

# 观赏海棠杂交后代萌芽期观察 及花期预测的灰色关联度分析

孙凡雅, 沈向<sup>①</sup>, 康鸾, 胡静静, 李雪飞

(山东农业大学园艺科学与工程学院 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018)

**摘要:**以‘国光’苹果(*Malus domestica* ‘Ralls’)为母本,以10个观赏海棠品种(*Malus* spp.)为父本进行杂交育种,对杂交后代实生群体的萌芽期进行了观察,并根据9株2年即开花单株的童期性状对观赏海棠的花期进行了灰色关联度分析。结果显示,所有观赏海棠杂交后代的萌芽期(3月12日以后)均晚于父本,93.89%的杂交后代萌芽期(3月下旬至4月上旬)与母本相近或稍晚于母本。在观赏海棠杂交后代花期的叶片叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、叶面积、株高、地径等指标以及童期的萌芽期和展叶期等7个性状中,萌芽期和展叶期与花期的灰色关联度最大。因此,在童期利用叶片萌芽期对观赏海棠的花期进行预测极具可行性。

**关键词:**观赏海棠;萌芽期;花期;灰色关联度分析

**中图分类号:** S661.4; Q945.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0978(2008)04-0051-04

**Observation of sprouting stage and grey relational degree analysis on flowering stage forecast of hybrid progenies of crabapple (*Malus* spp.)** SUN Fan-ya, SHEN Xiang<sup>①</sup>, KANG Luan, HU Jing-jing, LI Xue-fei (College of Horticulture Science and Engineering, State Key Laboratory of Crop Biology, Shandong Agriculture University, Tai'an 271018), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(4): 51-54

**Abstract:** The cross breeding of crabapple (*Malus* spp.) was carried out with *Malus domestica* ‘Ralls’ as female parent and ten cultivars of crabapple as male parent. The sprouting stage of hybrid progenies was observed and the grey relational degree analysis on flowering stage and juvenile phase was conducted based on some characters of nine flowering individuals (2 years old) in juvenile phase. The result shows that the sprouting stage (later than 12th March) of all hybrid progenies is later than that of the male parents, and the sprouting stage of 93.89% hybrid progenies (from the last ten days of March to the first ten days of April) is closed to or a little later than that of the female parent. Among the characters of leaf chlorophyll content, soluble protein content in leaf, leaf area, height, ground diameter in flowering stage, and sprouting date and leaf-expansion date in juvenile phase, the relational degree of sprouting date and leaf-expansion date to flowering date is the biggest. Therefore, it is feasibility to use the sprouting date in juvenile phase to predict flowering date of crabapple.

**Key words:** crabapple (*Malus* spp.); sprouting stage; flowering stage; grey relational degree analysis

观赏海棠(*Malus* spp.)是蔷薇科(Rosaceae)苹果属(*Malus* Mill.)人工选择培育的一系列海棠品种的总称,为落叶小乔木,是优良的景观树种,其花繁密、灿烂似锦,素有“国艳”之誉<sup>[1]</sup>。观赏海棠的果、叶及树形等也都具有很高的观赏性,受到人们的普遍喜爱。此外,观赏海棠还能够忍耐-30℃的低温环境,并且抗涝、耐瘠薄、病虫害少、对环境的适应能力极强、养护简单,深受园艺工作者的重视,被广泛应用于各种园林景观的配置。

在中国北方的生态条件下,观赏海棠各品种均存在开花时间短(约10~15 d)、花期集中和花期偏早的缺点。为此,笔者于2005年选用花期较晚的‘国光’苹果(*Malus domestica* ‘Ralls’)为母本,与10

收稿日期: 2008-01-25

基金项目: 山东省2007年科学发展计划项目(2007GC20009013);  
国家科学技术部农转资金项目(03EFN213700156)

作者简介: 孙凡雅(1983—),女,山东威海人,硕士研究生,主要从事观赏海棠杂交育种研究。

<sup>①</sup>通讯作者 E-mail: shenx@sdau.edu.cn

个花果各具特色的观赏海棠品种(即父本)进行杂交,希望通过杂交选育出花期较长的观赏海棠新品种,以延长观赏海棠的花期,但观赏海棠的童期较长(约8~10 a),严重制约了育种进程。目前,人们对花期生物气候学的关注较多<sup>[2-3]</sup>,但大多是根据温度对花期进行预测,虽然通过这种方法能够预测并通过人工调节气候达到预测和调控花期的目的<sup>[4-5]</sup>,但在杂交育种过程中无法在童期(尤其是童期较长的植物)有效预测花期。根据植物花期与叶片发育时期具有相关性和后代与亲本间的相关性,调查杂交群体的展叶期和花期,可以在童期对杂交群体的实生苗进行花期早晚的预选,提高育种效率,减少育种费用和占地面积。

笔者对10个观赏海棠杂交组合后代群体的萌芽期进行了观察,并对该群体中9株2年即开花的实生单株的一些指标进行了灰色关联度分析,以期对观赏海棠杂交后代童期的花期预测提供观测依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

杂交用母本为‘国光’苹果,父本为10种7年生观赏海棠品种嫁接树(表1),砧木为八棱海棠(*Malus robusta* Rehd.),均取自山东农业大学观赏果树试验站。实验地土壤为褐壤土,具有良好的灌溉条件和管理水平。于2004年4月7日对10种观赏海棠进行采粉;同年4月18日,用采集的花粉对‘国光’苹果进行授粉,同年10月中旬采种;于2005年4月,将杂交后代实生苗种植于山东农业大学观赏果树试验站内,并于2006年11月测定杂交后代实生苗的树高和地径;2007年,10个杂交组合中出现9株2年即开花结果的单株,其中1株为杂交组合2004R-003的实生后代,另外8株均为杂交组合2004R-016的实生后代,对这9株开花的单株进行花期各项指标的测定。

### 1.2 方法

1.2.1 物候期的观测 于2007年3月对所有杂交实生后代萌芽期(全株25%的芽萌动为萌芽期)萌芽率的变化进行观测,并对9株开花的杂交实生单株的萌芽期、展叶期(全株25%的芽展叶为展叶期)和花期(全株25%的花开放为花期)进行物候期观

测。分别计算10个杂交组合后代在3月中、下旬以及4月上、中旬萌芽植株占植株总数的百分率。

表1 观赏海棠杂交组合父本概况

Table 1 The male parent status of cross combinations of crabapple (*Malus* spp.)

杂交 组合编号 No. of cross combination	父本概况 Status of male parent		
	编号 No.	品种 Cultivar	来源 Origin
2004R-001	01	‘红丽’ ‘Red Splendor’	美国 USA
2004R-003	03	‘粉芽’ ‘Pink Spire’	美国 USA
2004R-004	04	‘绚丽’ ‘Radiant’	美国 USA
2004R-005	05	‘粉红公主’ ‘Pink Princess’	美国 USA
2004R-007	07	‘印第安之夏’ ‘Indian Summer’	美国 USA
2004R-008	08	‘印第安魔法’ ‘Indian Magic’	美国 USA
2004R-009	09	‘霍巴’ ‘Hopa’	美国 USA
2004R-014	014	‘凯尔西’ ‘Kelsy’	美国 USA
2004R-015	015	海棠花 <i>M. spectabilis</i>	中国 China
2004R-016	016	‘红玉’ ‘Red Jade’	美国 USA

1.2.2 生理指标和形态指标的测定 于2007年4月12日分别在9株开花单株开花部位以上10 cm处采集5片叶进行生理生化指标及叶面积的测定。叶绿素含量测定采用丙酮浸提法<sup>[6]68-72</sup>;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法<sup>[6]120-125</sup>;采用便携式叶面积仪(LI-3000)测定叶面积。2006年11月15日,分别用米尺和游标卡尺对株高(自地表起)和地径(土迹处的直径)进行测定。

### 1.3 统计分析

采用DPS 2.0统计软件对实验数据进行计算并进行灰色关联度分析。

## 2 结果和分析

### 2.1 观赏海棠杂交组合实生后代萌芽期的变化

不同日期观赏海棠杂交组合实生后代萌芽率的变化见表2。观察结果表明,除杂交组合2004R-016的实生后代在3月12日即开始萌芽外,其他杂交组合后代均在3月18日至3月24日开始萌芽;各杂交组合后代萌芽结束的时间各异,但基本都在4月上旬结束萌芽,仅杂交组合2004R-014的萌芽时间延迟至4月11日;杂交组合2004R-016萌芽开始时间最早,萌芽结束时间也最早(4月2日)。

各杂交组合后代中,在3月中旬(3月12日至3月18日)萌芽的植株仅有6.11%,84.20%的植株在3月下旬(3月21日至3月30日)萌芽,9.54%

的植株于 4 月上旬(4 月 2 日至 4 月 8 日)萌芽,仅有 0.15% 的植株在 4 月 11 日萌芽,可见,各杂交组合的平均萌芽期是 3 月下旬。由于各杂交后代父本品种均于 3 月上旬(3 月 1 日至 3 月 10 日)开始萌芽,而母本(‘国光’苹果)则在 3 月底开始萌芽,相比较而言,杂交后代群体的萌芽期均晚于其父本,93.89% 的杂交后代单株的萌芽期接近或稍晚于母本,故推测杂交后代的萌芽期倾向于母本。根据植物生长性状存在幼-成年相关的特点,推测杂交群体的平均萌芽期和童期的结束时间将明显晚于父

本。根据表中萌芽情况可见,杂交组合 2004R-014 的实生后代萌芽结束时间最晚,为 4 月 11 日。

2.2 观赏海棠杂交实生后代开花单株花期性状与花期预测的灰色关联度分析

在 10 个观赏海棠杂交组合的后代单株中,有 9 个单株 2 年即开花,在开花期间(4 月中旬),它们的叶片叶绿素含量、可溶性蛋白质含量、叶面积、株高、地径以及萌芽期、展叶期等 7 项指标的测定结果见表 3。以上述 7 项指标的测定值为子序列,以花期为母序列进行灰色关联度分析<sup>[7-9]</sup>,结果也见表 3。

表 2 不同日期观赏海棠杂交组合实生后代萌芽率的动态变化

Table 2 Dynamic change of sprouting percentage of progenies of cross combinations of crabapple (*Malus* spp.) at different dates

杂交组合编号 No. of cross combination	不同日期(MM/DD)的萌芽率/% Sprouting percentage at different dates(MM/DD)											
	03/12	03/15	03/18	03/21	03/24	03/27	03/30	04/02	04/05	04/08	04/11	
2004R-001				4.35	28.26	23.91	41.31	2.17				
2004R-003				4.76	23.82	38.09	28.57				4.76	
2004R-004			1.48	5.92	21.18	38.42	24.14	6.89	0.49	1.48		
2004R-005			0.96	9.61	51.92	25.01	7.69	0.96	0.96	2.89		
2004R-007			0.98	11.63	27.91	47.84	9.31		2.33			
2004R-008			13.64	13.64	31.82	22.73	9.09		9.08			
2004R-009			3.57	7.14	14.29	46.43	21.43	3.57	3.57			
2004R-014					7.89	5.27	28.95	26.32	10.52	18.42	2.63	
2004R-015					21.43	35.71		17.86	14.29	10.71		
2004R-016	4.34	4.35	15.21	41.32	27.54	5.80	0.72	0.72				
TR <sup>1)</sup>			6.11				84.20			9.54	0.15	

<sup>1)</sup> TR: 10 个杂交组合后代萌芽植株数占植株总数的百分率 The percentage of sprouting progenies in total progenies of ten cross combinations(%).

表 3 观赏海棠杂交后代 9 个开花单株各指标的观测值及花期的灰色关联度分析结果<sup>1)</sup>

Table 3 The observed values of different indexes and result of grey relational degree analysis on flowering stage of nine individuals of cross combination progenies of crabapple (*Malus* spp.)<sup>1)</sup>

单株号 No. of individual	花期指标 Index in flowering stage					童期指标 Index in juvenile phase		
	叶绿素含量/mg·g <sup>-1</sup> Chlorophyll content	可溶性蛋白质含量/mg·g <sup>-1</sup> Soluble protein content	叶面积/mm <sup>2</sup> Leaf area	株高/cm Height	地径/cm Ground diameter	萌芽期(MM/DD) Sprouting date	展叶期(MM/DD) Leaf-expansion date	花期(MM/DD) Flowering date
C1	2.51	8.71	2 213.20	154.4	1.032	03/18	03/27	04/11
C2	3.03	8.02	2 154.20	137.7	1.360	03/03	03/15	04/06
C3	3.78	6.54	1 666.72	114.6	1.500	03/03	03/21	04/08
C4	3.78	5.92	1 380.00	94.7	0.982	03/21	03/27	04/09
C5	2.59	9.85	1 666.30	89.6	0.922	03/06	03/27	04/09
C6	1.76	6.30	1 900.12	64.1	0.912	03/03	03/21	04/10
C7	2.29	6.37	1 694.88	86.4	1.230	03/03	03/24	04/06
C8	1.90	4.88	1 175.51	99.1	1.030	03/03	03/15	04/08
C9	2.03	5.99	1 045.03	62.0	1.036	03/03	03/18	04/09
Rd	0.530 51	0.602 20	0.638 44	0.614 96	0.515 05	0.681 67	0.663 34	-

<sup>1)</sup> C1: 杂交组合 2004R-003 在 2007 年开花的单株 The flowering individual from cross combination 2004R-003 in 2007; C2-C9: 杂交组合 2004R-016 在 2007 年开花的 8 个单株 The eight flowering individuals from cross combination 2004R-016 in 2007; Rd: 关联度 Relational degree.

根据灰色关联度分析结果(表3)可知,观赏海棠杂交实生后代9个开花单株各性状与花期的关联度从大到小依次为:萌芽期、展叶期、叶面积、株高、可溶性蛋白质含量、叶绿素含量、地径,其中萌芽期、展叶期和叶面积与花期的关联度较大,关联度分别为0.681 67、0.663 34和0.638 44,说明这3个指标与花期的关系密切,对观赏海棠杂交实生后代的开花期具有较大影响。叶面积与花期有较大的关联度,说明叶片大小能够在一定程度上反映植株所处的发育阶段;萌芽期和展叶期与花期的灰色关联度最高,说明这两个性状与观赏海棠杂交实生后代花期的相关性最为直接。这一结果与植物的发芽期和展叶期与花期具有时间序列上的一致性相吻合。因此,通过物候期的观测,在观赏海棠杂交实生后代的童期对花期进行预测具有可行性<sup>[10-11]</sup>。

对观赏海棠杂交组合2004R-016实生后代的8个开花单株的上层(开花部位以上)和下层(开花部位以下10 cm处至地面)的2007年萌芽期进行相关性分析,发现二者没有显著差异。因此,根据观赏海棠童期的萌芽期预测其花期具有一定的可行性。

### 3 讨 论

许多植物不同器官的性状间存在相关性,如:虎掌(*Pinellia pedatisecta* Schott)块茎的重量与叶裂片数正相关<sup>[12]</sup>;植物叶片出现肉茎、多浆、薄叶、卷叶或硬叶等形态,往往是抗旱性极强的类群<sup>[13]</sup>;独花兰(*Changnienia amoena* Chien)开花持续期与叶长和叶面积有显著和极显著的相关性<sup>[14]</sup>,且叶宽与花瓣长存在极显著相关性<sup>[15]</sup>;紫背天葵[*Semiaquilegia adoxoides* (DC.) Makino]各部分器官的生长具有比较明显的相关性<sup>[16]</sup>;茎瘤芥(*Brassica juncea* var. *tumida* Tsen et Lee)的各形态特征间存在显著相关性,且可以用少数指标的选择来实现多指标共同选择的可行性<sup>[17]</sup>。灰色关联度分析结果表明,观赏海棠的萌芽期和展叶期与其花期具有较为重要的相关性,而观赏海棠童期与性成熟后的萌芽期没有显著相关性,因此可以用观赏海棠童期的萌芽期来预测花期,以便对观赏海棠杂交群体的花期进行预选。

观赏海棠杂交后代个别单株提早结束童期并开花的原因尚不清楚,特别是其分子机理尚有待进一步的深入研究,以突破树木育种中童期长的瓶颈。

#### 参考文献:

- [1] Fiala J L. Flowering Crabapples: the Genus *Malus* [M]. Oregon: Timber Press, 1994.
- [2] Kasprzyk I. Flowering phenology and airborne pollen grains of chosen tree taxa in Rzeszów (SE Poland) [J]. *Aerobiologia*, 2003, 19: 113-120.
- [3] Skryabin K G, Alekseev D V, Ezhova T A, et al. Type specification and spatial pattern formation of floral organs: a dynamic development model [J]. *Biology Bulletin*, 2006, 33(6): 523-535.
- [4] 郝日明, 张璐, 张明娟, 等. 影响南京地区桂花秋季开花期变化的关键气候因子研究 [J]. *植物资源与环境学报*, 2006, 15(3): 31-34.
- [5] 杨再强, 罗卫红, 陈发棣, 等. 温室标准切花菊发育模拟与收获期预测模型研究 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(6): 1229-1235.
- [6] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1998.
- [7] 赵倩, 刘兆晔, 刘春蕾, 等. 小麦新品种(系)的灰色关联度分析 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23(9): 259-262.
- [8] 职明星, 甄志高, 范春燕, 等. 灰色关联度评判在花生育种中的应用 [J]. *中国农学通报*, 2007, 23(7): 241-244.
- [9] 魏淑红. 灰色理论在芸豆种质资源创新评价中的应用 [J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(3): 323-325.
- [10] 张贞, 王艳莉, 肖庆业, 等. 栓皮栎物候期统计分析 [J]. *江西林业科技*, 2006(5): 39-40.
- [11] 王明麻. 林木遗传育种学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 156-166.
- [12] 姚绳林, 谢中稳. 虎掌叶形发育及叶形发育与其它器官发育相关性研究 [J]. *基层中药杂志*, 1996, 10(4): 42-43.
- [13] 王勋陵, 马骥. 从旱生植物叶结构探讨其生态适应的多样性 [J]. *生态学报*, 1999, 19(6): 787-792.
- [14] 熊治廷, 吴剑, 李奕, 等. 独花兰野生种群研究——开花与营养体状态的关系 [J]. *植物学通报*, 2002, 19(1): 87-91.
- [15] 孙海芹, 李昂, 班玮, 等. 濒危植物独花兰的形态变异及其适应意义 [J]. *生物多样性*, 2005, 13(5): 376-386.
- [16] 宋德勋, 杨贵秋, 张学愈, 等. 紫背天葵生长发育各器官相关性研究 [J]. *时珍国医国药*, 2007, 18(7): 1641-1642.
- [17] 倪学华. 杂交茎瘤芥 F1 代形态特征与瘤茎鲜重间的关系 [J]. *耕作与栽培*, 2007(3): 45, 61.