

## 半夏开花物候与结实特征分析

贾学思<sup>1</sup>, 王玉庆<sup>2</sup>

(1. 铜川市农业科学研究所, 陕西 铜川 727100; 2. 山西农业大学 农学院, 山西 太原 030031)

**摘要:**为深入理解半夏独特的开花物候特征和生殖特性,对半夏花的形态学特征、个体开花散粉习性、居群开花物候及结实特征进行了统计分析。结果表明,半夏群体开花规律呈单峰型,花期集中在5月下旬到6月下旬,花期长约58 d;半夏开花与散粉的日变化规律均呈倒单峰型,开花高峰期7:00—11:00,而花药散粉高峰期为7:00—9:00;散粉持续时间为47.22 h,个体花期持续时间、花序开放进程、花序开花持续时间和种群花期历时分别为18、13、5.3、51.5 d;花序开放进程与花序开花持续时间分别以14 d和6 d出现的频率最高。半夏花不具虫媒、风媒花特征,传粉完全依靠花粉的自然散落,这可能是其结实率低的主要原因;进一步相关性分析发现,始花时间分别与开花率和结实率存在显著负相关关系,花期长度和开花率分别与结实率呈极显著正相关;开花率、结实率与半夏个体的块茎大小密切相关。综上,人工辅助延长半夏的花期和提高开花率有助于提高其结实率,进而提高有性繁殖效率。

**关键词:**半夏;开花物候;结实特征;散粉

中图分类号:S567.23<sup>+</sup>9

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2024)03-0029-06

### Analysis of Flowering Phenology and Seed Setting Characteristics of *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit.

JIA Xuesi<sup>1</sup>, WANG Yuqing<sup>2</sup>

(1. Tongchuan Institute of Agricultural Sciences, Tongchuan 727100, China;

2. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China)

**Abstract:** In order to understand the unique characteristics of flowering phenology and reproduction of *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit., in this study, flower morphological characteristics, individual flowering and pollination habits, population flowering phenology and seed setting characteristics of *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit. flowers were studied. The results showed that the population flowering rule of *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit. presented the single peak pattern, and the florescence was about 58 d that was concentrated between late May and late June. The diurnal changes of flowering and pollination were both presented the inverted single peak pattern. The peak hours of flowering and pollination were 7:00-11:00 and 7:00-9:00 in a day. The duration of pollen dispersal was 47.22 h. The individual flowering, inflorescence opening, single inflorescence opening, and population flowering were respectively averaged 18 d, 13 d, 5.3 d, and 51.5 d. The highest frequency of inflorescence opening process and single inflorescence opening duration occurred at 14 d and 6 d respectively. Its flower was not anemophilous or entomophilous. Its pollination absolutely relied on pollens scattering naturally, which was probably the main reason for its seed setting rate. The correlation analysis indicated that there was a significantly negative correlation between onset and flowering rate, and between onset and seed setting rate, while there was a extremely significantly positive correlation among duration, flowering rate and seed setting rate. The flowering rate and seed setting rate were closely related to its tuber diameter. In conclusion, artificial assistance in prolonging the flowering period and increasing the flowering rate of *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit. facilitated to improve its seed setting rate, thereby improving its sexual reproduction efficiency.

**Key words:** *Pinellia ternata*(Thunb.) Breit.; flowering phenology; seed setting characteristics; pollen dispersal

开花物候是植物重要的生活史特征之一<sup>[1]</sup>,也是植物生殖生态学研究的一个重要内容<sup>[2]</sup>,植物的开花物候通常是由遗传和环境2个方面的因子来控制,对植物生殖成功有重要的影响<sup>[3]</sup>。开花作为

个体发育和后代繁衍的中心环节,是植物最重要的生活史性状,在植物繁殖和物种进化中起到核心作用<sup>[4]</sup>。开花物候被认为是许多有花植物种群的很重要的适合度因子<sup>[5]</sup>,可表现在种群、个体、花序和单

收稿日期:2023-08-24

作者简介:贾学思(1986-),男,甘肃陇西人,农艺师,硕士,主要从事药用植物研究工作。

花等多个水平上,不仅与植物类群的系统发生(常为属内)及遗传特性有关,而且与环境条件(如纬度、海拔、光照、温度和湿度等)有密切的联系<sup>[6]</sup>。开花物候可以通过花芽的形成与发育、始花期、盛花期开花数目及持续时间等内容来描述,不同的物候特征对植物的生殖成功有重要影响<sup>[7]</sup>。

半夏为天南星科多年生草本植物<sup>[8]</sup>,是传统大宗中药材<sup>[9]</sup>,临床应用频繁<sup>[10]</sup>,已有超过 2 000 a 的用药历史,始载于《神农本草经》<sup>[11]</sup>。半夏在我国分布广泛<sup>[12]</sup>,原主产于四川省<sup>[13]</sup>,现人工栽培主产于山西、甘肃、山东、四川、湖北、贵州等地<sup>[14-15]</sup>。由于半夏的有性繁殖存在薄弱环节,长期的无性繁殖造成半夏品性退化,产量与品质下降<sup>[16]</sup>。目前对半夏开花物候与结实特征的研究鲜有报道。

本研究通过对生长在山西晋中气候条件下的半夏的花序构成、花序形态变化及其开花、散粉、传粉等特征进行研究,并从花序、个体和群体等 3 个水平上分析了开花物候特征对其结实的影响,旨在为提高半夏的有性繁殖效率与培育新品种提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料为 2 年生以上半夏植株。

### 1.2 试验地概况

试验在晋中市太谷区桃园堡村山西农业大学农学院农作实验站药材园进行,海拔 799.6 m,年平均温度 9.8℃,年自然降水量 456.0 mm,无霜期 171 d,日照 2 592.2 h。属暖温带大陆季风气候,具有春季干燥多风、夏季炎热少雨、秋季凉爽多雨、冬季寒冷少雪的特点;最冷月 1 月平均气温 -6.2℃,最热月 7 月平均气温 23.7℃;≥10℃活动积温天数为 187.2 d,年积温 3 604.2℃,降雨多集中在 6—9 月,约占全年降雨量的 71.9%;平均相对湿度 58%。土壤主要为淋溶褐土。

### 1.3 试验方法

1.3.1 花的形态学观察 花期随机选择 10 个正在开放的花序,用游标卡尺测量雌、雄花序长度、直径及其他花序的组成部分,在光学显微镜下统计雄花个数,在体式显微镜下观察花药、柱头和子房特征。

1.3.2 个体开花散粉习性 于半夏开花期,随机选取刚出土半夏花茎 60 株,挂标签编号,连续 30 d 定株观测,每天观测时间为 7:00—19:00,每小时记录一次花苞的开放与散粉状况。此外,观察记录花序

开放顺序、花序形状、大小、颜色、开花持续时间、每天开花数、花粉散出与结束时间、佛焰苞张开与闭合时间,直到花茎枯萎或结实。结果以标记的全部花序的平均值表示。

1.3.3 居群开花物候的观测 居群开花期变化规律观测从第 1 株半夏植株开花开始,每天定时记录一次田间开花数目,直到花期结束。观察和统计的开花参数主要有始花日期(Onset)、持续时间(Duration)和末花日期(End date)。以 5% 的个体开花时视为始花日期,50% 的个体达到开花高峰时视为群体开花高峰日期,95% 的植株开花结束时视为群体末花日期。观察群体有 3 个,共 130 株。最后统计居群各时期的开花数目以及计算相对百分率。

1.3.4 不同块茎大小植株开花、结实率的测定 选取块茎直径 <1.0 cm、1.0~1.5 cm 及 >1.5 cm 的半夏块茎各 20 个,于 5 月 3 日播种,重复 3 次,记录其开花动态与开花、结实株数及种子数量,统计其开花率(开花次数占居群株数的比率)、结实率(结实次数占开花次数的比率),并分析半夏开花、结实与其块茎大小的关系。

## 1.4 数据分析

通过 Excel 和 SPSS 分析软件进行数据处理与分析。

## 2 结果与分析

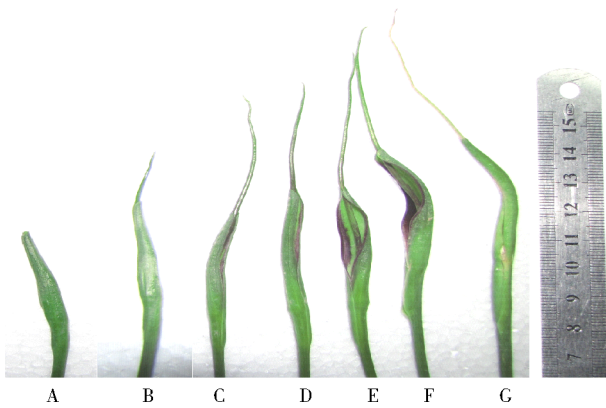
### 2.1 花的形态学特征观察

半夏花为雌雄同株同花序,肉穗花序顶生,花单性,无花被。花序由下而上依次是:花序梗、佛焰苞、雌花序、雄花序、鼠尾状。花序梗位于最底部,长为 10.10 cm;佛焰苞的顶端张开,长为 6.12 cm,宽为 1.59 cm,直径为 0.59 cm;雌花序(长为 0.93 cm)生长在佛焰苞管部内,与佛焰苞合生,单个雌花序包含 31 个长为 0.15 cm 的雌花,雌花的子房呈卵圆形,包含 1 室和 1 胚珠,雌花在传粉受精后会会长出呈卵圆形的浆果;雄花序(长 0.72 cm)呈圆柱形,居于雌花序之上,每个花序包含长约 0.58 mm 的雄花 109 个,密集排列呈圆筒形,每个雄花含有 2 个花药。

### 2.2 花序开放进程与散粉过程

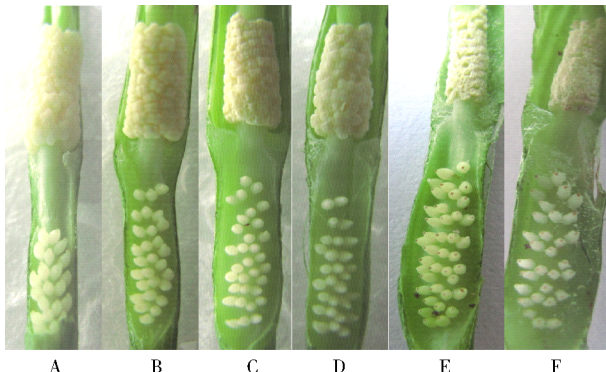
半夏花苞于夜间发生,出土后的花茎平均以 2.62 cm/d 的速度生长,花苞呈纺锤形(图 1-A),出土后第 2~3 天,鼠尾状伸出佛焰苞,绿色,苞片未张开(图 1-B)。第 4~5 天,佛焰苞顶端和鼠尾状发生弯曲,苞片中部略张开,其边缘和鼠尾状出现紫色(图 1-C、D)。此时打开苞片取出雄蕊,其表面光

滑,雄蕊上下粗细一致,在显微镜下看不到花粉(图2-B)。第6~7天,佛焰苞中下部呈管状,上部张开,可见苞片边缘内侧呈紫色,苞片顶端较中下部略宽,弯曲呈屋檐状(图1-E、F),即为开花,雄蕊开始散粉,但花粉数量很少。第8天,雄蕊表面略呈粉状,苞片内可看到掉落的花粉,但大部分花粉仍储藏在雄蕊内。第9天,花粉数量明显增加,佛焰苞的苞片内沾满了粉黄色的花粉,雄蕊出现空洞,散粉最为旺盛(图2-E),此期适宜进行人工传粉等育种工作。第10天,雄蕊干缩,花粉大部分已掉落于佛焰苞内,散粉基本结束(图2-F),历时28~73 h,散粉持续时间平均为47.22 h。散粉结束2~4 d后,苞片合拢,鼠尾状枯黄,开花结束(图1-G)。花序开放进程历时9~15 d,平均为13 d,其中14 d居多。花序开花进程依其形态和散粉特征可分为散粉前期、散粉初期、散粉盛期和凋谢期4个时期。



A、B代表完全未开放的花苞,C、D代表即将开放的花苞,E、F代表开放状态的花,G代表开花结束的花  
A, B represented completely unopened buds, C, D represented the buds that are about to open, E and F represented the stage of flowering, G represented the end of flowering

图1 开花进程  
Fig.1 Process of flowering



A、B代表雄蕊散粉前期,C、D和E代表雄蕊散粉,F代表雄蕊散粉结束  
A, B represented the early stage of pollen scattering, C, D, E represented the pollen scattering, F represented the end of pollen scattering

图2 雄蕊散粉过程  
Fig.2 Process of pollen scattering

### 2.3 半夏群体开花与散粉的日变化

在山西晋中的气候条件下,半夏开花与散粉的日变化均呈倒单峰型(图3)。一天中半夏上午开花数量最多,开花高峰期7:00—11:00,9:00为开花高峰点,开花数为一天开花总数的56.90%;其次是17:00—19:00,开花数为一天开花总数的33.90%;11:00—15:00开花最少,仅占10.77%。半夏一般在开花后第2天开始散粉,正常天气情况下,一天中散粉时间主要集中在上午,花药散粉的高峰期是7:00—9:00,散粉单株数占全天50.85%;其次是9:00—11:00,散粉单株数占全天的35.59%;再次是17:00—19:00,占10.17%,其他时间基本不散粉(图3)。个体花期持续时间平均为18.00 d,其花序开花持续时间为3~7 d不等,平均为5.30 d,其中6 d居多(图4)。而阴雨天气,全天均可开花、散粉,散粉时间大约延长12 h。

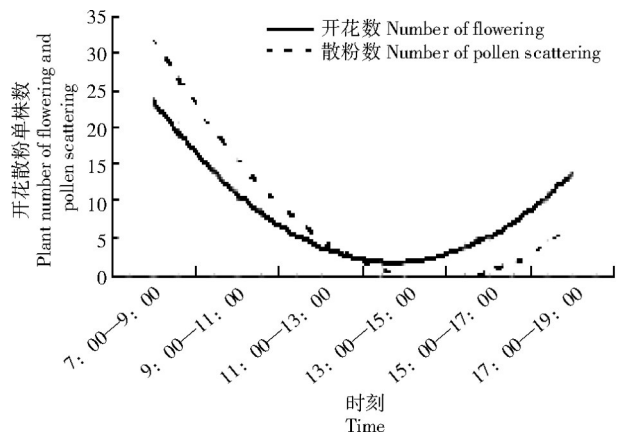


图3 开花与散粉数量的日变化  
Fig.3 Diurnal changes of flowering and pollen scattering

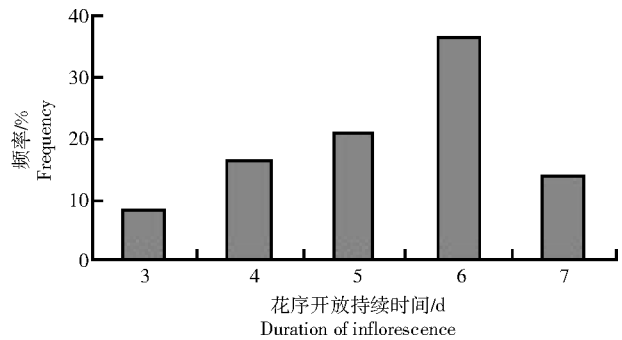


图4 花序开放时间分布  
Fig.4 The distribution of inflorescence duration

### 2.4 群体开花物候

半夏群体开花规律呈单峰型。1年生植株一般不开花,2年生及以上植株出苗后陆续开花,少数营养充分的大块茎植株先抽出花茎,再长叶。从始花期至盛花期约需30 d,从始花期至末花期约58 d。

半夏花期集中在5月下旬到6月下旬,5月中旬进入始花期,6月中下旬进入开花高峰期,之后开花数明显减少,7月中下旬进入末花期(图5)。其种群花期历时38~60 d,平均为51.50 d。1株2年生半夏一年可多次开花,据田间统计,1株半夏一年可开花1~3次,每次只开1朵花。

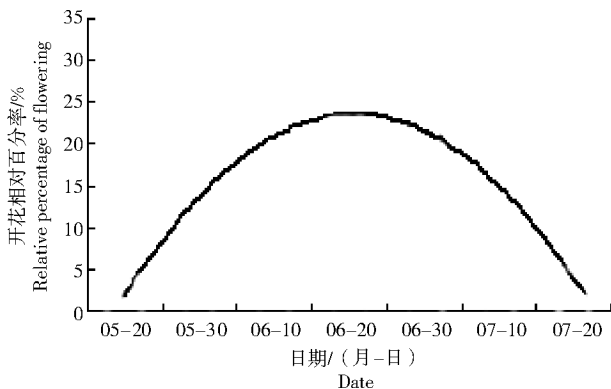


图5 各时期的开花相对百分率  
Fig.5 The relative percentage of flower in different periods

表1 半夏开花物候指数的相关性分析

Tab.1 The correlation analysis of different flowering phenology parameter of *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit

物候特征指数	Flowering phenological index	始花时间	Onset	终花时间	End date	花期长度	Duration	开花率	Flowering rate
终花时间	End date		0.16						
花期长度	Duration		-0.63		0.47				
开花率	Flowering rate		-0.78*		0.22		0.92**		
结实率	Seed setting rate		-0.85*		0.23		0.91**		0.97**

注:\*和\*\*分别表示在 $P<0.05$ 水平显著相关和 $P<0.01$ 水平极显著相关。

Note: \* and \*\* indicated significant correlation at the  $P<0.05$  level and extremely significant correlation at the  $P<0.01$  level.

## 2.7 不同块茎等级对开花与结实的影响

开花率、结实数量与半夏个体的块茎大小密切相关,随着块茎直径的增大,个体的开花率、结实率明显增加。当块茎直径接近于1 cm时,半夏虽然可开花,但由于营养不充分,结实困难;块茎直径大于1.5 cm的植株,其开花率、结实率及单株种子数明显高于块茎直径小于1.0 cm和1.0~1.5 cm的植株(表2)。

表2 半夏不同块茎等级的开花结实率

Tab.2 Analysis of the flowering rate and seed setting rate of different tuber grades of *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit

块茎直径/cm	开花率/%	结实率/%	单株种子数/个
Tuber diameter	Flowering rate	Seed setting rate	Seed number of per plant
<1.0	5.00	0	0
1.0~1.5	26.09	16.67	11
>1.5	210.00	66.67	23

## 2.5 传粉特性

半夏花小而不艳丽、无味,不具虫媒花特征,实际观测过程中仅有少量蚊蝇类昆虫访花;开花时,佛焰苞顶端弯曲,呈屋檐状,雨水不能进入花苞;雄蕊位于管状的佛焰苞内部并不能伸出苞外,管状的佛焰苞阻挡了风,因此,不具风媒花特征;传粉完全依靠花粉的自然散落,这严重限制了花朵间花粉的传播,该传粉限制是导致半夏结实率低的主要原因之一。

## 2.6 开花物候指数的相关性分析

半夏的始花时间、终花时间、花期长度、开花率、结实率之间的相关分析结果表明(表1),始花时间与花期长度呈负相关,与开花率和结实率分别呈显著负相关( $P<0.05$ )。花期长度与开花率和结实率呈极显著正相关( $P<0.01$ ),而且开花率与结实率呈极显著正相关( $P<0.01$ );终花时间与其他指标不具有显著相关性。说明半夏花期越长,开花率和结实率越高。

分析原因可能是由于块茎直径大于1.5 cm的植株,其块茎上具有多个生长点,营养体生长旺盛,为其生殖生长提供了充分的营养和能量,故开花率、结实率达到最高,繁殖能力最强。

## 3 结论与讨论

### 3.1 半夏的开花物候与生态适应

植物开花结实的特性是植物在一定的生境条件下经长期自然选择或定期培育后的一种适应性表现<sup>[17]</sup>。在山西晋中的气候条件下,5月的平均气温为19.57℃,半夏主要进行营养生长,只有少数营养充分的大块茎植株才能开花;6月白天气温在25~30℃,田间开花数增多,开花百分率达到最高;7月的高温干旱天气使得半夏地上部分发生倒苗现象,生殖生长和营养生长都受到严重影响,故开花数明显减少。一天中半夏花序主要于早晚开花,散粉集中于上午。随一天中气温升高、湿度降低,开

花与散粉数量呈降低趋势,开花与散粉主要出现在7:00—11:00,特别是7:00—9:00是半夏开花与散粉的高峰期,而此段时间气温为20~25℃,空气相对湿度适中(40%~60%);而11:00—15:00,开花与散粉数量极少;傍晚时,随气温的降低和空气湿度的回升,开花与散粉数量均有回升的趋势。说明早晚的温度与湿度适合半夏开花散粉。在生长过程中,半夏以倒苗的方式来避开不利的环境条件<sup>[18]</sup>,无论居群或个体,半夏的开花和散粉习性均表现出畏强光、忌高温、怕干旱的生物学特性。

### 3.2 半夏开花与结实的影响因子

一些物种生殖开花或结实的多少与其本身同化能力大小以及对植株内营养物质的获取和要求有关<sup>[19]</sup>,而且水分和营养供给是制约种子、果实产量的主要因素<sup>[20]</sup>。半夏作为一种多年生草本植物,经过一定阶段的营养生长,当营养物质积累到一定程度时,进入生殖生长,于地下形成花芽,花茎伸出地面开花结实。有性繁殖一般发生于2年生植株,而半夏的无性繁殖没有植株生长年限的限制,在无性繁殖过程中随着营养生长,于叶腋处形成珠芽。在自然条件下,半夏的生长年限一般为1~3 a,块茎直径约1 cm、质量约2 g时即可开花;块茎越大,其营养越充分,抵抗外界不利生存条件的能力强,开花、结实的数量较多。而在半夏的人工栽培过程中,将直径大于1 cm的块茎收获入药,小块茎留种,这种长期的人工选择对于半夏的有性繁殖明显不利。半夏结实成功除受营养物质和人为因素的影响外,还受生态因子的影响,如光照、温度、水分等。生态因子可能影响半夏有性繁殖变异,促使其在季节性干旱、高温等不利条件下,繁殖方式由有性繁殖向无性繁殖转化并形成了生态不育,进而为遗传不育的进化奠定基础<sup>[21]</sup>。

### 3.3 半夏的生殖特性

半夏在有性生殖过程中具有花多果少的生殖特性,该特性被认为与生殖成功有关<sup>[22]</sup>,生殖成功(Reproductive success)是植物适应环境条件的重要组成部分<sup>[23]</sup>。半夏有性繁殖的生殖投资较大,而且有性生殖成功实际缺乏保障。半夏在进行有性繁殖的时候表现出结实率低<sup>[24]</sup>,种子数量少、发芽率低、幼苗生长势弱、生产周期长等劣势<sup>[25]</sup>,而以块茎为主的无性繁殖表现成苗率高和幼苗生长势强的特点。此外,半夏的佛焰苞限制了花粉传播也降低了有性繁殖的成功率。在不利环境中,半夏为避免能量的无效消耗,将有限的能量和较多的光合产

物输送到块茎和珠芽,用于保证无性生殖成功<sup>[26]</sup>,进而增加了在不利环境中生殖繁衍的机会,确保繁殖的成功<sup>[19]</sup>。但长期的无性繁殖存在品种退化的风险<sup>[27]</sup>,因此,探讨半夏的有性繁殖过程中的薄弱环节并找到应对策略,有利于提高半夏的有性繁殖效率与培育新的品种,进而保障半夏药材的产量与品质。

#### 参考文献:

- [1] 刘家书,周永萍,施翔,等.多枝怪柳春夏两季开花物候特征与生殖特性[J].西北植物学报,2017,37(9):1839-1846.  
LIU J S, ZHOU Y P, SHI X, et al. Bi-seasonal flowering phenology and reproductive features of *Tamarix ramosissima*[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2017, 37(9): 1839-1846.
- [2] 周正立,李志军,龚卫江,等.胡杨、灰叶胡杨开花生物学特性研究[J].武汉植物学研究,2005,23(2):163-168.  
ZHOU Z L, LI Z J, GONG W J, et al. Study on the flowering phenology in *Populus euphratica* and *Populus pruinosa*[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2005, 23(2): 163-168.
- [3] 刘方炎,王小庆,陈敏,等.金沙江干热河谷滇榄仁开花物候与繁育系统[J].生态学报,2015,35(21):7043-7051.  
LIU F Y, WANG X Q, CHEN M, et al. Flowering phenology and breeding system of *Terminalia franchetii* (Combretaceae) in the dry-hot valley of the Jinsha river, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): 7043-7051.
- [4] 罗睿,郭建军.植物开花时间:自然变异与遗传分化[J].植物学报,2010,45(1):109-118.  
LUO R, GUO J J. Plant flowering time: natural variation in the field and its role in determining genetic differentiation[J]. Chinese Bulletin of Botany, 2010, 45(1): 109-118.
- [5] 肖宜安,何平,李晓红.濒危植物长柄双花木开花物候与生殖特性[J].生态学报,2004,24(1):14-21.  
XIAO Y A, HE P, LI X H. The flowering phenology and reproductive features of the endangered plant *Disanthus cercidifolius* var. *longipes* H. T. Chang (Hamamelidaceae)[J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(1): 14-21.
- [6] 马文宝,施翔,张道远,等.准噶尔无叶豆的开花物候与生殖特征[J].植物生态学报,2008,32(4):760-767.  
MA W B, SHI X, ZHANG D Y, et al. Flowering phenology and reproductive features of the rare plant *Eremosparton songoricum* in desert zone, Xinjiang, China[J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(4): 760-767.
- [7] 卢立娜,李青丰,贺晓,等.华北驼绒藜开花生物学特性研究[J].西北植物学报,2009,29(6):1176-1181.  
LU L N, LI Q F, HE X, et al. Flowering phenology of *Ceratoides arborescens*[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2009, 29(6): 1176-1181.
- [8] 周武先,李梦歌,谭旭辉,等.播种密度对不同季节半夏生长、品质及土壤酶活性的影响[J].作物杂志,2022(4):205-213.  
ZHOU W X, LI M G, TAN X H, et al. Effects of sowing density on growth, nutritional quality and soil enzyme activity of *Pinnellia ternata* in different seasons[J]. Crops, 2022(4): 205-213.
- [9] 唐成林,王觉,罗夫来,等.半夏茬后土壤微生物数量变化及其

- 化感作用初探[J]. 河南农业科学, 2016, 12: 135-137.  
TANG C L, WANG J, LUO F L, et al. Research on microbe quantity change and allelopathy of *Pinellia ternate* post-harvest soil[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2016, 12: 135-137.
- [10] 冯晓燕, 王玉庆, 牛颜冰, 等. 山西省北杜坞村半夏与冬小麦间套作栽培技术研究[J]. 农业与技术, 2007, 27(6): 51-55.  
FENG X Y, WANG Y Q, NIU Y B, et al. Studies on the inter-planting cultivation of *Pinellia ternate* and *Triticum aestivum* at Beiduwu in Shanxi province[J]. Agriculture and Technology, 2007, 27(6): 51-55.
- [11] 温琳, 惠国强, 杨海鹏, 等. 半夏叶柄愈伤组织诱导与分化最适培养基筛选[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 905-908, 977.  
WEN L, HUI G Q, YANG H P, et al. Screening of optimal medium for callus inducing and differentiation of petiole of *Pinellia ternate* (Thunb.) Breit[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2017, 45(6): 905-908, 977.
- [12] 赵源, 邓蓉, 黄钧. 半夏连作障碍成因及防治研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28(4): 1102-1108.  
ZHAO Y, DENG R, HUANG J. Research advances on causes and prevention for the continuous cropping obstacle of *Pinellia ternata*[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2022, 28(4): 1102-1108.
- [13] 郭红媛, 王玉庆, 石扬令, 等. 山西天南星科栽培植物遗传多样性 ISSR 分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2011, 31(5): 392-395.  
GUO H Y, WANG Y Q, SHI Y L, et al. Genetic diversity analysis of *Araceae agrads* in Shanxi with inter-simple repeats (ISSR) technique[J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2011, 31(5): 392-395.
- [14] 张雪丽, 杨长福, 李玮, 等. 半夏产地加工方法及质量评价研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(18): 275-282.  
ZHANG X L, YANG C F, LI W, et al. Processing methods and quality evaluation of pinelliae rhizoma: a review[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2022, 28(18): 275-282.
- [15] 王化东, 吴发明. 我国半夏资源调查研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(1): 150-151, 200.  
WANG H D, WU F M. Investigation of *Pinellia ternate* resources in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2012, 40(1): 150-151, 200.
- [16] 贾学思, 王玉庆. 半夏自交与杂交研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(7): 195-198.  
JIA X S, WANG Y Q. Studies on the self intersects and cross-breeding of *Pinellia ternate*[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(7): 195-198.
- [17] 马春英, 王文全, 张学静, 等. 乌拉尔甘草花部特征和开花结实特性的研究[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(2): 295-299.  
MA C Y, WANG W Q, ZHANG X J, et al. Study on floral characteristics and flowering and fruiting features of *Glycyrrhiza uralensis* fisch[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2009, 10(2): 295-299.
- [18] 郭巧生. 药用植物资源学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 325.  
GUO Q S. Medicinal plant resources science[M]. Beijing: Higher Education Press, 2007: 325.
- [19] 边才苗, 金则新, 李钧敏. 濒危植物七子花的生殖构件特征[J]. 西北植物学报, 2005, 25(4): 756-760.  
BIAN C M, JIN Z X, LI J M. Characteristics of reproductive modules of endangered *Heptacodium miconioides*[J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 2005, 25(4): 756-760.
- [20] 王迎春, 侯艳伟, 张颖娟, 等. 四合木种群生殖对策的研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(6): 699-703.  
WANG Y C, HOU Y W, ZHANG Y J, et al. Reproductive strategies of *Tetraena mongolica* maxim[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2001, 25(6): 699-703.
- [21] 刘仲健, 陈利君, 雷嗣鹏, 等. 疣花三角兰(*Trias verrucosa*)的生殖策略[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4460-4468.  
LIU Z J, CHEN L J, LEI S P, et al. The reproduction strategy of *Trias verrucosa* from China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(11): 4460-4468.
- [22] 柴胜丰, 韦霄, 蒋运生, 等. 濒危植物金花茶开花物候和生殖构件特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(1): 5-11.  
CHAI S F, WEI X, JIANG Y S, et al. The flowering phenology and characteristics of reproductive modules of endangered plant *Camellia nitidissima*[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2009, 17(1): 5-11.
- [23] 罗长维, 李昆, 陈友, 等. 膏桐花粉活力与柱头可授性及其生殖特性研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(10): 1994-2001.  
LUO C W, LI K, CHEN Y, et al. Pollen viability, stigma receptivity and reproductive features of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae)[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2007, 27(10): 1994-2001.
- [24] 张瑾, 谈献和. 半夏资源研究进展[J]. 中国中医药信息杂志, 2010, 17(5): 104-106.  
ZHANG J, TAN X H. Research progress of *Pinellia ternata* resources[J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2010, 17(5): 104-106.
- [25] 张小斌, 唐养璇, 雷艳妮. 半夏有性繁殖试验[J]. 中药材, 2007, 30(7): 765-767.  
ZHANG X B, TANG Y X, LEI Y N. Sexual reproduction test of *Pinellia ternata*[J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2007, 30(7): 765-767.
- [26] 何亚平, 费世民, 徐嘉, 等. 四川麻疯树花序结构和雌雄花动态研究[J]. 四川林业科技, 2008, 29(2): 1-8.  
HE Y P, FEI S M, XU J, et al. The inflorescence structure and dynamics of male and female flowers of *Jatropha curcas* in Sichuan province[J]. Journal of Sichuan Forestry Science and Technology, 2008, 29(2): 1-8.
- [27] 陈黎明, 何志贵, 韩蕊莲. 半夏种质资源研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2020(2): 131-135.  
CHEN L M, HE Z G, HAN R L. Research progress on germplasm resources of *Pinellia ternata*[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2020(2): 131-135.