

DOI:10.12171/j.1000-1522.20240271

## 84份核桃种质资源萌芽期和雌雄花期调查

刘警 宋雅萍 于秋香

(河北省农林科学院昌黎果树研究所, 河北 秦皇岛 066600)

**摘要:**【目的】针对核桃生产中春季频发晚霜和雌雄花期不相遇等问题, 探究河北省秦皇岛地区 84 份核桃种质资源萌芽期、雌雄花盛期起始时间, 旨在为选育避晚霜品种、合理配置授粉树、提高核桃产量提供参考。【方法】2024 年对河北省秦皇岛市昌黎县 84 份核桃种质资源进行萌芽期、雌雄花盛期起始时间调查, 并记录此时期温度, 计算萌芽和开花期起始所需 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温。【结果】(1)84 份核桃种质资源萌芽期起始时间为 3 月 24 日—3 月 31 日, 所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $6.12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 雌花盛期起始时间为 4 月 17 日—5 月 10 日, 所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $103.69\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ; 雄花盛期起始时间为 4 月 18 日—5 月 15 日, 所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $109.25\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。(2)84 份核桃种质资源雌雄花期可划分为 3 大类: 早花期(4 月 17 日—4 月 26 日), 中花期(4 月 27 日—5 月 6 日), 晚花期(5 月 7 日及之后)。(3)在未来核桃育种工作中, 可选择萌芽较晚的品种(‘中核 3 号’‘西洛 7 号’‘金薄香 2 号’‘金薄香 4 号’‘西林 1 号’‘绿香’‘晋香’‘花生 1 号’‘中核 2 号’等), 以避开春季晚霜危害( $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 可合理搭配早中晚花资源, ‘礼品 2 号’(雌花早花)搭配‘西岭’(雄花早花), ‘绿岭’(雌花中花)搭配‘西林 1 号’(雄花中花), ‘小果黑核桃’(雌花晚花)搭配‘黑核桃’(雄花晚花), 提高授粉率和坐果率。【结论】本研究明确了 84 份核桃种质资源在河北省秦皇岛地区萌芽期和雌雄花盛期起始时间, 研究结果为 84 份核桃种质资源的有效开发及利用, 合理有效配置授粉品种, 筛选和选育避晚霜品种, 预测萌芽期和花期以提前采取防寒措施, 产业增产增效提供了重要依据。

**关键词:** 核桃; 萌芽期; 雌雄花期; 有效积温; 避晚霜

**中图分类号:** S664.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1522(2025)02-0049-09

**引文格式:** 刘警, 宋雅萍, 于秋香. 84 份核桃种质资源萌芽期和雌雄花期调查 [J]. 北京林业大学学报, 2025, 47(2): 49-57.  
Liu Jing, Song Yaping, Yu Qiuxiang. Investigation on germination period and male and female flowering period of 84 walnut germplasm resources [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2025, 47(2): 49-57.

### Investigation on germination period and male and female flowering period of 84 walnut germplasm resources

Liu Jing Song Yaping Yu Qiuxiang

(Changli Institute of Pomology, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Qinhuangdao 066600, Hebei, China)

**Abstract:** [Objective] To solve frequent late frosts in spring and the mismatch of male and female flowering periods in walnut production, this study investigated the starting time of germination and flower period of 84 walnut germplasm resources in Qinhuangdao, Hebei Province of northern China, aiming to provide a reference for breeding late frost-resistant varieties, optimizing the arrangement of pollinator trees, and enhancing walnut yield. [Method] In 2024, the starting time of germination and flowering period of 84 walnut germplasm resources in Changli County of Qinhuangdao City were investigated, and the temperature during this period were recorded. The effective accumulated temperature of  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  required for germination and flowering was calculated. [Result] (1) The germination period of 84 walnut germplasm

收稿日期: 2024-08-21 修回日期: 2024-11-14

基金项目: 河北省农林科学院创新工程课题(2022KJCZX-CGS-9)。

第一作者: 刘警, 助理研究员。主要研究方向: 核桃种质资源搜集及分子辅助育种。Email: 1550957472@qq.com 地址: 066600 河北省秦皇岛市昌黎县碣阳大街东段 39 号昌黎果树研究所。

责任作者: 于秋香, 副研究员。主要研究方向: 核桃种质资源创新及丰产栽培技术研究。Email: 75708282@qq.com 地址: 同上。

本刊网址: <http://j.bjfu.edu.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

resources started from March 24 to March 31, requiring an average  $\geq 10$  °C effective accumulated temperature of 6.12 °C·d; the peak period for male flowers started from April 17 to May 10, requiring an average  $\geq 10$  °C effective accumulated temperature of 103.69 °C·d; the peak period for female flowers started from April 18 to May 15, requiring an average  $\geq 10$  °C effective accumulated temperature of 109.25 °C·d. (2) The 84 germplasm resources were categorized into three groups: early-flowering group (April 17 – April 26), mid-flowering group (April 27 – May 6), and late-flowering group (May 7 and later). (3) In future walnut breeding work, we can select cultivars with late germination period such as ‘Zhonghe3hao’ ‘Xiluo7hao’ ‘Jinboxiang2hao’ ‘Jinboxiang4hao’ ‘Xilin1hao’ ‘Lvxiang’ ‘Jinxiang’ ‘Huasheng1hao’ ‘Zhonghe2hao’ to avoid the late frost in spring ( $\leq 0$  °C); and combine reasonably of cultivars with early, mid, and late flowers, such as ‘Lipin2hao’ (female early-flowering group) with ‘Xiling’ (male early-flowering group), ‘Lvling’ (female mid-flowering group) with ‘Xilin1hao’ (male mid-flowering group), ‘Small fruit black walnut’ (female late-flowering group) with ‘Black walnut’ (male late-flowering group) to improve the pollination rates and fruit setting rates. [Conclusion] The findings of this research provide important basis for the effective development and utilization of 84 walnut germplasm resources, optimize the arrangement of pollinator varieties, screen and breed late frost-resistant varieties, predict germination and flower period to implement preemptive frost prevention measures, and promote increased production and efficiency in the walnut industry.

**Key words:** walnut; germination period; male and female flowering period; effective accumulated temperature; avoiding late frost

核桃(*Juglans regia*)是我国重要的经济林树种,不仅具有很高的营养价值<sup>[1]</sup>,而且是药食同源的果品,名列世界著名的四大干果之一<sup>[2]</sup>。近年来我国核桃产业快速发展,核桃产量已经位居世界第一。据中国林业和草原统计,2021年我国核桃种植面积为745.49万hm<sup>2</sup>,坚果产量为540.35万t,是世界第一大核桃生产国和重要的出口国<sup>[3]</sup>。同时,核桃是很多山区果农的重要经济来源,其产量和经济效益直接影响着果农收入水平。

我国核桃栽培历史悠久,是世界核桃起源地之一。在多年的栽培演化过程中,为适应不同地域气候条件,核桃进化形成了遗传多样性十分丰富的种质资源,且物候期差异较大。核桃作为雌雄同株异花植物,大多品种的雌雄花不同期<sup>[4]</sup>,可划分为雄先型与雌先型<sup>[5]</sup>,雄先型即雄花先于雌花开放,雌先型即雌花先于雄花开放。鉴于核桃的此种特性,生产中往往需要配置授粉树以提供花粉。因此,明确核桃雌雄花期是合理搭配授粉树的必要条件。多项研究<sup>[6]</sup>表明,温度、空气湿度、光照等气候因子均会影响植物的物候期,且温度与萌芽期、雌雄花期等显著相关,对产量有决定性影响。现如今,全球变暖问题愈演愈烈,正严重影响着植物的物候<sup>[7]</sup>。郑景云等<sup>[8]</sup>的研究表明,温度上升使我国的木本植物春季物候期提前,秋季物候期推迟,延长了植物的生长季节。李恒等<sup>[9]</sup>对云南引种到四川攀枝花的‘大泡核桃’与‘圆菠萝核桃’的物候期进行调查发现,2个核桃品种

的物候期均与原产地有较大不同,说明核桃物候期受气候影响较大。Zaitchik等<sup>[10]</sup>认为,温度和降水可能是植物物候期年份间差异的主要因素。温度升高可导致植物春季物候期提前,温度越高,花期越短,而花期长短与授粉率成正比,故花期高温可能会导致授粉率降低,从而影响产量<sup>[11]</sup>。Hájková等<sup>[12]</sup>研究表明,开花物候期与温度的相关系数最高。芽萌动期亦受温度的影响。Menzel等<sup>[13]</sup>认为,芽萌动期与平均温度间有很强的关联性,温度升高,核桃萌芽期相应提前,这增加了核桃晚霜冻害的风险。陈金海等<sup>[14]</sup>发现,核桃在萌芽期遭遇低温晚霜或冰雪灾害,其幼芽、枝条受冻干枯,造成减产甚至绝收,经济损失严重。

综上,气候(温度)异常变化通过影响核桃萌芽期、花期,进而对核桃产量造成不可估量的损失,这将严重影响果农生产积极性,制约核桃产业发展<sup>[15]</sup>。因而,揭示核桃萌芽期和花期特性对适应气候变化和提高产量至关重要<sup>[16]</sup>。目前,大多数研究聚焦在对同一品种受不同地区、不同年份和气候条件变化的影响研究,且调查品种数量较少,缺少同一环境下不同种质资源萌芽期及花期的相关研究。因此,本研究拟调查84份核桃种质资源在河北省秦皇岛地区萌芽期、雌雄花盛期起始时间,并计算萌芽期和花期起始所需 $\geq 10$  °C有效积温,研究结果将为种质资源开发与利用,授粉树合理配置,杂交亲本选配,避晚霜核桃品种选育奠定重要基础,为核桃产业增产

增效提供重要依据。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 试验材料与研究区概况

本研究所选的 84 份核桃种质资源种植于河北省秦皇岛市河北省农林科学院昌黎果树研究所科技创新基地, 地处燕山山脉东段, 位于河北省燕山、太行山两大核桃产区, 盛产国家地理标志保护产品“石门核桃”。该地处于 119°20'E, 39°22'N, 属于暖温带半湿润大陆性季风气候。年平均气温 11.1 ℃, 最高气温 24.8 ℃, 最低气温 -8.9 ℃, 常年无霜期 175 ~ 185 d, 年降水量 602.3 mm, 年空气相对湿度为 61%。84 份种质资源具体包括‘中核 3 号’(‘Zhonghe3hao’), ‘新早丰’(‘Xinzaofeng’), ‘青林’(‘Qinglin’), ‘辽宁 10 号’(‘Liaoning10hao’), ‘绿波’(‘Lvbo’), ‘中核 2 号’(‘Zhonghe2hao’), ‘礼品 1 号’(‘Lipin1hao’), ‘实生 8’(‘Shisheng8’), ‘实生 1’(‘Shisheng1’), ‘实生 4’(‘Shisheng4’), ‘实生 5’(‘Shisheng5’), ‘核桃楸’(‘Hetaoqiu’), ‘扎 343’(‘Zha343’), ‘西岭’(‘Xiling’), ‘黑核桃’(‘Black walnut’), ‘岱香’(‘Daixiang’), ‘新光’(‘Xinguang’), ‘丰香’(‘Fengxiang’), ‘早硕’(‘Zaoshuo’), ‘磨盘’(‘Mopan’), ‘元宝’(‘Yuanbao’), ‘小果黑核桃’(‘Small fruit black walnut’), ‘寒丰’(‘Hanfeng’), ‘纸皮扎 01’(‘Zhipizha01’), ‘实生 2’(‘Shisheng2’), ‘礼品 2 号’(‘Lipin2hao’), ‘实生 6’(‘Shisheng6’), ‘实生 9’(‘Shisheng9’), ‘金薄丰’(‘Jinbofeng’), ‘绿香’(‘Lvxiang’), ‘陇南 11 号’(‘Longnan11hao’), ‘旮旯铺’(‘Galapu’), ‘西洛 7 号’(‘Xiluo7hao’), ‘鲁果 7 号’(‘Luguo7hao’), ‘极早丰’(‘Jizaofeng’), ‘4-22’、‘实生 3’(‘Shisheng3’), ‘A53’、‘实生 7’(‘Shisheng7’), ‘实生 10’(‘Shisheng10’), ‘纸皮 3 号’(‘Zhipi3hao’), ‘辽宁 4 号’(‘Liaoning4hao’), ‘庆阳 11 号’(‘Qingyang11hao’), ‘实生 11’(‘Shisheng11’), ‘西洛 9 号’(‘Xiluo9hao’), ‘魁香’(‘Kuixiang’), ‘新新 2’(‘Xinxin2’), ‘辽瑞丰’(‘Liaoruifeng’), ‘绿岭’(‘Lvling’), ‘扎木台 5 号’(‘Zhamutai5hao’), ‘B76’、‘实生 12’(‘Shisheng12’), ‘金薄香 2 号’(‘Jinboxiang2hao’), ‘红光’(‘Hongguang’), ‘鲁果 6 号’(‘Luguo6hao’), ‘实生 13’(‘Shisheng13’), ‘金薄香 4 号’(‘Jinboxiang4hao’), ‘晋香’(‘Jinxiang’), ‘A19’、‘实生 14’(‘Shisheng14’), ‘西林 1 号’(‘Xilin1hao’), ‘西林 5 号’(‘Xilin5hao’), ‘晋丰’(‘Jinfeng’), ‘2-34’、‘中核 1 号’(‘Zhonghe1hao’), ‘安边 2 号’(‘Anbian2hao’), ‘花生 1 号’(‘Huasheng1hao’), ‘实生 15’(‘Shisheng15’), ‘辽宁 7 号’(‘Liaoning7hao’), ‘彼得

罗’(‘Pedro’), ‘辽宁 5 号’(‘Liaoning5hao’), ‘实生 16’(‘Shisheng16’), ‘龙珠’(‘Longzhu’), ‘华山 5 号’(‘Huashan5hao’), ‘辽宁 6 号’(‘Liaoning6hao’), ‘清香’(‘Qingxiang’), ‘鲁果 5 号’(‘Luguo5hao’), ‘辽宁 1 号’(‘Liaoning1hao’), ‘10 901’、‘硕香’(‘Shuoxiang’), ‘硕宝’(‘Shuobao’), ‘美香’(‘Meixiang’), ‘扎木台 3 号’(‘Zhamutai3hao’), ‘麻核桃’(‘Mahetao’)

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 84 份核桃种质资源萌芽期和雌雄花期调查

参考已有核桃萌芽物候期研究结果<sup>[17]</sup>, 萌芽期调查时间为 2024 年 3 月 15 日—3 月 31 日, 以顶芽为调查对象, 以芽总数 1/3 的芽体膨大且顶部出现白色绒毛为萌芽期起始时间标准并记录。

参照已有核桃开花物候期研究结果<sup>[18]</sup>, 雌雄花期调查时间为 2024 年 4 月 1 日—5 月 31 日, 50% 雄花花药开裂散粉即为雄花盛期起始时间, 50% 雌花开放呈“倒八字”型即为雌花盛期起始时间, 以此为标准调查并记录。雌花先于雄花开放的为雌先型, 雄花先于雌花开放的为雄先型, 对 2 种类型雌雄花盛期起始时间做柱形图。根据雌雄花盛期起始时间早晚, 将 84 份种质资源划分为早花、中花、晚花 3 个类型。

#### 1.2.2 温度测定

参考核桃萌芽期和雌雄花期, 对河北省秦皇岛市昌黎县 3—5 月大气温度进行记录, 分别记录单日的最低温度和最高温度。日平均温度为日最低温度与日最高温度加和的平均值, 月平均温度为当月每天日平均温度的加和与当月天数的比值。核桃的生物学零度为 10 ℃, 故采用  $\geq 10$  ℃ 有效积温来表示核桃萌芽和开花所需有效积温<sup>[19]</sup>。将 2024 年温度首次达到 10 ℃ 的日期作为起始日期, 日平均温度  $\geq 10$  ℃ 的为有效计算日期, 当日  $\geq 10$  ℃ 有效积温是指从起始日期到当前日期, 日平均温度与 10 差值的累加和。萌芽期起始所需平均  $\geq 10$  ℃ 有效积温为当日  $\geq 10$  ℃ 有效积温与当日萌芽期起始种质资源数量之积的累加和(最早进入萌芽期—最晚进入萌芽期)与种质资源总数的比值; 雌花盛期起始所需平均  $\geq 10$  ℃ 有效积温为当日  $\geq 10$  ℃ 有效积温与当日雌花盛期起始种质资源数量之积的累加和(最早进入雌花期—最晚进入雌花期)与种质资源总数的比值; 雄花盛期起始所需平均  $\geq 10$  ℃ 有效积温为当日  $\geq 10$  ℃ 有效积温与当日雄花盛期起始种质资源数量之积的累加和(最早进入雄花期—最晚进入雄花期)与种质资源总数的比值。

## 2 结果与分析

### 2.1 2024年昌黎县3—5月份温度变化

2024年核桃大多集中在3月份进入萌芽期,大多集中在4—5月份进入盛花期,且受温度影响大。故本研究分别统计了河北省秦皇岛市昌黎县3—5月份的日平均温度变化及 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温并绘制折线图(图1)。经统计,昌黎县3、4、5月份平均温度分别为6.15、13.80、19.39 $^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积

温分别为7.5、130、421 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。这说明3、4、5月份温度均呈现在波动中缓慢上升的趋势, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温也在逐渐累积。

### 2.2 核桃萌芽和雌雄花开放进程

随着温度的升高,休眠芽(图2A)逐渐膨大且顶部出现白色绒毛(图2B),后芽体继续膨大并展叶(图2C~E)。核桃雄花发育进程见图2F~J:雄花芽逐渐膨大(图2F)并伸长(图2G),进入散粉期;全树约有25%花药散粉为散粉初期(图2H),约有50%

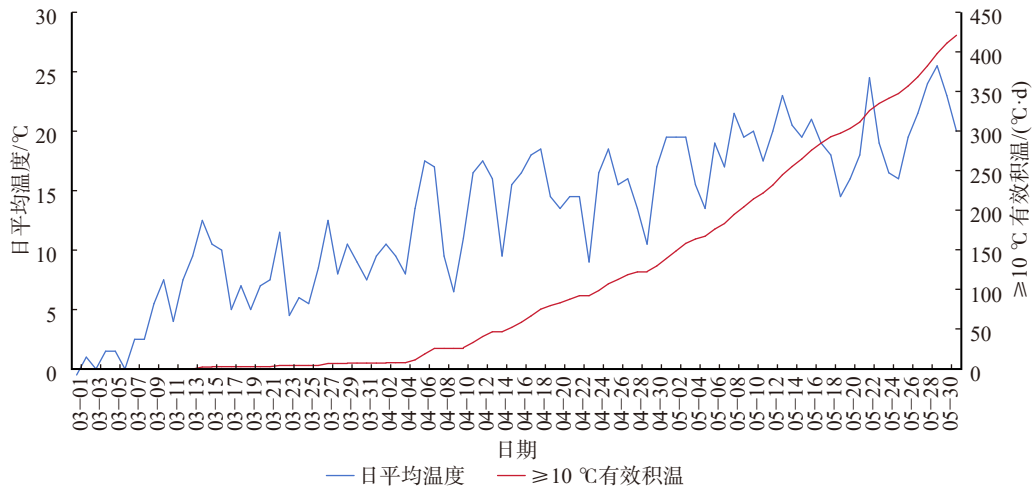
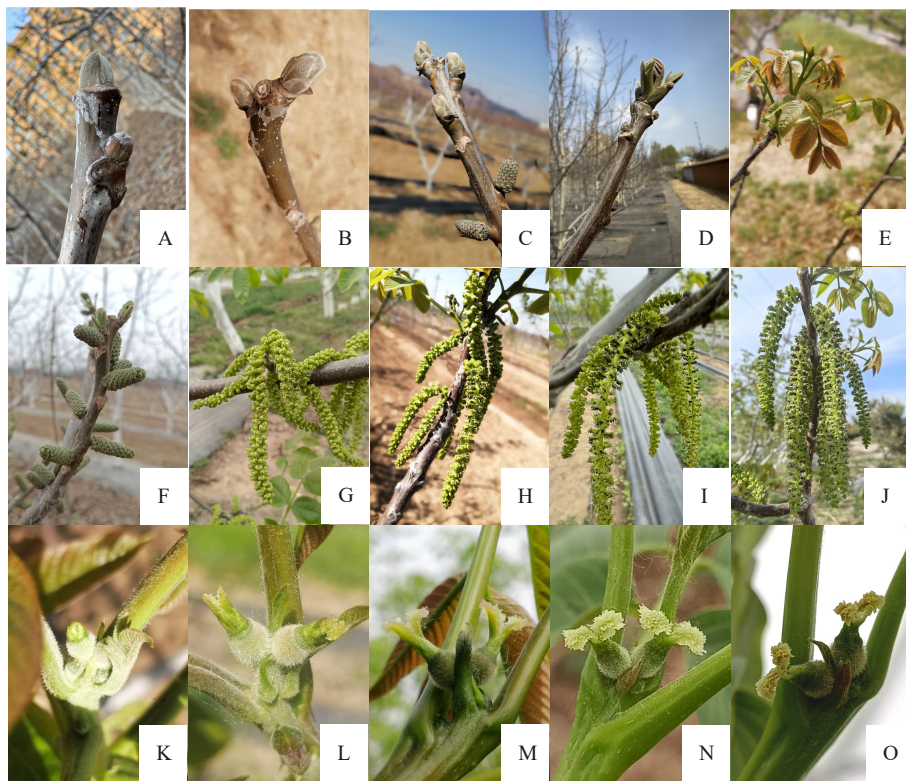


图1 昌黎县2024年3—5月份日平均温度变化及 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温

Fig. 1 Daily average temperature changes and effective accumulated temperature ( $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in Changli County from March to May in 2024



A. 休眠期; B. 萌动期; C. 膨大期; D. 展叶期; E. 叶片生长期; F. 雄花膨大期; G. 雄花伸长期; H. 雄花散粉初期; I. 雄花散粉盛期; J. 雄花散粉末期; K. 雌花花蕾期; L、M. 雌花初期; N. 雌花盛期; O. 雌花末期

图2 核桃萌芽及雌雄花开放进程

Fig. 2 Walnut germination and male and female flower blooming process

花药散粉为散粉盛期(图 2I), 约有 75%~100% 花药散粉为散粉末期(图 2J)。核桃雌花发育进程见图 2K~O: 雌花花蕾形成后(图 2K), 柱头逐渐张开; 全树约有 25% 柱头呈“V”字型为雌花初期(图 2L~M), 50% 柱头呈“倒八字”型为雌花盛期(图 2N), 75%~100% 柱头变褐、干枯为雌花末期(图 2O)。

### 2.3 84 份核桃种质资源萌芽期

2024 年详细调查了 84 份核桃种质资源萌芽期起始时间。经统计发现, 84 份核桃种质资源萌芽期起始时间集中在 3 月 24 日—3 月 31 日, 极差为 7 d, 符合正态分布(图 3)。各种质萌芽期起始时间详见表 1。其中, 多数种质资源(69 份)萌芽期起始时间集中在 3 月 26 日—3 月 29 日, 占资源总数的 82.14%。根据此结果, 可选择萌芽期较晚(3 月 29 日及以后)的品种, 如‘中核 3 号’‘西洛 7 号’‘金薄香 2 号’‘金薄香 4 号’‘西林 1 号’‘绿香’‘晋香’‘花生 1 号’‘中核 2 号’等以避开春季晚霜危害( $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。经计算, 84 份核桃种质资源萌芽期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $6.12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ , 根据当年 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温, 可预测核桃萌芽期起始时间, 如遇春季低温, 可提前采取灌水降低地温等防寒措施推迟萌芽, 从而避免冻害发生。

### 2.4 84 份核桃种质资源雌雄花期和花期类群划分

2024 年详细调查了 84 份核桃种质资源雌雄花盛期起始时间。其中, 雄先型资源共 48 份(占比 57.14%), 雌先型资源共 36 份(占比 42.86%)(图 4)。雄先型雄花盛期起始时间为 4 月 17 日—5 月 10 日, 且多集中在 4 月 18 日—4 月 22 日(42 份), 占雄先型总资源的 87.5%; 雄花盛期起始时间最晚的种质资源为‘黑核桃’, 为 5 月 10 日。雄先型雌花盛期起始时间为 4 月 24 日—5 月 15 日, 且多集中

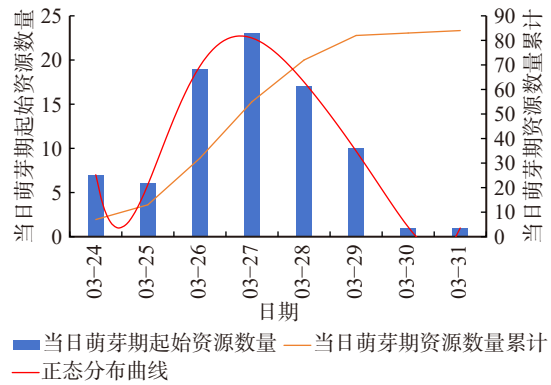


图 3 84 份核桃种质资源 2024 年萌芽期统计

Fig. 3 Statistics of germination period of 84 walnut germplasm resources in 2024

在 4 月 25 日—4 月 30 日(38 份), 占雄先型总资源的 79.17%; 雌花盛期起始时间最晚的种质资源为‘黑核桃’和‘小果黑核桃’, 为 5 月 15 日。雌先型雄花盛期起始时间为 4 月 22 日—5 月 4 日, 且多集中在 4 月 25 日—4 月 30 日(29 份), 占雌先型总资源的 79.17%; 雄花盛期起始时间最晚的种质资源为‘核桃楸’, 为 5 月 4 日。雌先型雌花盛期起始时间为 4 月 18 日—4 月 28 日, 且多集中在 4 月 18 日—4 月 22 日(31 份), 占雌先型总资源的 86.11%; 雌花盛期起始时间最晚的种质资源为‘4-22’, 为 4 月 28 日。

综上, 2024 年 84 份核桃种质资源雌雄花盛期起始时间为 4 月 17 日—5 月 15 日。以 10 d 为级差, 将 84 份种质资源划分为 3 大类: 早花期(4 月 17 日—4 月 26 日), 中花期(4 月 27 日—5 月 6 日), 晚花期(5 月 7 日及之后)(表 2)。各类群所包含核桃种质资源详见表 3。其中, 雄花早花期、中花期、晚花期资源各 54、28、2 份, 分别占资源总数的 64.29%、33.33%、2.38%。雌花早花期、中花期、晚花

表 1 萌芽期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温和萌芽资源统计

Tab. 1 Average effective accumulated temperature of  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  required for the starting of germination period and statistics of germination resources

日期	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )	当日萌芽期起始种质资源
03-24	4.5	‘绿岭’‘中核1号’‘鲁果5号’‘实生4’‘辽宁1号’‘核桃楸’‘辽瑞丰’
03-25	4.5	‘绿波’‘金薄丰’‘礼品1号’‘早硕’‘实生6’‘实生10’
03-26	4.5	‘实生1’‘纸皮3号’‘西岭’‘丰香’‘礼品2号’‘辽宁4号’‘魁香’‘扎木台5号’‘安边2号’‘新新2’‘鲁果6号’‘晋丰’‘辽宁6号’‘岱香’‘实生12’‘实生15’‘清香’‘硕香’‘麻核桃’
03-27	7.0	‘新光’‘元宝’‘西洛9号’‘龙珠’‘硕宝’‘鲁果7号’‘A53’‘西林5号’‘Pedro’‘美香’‘寒丰’‘陇南11号’‘极早丰’‘实生7’‘庆阳11号’‘B76’‘辽宁5号’‘扎木台3号’‘磨盘’‘实生9’‘实生14’‘2-34’‘实生16’
03-28	7.0	‘扎343’‘实生2’‘辽宁7号’‘新早丰’‘红光’‘华山5号’‘青林’‘实生5’‘黑核桃’‘A19’‘10 901’‘辽宁10号’‘实生8’‘纸皮扎01’‘杏儿铺’‘实生11’‘实生13’
03-29	7.5	‘中核3号’‘西洛7号’‘金薄香2号’‘金薄香4号’‘西林1号’‘小果黑核桃’‘绿香’‘晋香’‘花生1号’‘4-22’
03-30	7.5	‘中核2号’
03-31	7.5	‘实生3’

注: 经计算, 萌芽期起始(03-24—03-31)所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为 $6.12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

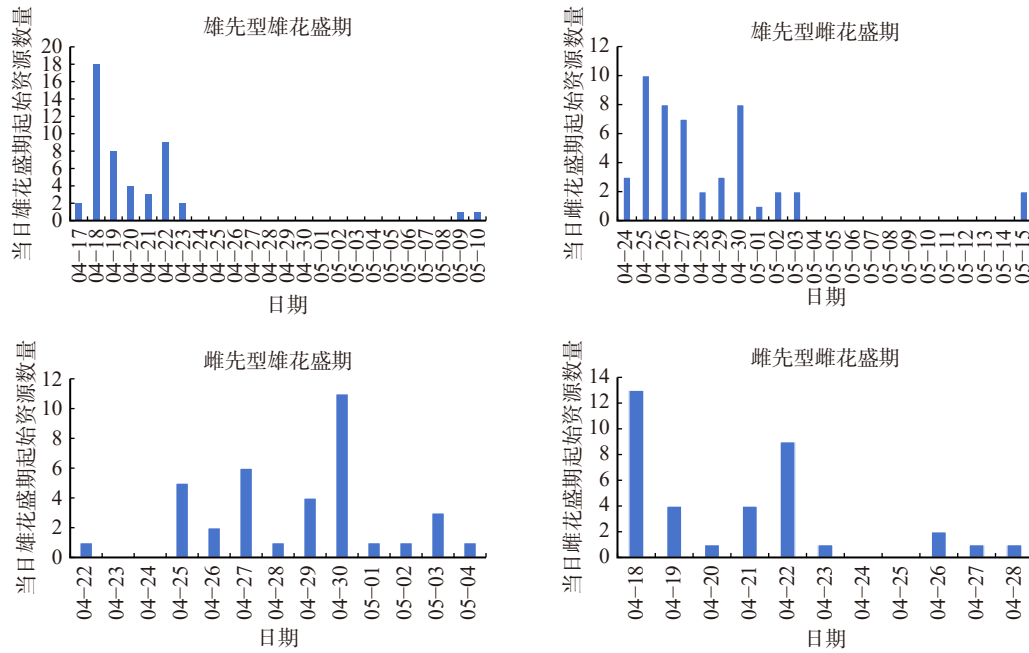


图4 84份核桃种质资源2024年雌雄花盛期统计

Fig. 4 Statistics of blooming period of 84 walnut germplasm resources in 2024

表2 雌雄花期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温及种质资源数量统计

Tab. 2 Statistics of average effective accumulated temperature of  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  required for the starting of flowering period and the number of germplasm resources

日期	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温/ $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$	当日雌花盛期起始种质资源数量	当日雄花盛期起始种质资源数量	划分时期
04-17	67.0	0	2	早花期
04-18	75.5	13	18	
04-19	80.0	4	8	
04-20	83.5	1	4	
04-21	88.0	4	3	
04-22	92.5	9	10	
04-23	92.5	1	2	
04-24	99.0	3	0	
04-25	107.5	10	5	
04-26	113.0	10	2	
04-27	119.0	8	6	中花期
04-28	122.5	3	1	
04-29	123.0	3	4	
04-30	130.0	8	11	
05-01	139.5	1	1	
05-02	149.0	2	1	晚花期
05-03	158.5	2	3	
05-04	164.0	0	1	
05-09	204.5	0	1	
05-10	214.5	0	1	
05-15	265.0	2	0	

注:经计算,雌花盛期起始(04-18—05-15)所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为 $109.25\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,雄花盛期起始(04-17—05-10)所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为 $103.69\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。

期资源各 55、27、2 份,分别占资源总数的 65.48%、32.14%、2.38%。

根据此调查结果,对雄先型与雌先型核桃资源合理搭配,早中晚花资源合理搭配,如‘礼品 2 号’(雌花早花)搭配‘西岭’(雄花早花),‘绿岭’(雌花中花)搭配‘西林 1 号’(雄花中花),‘小果黑核桃’(雌花晚花)搭配‘黑核桃’(雄花晚花),有助于提高授粉率和坐果率。

雌雄花盛期起始的种质资源数量最多的日期均为 4 月 18 日,分别为 13 和 18 份。雌花盛期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $109.25\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,雄花盛期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温为  $103.69\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ (表 2)。此结果可为预测雌雄花期提供参考。

经统计,84 份核桃种质资源雌雄花盛期起始时间间隔为 2~14 d。其中,‘4-22’‘实生 15’这 2 份资源雌雄花盛期起始时间间隔最短,为 2 d;‘华山 5 号’‘实生 12’这 2 份资源雌雄花盛期起始时间间隔 3 d;‘B76’‘扎木台 3 号’‘辽瑞丰’这 3 份资源雌雄花盛期起始时间间隔 4 d,雌雄花期部分相遇。‘麻核桃’‘清香’这 2 份资源雌雄花盛期起始时间间隔最长,分别为 13 和 14 d。根据雌雄花盛期起始时间调查结果,可进行授粉树配置,如雌花盛期起始时间为 4 月 18 日的 13 份种质资源可与雄花盛期起始时间为 4 月 17 日—4 月 24 日的 47 份种质资源搭配,雌花盛期起始时间为 4 月 19 日的 4 份种质资源可与雄花盛期起始时间为 4 月 18 日—4 月 25 日的 50 份种质资源搭配,雌花盛期起始时间为 4 月 20 日的 1 份种质资源可与雄花盛期起始时间为

表3 84份核桃种质资源盛花期类群划分

Tab. 3 Classification of blooming period groups of 84 walnut germplasm resources

花期类群	种质资源	数量
雄花早花 (4月17日—4月26日)	‘A19’‘10 901’‘扎343’‘绿岭’‘鲁果5号’‘硕宝’‘新早丰’‘丰香’‘鲁果7号’‘辽宁4号’‘魁香’‘辽宁1号’‘礼品1号’‘寒丰’‘新新2’‘辽宁6号’‘实生10’‘实生14’‘清香’‘硕香’‘新光’‘实生2’‘金薄丰’‘中核2号’‘西岭’‘A53’‘春晃铺’‘实生13’‘花生1号’‘岱香’‘纸皮扎01’‘麻核桃’‘红光’‘安边2号’‘2-34’‘实生1’‘辽宁7号’‘龙珠’‘实生4’‘Pedro’‘B76’‘实生8’‘辽瑞丰’‘实生12’‘实生15’‘西洛7号’‘磨盘’‘中核1号’‘实生6’‘辽宁5号’‘扎木台3号’‘辽宁10号’‘纸皮3号’‘鲁果6号’	54
雄花中花 (4月27日—5月6日)	‘西洛9号’‘礼品2号’‘美香’‘早硕’‘陇南11号’‘极早丰’‘西林1号’‘中核3号’‘绿波’‘元宝’‘晋香’‘金薄香2号’‘金薄香4号’‘西林5号’‘华山5号’‘青林’‘实生5’‘庆阳11号’‘晋丰’‘实生9’‘4-22’‘实生16’‘实生11’‘实生3’‘绿香’‘扎木台5号’‘实生7’‘核桃楸’	28
雄花晚花 (5月7日及之后)	‘小果黑核桃’‘黑核桃’	2
雌花早花 (4月17日—4月26日)	‘中核3号’‘西林1号’‘中核1号’‘晋香’‘美香’‘早硕’‘实生6’‘陇南11号’‘极早丰’‘鲁果6号’‘辽宁5号’‘辽宁10号’‘辽瑞丰’‘绿波’‘西洛9号’‘金薄香2号’‘礼品2号’‘纸皮3号’‘青林’‘实生7’‘庆阳11号’‘扎木台3号’‘元宝’‘金薄香4号’‘绿香’‘扎木台5号’‘西林5号’‘实生5’‘晋丰’‘实生9’‘实生16’‘实生11’‘辽宁4号’‘10 901’‘实生15’‘中核2号’‘西岭’‘鲁果7号’‘辽宁1号’‘新新2’‘A19’‘辽宁6号’‘纸皮扎01’‘实生12’‘硕香’‘实生3’‘鲁果5号’‘新早丰’‘丰香’‘红光’‘礼品1号’‘B76’‘花生1号’‘核桃楸’‘岱香’	55
雌花中花 (4月27日—5月6日)	‘新光’‘金薄丰’‘辽宁7号’‘A53’‘华山5号’‘寒丰’‘实生10’‘实生14’‘绿岭’‘4-22’‘实生13’‘实生1’‘魁香’‘Pedro’‘扎343’‘实生2’‘西洛7号’‘龙珠’‘硕宝’‘安边2号’‘磨盘’‘春晃铺’‘实生8’‘实生4’‘清香’‘2-34’‘麻核桃’	27
雌花晚花 (5月7日及之后)	‘小果黑核桃’‘黑核桃’	2

4月19日—4月26日的34份种质资源搭配。依此类推,使雌雄花花期相遇,从而顺利完成授粉。但在实际生产中,还需考虑各品种间亲和性。

### 3 讨 论

核桃是我国重要的经济林树种,其物候期受品种、当年温湿度及光照等气候条件影响<sup>[20-21]</sup>。同一品种在不同地区因气候差异萌芽期和花期均有变化,因而在建园过程中必须考虑品种的萌芽期和花期,避免萌芽期或花期低温,雌雄花期不相遇等导致的坐果率低等问题,进而影响产量及品质。但是,目前对现有不同核桃种质资源的萌芽期、雌雄花期调查研究较少。因此,充分了解各种质资源在同一地区的萌芽和开花时期以及所需有效积温,对不同地区间引种,合理搭配授粉树,制定适宜栽培方案,提高核桃产量等具有重要指导意义。

本研究于2024年调查了84份核桃种质资源萌芽期及雌雄花盛期起始时间,发现84份核桃种质资源萌芽期起始时间在3月24日—3月31日内,雄花盛期起始时间在4月17日—5月10日内,雌花盛期起始时间在4月18日—5月15日内。参考高露璐等<sup>[22]</sup>花期划分标准,稍作调整,按照花期早晚将84份种质资源划分为3大类:早花期(4月17日—4月26日)、中花期(4月27日—5月6日)、晚花期(5月7日及之后)。在生产中按照早花期、中花期、晚花期合理搭配可满足各品种授粉需求,提高授粉率和坐果率,在一定程度上提高产量。其中,本研究所调查的‘黑核桃’和‘小果黑核桃’为核桃科核桃属黑核桃组,‘核桃楸’为核桃楸组,与本研究其余试材同科同属不同组,雌雄花期与其余试材差异较大。

但相关研究<sup>[23]</sup>表明,核桃花期一般可持续5~14 d,且核桃花粉在室温下可保持活力6 d左右<sup>[24]</sup>,故组内试材间雌雄花期能够相遇,可相互满足授粉需求。在实际生产中,还需考虑各品种间亲和性,避免雌雄花不亲和影响产量。

温度对萌芽期、雌雄花期具有重要影响<sup>[25-26]</sup>。此外,本研究采用 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温计算核桃萌芽期和雌雄花盛期起始所需有效积温,经统计,核桃萌芽期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温大约为 $6.12\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,雌花盛期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温大约为 $109.25\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ ,雄花盛期起始所需平均 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温大约为 $103.69\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 。基于此结果,可根据大气温度计算 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温,推测当年萌芽期、雌雄花期起始时间,如遇春季大幅降温,可通过灌水降低地温,延迟萌芽,以减少冻害造成的影响。对于晚霜( $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )频发地区,可选择萌芽期较晚的品种,如‘中核3号’‘西洛7号’‘金薄香2号’‘金薄香4号’‘西林1号’‘绿香’‘晋香’‘花生1号’‘中核2号’等,以避免晚霜发生时间,减少损失。

### 4 结 论

2024年调查河北省秦皇岛市昌黎县84份核桃种质资源萌芽期、雌雄花期起始时间,研究得到以下结果。

(1)84份核桃种质资源萌芽期起始时间在3月24日—3月31日内,雄花盛期起始时间在4月17日—5月10日内,雌花盛期起始时间在4月18日—5月15日内。

(2)84份核桃种质资源雌雄花期可划分为3大类:早花期(4月17日—4月26日),中花期(4月

27日—5月6日),晚花期(5月7日及之后)。

(3)未来核桃育种工作中,可选择萌芽较晚的品种(‘中核3号’‘西洛7号’‘金薄香2号’‘金薄香4号’‘西林1号’‘绿香’‘晋香’‘花生1号’‘中核2号’等),以避开春季晚霜危害( $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ );合理搭配雄先型与雌先型核桃资源、早中晚花资源,如‘礼品2号’(雌花早花)搭配‘西岭’(雄花早花),‘绿岭’(雌花中花)搭配‘西林1号’(雄花中花),‘小果黑核桃’(雌花晚花)搭配‘黑核桃’(雄花晚花),以提高授粉率和坐果率。

核桃作为雌雄花同株异花植物,大多数资源雌雄花期不一致,因而需配置授粉树。但由于年份间温度变化及各地区间气候差异,萌芽期和花期会有不同程度的变化。本研究调查了84份核桃种质资源在同一地区的萌芽期、雌雄盛花期起始时间,研究结果对于建园品种选择,配置授粉树,预测核桃萌芽期及盛花期,杂交育种中亲本资源合理利用,具有重要指导意义,一定程度上可减少晚霜、雌雄花期不遇等问题造成的经济损失。然而,本研究仅调查了2024年春季萌芽期、雌雄花盛期起始时间和对应的温度条件,鉴于年份之间温度差异较大,因而仍需进一步连续观测研究。

### 参 考 文 献

- [1] 黄梅,任华东,姚小华,等.薄壳山核桃主要生物活性成分及其作用研究进展[J].中国油脂,2023,48(6):99-104.  
Huang M, Ren H D, Yao X H, et al. Advances in studies on main bioactive components and their effects of pecans[J]. China Oils and Fats, 2023, 48(6): 99-104.
- [2] 傅本重,邹路路,朱洁倩,等.中国核桃生产现状与发展思路[J].江苏农业科学,2018,46(18):5-8.  
Fu B Z, Zou L L, Zhu J Q, et al. Production status and development of Chinese walnut[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2018, 46(18): 5-8.
- [3] 怀婷婷,卫伟,刘春晓,等.核桃产业和贸易现状及发展建议[J].安徽农业科学,2023,51(18):203-208.  
Huai T T, Wei W, Liu C X, et al. Walnut industry and trade status and development suggestions[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2023, 51(18): 203-208.
- [4] 刘朝斌,李荣,陈诗婷,等.核桃开花相关基因 *JrSOC1* 的筛选及其在开花中的作用分析[J].西北林学院学报,2023,38(4):97-103.  
Liu C B, Li R, Chen S T, et al. Identification of flowering related *JrSOC1* gene in walnut and its role in flowering[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2023, 38(4): 97-103.
- [5] 崔元博,储国林,赵娟,等.薄壳山核桃主栽品种花期观察及品种配置[J].植物资源与环境学报,2024,33(3):113-116.  
Cui Y B, Chu G L, Zhao J, et al. Flowering period observation and cultivar configuration of main pecan (*Carya illinoensis*) cultivars[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2024, 33(3): 113-116.
- [6] 王彦平,赵子威,李洪峰.大兴安岭地区不同海拔高度木本植物物候期及其对气候变化的响应[J].江西农业学报,2022,34(4):172-179.  
Wang Y P, Zhao Z W, Li H F. Phenological characteristics of representative woody plants at different altitudes in Daxinganling region and their response to climate change[J]. Acta Agriculturae Jiangxi, 2022, 34(4): 172-179.
- [7] Bujdoso G, Soelimani A, Illes B, et al. Base temperature comparisons for leafing date, pistillate flower receptivity, and pollen shedding in Persian walnut[J]. Erwerbs-Obstbau, 2022, 64(4): 549-558.
- [8] 郑景云,葛全胜,赵会霞.近40年中国植物物候对气候变化的响应研究[J].中国农业气象,2003(1):29-33.  
Zheng J Y, Ge Q S, Zhao H X. Changes of plant phenological period and its response to climate change for the last 40 years in China[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2003(1): 29-33.
- [9] 李恒,张春花,顾国栋,等.大泡核桃与圆菠萝核桃在攀枝花的引种迁移适应性[J].中国南方果树,2023,52(6):196-199.  
Li H, Zhang C H, Gu G D, et al. Adaptability of introduction and migration of big bubble walnut and Yuanboluo walnut in Panzhihua[J]. South China Fruits, 2023, 52(6): 196-199.
- [10] Zaitchik B F, Evans J P, Smith R B. Regional impact of an elevated heat source: the Zagros Plateau of Iran[J]. Journal of Climate, 2007, 20(16): 4133-4146.
- [11] Cosmulescu S, Baciú A, Botu M, et al. Environmental factors' influence on walnut flowering[J]. Acta Horticulturae, 2010(861): 83-88.
- [12] Hájková L, Možný M, Oušková V, et al. Evaluation of walnut tree flowering and frost occurrence probability during 1961-2012[J]. Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2022, 70(3): 235-248.
- [13] Menzel A, Sparks T H, Estrella N, et al. European phenological response to climate change matches the warming pattern[J]. Global Change Biology, 2006, 12(10): 1969-1976.
- [14] 陈金海,罗仁仙.晚霜与冰雪灾害对核桃产业的影响及应对措施[J].经济林研究,2011,29(2):119-123.  
Chen J H, Luo R X. Influence of late frost and freezing damage on walnut industry and some countermeasures[J]. Non-wood Forest Research, 2011, 29(2): 119-123.
- [15] 王凤姐,姜涛,李明媛,等.早实核桃‘西岭’成花调控相关基因和 miRNA 的发掘[J/OL].分子植物育种,2024.[2024-04-16].  
<https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240415.0839.002>.  
Wang F N, Jiang T, Li M Y, et al. Isolation of flowering-related genes and miRNAs in early bearing walnut cultivar ‘Xiling’ [J/OL]. Molecular Plant Breeding, 2024. [2024-04-16]. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20240415.0839.002>.
- [16] Bernard A, Marrano A, Donkpegan A, et al. Association and linkage mapping to unravel genetic architecture of phenological traits and lateral bearing in Persian walnut (*Juglans regia* L.)[J]. BMC Genomics, 2020(21): 203-227.

- [17] 王磊, 王红梅, 贾君, 等. 铁线莲属植物品种及野生种的物候期观察分析 [J]. 浙江农业科学, 2016, 57(2): 198-201.  
Wang L, Wang H M, Jia J, et al. Phenophase observation and analysis of *Clematis* varieties and wild species[J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2016, 57(2): 198-201.
- [18] 李阳, 史高川, 王晋峰, 等. 山西晋中地区避晚霜核桃品种的筛选 [J]. 果树资源学报, 2023, 4(6): 1-5.  
Li Y, Shi G C, Wang J F, et al. Selection of walnut cultivars avoiding late frost in Jinzhong Area of Shanxi Province[J]. Journal of Fruit Resources, 2023, 4(6): 1-5.
- [19] 张绥林, 李洋, 李琰, 等. 核桃晚霜危害特性及影响机制研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2024, 26(4): 18-26.  
Zhang S L, Li Y, Li Y, et al. Research progress on harmful characteristics and mechanism of walnut late frost[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024, 26(4): 18-26.
- [20] 王企, 曹尚银, 陈利娜, 等. 核桃雌雄异熟性研究进展 [J]. 中国果树, 2018(3): 65-71.  
Wang Q, Cao S Y, Chen L N, et al. Research progress on dichogamy of walnut[J]. China Fruits, 2018(3): 65-71.
- [21] 陈虹, 朱小虎, 黄学芹, 等. 不同早实核桃品种物候期观察与低温抗性评价 [J]. 新疆农业大学学报, 2010, 33(6): 479-483.  
Chen H, Zhu X H, Huang X Q, et al. Observation on phenological period of different precocious walnut cultivars and evaluation of its cold tolerance in Aksu area of Xinjiang[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2010, 33(6): 479-483.
- [22] 高露璐, 李林芳, 马育珠, 等. 铁线莲品种群的花期观赏性状分析 [J]. 园艺学报, 2017, 44(5): 921-932.  
Gao L L, Li L F, Ma Y Z, et al. Analysis of florescence characteristics on *Clematis* cultivars group[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2017, 44(5): 921-932.
- [23] 何的明, 傅松玲, 毕慧慧, 等. 江淮地区薄壳山核桃主栽品种开花物候观测 [J]. 经济林研究, 2022, 40(4): 42-51.  
He D M, Fu S L, Bi H H, et al. Observation on flowering phenology of main varieties of pecan in the area between Yangtze River and Huaihe River[J]. Non-wood Forest Research, 2022, 40(4): 42-51.
- [24] 侯锋利. 3 种核桃花粉生活力的比较研究 [J]. 山西农业科学, 2014, 42(2): 140-142.  
Gou F L. Pollen viability comparison between three walnuts[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2014, 42(2): 140-142.
- [25] 魏海林, 欧阳群文, 蒋瑶. 薄壳山核桃成花坐果的主要机理、影响因素及其促进措施 [J]. 湖南农业科学, 2021(8): 106-111.  
Wei H L, Ouyang Q W, Jiang Y. Review on the main mechanism and factors affecting the flowering and fruit-setting of *Carya illinoensis* and its technical measures of high yield cultivation[J]. Hunan Agricultural Sciences, 2021(8): 106-111.
- [26] 刘晓芬, 凌晓祺, 向理理, 等. 温度和赤霉素对春兰开花的调控 [J]. 浙江农业学报, 2023, 35(2): 9.  
Liu X F, Ling X Q, Xiang L L, et al. Effect of temperature and gibberellin on flowering regulation of *Cymbidium goeringii*[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2023, 35(2): 9.

(责任编辑 赵田芸 吴娟  
责任编辑 张建国)