;0~7.2 °C 模型估算的花芽需冷量范围为86~324 h,叶芽需冷量范围为176~361 h;≤7.2 °C 模型估算的花芽需冷量范围为94~1052 h,叶芽需冷量范围为321~1120 h。

以花芽需冷量估算结果作为横坐标,叶芽估算结果为纵坐标,作散点图(图2),拟合出线性方程,比较花芽与叶芽需冷量的关系。犹他模型估算的花芽和叶芽需冷量散点趋势线方程为 $y=0.360 x + 311.74$ ,斜率为0.360;0~7.2 °C 模型估算的花芽和叶芽需冷量散点趋势线方程为 $y = 0.156 x + 263.31$ ,斜率为0.156;≤7.2 °C 模型估算的花芽和叶芽需冷量散点趋势线方程为 $y = 0.223 x + 778.06$ ,斜率为0.223,表明大部分花芽需冷量低于叶芽。

## 2 结果与分析

### 2.1 3种需冷量模型低温累计过程的比较

根据温度记录仪数据统计,0~7.2 °C 模型、≤7.2 °C 模型有效低温起点为2020年11月4日,犹他模型起点为2020年9月30日。根据温度记录仪的数据分别应用3种模型统计从0~7.2 °C 模型、≤7.2 °C 模型有效低温起点至供试品种自然结束休眠期间的有效低温累积量(图1)结果表明,随着时

311.74,斜率为0.360;0~7.2 °C 模型估算的花芽和叶芽需冷量散点趋势线方程为 $y = 0.156 x + 263.31$ ,斜率为0.156;≤7.2 °C 模型估算的花芽和叶芽需冷量散点趋势线方程为 $y = 0.223 x + 778.06$ ,斜率为0.223,表明大部分花芽需冷量低于叶芽。

利用SPSS软件对3种模型估算结果进行聚类分析,结合频次分布图(图3),可将梨种质按需冷量大小分为以下3类(表2)。

低需冷量种质,犹他模型估算的花芽需冷量≤366.5 C·U,叶芽需冷量≤414.5 C·U;0~7.2 °C 模型估算的花芽需冷量≤176 h,叶芽需冷量≤247 h;≤7.2 °C 模型估算的花芽需冷量≤442 h,叶芽需冷量≤626 h。

中需冷量种质,犹他模型估算的花芽需冷量371~414.5 C·U,叶芽需冷量417.5~466.5 C·U;0~7.2 °C 模型估算的花芽需冷量188~240 h,叶芽需冷量249~310 h;≤7.2 °C 模型估算的花芽需冷量463~662 h,叶芽需冷量697~934 h。

高需冷量种质,犹他模型估算的花芽需冷量

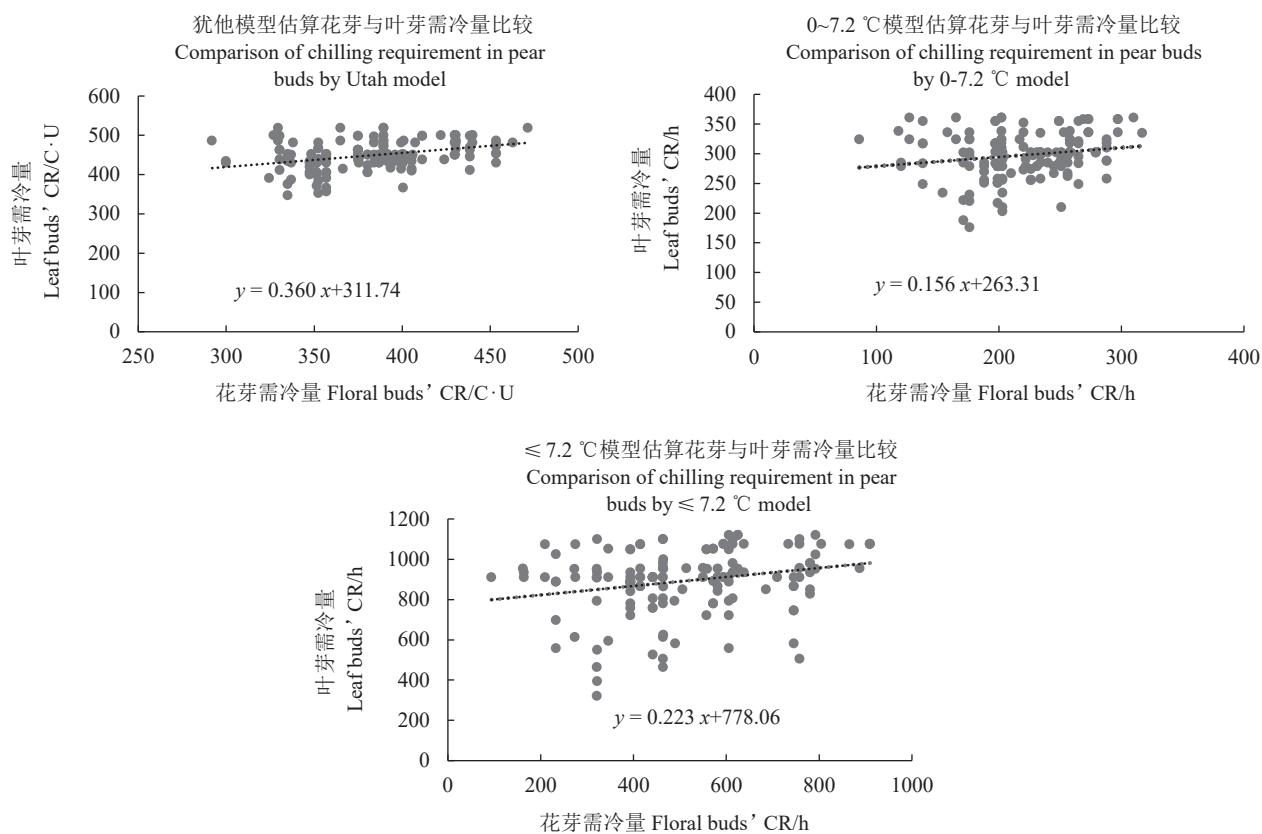


图2 不同模型花、叶芽需冷量的比较

Fig. 2 The comparison of CR between flower and leaf buds among different models

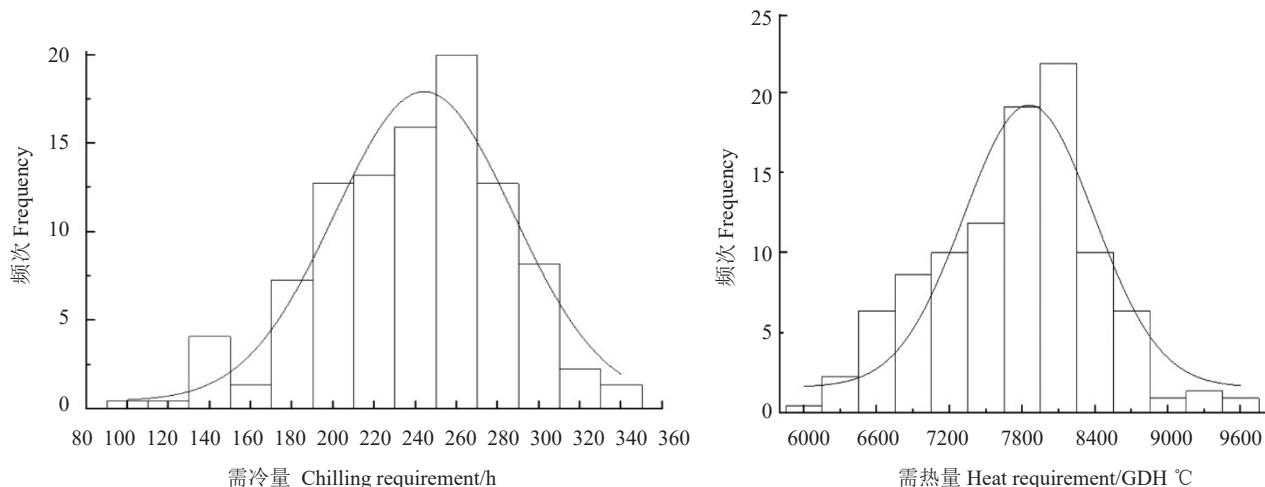


图3 需冷量、需热量分布

Fig. 3 The distribution of chilling requirement and heat requirement

表2 3种模型梨芽需冷量聚类分析分类表

Table 2 Classification of cluster analysis for CR of pear buds among three models

模型 Model	花芽 Floral bud			叶芽 Leaf bud		
	I	II	III	I	II	III
犹他模型 Utah model/C·U	≤366.5	371.0~414.5	419.5~486.5	≤414.5	417.5~466.5	469.5~519.0
0~7.2 °C模型 0~7.2 °C model/h	≤176.0	188.0~240.0	244.0~324.0	≤247.0	249.0~310.0	311.0~361.0
≤7.2 °C模型 ≤7.2 °C model/h	≤442.0	463.0~662.0	686.0~1 052.0	≤626.0	697.0~934.0	952.0~1 120.0

419.5~486.5 C·U, 叶芽需冷量 469.5~519 C·U; 0~7.2 °C 模型估算的花芽需冷量 244~324 h, 叶芽需冷量 311~361 h; ≤7.2 °C 模型估算的花芽需冷量 686~1052 h, 叶芽需冷量 952~1120 h。

筛选出花芽 3 种模型评价分类均为 I 类的低需冷量种质 29 份, 叶芽 3 种模型评价分类均为 I 类的低需冷量种质 16 份。

以白梨、砂梨、秋子梨、新疆梨、西洋梨等栽培种为基础, 结合 0~7.2 °C 模型的花芽需冷量评价结果进行统计比较、筛选资源。砂梨需冷量平均值为 226 h, 变异系数为 19.1%、低需冷量种质占比 11%, 筛选出蒲梨宵、红粉、惠水金盖、嵊县秋白、兴义海子梨、黄皮水、横县蜜等低需冷量品种; 白梨需冷量平均值为 235 h, 变异系数为 17.9%、低需冷量种质占比 9%, 筛选出茌梨、绥中谢花甜、六瓣、青龙甜、八月雪、香椿等低需冷量品种; 秋子梨需冷量平均值为 211 h, 变异系数为 21.2%、低需冷量种质占比 23.3%, 筛选出京白梨、满园香、八里香、兴城谢花甜、新宾山梨 1 号、哈园所山梨 2 号、敦煌香水梨等低需冷量品种; 西洋梨需冷量平均值为 247 h, 变异系数为 19.8%、低需冷量种质占比 21%, 筛选出斯伯丁、苏达克、基费拉等低需冷量品种; 新疆梨需冷量平均值为 236.4 h, 变异系数为 24.4%、低需冷量种质占比 10%, 筛选出乃希布特阿木特等低需冷量品种; 另外筛选了五九香、华王、罐梨、梧洋豆梨、荆棠 17 号、车鸣峪山梨 4 号等非 5 大栽培种低需冷量梨资源。

### 2.3 花芽需热量估算结果

统计 290 份梨种质盛花期、展叶期, 利用温度记录仪统计以内休眠解除日期开始至盛花期的每小时平均温度, 应用生长度时数模型对 290 份梨种质花芽需热量进行估算。结果显示生长度时数模型估算的花芽需热量范围为 6108~9728 GDH °C; 利用

SPSS 软件进行聚类分析, 花芽低需热量梨种质, 需热量 ≤7278 GDH °C; 花芽中需热量梨种质范围为 7316~8210 GDH °C; 花芽高需热量梨种质范围 8264~9728 GDH °C。筛选出低需热量种质 65 份, 高需热量种质 27 份。

以生长度时数模型的花芽需热量评价结果进行统计比较、筛选资源。砂梨需热量平均值为 7934.6 GDH °C、变异系数为 7.2%、低需热量种质占比 11.4%、高需热量种质占比 21%, 筛选出黄盖、苍溪梨、等低需热量品种, 幸水、威宁大黄等高需热量品种; 白梨需热量平均值为 7318.8 GDH °C、变异系数为 6.1%、低需热量种质占比 21%, 高需热量种质占比 4.5%, 筛选出圆把、绥中谢花甜等低需热量品种, 连云港黄梨等高需热量品种; 秋子梨需热量平均值为 6761 GDH °C、变异系数为 7.9%、低需热量种质占比 80%、中需热量种质占比 20%, 秋子梨需热量整体表现较低, 筛选出满园香、八里香等低需热量品种; 西洋梨需热量平均值为 7885 GDH °C、变异系数为 9.4%、低需热量种质占比 21%, 筛选出斯伯丁、乔玛等低需热量品种, 高需热量种质占比 35%, 筛选出苏达克等高需热量品种; 新疆梨需热量平均值为 7747 GDH °C、变异系数为 7.7%、低需热量种质占比 40%, 筛选出库尔勒香等低需热量品种, 高需热量种质占比 10%, 筛选到八角梨等高需热量品种。

### 2.4 低需冷、热量种质

需冷量和需热量共同影响果树的花期, 花期越早对梨产期调节越便利, 适宜促早栽培。同时, 近年来梨花的观赏价值逐渐增加, 梨花节盛行, 花期的早晚也影响到果树旅游经济的发展。从花芽低需冷量和需热量种质中筛选出满园香、八里香、绥中谢花田、乃希布特阿木提、五九香、新宾山梨 1 号、哈园所山梨、斯伯丁、罐梨、敦煌香水梨、荆棠 17 号双低的梨种质 12 份(表 3)。

表 3 需冷量与需热量均低的种质

Table 3 Germplasm with low CR and HR in floral buds

种质名称 Germplasm	0~7.2 模型 0~7.2 °C model/h	生长度时数模型 Growing degree hours model/(GDH °C)	种质名称 Germplasm	0~7.2 °C 模型 0~7.2 °C model/h	生长度时数模型 Growing degree hours model/(GDH °C)
满园香 Manyuanxiang	138	6910	乃希布特阿木特 Naixibuteamute	86	7054
荆棠 17 号 Jingtang17	158	6589	八里香 Balixiang	138	6617
绥中谢花甜 Suizhongxiehuatian	138	7120	兴城谢花甜 Xingchengxiehuatian	165	6679
五九香 Wujiuxiang	127	7045	新宾山梨 1 号 Xinbinshanli 1	171	6599
哈园所山梨 2 号 Hayuansuoshanli 2	154	6504	Spalding	176	7131
罐梨 Guanli	158	6886	敦煌香水梨 Dunhuangxiangshuili	176	6857

## 2.5 花芽需冷量与需热量的关系

利用 SPSS 软件对 0~7.2 ℃ 模型和犹他模型估算的花芽需冷量与生长度时数模型估算的需热量值进行相关性分析, 比较梨种质需冷量、需热量的关系(表4)。

表 4 花芽需冷量与需热量之间的相关关系

Table 4 Correlation of CR and HR in floral buds

模型 Model	生长度时数模型 Growing degree hours model	
	相关系数 Correlation coefficient	p 值 p value
犹他模型 Utah model	0.024	0.729
0~7.2 ℃ 模型 0~7.2℃ model	0.126	0.062

生长度时数模型和犹他模型估算结果之间的相关系数值为 0.024, 接近于 0, 并且 p 值为 0.729>0.05, 表明二者无显著相关性; 生长度时数模型和 0~7.2 模型估算结果之间的相关系数值为 0.126, 接近于 0, 并且 p 值为 0.062>0.05, 表明二者无显著相关性。相关性分析显示梨花芽需冷量与需热量间无显著相关性。

## 3 讨 论

### 3.1 不同需冷量模型对梨的评价

由于对落叶果树打破休眠进程中的生理和遗传特性机制了解较少, 现有的需冷量模型是以田间经验观察为基础的, 尚未出现可以适用于所有气候和树种的模型。找出某一地区特定气候条件下计算低温累积的标准是需冷量研究的基础。笔者采用的 3 种模型在本地区表现各异, 犹他模型相较于其他模型低温累积早、累积速率慢且变异系数小, 所测京白梨、幸水、丰水等品种与前人在南京地区估算值相似<sup>[4]</sup>; 0~7.2 模型累积速率呈现一个先快后慢的趋势, 但整体增长趋势变化小, 估算结果与犹他模型相近, 这与姜卫兵等<sup>[14]</sup>、封雷<sup>[4]</sup>的结论相似; ≤7.2 ℃ 模型估算结果各种质间数值差距大, 变异系数高, 整体低温累积速率快, 相较于其他模型数值大。笔者认为造成上述差异的原因为各模型的有效低温统计区间差异和东北地区冬季低于 0 ℃ 的温度持续时间长。≤7.2 ℃ 模型从有效低温累积开始到采样结束期有 35 d 全天小时温度都在≤7.2 ℃, 这会导致需冷量估算结果偏高, 中低需冷量种质估算结果误差大。初步认定犹他模型、0~7.2 模型在本生态区稳定性更好、更

符合自然规律。

### 3.2 梨叶芽与花芽需冷量的比较

国内外对梨花芽与叶芽的需冷量比较研究较少, 多数研究都未将梨花芽与叶芽的需冷量分开进行研究, 通常将花芽或叶芽之一作为研究品种需冷量评价的对象, 少数研究将梨花芽、叶芽需冷量分开评价。刘国琴<sup>[15]</sup>在梨休眠分子生理机制研究中对不同地区的翠冠的花芽、叶芽需冷量进行了比较, 结果显示叶芽比花芽的需冷量高; 李先明等<sup>[2]</sup>以叶芽为对象进行研究, 对梨需冷量评价模式的适用情况进行了测定; 李文贵等<sup>[3]</sup>对 5 个常见梨品种进行了叶芽、花芽需冷量评价, 叶芽和花芽需冷量的高低差异随品种不同有差异。上述梨需冷量评价实验中都缺少以大量梨样本为基础, 难以阐述梨叶芽、花芽需冷量高低差异的规律。本研究同时对 290 份梨种质的比较结果显示花芽的需冷量基本小于叶芽, 这一结果也符合梨先花后叶减少叶片覆盖, 从而提高传粉效率的生长繁殖策略<sup>[16]</sup>, 也佐证了需冷量与开花展叶物候规律具有一定的相关性。

### 3.3 花芽的需冷量与需热量的关系

目前普遍认为落叶果树休眠期的低温累积和热量累积共同影响了从果树萌芽到开花展叶的进程, 在二者的累积情况都良好的前提下, 芽才能获得理想的生长, 但是二者是否存在关系、存在怎样的关系尚无定论。国内外对需冷量与需热量关系的研究中, 由于所试材料以及统计模型的差异导致二者正、负相关以及不相关的结果均有。1985 年就有国外学者研究显示需热量与需冷量存在互补关系, 品种内需冷量越高、需热量就越低<sup>[17]</sup>。郭松涛等<sup>[18]</sup>在对宁夏设施葡萄需冷量与需热量的研究当中, 以 3 种需冷量估算模型和 6 种需热量估算模型分别对二者进行估算, 结果显示需冷量与需热量存在负相关的关系。谭锐等<sup>[19]</sup>为明确设施桃萌芽调控中冷量与热量的关系, 以 10 个低需冷量桃品种为试材进行需冷量与需热量关系研究, 结果显示对于花芽, 需冷量较低的品种其需热量较高, 而需冷量较高的品种其需热量相对较低; 对于叶芽需冷量较低的品种其需热量较低, 需冷量较高的品种其需热量也相对较高。张明昊等<sup>[20]</sup>以 103 份桃种质进行评价所得结果显示, 需冷量与需热量之间无显著相关关系, 笔者在本研究中结果与之相符合。除了树种、品种和生态环境等因素影响需冷量与需热量关系的探究外, 样本

数量也是制约发现二者规律的重要因素,笔者以290份梨种质为材料进行试验,所试结果具有一定的参考性。

## 4 结 论

初步认定 $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ 不适宜作为本地区的需冷估算模型;需冷量与需热量之间无显著相关性;梨叶芽需冷量基本大于花芽;花芽需冷量平均值整体呈现为西洋梨>新疆梨>白梨>砂梨>秋子梨,需热量平均值整体呈现为砂梨>西洋梨>新疆梨>白梨>秋子梨。

## 参考文献 References:

- [1] LANG G, EARLY J, MARTIN G. Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research[J]. Hortscience, 1987, 22(3): 371-377.
- [2] 李先明, 秦仲麒, 涂俊凡, 杨夫臣, 朱红艳, 伍涛. 梨品种需冷量评价模式[J]. 西北农业学报, 2013, 22(5): 68-71.
- LI Xiamming, QIN Zhongqi, TU Junfan, YANG Fuchen, ZHU Hongyan, WU Tao. Estimating models of the chilling requirement for pear[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2013, 22(5): 68-71.
- [3] 李文贵, 邓家林, 张全军, 钟必凤. 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.
- LI Wengui, DENG Jialin, ZHANG Quanjun, ZHONG Bifeng. Chilling requirements of Xinquan and four other pear cultivars[J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(6): 1035-1038.
- [4] 封雷. 南京地区梨需冷量及设施栽培关键技术研究[D]. 南京:南京农业大学, 2013.
- FENG Lei. Study on chilling requirement of Nanjing and key technologies research in protected cultivation[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2013.
- [5] ZHU H, CHEN P Y, ZHONG S, DARDICK C, LIU Z. Thermal-responsive genetic and epigenetic regulation of DAM cluster controlling dormancy and chilling requirement in peach floral buds[J]. Horticulture Research, 2020, 7(1): 14.
- [6] 陈茂铨, 叶伟其, 刘卓香, 钟汉春, 柳旭波, 潘芝梅. 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.
- CHEN Maoquan, YE Weiqi, LIU Zhuoxiang, ZHONG Hanchun, LIU Xubo, PAN Zhimei. The requirements of chilling for bud dormancy and caloric for blooming for 12 peach varieties[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2012, 48(1): 86-90.
- [7] SPARKS D. Chilling and heating model for pecan budbreak[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1993, 118(1): 29-35.
- [8] ANDERSON J L, RICHARDSON E A, KESNER C D. Validation of chill unit and flower bud phenology models for 'montmorency' sour cherry[J]. Acta Horticulturae, 1986(184): 71-78.
- [9] 王力荣, 朱更瑞, 方伟超, 左覃元. 桃品种需冷量评价模式的探讨[J]. 园艺学报, 2003, 30(4): 379-383.
- WANG Lirong, ZHU Gengrui, FANG Weichao, ZUO Qinyuan. Estimating models of the chilling requirement for peach[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 30(4): 379-383.
- [10] 曹玉芬, 刘凤之, 胡红菊, 张冰冰. 梨种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社, 2006.
- CAO Yufen, LIU Fengzhi, HU Hongju, ZHANG Bingbing. Descriptors and data standard for pear (*Pyrus* spp.) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [11] 王力荣, 胡霓云. 桃品种的低温需求量[J]. 果树科学, 1992, 19(1): 39-42.
- WANG Lirong, HU Niyun. The chilling requirement of peach[J]. Journal of Fruit Science, 1992, 19(1): 39-42.
- [12] WEINBERGER J H. Chilling requirements of peach varieties[J]. Proceedings. American Society for Horticultural Science, 1950, 56: 122-128.
- [13] RICHARDSON E A. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees[J]. Hortscience, 1974(9): 331-332.
- [14] 姜卫兵, 韩浩章, 戴美松, 汪良驹, 马凯. 苏南地区主要落叶果树的需冷量[J]. 果树学报, 2005, 22(1): 75-77.
- JIANG Weibing, HAN Haochang, DAI Meisong, WANG Liangju, MA Kai. Study on the chilling requirement of leading deciduous fruit cultivars in southern part of Jiangsu province[J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(1): 75-77.
- [15] 刘国琴. 梨休眠分子生理机制研究[D]. 杭州:浙江大学, 2013.
- LIU Guoqin. Studies on molecular mechanism of pear dormancy[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2013.
- [16] DAFNI A, DAN N M. Life-Cycle variation in geophytes[J]. Annals of the Missouri Botanical Garden, 1981, 68(4): 652-660.
- [17] COUVILLON G A, EREZ A. Effect of level and duration of high temperatures on rest in the peach[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1985, 110(4): 579-581.
- [18] 郭松涛, 张亚红, 李琴, 张晓丽, 付玉芳, 刘帅. 宁夏地区设施葡萄需冷量和需热量研究[J]. 果树学报, 2020, 37(7): 997-1007.
- GUO Songtao, ZHANG Yahong, LI Qin, ZHANG Xiaoli, FU Yufang, LIU Shuai. Chilling and heat requirements of grape cultivars under protected culture in Ningxia area[J]. Journal of Fruit Science, 2020, 37(7): 997-1007.
- [19] 谭敏, 李玲, 李冬梅, 陈修德, 冷传远, 高东升. 设施桃萌芽调控中冷量与热量的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2012, 18(5): 728-733.
- TAN Yu, LI Ling, LI Dongmei, CHEN Xiude, LENG Chuanyuan, GAO Dongsheng. Relationship between chilling and heat in budburst regulation of peaches for protected cultivation[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2012, 18(5): 728-733.
- [20] 张明昊, 严娟, 蔡志翔, 沈志军, 马瑞娟, 张春华, 徐子媛, 俞明亮. 103份桃种质在南京地区的需冷量和需热量研究[J]. 果树学报, 2021, 38(1): 29-39.
- ZHANG Minghao, YAN Juan, CAI Zhixiang, SHEN Zhijun, MA Ruijuan, ZHANG Chunhua, XU Ziyuan, YU Mingliang. Chilling and heat requirements of 103 germplasms of peach in Nanjing[J]. Journal of Fruit Science, 2021, 38(1): 29-39.