

# 平欧杂种榛主栽品种需冷量、需热量研究

马庆华<sup>1</sup>, 罗青红<sup>2\*</sup>, 艾吉尔·阿不拉<sup>2\*</sup>, 曹运强<sup>3</sup>,  
崔立志<sup>3</sup>, 霍宏亮<sup>1</sup>, 王贵禧<sup>1\*\*</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 林木遗传育种国家重点实验室, 北京 100091;  
2. 新疆林业科学院造林治沙研究所, 新疆乌鲁木齐 830063; 3. 河北省木兰围场国有林场管理局, 河北承德 068450)

**摘要:** [目的] 揭示平欧杂种榛主栽品种的需冷量和需热量, 更好地指导生产做好区域化栽培。 [方法] 本研究以 16 个平欧杂种榛主栽品种的 1 年生枝条为试材, 以野生平榛 1 年生枝条为对照, 通过水培观察的方法, 首次对平欧杂种榛的雌、雄花序和叶芽进行需冷量和需热量研究。 [结果] 表明: 平欧杂种榛不同器官的需冷量由低到高依次为雄花序 336~1 176 h、雌花序 504~1 344 h、叶芽 672~1 512 h; 需热量由低到高依次为雄花序 687.0~998.5 GDH°C、雌花序 998.5~3 496.1 GDH°C、叶芽 2 546.5~4 180.3 GDH°C; 不同品种、器官在刚满足最低蓄冷要求时需热量最高, 随着蓄冷时间的延长, 需热量逐渐减少。 [结论] 首次报道了平欧杂种榛主栽品种雌、雄花序和叶芽的需冷量和需热量数据, 其中, 达维、平欧 48 号等品种花器官需冷量较低, 辽榛 2 号、平欧 545 号等品种花器官需冷量较高; 玉坠、平欧 69 号等品种花器官需热量较低, 辽榛 1 号、辽榛 4 号等品种花器官需热量较高, 上述研究丰富了榛属植物开花和休眠解除方面的数据, 可为平欧杂种榛的引种和栽培提供参考。

**关键词:** 平欧杂种榛; 需冷量; 需热量; 雄花序; 雌花序; 叶芽

中图分类号: S664.4

文献标识码: A

## Chilling and Heat Requirements of Main Cultivars of Ping'ou Hybrid Hazelnuts (*Corylus heterophylla* × *Corylus avellana*)

MA Qing-hua<sup>1</sup>, LUO Qing-hong<sup>2</sup>, AIJIER · Abula<sup>2</sup>, CAO Yun-qiang<sup>3</sup>,  
CUI Li-zhi<sup>3</sup>, HUO Hong-liang<sup>1</sup>, WANG Gui-xi<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, State Key Laboratory of Tree Genetics and Breeding, Beijing 100091, China; 2. Institute of Afforestation and Sand Control, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi 830063, Xinjiang, China;  
3. Bureau of Mulanweichang National Forest Farm of Hebei Province, Chengde 068450, Hebei, China)

**Abstract:** [Objective] To reveal the chilling and heat requirements of main cultivars of Ping'ou hybrid hazelnuts. [Method] The hydroponic experiments were carried out with excised annual shoots of 16 main cultivars of Ping'ou hybrid hazelnuts (*Corylus heterophylla* × *C. avellana*) as materials and excised annual shoots of the wild hazelnut (*C. heterophylla* Fisch.) as the control. The chilling and heat requirements were estimated by the observation of the phenological phase of the catkins, female inflorescences and leaf buds. [Result] There were great differences in the chilling requirements and the heat requirements among different organs of Ping'ou hybrid hazelnuts. The chilling requirements ranged 336~1 176 h for catkins, 504~1 344 h for female inflorescences and 672~1 512 h for leaf buds. The heat requirements ranged 687.0~998.5 GDH°C for catkins, 998.5~3 496.1 GDH°C for female inflorescences and

收稿日期: 2015-09-24

基金项目: 河北省省级科技合作开发资金项目“榛子优良资源筛选、培育与利用”; 国家级林业科学技术推广项目([2014]-3号)

作者简介: 马庆华(1978—), 女, 河北沧州人, 博士, 主要从事榛子资源与育种研究。

\* 共同第一作者。

\*\* 通讯作者: E-mail: wangx0114@126.com

2 546.5~4 180.3 GDH $^{\circ}$ C for leaf buds. When the cultivars and organs reach the minimum chilling requirements, the heat requirements were at the highest value. With the extension of the cold accumulation, the heat requirements reduced gradually. [ **Conclusion** ] This is the first report of research on the chilling and heat requirements for different organs of Ping'ou hybrid hazelnuts. As for chilling requirement, some cultivars such as Dawei and Ping'ou 48 showed lower-level chilling requirements, and some others such as Liaozhen No.2 and Ping'ou 545 showed higher-level chilling requirements. As for heat requirement, some cultivars such as Yuzhui and Ping'ou 69 showed lower-level heat requirements and some others such as Liaozhen No.1 and Liaozhen No.4 showed higher-level heat requirements. The data above enriched the information in the flowering and dormancy releasing of *Corylus*, which could provide reference for the breeding introduction and cultivation of Ping'ou hybrid hazelnuts.

**Keywords:** Ping'ou hybrid hazelnuts (*Corylus heterophylla*  $\times$  *Corylus avellana*); chilling requirement; heat requirement; catkin; female inflorescence; leaf bud

平欧杂种榛 (*Corylus heterophylla* Fisch.  $\times$  *C. avellana* L.) 是平榛和欧洲榛的种间杂交后代,兼具大果、丰产和适应性强的特点,自 1999 年育成以来,已在全国 20 余个省区不同规模地引种试栽,目前栽培面积已超过 2.67 万  $\text{hm}^2$ ,是我国的主要栽培榛种<sup>[1]</sup>。受遗传因素影响,平欧杂种榛不同品种(品系)具有不同的生态适应性,部分品种(品系)在北方地区存在冻害和抽条现象,在南方地区存在由于花器官发育不良,导致空壳率过高的情况,严重影响了平欧杂种榛坚果的产量和质量。生产上,已根据平欧杂种榛在各地的引种表现,在全国划分了 4 个栽培区,并建议了不同栽培区的主栽品种<sup>[1]</sup>;但上述区划工作主要以品种(品系)的抗寒性和抗抽条性为依据,未涉及花器官需冷量和需热量的问题;同时,平欧杂种榛均具有自交不亲和性,主栽品种需配置亲和性良好且花期一致的授粉品种才能结实,这使平欧杂种榛的栽培区划涉及了更多的考虑因素。需冷量指打破落叶果树自然休眠所需的有效低温时数,需热量是果树自然休眠结束后至盛花期需要的有效热量积累,这 2 个参数是果树区划最根本的因素。课题组先后对平欧杂种榛的抗寒性、抗抽条性和耐盐碱性评价进行了深入研究<sup>[2-6]</sup>,在上述研究的基础上,本研究参照国外学者对欧洲榛需冷量的研究方法<sup>[7]</sup>,对平欧杂种榛主栽品种的 1 年生枝条开展了连续 3 年的水培观察,研究平欧杂种榛 16 个主栽品种不同器官的需冷量和需热量,以丰富平欧杂种榛生态适应性的研究内容,为平欧杂种榛的区域化栽培提供基础数据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 预试验

本研究于 2011 年和 2012 年分别就平欧杂种榛

1 年生枝条的取样时间和蓄冷方法进行了预试验观察:首先,使用温度自计仪对取样地(沈阳地区)的气温进行了连续记录,确定该地区有效低温累积的起点(日均温 $\leq 7.2^{\circ}\text{C}$ ),将取样时间定在该日期之前的时间完成;其次,采用 2 种取样方法对北京榛子基地的平欧杂种榛品种进行取样,即每周直接从田间取水培和一次性取样后存放在冷库中( $1^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ),每周拿出 1 份进行水培。经观察发现,采用 2 种取样方法的平欧杂种榛枝条,在水培时表现出一致的物候规律,因此,为操作方便,正式试验时选用了第 2 种方法进行取样。

### 1.2 试验材料

试验所用平欧杂种榛 16 个主栽品种于 2013 年 11 月 1 日(日均温 $> 7.2^{\circ}\text{C}$ ),采自辽宁省沈阳市塔山农业科技开发有限公司榛子基地。该园是目前国内面积最大、树龄最高的平欧杂种榛生产园,园地位于沈阳市苏家屯区( $123^{\circ}33' \text{E}$ ,  $41^{\circ}67' \text{N}$ ),土壤类型为棕色壤土。平欧杂种榛树龄为 7~10 a,树势健壮、枝量丰富。各品种选取树冠外围,生长均匀一致,有雄花序,长度约 60 cm 的 1 年生枝各 200 枝,试验以采自同一株丛的野生平榛(*C. heterophylla* Fisch.)为对照,各样品保湿包裹带回北京。枝条样品随机分成 20 份,保湿存放在( $1.0 \pm 0.5$ ) $^{\circ}\text{C}$ 冷库中。试验样品名称见表 1。

表 1 试验样品名称

品种名	育种代号	品种名	育种代号
平欧 210 号	81-21	平欧 48 号	84-48
辽榛 7 号	82-11	辽榛 2 号	84-524
平欧 15 号	82-15	平欧 545 号	84-545
平欧 33 号	83-33	平欧 69 号	84-69
辽榛 3 号	84-226	平欧 28 号	85-28
平欧 237 号	84-237	辽榛 4 号	85-41
达维	84-254	平欧 21 号	B-21
玉坠	84-310	平榛(对照)	
辽榛 1 号	84-349		

### 1.3 水培观察

平欧杂种榛枝条的水培在中国林科院科研温室进行,自然光照,湿度为50%~70%,采用温度自计仪记录温室的温度变化。将17份样品的枝条置于水桶中水培,每天对雄花序、雌花序和叶芽的生长动态进行观察,记录各器官的物候变化。每隔1天换水1次,并将所有枝条基部1 cm剪掉。每周从冷库中拿出1份进行水培观察,每批次样品连续观察

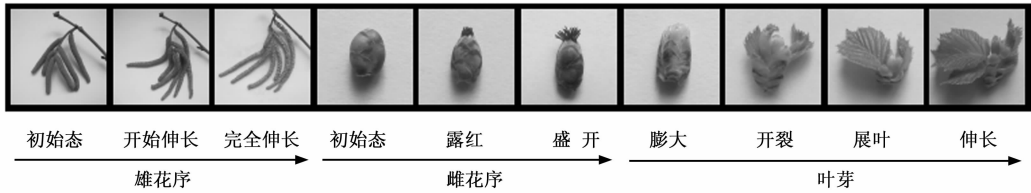


图1 榛子各器官物候现象的判断标准(以平欧杂种榛‘达维’为例)

### 1.4 需冷量和需热量估算

参照 Mehlenbacher<sup>[7]</sup>对欧洲榛需冷量的研究方法,平欧杂种榛不同器官休眠结束的判断标准为:水培4周内,50%以上雄花序伸长并散粉;4个以上雌花序超过露红阶段;5个以上叶芽膨大、开裂。需冷量采用0.0~7.2℃模型<sup>[8-9]</sup>进行估算,在本研究中,取样时田间日平均温度>7.2℃,尚未达到有效低温累积的起点,冷库温度控制在(1.0±0.5)℃,因此,各器官的需冷量可根据离体枝条水培前在冷库中存放的时间进行估算。

需热量采用生长度时数模型<sup>[10-11]</sup>进行估算,生长度小时(记作GDH℃)表示每1 h给定的温度( $t$ ,℃)所相当的热量单位:GDH℃=0.0, $t \leq 4.5$ ℃;GDH℃= $t - 4.5$ , $4.5 < t < 25.0$ ℃;GDH℃=20.5, $t \geq 25.0$ ℃。本研究各器官的需热量指从各器官通过休眠后的水培开始,当雄花序50%以上伸长并散粉,雌花序4个以上超过露红阶段,叶芽5个以上膨大、开裂,各器官在温室有效热量的累积。从温度自计仪中导出数据,对各器官的需热量进行估算。

## 2 结果与分析

### 2.1 平欧杂种榛主栽品种各器官在不同蓄冷时期的物候变化

平欧杂种榛主栽品种1年生枝条各器官的物候变化因品种和蓄冷时间而异(图2),当蓄冷时间不够时,各器官不能完成全部的物候过程,如雄花序只伸长不散粉,雌花序只露红不盛开,叶芽不萌发等;

4周。

观察记录每批次枝条样品雄花序开始伸长、散粉,50%伸长的时间及雌花序露红、盛开,叶芽膨大、开裂、伸长、展叶的时间(图1),其中,雄花序“50%伸长”是指所有枝条上有超过50%的雄花序都表现伸长的时间,其余物候时期的记录为5个以上的雄花序或叶芽、4个以上的雌花序出现上述物候现象的时间。

随着蓄冷时间的延长,各器官表现各物候现象所需的时间逐渐缩短;当蓄冷约18周时各器官的物候变化趋于稳定。

雄花序是对温度最敏感的器官,在蓄冷2周后就出现了伸长现象,多数品种雄花序伸长达或超过50%,但是没有散粉;不同品种散粉现象的出现在蓄冷后的3~8周,并且随着蓄冷时间的延长,雄花序的散粉量逐渐增多。对照平榛的雄花序在蓄冷3周后出现50%伸长并散粉,与达维和平欧48号同属散粉较早的类型。

平欧杂种榛不同品种的雌花序最早在蓄冷3周后出现露红,雌花序达到盛开需要再蓄冷4~9周;不同品种从出现露红到盛开所需的蓄冷时间存在差异,平欧237号、辽榛1号、平欧545号、平欧28号和辽榛4号的露红和盛开发生在同一蓄冷时间,辽榛2号和辽榛3号出现露红后再蓄冷3周才达到盛开,而平欧69号雌花序的露红和盛开相差6周。对照平榛在蓄冷2周后出现露红,蓄冷6周后达到盛开。

根据榛属植物的植物学特性,叶芽的萌发在雌花盛开之后,平欧杂种榛不同品种的叶芽开裂出现在蓄冷的第5~10周,对照平榛出现在蓄冷的第8周。

### 2.2 平欧杂种榛主栽品种各器官的需冷量

根据需冷量的定义,平欧杂种榛主栽品种1年生枝条各器官的需冷量即为枝条水培前在冷库中存放的时间(表2)。平欧杂种榛1年生枝条各器官中,雄花序需冷量最低,其次是雌花序,叶芽的需冷量最高,不同品种的需冷量存在差异。平欧杂种榛

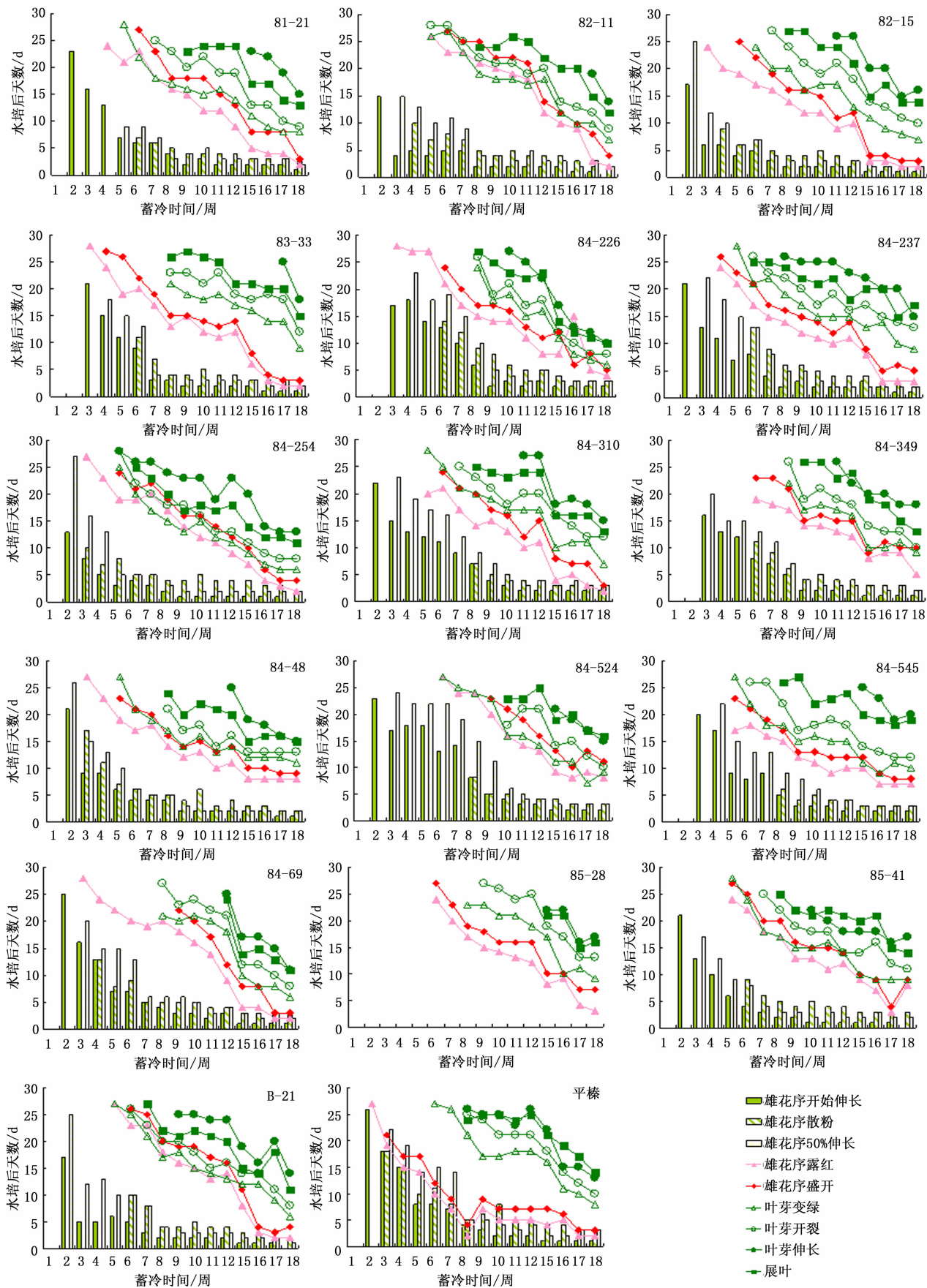


图2 不同蓄冷时期榛子1年生枝条各器官在温室水培条件下的物候变化

主栽品种雄花序的需冷量为336~1 176 h,达维、平欧48号和对照平榛的雄花序需冷量最低(336 h),其次是辽榛7号、平欧15号和平欧69号的需冷量(504 h),再次是辽榛1号、辽榛3号、辽榛4号、平欧21号、平欧33号、平欧210号和平欧237号的需冷量(840 h),玉坠、辽榛2号和平欧545号的雄花序需冷量最高(1 176 h)。

平欧杂种榛主栽品种雌花序的需冷量为504~1 344 h,平欧237号和平欧33号雌花序的需冷量最低(504 h),其次是达维、辽榛4号、平欧15号、平欧48号和平欧545号(672 h),再次是玉坠、辽榛1号、辽榛3号、辽榛7号、平欧21号、平欧28号和平欧210号(840 h),辽榛2号和平欧69号的雄花序需冷量最高(1 344 h);对照平榛雌花序的需冷量为336 h。

平欧杂种榛主栽品种叶芽的需冷量为672~1 512 h,叶芽的需冷量由低到高依次是达维、辽榛7号(672 h),平欧21号、平欧237号和平欧545号(840 h),玉坠、辽榛4号、平欧15号和平欧210号(1 008 h),辽榛1号、辽榛3号、平欧33号、平欧48号和平欧69号(1 176 h),平欧28号(1 344 h),辽榛2号(1 512 h);对照平榛叶芽的需冷量为1 176 h。

### 2.3 平欧杂种榛主栽品种各器官的需热量

采用生长度小时法对平欧杂种榛主栽品种的需热量进行估算,将不同品种不同器官刚达到需冷量后所需的热量积累定义为最高需热量,将最后一次水培(第18周)不同器官的需热量定义为最低需热

量(表3)。总体看,雄花序的需热量最低,雌花序的需热量次之,而叶芽的需热量最高。

平欧杂种榛雄花序的最低需热量分为2组(687.0 GDH $^{\circ}$ C和998.5 GDH $^{\circ}$ C),即在水培后第2~3 d内伸长并散粉;最高需热量为3 680.6~7 862.3 GDH $^{\circ}$ C,平榛为8 719.6 GDH $^{\circ}$ C,不同品种间变异较大,雄花序的最高需热量的变异系数比最低需热量的变异系数高。

表2 榛子不同器官的需冷量

品种名称	雄花序/h	雌花序/h	叶芽/h
平欧210号(81-21)	840	840	1 008
辽榛7号(82-11)	504	840	672
平欧15号(82-15)	504	672	1 008
平欧33号(83-33)	840	504	1 176
辽榛3号(84-226)	840	840	1 176
平欧237号(84-237)	840	504	840
达维(84-254)	336	672	672
玉坠(84-310)	1 176	840	1 008
辽榛1号(84-349)	840	840	1 176
平欧48号(84-48)	336	672	1 176
辽榛2号(84-524)	1 176	1 344	1 512
平欧545号(84-545)	1 176	672	840
平欧69号(84-69)	504	1 344	1 176
平欧28号(85-28)	—	840	1 344
辽榛4号(85-41)	840	672	1 008
平欧21号(B-21)	840	840	840
平榛(对照)	336	336	1 176
平均值	772.8	808.5	1 039.5
变异系数/%	39.44	33.11	21.61

注:表中“—”表示平欧28号没有雄花序,下同。

表3 榛子不同器官的需热量

品种名称	雄花序/GDH $^{\circ}$ C		雌花序/GDH $^{\circ}$ C		叶芽/GDH $^{\circ}$ C	
	最低需热量	最高需热量	最低需热量	最高需热量	最低需热量	最高需热量
平欧210号(81-21)	998.5	3 753.9	998.5	11 249.3	2 848.5	10 569.7
辽榛7号(82-11)	687.0	5 001.6	1 315.9	11 249.3	2 848.5	11 443.1
平欧15号(82-15)	687.0	3 805.4	998.5	10 286.4	3 171.0	11 440.6
平欧33号(83-33)	687.0	5 409.8	998.5	10 816.6	3 836.9	9 677.0
辽榛3号(84-226)	998.5	7 862.3	1 613.6	9 927.2	2 546.5	10 845.6
平欧237号(84-237)	687.0	5 409.8	1 613.6	10 433.0	4 180.3	10 812.8
达维(84-254)	687.0	6 338.4	1 315.9	9 860.4	2 546.5	11 443.1
玉坠(84-310)	998.5	3 680.6	998.5	9 927.2	3 836.9	10 569.7
辽榛1号(84-349)	687.0	5 409.8	3 171.0	9 511.1	3 171.0	10 845.6
平欧48号(84-48)	687.0	6 708.0	2 848.5	9 452.3	4 180.3	8 896.1
辽榛2号(84-524)	998.5	6 302.4	3 496.1	9 510.8	3 171.0	7 293.3
平欧545号(84-545)	998.5	3 680.6	2 546.5	9 452.3	3 836.9	10 812.8
平欧69号(84-69)	998.5	5 817.0	998.5	9 140.3	2 546.5	11 235.6
平欧28号(85-28)	—	—	2 249.6	11 249.3	4 180.3	11 110.4
辽榛4号(85-41)	998.5	3 753.9	2 848.5	11 108.2	3 496.1	10 569.7
平欧21号(B-21)	687.0	4 162.8	1 315.9	10 812.8	2 546.5	10 812.8
平榛	687.0	8 719.6	998.5	8 309.4	3 171.0	10 452.8
平均值	832.4	5 139.8	1 783.9	10 249.2	3 309.0	10 523.6
变异系数/%	19.39	28.97	49.22	8.51	18.51	9.99

平欧杂种榛雌花序的最低需热量为 998.5 ~ 3 496.1 GDH $^{\circ}$ C,玉坠、平欧 15 号、平欧 33 号、平欧 69 号、平欧 210 号和对照平榛的最低需热量最低(998.5 GDH $^{\circ}$ C),辽榛 2 号的最低需热量最高(3 496.1 GDH $^{\circ}$ C);平欧杂种榛雌花序的最高需热量为 9 140.3 ~ 11 249.3 GDH $^{\circ}$ C,平榛为 8 309.4 GDH $^{\circ}$ C,雌花序的最高需热量的变异系数比最低需热量的变异系数低。

平欧杂种榛叶芽的最低需热量为 2 546.5 ~ 4 180.3 GDH $^{\circ}$ C,平榛为 3 171.0 GDH $^{\circ}$ C;最高需热量为 7 293.3 ~ 11 443.1 GDH $^{\circ}$ C,平榛为 10 452.8 GDH $^{\circ}$ C,变化规律与雌花序相似。

#### 2.4 平欧杂种榛主栽品种各器官需冷量、最低和最高需热量的关系

由图 2 可知:单一品种平欧杂种榛主栽品种 1 年生枝条各器官的蓄冷时间越长,各物候现象的发生和完成越快,即低温积累越高,则需热量越短。对平欧

杂种榛主栽品种各器官的需冷量、最低和最高需热量进行相关分析,未发现有明显的线性相关关系,说明受遗传因素影响,平欧杂种榛不同品种对低温蓄冷存在不同的响应。

将平欧杂种榛主栽品种 1 年生枝条各器官的最高和最低需热量做垂线图,线段的长度表示最高和最低需热量之间的差值(图 3),通过增加蓄冷时间来调节各品种、器官的需热量,该数据在不同品种和器官上存在较大差异。玉坠和平欧 545 号雄花序的需热量差值最小(2 682.1 GDH $^{\circ}$ C),辽榛 3 号的最大(6 863.8 GDH $^{\circ}$ C),对照平榛雄花序的需热量差值达 8 032.6 GDH $^{\circ}$ C;辽榛 2 号雌花序的需热量差值最低(6 014.7 GDH $^{\circ}$ C),平欧 210 号的最高(10 250.8 GDH $^{\circ}$ C),对照平榛雌花序的需热量差值为 7 310.9 GDH $^{\circ}$ C;辽榛 2 号叶芽的需热量差值最低(4 122.3 GDH $^{\circ}$ C),达维的最高(8 896.6 GDH $^{\circ}$ C);对照平榛叶芽的需热量差值为 7 281.8 GDH $^{\circ}$ C。

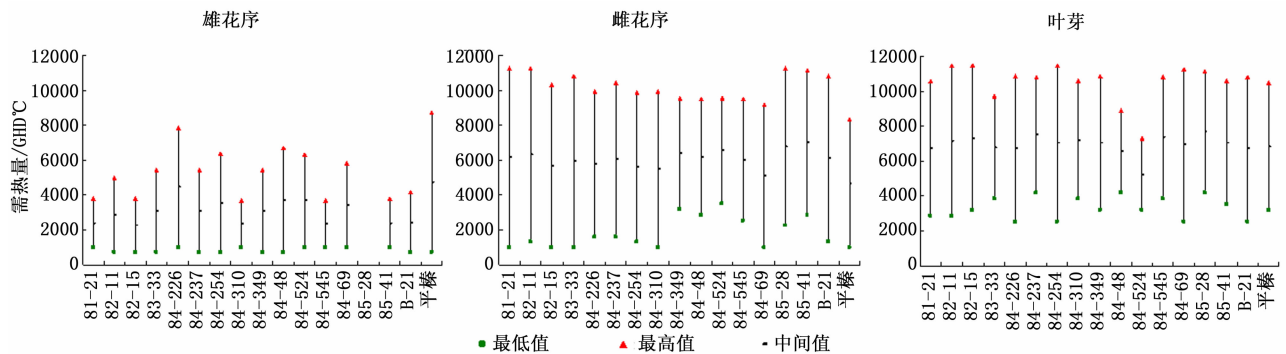


图 3 榛子不同品种 1 年生枝条各器官的最低和最高需热量

### 3 讨论

需冷量和需热量是果树生态适应性的重要组成部分,是果树生存适应、引种驯化和栽培分布的主要决定因素<sup>[12]</sup>,果树的需冷量和需热量研究具有重要意义<sup>[13-17]</sup>。通常采用离体枝条培养的方法测定芽休眠的解除,通过测定枝条上芽的萌芽率等指标来判断芽休眠的状态,这种判断方法已在许多落叶果树,如桃(*Amygdalus persica* L.)<sup>[9, 18-23]</sup>、杏(*Armeniaca vulgaris* Lam.)<sup>[24-25]</sup>、苹果(*Malus pumila* Mill.)<sup>[26-27]</sup>、葡萄(*Vitis vinifera* L.)<sup>[13-14]</sup>、梨(*Pyrus* L.)<sup>[28]</sup>上得到广泛应用。

本研究参照上述培养方法,根据榛子花、芽特征制定判断标准,采用 0 ~ 7.2 $^{\circ}$ C 模型对平欧杂种榛主栽品种的需冷量和需热量进行估算,得到平欧杂种榛不同器官的需冷量,其中,雄花序的需冷量为 336

~ 1 176 h(平榛 336 h),略高于 Mehlenbacher<sup>[7]</sup>在欧洲榛种上得到的数据范围(< 100 ~ 860 h);雌花序的需冷量为 504 ~ 1 344 h(平榛 336 h),叶芽的需冷量为 672 ~ 1 512 h(平榛 1 176 h),欧洲榛雌花序的需冷量为 290 ~ 1 550 h,叶芽为 365 ~ 1 690 h,变化幅度大于本研究的结果;上述需冷量的差异,可能与供试材料种或品种的遗传差异有关,但不同器官需冷量的相对大小和范围是一致的。采用生长度小时法对平欧杂种榛主栽品种及对照平榛的需热量进行研究,结果显示:不同品种、器官在刚满足最低蓄冷要求时需热量最高,随着蓄冷时间的延长,需热量逐渐减少,最低和最高需热量在不同器官、不同品种间存在较大差异;平欧杂种榛不同器官的最低需热量由低到高依次为雄花序、雌花序和叶芽,目前未见榛属植物需热量方面的其他报道。上述研究丰富了榛属植物开花和休眠解除方面的数据。

平欧杂种榛是平榛和欧洲榛的种间杂交新种,掌握主栽品种的需冷量和需热量数据,是进行平欧杂种榛区域化栽培,并为其建立配套栽培技术措施的重要理论依据。在低纬度温暖地区引种,需要满足品种的最低需冷量要求,在冬季有效低温累积时数达到或超过品种需冷量的地区方可引种。目前,我国平欧杂种榛的栽培南界在安徽六安的霍邱县和合肥的肥西县,年平均气温 15.5℃,1 月份平均气温 2.1℃,无霜期 220 d,适合栽种平欧 69 号、辽榛 1 号、辽榛 2 号、辽榛 3 号、平欧 545 号、平欧 33 号等品种;而在安徽池州的贵池县,平欧杂种榛生长表现较差,结实量低,并存在较高的空壳率,说明该地区的有效低温累积不足,不能满足平欧杂种榛的最低需冷量要求。

在高纬度寒冷地区引种要充分考虑品种的需热量,田间观察发现,最低需热量与物候期密切相关,如在平欧杂种榛的北部栽培区,适合栽种达维、玉坠、平欧 210 号、平欧 28 号、辽榛 7 号、平欧 21 号、玉坠、平欧 15 号等品种<sup>[1]</sup>,其中,达维是第一主栽品种,根据授粉亲和性,除平欧 28 号和平欧 15 号外,其余品种都可做达维的授粉树,结合花器官的需热量考虑,辽榛 7 号和平欧 21 号(需热量较低)更适合在北部栽培区为达维授粉,其坚果经济性状较优,而且 3 个品种间授粉正反交都亲和,可互为授粉树。

不同品种、器官在满足需冷量之后,雄花序伸长和散粉的时间段比雌花序的开放时间更为集中,在进行授粉品种配置时,要考虑主栽品种雌花的开放时间及其与授粉品种花期相遇的问题;若采用人工辅助授粉,每年的花枝收集,应在雄花序达到需冷量后、当地发生抽条前的时段进行。本研究得到的需冷量和需热量数据,可为平欧杂种榛的引种和栽培工作提供参考。

Couvillon 等<sup>[29]</sup>指出,芽萌发的热量需求受到有效低温累积量影响,有效低温累积量越高,芽萌发的热量需求越低,在有效低温累积量未达到需冷量要求的情况下,芽萌发所需要的热量积累大大超过满足需冷量时的热量需求。本研究观察到相似的现象,在取样初期,由于有效低温累积达不到自然休眠解除要求的需冷量,花器官虽然也能萌动,但雄花序不能正常散粉,雌花序不能达到盛开,难以达到生产要求,需热量趋向于无穷大;有效低温累积达到需冷量后,随着有效低温累积的增加,各器官的需热量减少。谭钺等<sup>[30]</sup>在研究设施桃萌芽调控中冷量与热

量的关系时发现,在高于品种需冷量的区间范围内,存在一个“最佳的低温累积量”,使果树从休眠到萌芽的时间最短。本研究分析也得出,各品种、器官的需热量存在不同的变化范围,可通过增加蓄冷时间来调节,最高和最低需热量的差值反映出可调节的区间范围,该数据在不同品种和器官上也存在较大差异;因此,在榛属植物“最佳低温累积量”及其品种、器官特异性等方面,还需进行深入研究。

## 4 结 论

本研究首次报道了平欧杂种榛主栽品种雄花序、雌花序和叶芽的需冷量和需热量数据,其中,达维、辽榛 7 号、平欧 15 号和平欧 48 号等品种花器官需冷量较低,玉坠、辽榛 2 号和平欧 545 号等品种花器官需冷量较高;玉坠、平欧 15 号、平欧 33 号、平欧 69 号和平欧 210 号等品种花器官需热量较低,辽榛 1 号、辽榛 2 号、辽榛 4 号、平欧 28 号、平欧 48 号和平欧 545 号等品种花器官需热量较高,上述研究丰富了榛属植物开花和休眠解除方面的数据,可为平欧杂种榛的引种和栽培提供参考。

## 参 考 文 献:

- [1] 梁维坚. 中国果树科学与实践[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2015.
- [2] 吕跃东. 平欧杂种榛优良无性系抗寒性评价[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.
- [3] 李春牛, 董凤祥, 王贵禧, 等. 平欧杂种榛抗抽条能力及抽条临界含水量研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(3): 330-335.
- [4] 赵天田, 王贵禧, 梁丽松, 等. 平榛 *ChWRKY2* 转录因子的克隆及在低温胁迫下的表达分析[J]. 林业科学研究, 2012, 25(2): 144-149.
- [5] 张 丽, 贾志国, 马庆华, 等. 盐碱胁迫对平欧杂种榛生长及叶片内源激素含量的影响[J]. 林业科学研究, 2015, 28(3): 394-401.
- [6] 赵天田, 梁丽松, 马庆华, 等. 平榛 *ChWRKY28* 基因克隆及表达模式分析[J]. 林业科学研究, 2016, 29(2): 250-255.
- [7] Mehlenbacher S A. Chilling requirements of hazelnut cultivars[J]. Scientia Horticulturae, 1991, 47: 271-282.
- [8] Weinberger J H. Chilling requirements of peach varieties[J]. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, 1950, 56: 122-128.
- [9] 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.
- [10] Anderson J L, Seeley S D. Modelling strategy in pomology: development of the Utah models [J]. Acta Horticulturae, 1992, 313: 297-306.
- [11] 李天忠, 张志宏. 现代果树生物学[M]. 北京: 科学出版

- 社, 2008.
- [12] 吴光林. 果树生态学[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Alburquerque N, García-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: 162-170.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 王力荣, 朱更瑞, 左覃元. 中国桃品种需冷量的研究[J]. 园艺学报, 1997, 24(2): 194-196.
- [19] Gariglio N, González Rossia D E, Mendow M, *et al.* Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots [J]. *Scientia Horticulturae*, 2006, 108: 371-377.
- [20] Yamane H, Ooka T, Jotatsu H, *et al.* Expressional regulation of PpDAM5 and PpDAM6, peach (*Prunus persica*) dormancy-associated MADS-box genes, by low temperature and dormancy-breaking reagent treatment [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2011, 62: 3481-3488.
- [21] Yamane H, Ooka T, Jotatsu H, *et al.* Expression analysis of PpDAM5 and PpDAM6 during flower bud development in peach (*Prunus persica*) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2011, 129: 844-848.
- [22] Leida C, Conesa A, Llifer Q, *et al.* Histone modifications and expression of DAM6 gene in peach are modulated during bud dormancy release in a cultivar-dependent manner [J]. *New Phytologist*, 2012, 193: 67-80.
- [23] Leida C, Romeu J F, Garcia-Brunton J, *et al.* Gene expression analysis of chilling requirements for flower bud break in peach [J]. *Plant Breeding*, 2012, 131: 329-334.
- [24] Viti R, Ruiz A D, Egea J, *et al.* Effect of climatic conditions on the overcoming of dormancy in apricot flower buds in two Mediterranean areas; Murcia (Spain) and Tuscany (Italy) [J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 124: 217-224.
- [25] Campoy J A, Ruiz D, Cook N, *et al.* Clinal variation of dormancy progression in apricot [J]. *South African Journal of Botany*, 2011, 77(3): 618-630.
- [26] Hauagge & Cummins J N. Seasonal variation in intensity of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1991, 116: 107-115.
- [27] Hauagge R, Cummins J N. Relationships among indices for the end of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species under cold winter conditions [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1991, 116: 95-99.
- [28] Ubi B E, Sakamoto D, Ban Y, *et al.* Molecular cloning of dormancy-associated MADS-box gene homologs and their characterization during seasonal endodormancy transitional phases of Japanese pear [J]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2010, 135(2): 174-182.
- [29] 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: 579-581.
- [30] 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]. *应用与环境生物学报*, 2012, 18(5): 728-733.

(责任编辑:徐玉秀)