

蒋冬月, 邹宜含, 柳新红, 等. 樱花粉红及黄绿色系品种苗期生长特性及适应性[J]. 江西农业大学学报, 2019, 41(4): 673-682.



樱花粉红及黄绿色系品种苗期 生长特性及适应性

蒋冬月¹, 邹宜含¹, 柳新红¹, 程亚平², 王 平², 沈 鑫^{1*}

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 浙江省庆元县庆元林场, 浙江 庆元 323805)

摘要:为探究粉红及黄绿色系樱花品种苗期在杭州地区的生长特性及适应性,以35个樱花品种为试验材料,观测其在杭州地区的嫁接成活率和生长状况,分析各品种物候因子、生长因子的特征及其与环境因子的关系。结果表明:(1)黄绿色系品种嫁接成活率均>90%,66%的粉红色系品种嫁接成活率>85%;小松乙女樱、大提灯樱和阳光樱嫁接成活率最高,大寒樱成活率最低,仅为37.25%。(2)在抗病虫能力方面,黄绿色品种抗性较差,均为低抗型;粉红色系品种中高抗型樱花品种20种,中抗型4种,低抗型8种。(3)各品种间物候存在丰富的变异,萌动发芽期种间变异系数最大,为10.90%;落叶始期极差最大,达96 d;叶片持绿期变异系数为14.46%。(4)物候因子和生长量因子间彼此相关;生长因子与萌动发芽期、展叶期呈负相关,与叶变色期、落叶期呈正相关。(5)采用主成分分析的方法,将5个物候因子和2个生长量因子综合为3个主成分,其主成分累计贡献率达87.41%。(6)根据3个主成分贡献率权重计算各品种综合得分,并基于平方欧式距离将35个品种分为长生长期型、中间型和短生长期型3类。因此,今后可根据不同类型品种的物候差异因地制宜地安排栽培管理,提高工作效率,缩短育种周期。

关键词:樱花;物候期;生长;适应性;主成分分析

中图分类号:S685 文献标志码:A 文章编号:1000-2286(2019)04-0673-10

Growth and Adaptability of Graftical Seedlings of Cherry Cultivars with Pink and Greenyellow Flowers

JIANG Dong-yue¹, ZOU Yi-han¹, LIU Xin-hong¹,
CHENG Ya-ping², WANG Ping², SHEN Xin^{1*}

(1. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou 310023, China; 2. Qingyuan Forest Farm of Qingyuan County, Qingyuan, Zhejiang 323805, China)

Abstract: To investigate the growth and adaptability of cherry cultivars with pink and greenyellow flowers in Hangzhou, the relationship between phenology and growth characteristics and environmental factors was analyzed by measuring the survival percentages and grafting and growth status of thirty-five cherry cultivars. The results showed that survival rate of grafting of greenyellow cultivars was more than 90%, and that of sixty-six percent of pink cultivars was more than 85%, of which *Cerasus spachiana* 'Komatsu-otome', *C. serrulata* 'Ojo-

收稿日期: 2018-10-25 修回日期: 2018-12-08

基金项目: 浙江省“十三五”林木新品种选育项目(2016C02056-12)和浙江省属科研院所扶持专项(2017F30017)

Project supported by the Forestry Breeding Program of “13th Five-year” Plan in Zhejiang (2016C02056-12) and the Research Institutes Support Special Project of Zhejiang (2017F30017)

作者简介: 蒋冬月(1988—),女,助理研究员,博士生,主要从事园林植物研究, orcid.org/0000-0001-6716-9327, JDYzj-forestry@163.com; *通信作者: 沈鑫,助理研究员, orcid.org/0000-0001-7467-5738, shenxinjdy@126.com。

chin' and *C. 'Youkou'* had the highest survival rate, whereas *C. × kanzakura 'Oh-kanzakura'* had the lowest' i.e. 37.25%. The cultivars with green-yellow flowers were low disease-resistant, and among pink cultivars, twenty, four, and eight cultivars were high, middle and low disease-resistant, respectively. In phenology, these cultivars had abundant variation, especially the date of leaf bud germination, with the coefficient variation of 10.90%. The maximum range of leaf fall was 96 days, and the coefficient variation of stay green was 14.46%. Both intra- and inter- of phenology traits and growth traits were relevant. The growth traits were negatively correlated with leaf germination date and leaf expanding date, and were positively correlated with leaf discoloration date and leaf fall date. Using principle component analysis (PCA), the phenology traits and growth traits were synthesized into three components, of which the accumulative contribution rate reached up to 87.41%. According to synthesis score based on values and weight of PCA, and the way of squared euclidean distance, all of the cultivars were divided into three types, i.e. long growth-period type, middle type and short growth-period type. This study will be helpful for planting and managing of these cherry cultivars based on their phenology and growth characteristics, and will improve work efficiency and shorten breeding cycle.

Keywords: *Cerasus*; phenology; growth; adaptability; principle component analysis

樱花是蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)樱属(*Cerasus*)典型樱亚属植物(Subg. *Cerasus*)的泛称,全世界约150种,分布于北半球温带地带,主要种类分布在中国东部和西南部以及日本和朝鲜半岛^[1]。《中国植物志》记载38种8变种^[2];《Flora of China》记载37种6变种^[1];《浙江植物志》记载8种2变种^[3]。樱花是早春开花的乔木,既有高大挺拔的乔木,又有低矮稠密的灌木;既可以作为风景林又可以作为防护林及用材林;其花色丰富,花朵数量极多,独立成景,具有极高的园林行业推广与应用价值。合理引种、开发利用樱花资源首先应掌握不同樱花品种的生长特性及规律,了解其对周围环境因子的适应性。而物候是植物生长特性最直接的外在表现^[4-5],包含了植物萌芽、展叶、抽梢、开花、结实、落叶、休眠等生长发育阶段的周期性变化及其对环境因子年周期性变化的适应性反应^[6-9]。目前对于樱花物候的研究主要集中于染井吉野(*Cerasus × yedoensis 'Somei-yoshino'*)^[10]、冬樱花(*Cerasus cerasoides*)^[11]、福建山樱花(*Cerasus campanulata*)^[12]等少数品种在北京^[13]、武汉^[14-15]、杨凌^[16]等地区的观测。浙江省作为野生樱花资源分布的重要地区之一,其典型的亚热带季风气候条件为樱花品种生长提供了选择空间,不同樱花品种在浙江地区的生长习性及其物候规律鲜有报道。因此,本研究以32种粉红色系和3种黄绿色系的樱花品种为研究对象,观测其在杭州地区的生长特性及物候期,掌握其生长发育规律,了解樱花各发育阶段和环境之间的关系,从而为引种及栽培管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设于浙江省林业科学研究院樱花育种圃,北纬30°13'12",东经120°01'11"。地属亚热带季风气候区,四季分明,年温适中,年平均气温15.9~17.0℃,极端最高气温39.8~42.9℃,极端最低气温-7.1~-15.0℃;光照充足,年平均日照时数1 710~2 100 h;空气湿润,年平均相对湿度76%~81%;雨量充沛,年平均雨量在980~2 000 mm;无霜期199~328 d^[17]。

1.2 试验材料

2015年12月采集35个樱花品种树冠上部生长健壮、叶芽饱满、直径为0.5~1.0 cm的1年生枝条,将其剪成长4~5 cm的接穗,每个接穗上保留1个饱满的叶芽。同时将直径为1.0 cm的1年生草樱枝条截成长10 cm的插穗作为品种砧木,进行嫁接。品种嫁接苗扦插于灭菌后的苗床,采用全光照自动喷雾系统定时喷雾,每35 min喷10 s;每10 d对砧木抹芽1次,部分嫁接接穗带有花芽的应及时抹去,避免营养消耗。嫁接接口愈合后,摘除捆绑嫁接口的塑料保鲜带;炼苗后将嫁接苗移植于育种圃地,采用完全随机区组设计进行种植,设置3个区组作为重复,株行距200 cm×300 cm,小区周围设置保护行。正常水肥管理,每年施肥2次,分别在春、秋时期施肥,以氮肥为主,适当添加油饼。穗条P01-03、12、14-15、29由湖

北武汉东湖樱花园提供,P04、13、16-22、30-31、G01-01 由山东胶南市明桂园艺场提供,P06-08、10-11、23-25、27-28、32、G03 由武汉法雅园林集团提供,P09、26 由上海植物园提供,P05 由福建仙居山股份有限公司提供,中文名称沿用各公司销售名称,见表 1。

表 1 35 种樱花品种名录
Tab.1 List of thirty-five cherry cultivars

编号 Number	中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name	颜色 Colour
P01	琉球寒绯樱	<i>C. campanulate</i> ‘Ryukyu-hizakura’	淡粉红色
P02	美国樱	<i>C. × yedoensis</i> ‘America’	淡粉红色
P03	苔清水樱	<i>C. serrulata</i> ‘Kokeshimidsu’	淡粉红色
P04	蝴蝶樱	<i>C.</i> ‘Butterfly’	淡粉红色
P05	奈良八重樱	<i>C. leveilleana</i> ‘Antiqua’	淡粉红色
P06	山樱	<i>C. serrulata</i>	淡粉红色
P07	四季樱	<i>C. × subhirtella</i> ‘Semperflorens’	淡粉红色
P08	中国樱花	<i>C.</i> ‘China’	淡粉红色
P09	一叶樱	<i>C. serrulata</i> ‘Hisakura’	淡粉红色
P10	红笠樱	<i>C. serrulata</i> ‘Benigasa’	淡粉红色
P11	红鹤樱	<i>C. × yedoensis</i> ‘Rubriflora’	淡粉红色
P12	岚山樱	<i>C. serrulata</i> ‘Arasiyama’	淡粉红色
P13	染井吉野樱	<i>C. × yedoensis</i> ‘Somei-yoshino’	淡红白色
P14	启翁樱	<i>C.</i> ‘Keio-zakura’	淡红色
P15	兼六园菊樱	<i>C. serrulata</i> ‘Sphaerantha’	淡红色
P16	江戸彼岸樱	<i>C. spachiana</i> var. <i>spachiana</i>	淡红色
P17	小松乙女樱	<i>C. spachiana</i> ‘Komatsu-otome’	淡红色
P18	八重红彼岸樱	<i>C. × subhirtella</i> ‘Yaebeni-higan’	淡红色
P19	八重红大岛樱	<i>C. speciosa</i> ‘Yaebeni-ohshima’	淡红色
P20	椿寒樱	<i>C.</i> ‘Introrsa’	淡红色
P21	杨贵妃樱	<i>C. serrulata</i> ‘Mollis’	淡红色
P22	银河山樱	<i>C. lannesiana</i> ‘Amanogawa’	淡红色
P23	十月樱	<i>C. × subhirtella</i> ‘Autumnalis’	淡红色
P24	豆樱	<i>C. incisa</i>	淡红色
P25	普贤象樱	<i>C. serrulata</i> ‘Albo-rosea’	淡红色
P26	大寒樱	<i>C. × kanzakura</i> ‘Oh-kanzakura’	淡红色
P27	八重红虎尾樱	<i>C. lannesiana</i> ‘Yae-benitorano-o’	淡红色
P28	大提灯樱	<i>C. serrulata</i> ‘Ojochin’	淡红色
P29	朱雀樱	<i>C. serrulata</i> ‘Shujaku’	淡红色
P30	阳光樱	<i>C.</i> ‘Youkou’	粉红色
P31	杭州早樱	<i>C. discoidea</i>	粉红色
P32	菊枝垂樱	<i>C. serrulata</i> ‘Plena-pendula’	粉红色
G01	御衣黄樱	<i>C. serrulata</i> ‘Gioiko’	黄绿色
G02	郁金樱	<i>C. serrulata</i> ‘Grandiflora’	淡黄绿色
G03	绿樱	<i>C.</i> ‘Green’	淡黄绿色

1.3 试验方法

1.3.1 嫁接成活率 每个品种采集150个接穗嫁接于砧木草樱上,嫁接2个月后调查樱花品种的成活率,以接穗萌芽长枝、嫁接口愈合为嫁接成活标准,计算公式为:成活率=成活的接穗数/嫁接接穗数 $\times 100\%$ 。

1.3.2 物候期调查 对樱花各品种的物候进行观测,各物候期节点每天观察1次,后期随着生长的进程,观测间隔延长到3~7 d 1次,每个区组各品种随机选取3~4株进行观测,取其平均值作为该品种的物候。其中,植株全年持绿期为植株叶片展叶期至叶变色期的天数。具体标准^[4]如下:

(1)萌动发芽期:植株的叶芽 $\geq 50\%$ 膨大,芽鳞松动,露出幼叶先端的日期;(2)展叶期:植株的叶芽 $\geq 50\%$ 从芽苞中发出对折状小叶,且有1~2枚小叶呈现展开状态的日期;(3)叶片变色期:植株的叶片中 $\geq 50\%$ 的叶片开始变黄的日期;(4)落叶期:植株的叶片 $\geq 30\%$ 产生离层正常脱落的日期为落叶始期, $\geq 95\%$ 叶片脱落的日期为落叶结束期。

1.3.3 病虫害调查 于病虫害多发的6月、9月对植物进行抗病虫害统计,设为3个抗性级别:(1)高抗型即一种樱花无性系中80%以上的植株表现出抗性;(2)中抗型即一种无性系中, $50\% < \text{抗性植株比率} \leq 80\%$;(3)低抗型即一种无性系中,抗性植株比率 $\leq 50\%$ 。

1.3.4 生长量调查 樱花萌动发芽后每隔30 d测量1次株高和基径,每个区组各品种随机选择3株,3次重复;株高用塔尺测量,精确到0.1 cm;基径即苗干靠近生长点5 cm处的直径,用游标卡尺测量,精确到0.01 cm。

1.4 数据处理

采用距连日序法将日期型数据转换为数值型数据^[14,18],气象资料来自中央气象台网站,同时记录每次测量的温度和湿度。初步处理和作图采用Excel软件,多元统计分析采用IBM SPSS Statistics 25统计软件。

2 结果与分析

2.1 樱花品种嫁接成活率和生长状况分析

通过对樱花品种苗的嫁接成活率调查(表2)发现,3种黄绿色系的樱花品种嫁接成活率均在90%以上;粉红色系品种中66%的品种嫁接成活率达85%以上,其中小松乙女樱、大提灯樱和阳光樱的嫁接成活率达100%。说明黄绿色品种和大部分粉红色品种的接穗与草樱砧木的亲合性较好,嫁接成活率较高。美国樱、朱雀樱和大寒樱的嫁接成活率较低,均低于60%,其中大寒樱的成活率仅为37.25%;说明其与草樱砧木的亲合性较差,草樱不适合作为这3种樱花的砧木。

樱花栽培中常见穿孔性褐斑病、叶枯病、根癌病、介壳虫、红蜘蛛、蚜虫等病虫害,一年中天气湿热高温的6—9月为樱花病虫害的高发季节。根据各品种抗病虫害的差异,将其分为高抗、中抗和低抗3个类型。调查发现,黄绿色系品种抗病虫能力较差,均为低抗型。粉红色系中高抗型樱花20种;中抗型4种,低抗型8种。

2.2 樱花品种嫁接苗物候特征分析

通过对樱花品种嫁接苗的物候观测(表3)得出,2017年2月23日—3月20日樱花叶芽陆续萌动,各品种间变异系数为10.90%,椿寒樱萌动发芽最早,其次是江户彼岸樱、苔清水樱、蝴蝶樱、朱雀樱、染井吉野樱和八重红大岛樱;豆樱叶芽萌动最晚,其次是杨贵妃樱和红鹤樱;其中,黄绿色系品种中绿樱萌动发芽最早,为3月6日。3月7日—4月10日各品种进入展叶期,椿寒樱展叶最早,豆樱展叶最迟,66%的品种展叶集中在3月20日—3月31日。樱花粉红色系品种于9月2日开始进入叶变色期,蝴蝶樱叶片变色最早,启翁樱和红笠樱叶片变色最迟,最早和最迟相差95 d;黄绿色系品种叶片于9月10日开始变色,御衣黄樱变色最早,绿樱叶片变色最迟,为11月10日;大部分品种叶片于9月20日—10月10日间变色。随着叶片变色期的来临,部分品种进入落叶始期,蝴蝶樱、大寒樱和御衣黄樱最早开始落叶,为9月15日;而中国樱花、大提灯樱、椿寒樱、红笠樱和启翁樱均于12月份才陆续开始落叶,其中,启翁樱落叶最迟,为12月20日。2017年11月20日—2018年1月5日各品种陆续完成落叶,大部分品种于12月份完成落叶;杭州早樱和朱雀樱于11月下旬完成落叶,山樱、菊枝垂樱、四季樱、红笠樱、启翁樱、大提灯和椿寒樱7个品种落叶完成较晚,集中在2018年1月2日—1月5日。通过观察各樱花品种的持绿期得出,品种

间变异系数为 14.46%;在杭州地区,蝴蝶樱的持绿期最短,仅为 161 d;其次是御衣黄樱、银河山樱和大寒樱;椿寒樱持绿期最长,达 269 d;黄绿色系品种中绿樱的持绿期最长,为 229 d。

表 2 不同樱花品种嫁接成活率及抗病虫性
Tab.2 The grafting rates and disease-resistance of cherry cultivars

编号 Number	嫁接成活率/% Survival rate of grafting	抗病虫性 Disease-resistance	编号 Number	嫁接成活率/% Survival rate of grafting	抗病虫性 Disease-resistance
P01	90.22	高抗	P19	96.43	低抗
P02	55.17	高抗	P20	98.82	高抗
P03	84.62	高抗	P21	75.31	中抗
P04	93.42	高抗	P22	75.00	高抗
P05	98.25	中抗	P23	88.89	高抗
P06	90.70	高抗	P24	86.05	低抗
P07	76.47	高抗	P25	86.73	低抗
P08	93.64	高抗	P26	37.25	高抗
P09	87.50	中抗	P27	83.33	低抗
P10	88.71	高抗	P28	100.00	高抗
P11	75.00	中抗	P29	52.27	高抗
P12	82.05	高抗	P30	100.00	低抗
P13	94.59	高抗	P31	97.41	低抗
P14	84.78	高抗	P32	85.71	低抗
P15	91.67	高抗	G01	97.56	低抗
P16	96.35	高抗	G02	92.31	低抗
P17	100.00	高抗	G03	98.39	低抗
P18	97.03	低抗			

2.3 樱花苗期生长特性及与物候、环境的关系

通过对品种苗期生长量的调查(表 4)发现,株高年生长量为 23.83~88.73 cm,平均为 39.01 cm;基径年生长为 4.00~16.26 mm,平均为 9.35 mm;各品种间差异极显著($P<0.01$)。粉红色品种中,染井吉野樱株高年生长量最大,达 88.73 cm;小松乙女樱基径年生长量最大,为 16.26 mm;十月樱年生长量最小。黄绿色品种中,御衣黄樱年生长量最大,绿樱最小。株高与基径的年生长量呈极显著正相关,相关系数为 0.749,可通过基径的年生长量快速预测株高的年生长量,其预测模型有待后续进一步的研究。樱花品种年生长量与各物候因子存在一定的相关性,基径年生长量与萌动发芽期和展叶期呈负相关,与叶变色、落叶期呈正相关,其中与展叶期的相关性呈极显著;株高与生长前期的 2 个物候因子呈负相关,与叶变色期、落叶结束期呈正相关,但相关系数较小,均低于 0.10。物候因子间,叶变色期与落叶始期的相关系数最大,达 0.998,呈极显著相关;其次是萌芽期与展叶期、叶变色期与落叶结束期、落叶始期与结束期,分别为 0.795、0.643 和 0.627。说明通过物候观测可初步推测各品种间年生长量的大小。

通过对樱花生长量、物候因子与环境因子的相关性(表 5)分析发现,株高月生长量与当月平均温度、露点温度、湿度和风速呈正相关,与气压和降水呈负相关;其中与温度、露点温度的相关系数分别为 0.850、0.842,呈极显著;与气压呈显著相关。基径与湿度的相关性最大,系数为-0.409,其次是气压和风速,但相关性均不显著。萌动发芽期与露点温度、湿度、降水呈显著正相关,展叶期与温度、露点温度显著正相关,萌动发芽期、展叶期均与气压呈显著负相关。叶变色期、落叶始期与气压呈极显著正相关,与温度、露点温度呈极显著负相关,相关系数均达 0.79 以上;另外,叶变色期还与风速显著相关,系数为

0.401;落叶始期与湿度极显著负相关。落叶结束期与各环境因子存在一定的相关性,但均不显著。综上所述,樱花各品种的生长量和物候受温度和露点温度的影响最大,其次是气压;说明除品种自身遗传因素外,樱花品种生长特性、物候特征受环境因素的影响。

表 3 不同樱花品种苗期物候相
Tab.3 The phenology of cherry in seedling stage

编号 Number	物候日期 Data of phenology					持绿期/d Stay green period
	萌动发芽期 Germination period	展叶期 Leaf-expansion period	叶变色期 Leaf discolorations period	落叶始期 Beginning abscission period	落叶结束期 Last abscission period	
P01	03-08	03-24	10-03	10-07	12-22	193
P02	03-06	03-26	10-15	10-24	12-08	203
P03	02-25	03-17	09-28	10-06	12-29	195
P04	02-25	03-25	09-02	09-15	12-18	161
P05	03-02	03-25	09-18	09-22	12-15	177
P06	03-01	03-22	10-08	10-13	01-02	200
P07	03-16	04-04	11-15	11-21	01-02	225
P08	03-05	03-20	11-21	12-06	12-31	246
P09	03-15	03-30	09-17	09-22	12-17	171
P10	03-07	03-30	12-06	12-13	01-02	251
P11	03-17	04-01	09-20	09-28	12-24	172
P12	03-02	03-20	09-25	09-28	12-30	189
P13	02-26	03-20	10-10	10-12	12-24	204
P14	03-01	03-22	12-06	12-20	01-03	259
P15	03-10	03-27	11-01	11-04	12-28	219
P16	02-24	03-31	09-27	09-30	12-01	180
P17	03-03	03-21	10-04	10-08	12-09	197
P18	03-05	03-27	09-26	10-05	12-18	183
P19	02-26	03-21	10-04	10-08	12-20	197
P20	02-23	03-07	12-01	12-06	01-05	269
P21	03-17	04-02	09-20	09-28	12-20	171
P22	03-06	04-04	09-14	09-16	12-20	163
P23	03-15	03-31	09-27	10-07	12-08	180
P24	03-20	04-10	10-06	10-15	12-16	179
P25	03-16	04-06	10-10	10-15	12-25	187
P26	03-10	03-27	09-10	09-15	12-05	167
P27	03-07	03-29	09-20	09-28	12-16	175
P28	03-14	04-02	11-28	12-06	01-05	240
P29	02-25	03-14	10-04	10-25	11-29	204
P30	03-01	03-19	09-26	09-29	12-04	191
P31	03-08	03-27	09-27	09-30	11-20	184
P32	03-09	03-30	10-30	11-17	01-02	214
G01	03-13	04-01	09-10	09-15	12-12	162
G02	03-15	03-28	09-15	09-21	12-06	171
G03	03-06	03-26	11-10	11-20	12-31	229

表 4 樱花品种株高基径年生长量
Tab.4 The annual growth of cherry cultivars

编号 Number	株高年生长量/cm Height of annual growth	基径年生长量/mm Basal diameter of annual growth	编号 Number	株高年生长量/cm Height of annual growth	基径年生长量/mm Basal diameter of annual growth
P01	61.00ab	12.49abc	P19	43.83bcde	7.36cde
P02	47.70bcde	10.84abcd	P20	53.50bcd	12.49abc
P03	27.00de	9.62bcde	P21	32.00bcde	8.64cde
P04	32.83bcde	8.99cde	P22	35.00bcde	9.00cde
P05	30.67cde	9.75bcd	P23	23.83e	4.00e
P06	38.67bcde	10.00bcd	P24	30.83cde	5.61de
P07	30.67cde	6.94cde	P25	44.67bcde	10.37bcd
P08	52.67bcde	10.57bcd	P26	38.33bcde	9.24cde
P09	40.17bcde	9.56bcde	P27	28.57de	7.11cde
P10	32.67bcde	9.97bcd	P28	28.17de	8.13cde
P11	50.17bcde	7.70cde	P29	27.00de	8.64cde
P12	30.83cde	10.28bcd	P30	41.33bcde	9.97bcd
P13	88.73a	15.04ab	P31	35.00bcde	8.24cde
P14	35.50bcde	10.88abcd	P32	24.50de	7.18cde
P15	40.67bcde	9.02cde	G01	39.17bcde	10.32bcd
P16	36.67bcde	8.66cde	G02	35.83bcde	10.20bcd
P17	59.00bc	16.26a	G03	29.83cde	6.13de
P18	38.50bcde	8.18cde			

表 5 物候、月生长量和环境因子的相关性
Tab.5 The correlation between monthly growth,phenology traits of cherry cultivars and environmental factors

性状 Trait	温度 Temperature	露点温度 Dew point	湿度 Humidity	风速 Wind speed	气压 Pressure	降水 Precipitation
株高月生长量 Height of monthly growth	0.850**	0.842**	0.039	0.068	-0.791*	-0.135
基径月生长量 Basal diameter of monthly growth	0.126	0.033	-0.409	-0.192	-0.281	-0.170
萌动发芽期 Germination period	0.331	0.541**	0.468**	0.027	-0.411*	0.418*
展叶期 Leaf-expansion period	0.613**	0.343*	-0.088	0.076	-0.425*	-0.146
叶变色期 Leaf discolorations satge	-0.861**	-0.833**	-0.177	-0.401*	0.797**	-0.126
落叶始期 Beginning abscission period	-0.942**	-0.934**	-0.596**	-0.208	0.826**	-0.058
落叶结束期 Last abscission period	-0.028	0.120	0.224	-0.021	-0.244	-0.191

*在 0.05 水平上显著相关,**在 0.01 水平上显著相关
* significant at 0.05 level,** significant at 0.01 level

2.4 不同樱花品种类型的划分

将物候因子和生长量因子转化为主成分进行分析(表6),得出第1主成分的特征值为2.74,方差贡献率为39.09%,是最重要的主成分;叶变色期、落叶始期在第1主成分上具有最高载荷,分别为0.76、0.74,其次是落叶结束期、展叶期和基径年生长量;其中萌动发芽期和展叶期与 $PC1$ 呈负相关。说明第1主成分主要反映了植物生长后期的物候特点及生长量特性。第2主成分的特征值为2.29,方差贡献率为32.69%,其中落叶始期、年生长量和叶变色期的载荷值较高。第3主成分的方差贡献率为15.64%,主要反映植物萌动、展叶的物候特点及部分生长量特性。前3个主成分累计贡献率达87.41%,已经将樱花品种物候、生长特性85%以上的信息反映出来,因此,可提取前3个主成分作为樱花品种物候、生长特性评价的指标。

为了更好的评价不同樱花品种物候、生长量的综合特性,根据提取的前3个主成分及各主成分的贡献率权重,得出不同品种的综合得分公式: $F=0.45F_1+0.37F_2+0.18F_3$ 。基于此公式对被试的粉红色及黄绿色系品种进行综合评价,并基于平方欧式距离进行聚类(图1)。当平方欧式距离为5.2时,35份樱花品种可以分类3类。第Ⅰ类包括四季樱、中国樱花、红笠樱、启翁樱、椿寒樱、大提灯樱6种樱花,其 F 值平均为1.04,此类品种相对萌芽、展叶早,叶变色、落叶迟,生长量大,为长生长期型品种。第Ⅱ类 F 值平均为0.47,此类品种物候相和生长量居中,包括绿樱、染井吉野樱、兼六园菊樱、普贤象樱和菊枝垂樱,为中间型品种。第Ⅲ类包含御衣黄樱、郁金香樱、蝴蝶樱、奈良八重樱、江户彼岸樱等24个品种, F 值平均为-0.36,这类品种萌芽、展叶相对较迟,叶变色、落叶早,为短生长期型。

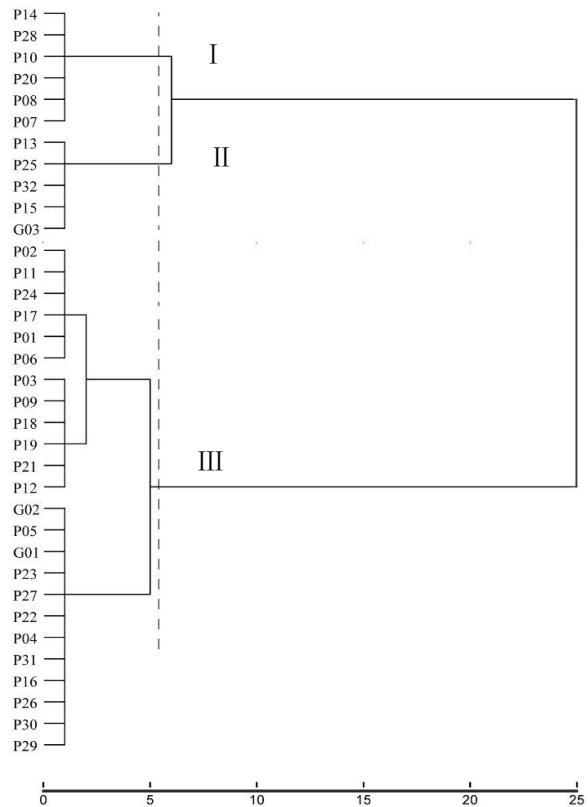


图1 基于平方欧式距离的樱花品种聚类分析

Fig.1 The cluster diagram of cherry cultivars based on square euclidean distance

表6 物候和生长量主成分贡献率和因子载荷矩阵

Tab.6 The distribution rate and factors load of principle components of the phenology traits and growth

性状 Trait	主成分 Principle component		
	PC1	PC2	PC3
萌动发芽期 Germination period	-0.54	0.54	0.56
展叶期 Leaf-expansion period	-0.66	0.52	0.44
叶变色期 Leaf discolorations satge	0.76	0.60	0.02
落叶始期 Beginning abscission period	0.74	0.62	-0.04
落叶结束期 Last abscission period	0.60	0.54	0.16
株高年生长量 Height of annual growth	0.46	-0.55	0.63
基径年生长量 Basal diameter of annual growth	0.57	-0.62	0.41
特征值 Eigenvalue	2.74	2.29	1.09
贡献率/% Contributive percentage	39.09	32.69	15.64
累积贡献率/% Cumulative contributive percentage	39.09	71.78	87.41

3 讨论

不同樱花品种的表型差异以自身的遗传为基础,受遗传和环境等因素的综合调控。物候差异反映

了植物对自然环境变化的适应,是各品种表型最直接的外在表现,进一步反映品种间生长周期的长短及生长量的大小^[19]。本研究以32种粉红色系和3种黄绿色系的樱花品种为研究对象,得出各品种间物候、生长量差异显著($P<0.01$)。各品种间物候相变异系数以萌动发芽期最大,为10.90%;叶变色期和落叶始期极差较大,分别为95 d、96 d;叶片持绿期变异系数为14.46%。不同品种叶芽萌动所需的积温不同,对外界温度的感受态存在差异,从而导致萌动发芽期变异系数较大;随着温度的逐渐升高,樱花生长发育加快,品种间变异系数逐渐变小;秋分之后温度逐渐降低,不同樱花品种对低温的适应能力不同,品种间落叶始期变异系数增大,极差变大。同时,品种间物候的差异与环境因子息息相关,其中受温度的影响最大,这与牡丹(*Paeonia suffruticosa*)^[18]、荚蒾属(*Viburnum* spp.)^[20]、黄花风铃木(*Handroanthus chrysanthus*)^[21]等植物的研究结论一致,说明造成品种间物候差异的主要原因是品种基因型的差异,其次是受温度、湿度、气压等环境因子的影响^[22-23]。

植物物候可反映品种间生长周期的长短,关系到有机物质的生产、消耗和积累,影响生物量的分配和积累^[24-25]。研究发现樱花品种年生长量与各物候因子存在一定的相关性,与萌动发芽期和展叶期呈负相关,与叶变色、落叶期呈正相关;其中,株高生长量与基径生长量、基径年生长量与展叶期的相关性均呈极显著。物候因子和生长量因子间彼此相关,根据单一因子的排序无法准确评价品种间性状差异。研究中将5个物候因子和2个生长量因子转化成7个主成分进行分析,提取前3个主成分作为樱花品种物候、生长特性评价的指标,其主成分累计贡献率达87.41%。根据3个主成分的贡献率权重计算各品种的综合得分,基于平方欧式距离将35个品种分为长生长期型、中间型和短生长期型3类。因此,物候可作为筛选速生优株、预测生物量、预测杂草发生、植物系统分类等研究的重要指标之一,已在柳树(*Salix*)^[4]、杨树(*Populus*)^[5]、木棉(*Bombax malabaricum*)^[26]、紫丁香(*Syringa oblata*)^[27]等植物的研究中得到应用。综上,今后在樱花栽培和选育过程中,可根据不同类型品种的物候差异因地制宜地安排栽培管理,提高工作效率,缩短育种周期。

参考文献:

- [1] Li C L, Bruce B. Flora of China. Volume 9: Pittosporaceae through Connaraceae [M]. Beijing: Science Press, 2003: 404-420.
- [2] 中国科学院中国植物志编委会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1986: 41-87.
Flora of China editorial committee of Chinese academy of sciences. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 1986: 41-87.
- [3] 韦直, 何业祺. 浙江省植物志 [M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1993: 239-252.
Wei Z, He Y Q. Flora of Zhejiang Province [M]. Hangzhou: Zhejiang science and technology Press, 1993: 239-252.
- [4] 蒋冬月, 钱永强, 李振坚, 等. 柳树无性系在北京地区的苗期生态适应性 [J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(4): 17-23.
Jiang D Y, Qian Y Q, Li Z J, et al. Ecological adaptability of *Salix* clones in Beijing [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2015, 43(4): 17-23.
- [5] 杨杉, 樊孝萍, 苏晓华, 等. 南方型美洲黑杨种质资源物候期特征 [J]. 东北林业大学学报, 2017, 45(7): 7-11.
Yang S, Fan X P, Su X H, et al. Phenological character of southern type of *Populus deltoides* germplasm [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2017, 45(7): 7-11.
- [6] Andresen C G, Tweedie C E, Loughheed V L. Climate and nutrient effects on Arctic wetland plant phenology observed from phenocams [J]. Remote Sensing of Environment, 2018, 205: 45-55.
- [7] Cortés-flores J, Hernández-esquivel K B, González-rodríguez A, et al. Flowering phenology, growth forms, and pollination syndromes in tropical dry forest species: influence of phylogeny and abiotic factors [J]. American Journal of Botany, 2017, 104(1): 39-49.
- [8] 许静, 翟梅枝, 肖志娟, 等. 不同核桃品种物候期变化及其对气温的响应 [J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(2): 69-72.
Xu J, Zhai M Z, Xiao Z J, et al. Phenological-phase variation of different walnut cultivars and its responses to air temperature [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2014, 42(2): 69-72.
- [9] 杨晓东, 姬盼盼, 热依沙, 等. 31种木本植物开花物候与系统发育的关系 [J]. 生态学报, 2018, 38(3): 1003-1015.
Yang X D, Ji P P, Re Y S, et al. Relationship between flowering phenology and phylogeny in 31 woody plants of Urumqi, Xinjiang [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(3): 1003-1015.
- [10] 张德顺, 刘鸣. 上海木本植物早春花期对城市热岛效应的时空响应 [J]. 中国园林, 2017, 33(1): 72-77.
Zhang D S, Liu M. The temporal and spatial flowering response of early spring woody plants to the urban heat island effect in Shanghai [J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(1): 72-77.
- [11] 谭秀梅, 段晓梅, 樊国盛, 等. 冬樱花物候及观赏期观测 [J]. 山东林业科技, 2008, 38(1): 18-20.

- Tan X M, Duan X M, Fan G S, et al. The phenology and display season of *Cerasus cerasoides* [J]. Journal of Shandong Forestry Science and Technology, 2008, 38(1): 18-20.
- [12] 黄俊婷. 福建山樱花开花物候特性[J]. 福建林业科技, 2014, 41(3): 121-124.
- Huang J T. Flowering phenology characters of *Cerasus campanulata* Maxim [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2014, 41(3): 121-124.
- [13] 张爱英, 张建华, 高迎新, 等. SW 物候模型在北京樱花始花期预测中的应用[J]. 气象科技, 2015, 43(2): 309-313.
- Zhang A Y, Zhang J H, Gao Y X, et al. Prediction of first flowering date of *Prunus discoidea* in Beijing Yuyuantan Park using phenological model [J]. Meteorological Science and Technology, 2015, 43(2): 309-313.
- [14] 陈正洪, 肖玫, 陈璇. 樱花花期变化特征及其与冬季气温变化的关系[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5209-5217.
- Chen Z H, Xiao M, Chen X. Change in flowering dates of Japanese cherry blossoms (*P. yedoensis* Mats.) in Wuhan university campus and its relationship with variability of winter temperature [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5209-5217.
- [15] 况红玲, 王燕, 王昆, 等. 14 个日本引进樱花品种在武汉地区的生长及开花物候期观测初报[J]. 绿色科技, 2014, 1(7): 43-45.
- Kuang H L, Wang Y, Wang K, et al. Preliminary study of the growth and development and flowering phenology period in Wuhan of 14 oriental cherry varieties introduced from Japan [J]. Journal of Green Science and Technology, 2014, 1(7): 43-45.
- [16] 罗佳. 陕西杨凌近 30 年来日本樱花花期的演变及其指示意义[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(11): 165-170.
- Luo J. Evolution of the florescence of Japanese flowering cherry and its indication meanings in the last 30 years in Yangling Shanxi [J]. Journal of Northwest Agricultural and Forestry University (Natural Science Edition), 2007, 35(11): 165-170.
- [17] 叶宏宝, 石晓燕, 李冬, 等. 浙江省农业气候资源时空变化特征研究[J]. 浙江农业学报, 2014, 26(4): 1021-1030.
- Ye H B, Shi X Y, Li D, et al. Spatiotemporal characteristics of agricultural climate resources in Zhejiang Province [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2014, 26(4): 1021-1030.
- [18] 于梦, 赵蕊, 王崇章, 等. 牡丹物候期观测及温湿度相关性分析[J]. 北方园艺, 2017, 1(1): 70-75.
- Yu M, Zhao R, Wang C Z, et al. Correlation analysis on phenology of tree peony and temperature and humidity [J]. Northern Horticulture, 2017, 1(1): 70-75.
- [19] 王连喜, 陈怀亮, 李琪, 等. 植物物候与气候研究进展[J]. 生态学报, 2010, 30(2): 447-454.
- Wang L X, Chen H L, Li Q, et al. Research advances in plant phenology and climate [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(2): 447-454.
- [20] 许聪聪, 崔洪霞, 石雷, 等. 荚蒾属植物花期物候对春季异常气象事件的响应[J]. 植物学报, 2017, 52(3): 297-306.
- Xu C C, Cui H X, Shi L, et al. Response of flowering phenology of *Viburnum* to abnormal meteorological events [J]. Bulletin of Botany, 2017, 52(3): 297-306.
- [21] 张静, 廖绍波, 孙冰, 等. 观赏树种黄花风铃木花期物候与花形态[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(4): 759-764.
- Zhang J, Liao S B, Liu B, et al. Flowering phenology and flower morphology of *Handroanthus chrysanthus* [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2017, 34(4): 759-764.
- [22] Zhang X, Friedl M A, Schaaf C B, et al. Climate controls on vegetation phenological patterns in northern mid- and high latitudes inferred from MODIS data [J]. Global Change Biology, 2010, 10(7): 1133-1145.
- [23] Marchese C, Albouy C, Tremblay J É, et al. Changes in phytoplankton bloom phenology over the North Water (NOW) polynya: a response to changing environmental conditions [J]. Polar Biology, 2017, 40(9): 1-17.
- [24] 师桂花, 季晓丽, 陈素华. 气候变化对典型草原糙隐子草物候期和产量的影响[J]. 中国草地学报, 2017, 39(1): 42-49.
- Shi G H, Ji X L, Chen S H. Effects of climate change on phenophase and yield of *Cleistogenes squarrosa* in Xilinguole typical grassland [J]. Chinese Journal of Grassland, 2017, 39(1): 42-49.
- [25] 赖猛, 孙晓梅, 张守攻. 日本落叶松及其杂种无性系间的物候变异与早期选择[J]. 林业科学, 2014, 50(7): 52-57.
- Lai M, Sun X M, Zhang S G. Phenological variation of *Larix kaempferi* and its hybrid clones and early selection [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(7): 52-57.
- [26] 刘佳琦, 曾影, 夏莹, 等. 利用观赏植物物候预测草坪杂草发生[J]. 草地学报, 2016, 24(2): 400-408.
- Liu J Q, Zeng Y, Xia Y, et al. Using ornamental plant phenology to predict weed emergence in turf [J]. Acta Agrestia Sinica, 2016, 24(2): 400-408.
- [27] 李荣平, 张晓月, 李晶. 气候变化背景下紫丁香花期物候特征及其模拟研究[J]. 北方园艺, 2018, 1(1): 109-113.
- Li R P, Zhang X Y, Li J. Flowering phenology characteristics and simulation of *Lilacs* under climate change [J]. Northern Horticulture, 2018, 1(1): 109-113.