

北京地区蒿柳的开花物候期及单花序开放过程中 花粉活力和柱头可授性变化

彭向永¹, 赵利清^{1,2}, 毛金梅^{1,3}, 翟飞飞¹, 孙振元^{1,①}

(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, 北京 100091;
2. 国家开放大学, 北京 100039; 3. 新疆林业科学院经济林研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063)

Flowering phenology and changes in pollen activity and stigma receptivity during blossom process of single inflorescence of *Salix viminalis* in Beijing PENG Xiangyong¹, ZHAO Liqing^{1,2}, MAO Jinmei^{1,3}, ZHAI Feifei¹, SUN Zhenyuan^{1,①} (1. Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. The Open University of China, Beijing 100039, China; 3. Economic Forest Research Institute, Xinjiang Academy of Forestry, Urumqi 830063, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2017, 26(1): 110-112

Abstract: Flowering phenology and flowering dynamics of female and male inflorescences of *Salix viminalis* Linn. in Beijing were observed in 2015 and 2016, and changes in pollen activity and stigma receptivity were also investigated. The results show that early flowering stage of *S. viminalis* in Beijing is happened in early-March, flowering period is 11-18 d, and flowering pattern is the first opening type of male flower. Flowering period of single inflorescence in male and female plants is 10-15 d and 8-10 d, respectively, which can be divided into five stages: emerging color stage, initial flowering stage, half flowering stage, full flowering stage and withered stage. Flowering date of male plant is earlier about 3-4 d than that of female plant. However, the difference of full flowering stage between male and female plants is only 1 d. Pollen germination rate and stigma receptivity show a trend of firstly increasing then decreasing during blossom process. Pollen germination rate reaches the highest of 72% at full flowering stage, and stigma receptivity is more than 90% at half and full flowering stages. Therefore, it is suggested that pollen collection and pollination in mid-March can improve success rate of cross breeding of *S. viminalis*.

关键词: 蒿柳; 开花物候期; 开放过程; 花粉萌发率; 柱头可授性

Key words: *Salix viminalis* Linn.; flowering phenology; blossom process; pollen germination rate; stigma receptivity

中图分类号: Q944.58; S792; S793.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2017)01-0110-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2017.01.16

蒿柳(*Salix viminalis* Linn.)为灌木或小乔木,在中国主要分布于东北、西北和西藏等地区。本种为雌雄异株、蒴萼花序,在原产地的花期为4月至5月,果期为5月至6月。蒿柳叶片营养丰富,可作为养殖柞蚕的饲料^[1],且生长速度快、耐轮伐,是重要的能源林树种^[2-3]。为解决能源短缺问题,瑞典开展了以蒿柳为主要树种的能源柳育种工作,获得了一些优良的能源柳品种,但由于杂交亲本均为瑞典起源的品种,遗传多样性较低,导致杂交后代出现衰退现象^[4-5]。中国地域广阔,具有丰富的蒿柳野生资源,开发利用潜力巨大。为了培育国产蒿柳新品种,必须开展以开花物候期为基础的蒿柳生殖特性研究。为此,作者以种植于北京的蒿柳为研究对象,观察其开花物候期并研究了单花序开放过程中花粉活力和柱头可授性的变化,以期为蒿柳的杂交育种研究提供基础数据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试蒿柳于2014年6月引种自内蒙古自治区赤峰市黑里河国家级自然保护区,地理坐标为东经118°16'~118°33'、北纬41°18'~41°35',海拔770~1 020 m;属于温带半干旱大陆性季风气候,年平均气温6.6℃,年平均降水量451 mm,无霜期154 d。

随机采集15~20年生蒿柳植株的1年生枝条,扦插于中国林业科学研究院北京玉泉山苗圃内,共3个小区,每小区30株;地理坐标为东经116°14'、北纬39°59',海拔54 m,属于温带半湿润季风型大陆性季风气候,年平均气温11℃~12℃,

收稿日期: 2016-04-11

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201304115); 林木遗传育种国家重点实验室专项(CAFYBB2016ZX001-3)

作者简介: 彭向永(1977—),男,山东滕州人,博士研究生,副教授,主要从事园林植物分子育种方面的研究。

①通信作者 E-mail: sunzy@263.com

年平均降水量 640 mm,无霜期 190~195 d。

1.2 方法

1.2.1 开花物候期和单花序开放过程的观察 分别于 2015 年和 2016 年对供试蒿柳扦插植株的开花物候期进行观察。在每年春季开花前选取生长健壮且发育正常的雌、雄单株各 10 株,每个单株随机标记 30 个花序;参照何景峰^[6]的观察方法,于每日上午 9:00 至 10:00 定株定花序进行观察并记录开花物候期。

参照莫正海等^[7]的方法观察雌株和雄株的单花序开放过程。将单花序的开放过程分为露色阶段(雌花序微露黄绿色柱头,雄花序微露黄色花药)、初开阶段(雌花序 50% 柱头半伸出,雄花序 25% 小花开放)、半开阶段(雌花序柱头完全伸出但处于闭合状态,雄花序 50% 小花开放)、全开阶段(雌花序 95% 二裂柱头完全打开或呈倒“八”字形,雄花序 95% 小花开放)和枯萎阶段(雌蕊 50% 柱头枯萎,雄花序 50% 花丝枯萎)共 5 个开花阶段。

1.2.2 花粉活力和柱头可授性的观察 随机选择 3 株个体,取植株枝条中部处于不同开花阶段的雄花序,每个开花阶段各 5~6 个花序,参照王源秀等^[8]的方法进行花粉培养并统计花粉萌发率;同一花序的花粉分在 3 个载玻片上,每片随机选择 3 个视野,每视野观察 30~50 粒花粉,结果取平均值。

取枝条中部处于不同开花阶段的雌花序,每个开花阶段

至少选取 3 株个体,每个单株各 5~6 个花序;采用联苯胺-过氧化氢法^[9]测定柱头可授性,柱头变为蓝色表示具有可授性,结果取平均值。

1.3 数据处理及分析

分别按照公式“花粉萌发率=(萌发芽粉粒数/花粉粒总数)×100%”和“柱头可授性=(蓝色柱头数/花序中小花总数)×100%”计算花粉活力和柱头可授性。采用 EXCEL 2007 和 SPSS 19.0 统计分析软件对相关数据进行统计和 LSD 多重比较。

2 结果和分析

2.1 蒿柳雌株和雄株开花物候期的比较

2015 年和 2016 年蒿柳雌株和雄株在北京地区的开花物候期见表 1。结果显示:不同年份蒿柳的开花物候期略有变化,花期集中在 3 月上旬至下旬,持续时间 11~18 d。开花方式为雄先型,雌株和雄株的初花期不同,雄株比雌株早开花 3~4 d;雄株初花期持续 6~7 d,而雌株初花期仅持续 4 d。虽然雌株初花期晚于雄株,但因雌株初花期的持续时间较雄株短 2~3 d,因而,雌株和雄株的盛花期持续时间仅相差 1 d,但它们的末花期一致。

表 1 北京地区蒿柳雌株和雄株的开花物候期比较¹⁾

Table 1 Comparison on flowering phenology of female and male plants of *Salix viminalis* Linn. in Beijing¹⁾

植株 Plant	2015 年的开花日期 (MM-DD) Flowering date (MM-DD) in 2015			2016 年的开花日期 (MM-DD) Flowering date (MM-DD) in 2016		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
雌株 Female	03-15	03-18	03-25	03-11	03-14	03-24
雄株 Male	03-12	03-17	03-25	03-07	03-13	03-24

¹⁾ S1: 初花期 Early flowering stage; S2: 盛花期 Full flowering stage; S3: 末花期 Final flowering stage.

2.2 蒿柳雌花序和雄花序的开放过程

观察结果表明:蒿柳的雄花序为渐进式开放,花序不同部位的小花因发育程度不同而使开放时间出现差异,雄花序中上部向阳面的小花先行开放、散粉,而雄花序其他部位的小花均从上至下依次开放。每个雄花序均经过露色阶段、初开阶段、半开阶段、全开阶段和枯萎阶段 5 个开花阶段,从花序露色开始,一般第 5 天至第 7 天达到半开阶段,第 7 天至第 10 天全部小花开放,第 10 天至第 12 天散粉完毕并进入枯萎阶段,开放过程大约持续 10~15 d。

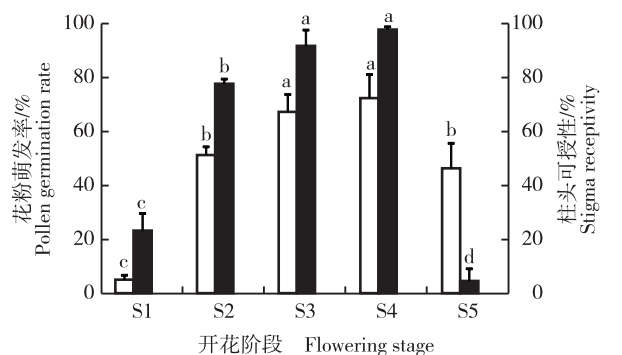
雌花序为爆发式开放,花序不同部位的小花基本上同时发育和同时开放。开放第 1 天超过 50% 的柱头露出,第 3 天柱头继续伸长至约 0.5 cm 且全部柱头露出,第 4 天至第 5 天柱头完全伸出但多数柱头呈闭合状态,第 6 天至第 7 天柱头全部呈倒“八”字形裂开并进入全开阶段(持续 2~3 d),第 8 天至第 10 天授粉完毕后柱头开始枯萎。每个雌花序均经过

露色阶段、初开阶段、半开阶段、全开阶段、枯萎阶段 5 个开花阶段,开放过程大约持续 8~10 d。

2.3 蒿柳花粉活力和柱头可授性的变化

蒿柳雄花序和雌花序开放过程中花粉活力和柱头可授性的变化见图 1。结果表明:雄花序的花粉萌发率随开花进程先升后降。露色阶段的花粉萌发率仅为 5.0%;随着小花开放数量增加,花粉萌发率显著提高,全开阶段的花粉萌发率达到最高,为 72.0%;枯萎阶段的花粉萌发率下降为 46.1%。半开和全开阶段的花粉萌发率均显著($P<0.05$)高于其余 3 个阶段,因此,蒿柳的人工采粉过程应该在雄花序的半开和全开阶段完成。

雌花序的柱头可授性随开花进程也呈现先高后低的变化趋势(图 1)。露色阶段的柱头可授性仅为 23.1%;随柱头伸长及展开,其可授性快速上升,半开和全开阶段的柱头可授性分别达到 91.3% 和 94.4%,显著高于其余 3 个阶段;但枯萎阶



□: 花粉萌发率 Pollen germination rate; ■: 柱头可授性 Stigma receptivity.

S1: 露色阶段 Emerging color stage; S2: 初开阶段 Initial flowering stage; S3: 半开阶段 Half flowering stage; S4: 全开阶段 Full flowering stage; S5: 枯萎阶段 Withered stage. 不同的小写字母表示同一指标在不同开花阶段间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases indicate the significant difference of the same index among different flowering stages ($P < 0.05$).

图1 开放过程中蒿柳花粉活力和柱头可授性的变化
Fig. 1 Changes in pollen activity and stigma receptivity of *Salix viminalis* Linn. during blossom process

段的柱头可授性显著降低,并降至5.0%以下。总之,在半开和全开阶段,蒿柳雌花序的柱头可授性较高,适宜花粉在柱头上萌发。

3 讨 论

在原产地蒿柳的花期一般为4月至5月,花期持续25~30 d,而在北京地区扦插种植的蒿柳植株从3月上旬进入初花期,花期持续11~18 d,比原产地提早了约1个月,持续时间缩短。这一现象与不同区域的气候差异有关。蒿柳原分布于冷凉地区,而北京地区的春季回温早于其原产地,且气温回升快,因而,当原产地的蒿柳还处于休眠状态时,种植于北京的蒿柳植株已经进入萌动状态。

虽然蒿柳的雌株和雄株的初花期不同步,但其雄花序小花渐进式开放,雌花序小花爆发式开放且不同部位的小花发

育基本一致,雌花初开时柱头可授性就达70%以上,此时雄花已达到半开状态且花粉萌发率超过60%,花粉的高活力期与柱头的高可授性期恰好相遇;蒿柳雄株的初花期持续6~7 d,而雌株初花期仅持续3~4 d,使蒿柳雌株和雄株盛花期有一定的同步,降低了因雌株和雄株盛花期时间的差异导致的交配机会的不均等性^[10],提高了授粉和受精的成功率。另外,蒿柳雄花花粉萌发率和雌花柱头可授性的最佳时期均为半开和全开阶段,此时进行人工授粉,能有效提高蒿柳杂交育种的成功率。

参考文献:

- [1] 伍 律. 五种柞树及蒿柳对柞蚕生长发育、抗病力及茧丝质量的影响[J]. 昆虫学报, 1975, 18(3): 281-288.
- [2] 龙应忠, 吴际友, 童方平, 等. 高热值速生能源树种选育及应用研究进展[J]. 林业科技开发, 2007, 21(2): 1-5.
- [3] NAYERIPOUR M, KHESHTI M. Sustainable Growth and Applications in Renewable Energy Sources[M]. Croatia: InTech, 2011: 181-208.
- [4] ZHAI F F, MAO J M, LIU J X, et al. Male and female subpopulations of *Salix viminalis* present high genetic diversity and high long-term migration rates between them[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 1-8.
- [5] DAI X G, HU Q J, CAI Q L, et al. The willow genome and divergent evolution from poplar after the common genome duplication [J]. Cell Research, 2014, 24: 1274-1277.
- [6] 何景峰. 不同地区瑞典能源柳引种状况及生物量研究[D]. 西安: 西北农林科技大学林学院, 2011: 12-13.
- [7] 莫正海, 张计育, 翟 敏, 等. 薄壳山核桃在南京的开花物候期观察和比较[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(1): 57-62.
- [8] 王源秀, 江 聪, 徐立安. 柳树花粉生活力分析[J]. 林业科技开发, 2007, 21(1): 28-30.
- [9] DAFNI A. Pollination Ecology: a Practical Approach [M]. New York: Oxford University Press, 1992: 59-89.
- [10] 高素萍, 张 硕, 吴佩纹. 二型植物蓝花丹开花物候特征观察及其生态意义分析[J]. 植物资源与环境学报, 2015, 24(1): 84-90.

(责任编辑: 郭严冬)