

doi:10.11937/bfyy.20183567

樱花红色系品种苗期生长特性及变异规律分析

沈鑫¹, 卢刚¹, 柳新红¹, 陈雅静¹, 邹宜含¹, 蒋冬月^{1,2}

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要:以 33 种红色系樱花品种为试验材料,通过观测其在杭州地区的嫁接成活率、物候和生长情况,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,以期探究红色系樱花品种在杭州地区的物候、生长特性及变异规律,为今后引种驯化、栽培管理提供依据。结果表明:33 种红色系品种中 26 种樱花的嫁接成活率达 85% 以上;22 种樱花为高抗型品种,“旭山”樱、“花笠”樱、“河津”樱等品种表现出较好的适应性。各品种间物候存在丰富的变异,叶芽萌动期在品种间变异系数最大,为 11.69%;落叶始期极差最大,达 96 d;叶片持绿期变异系数为 11.10%。物候因子、生长因子及二因子之间均具有相关性;生长因子与萌动期、展叶期呈负相关,与叶变色期、落叶期呈正相关。根据主成分分析的方法,将 5 个物候因子和 2 个生长量因子综合为 3 个主成分,根据主成分值将 33 个红色系品种分为 4 类,分别为短生长期型、长生长期型、早物候型和中间型。

关键词:樱花;物候期;生长;主成分分析

中图分类号:S 685.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2019)07-0085-09

植物的生长是遗传因子和环境因子综合作用的结果,不同品种在特定环境下的季节生长模式

第一作者简介:沈鑫(1986-),男,博士,助理研究员,研究方向为林木育种。E-mail:shenxinjd@126.com.

责任作者:蒋冬月(1988-),女,博士,助理研究员,研究方向为园林植物应用。E-mail:JDYzjforestry@163.com.

基金项目:浙江省属科研院所扶持专项资助项目(2017F30017,2016F50024);浙江省十三五林木新品种选育资助项目(2016C02056-12)。

收稿日期:2018-12-19

反映出它们的遗传性和适应性差异;其中,物候期的差异是植物生长特性最直接的外在表现^[1]。物候是植物萌芽、展叶、抽梢、开花、结实、落叶、休眠等物候相的周期现象对气候年周期性变化的适应性反应^[2-3]。物候是季节来临早晚的指示器,它主要通过观测和记录一年中植物的生长荣枯,探索植物生长发育的周期性规律,及其与环境因子的关系,进而了解气候的变化规律对植物的影响^[4]。近年来,许多植物受到全球气候变暖的影响,物候期也随之改变,主要特征为展叶期提前、落叶期推

had no effect on anthocyanin in *P. serrulata* leaves spraying Zn. Several enzymes in anthocyanin synthesis were affected by different microelement treatments. Among phenylalanine ammonialyase (PAL), chalcone isomerase (CHI), dihydroflavonol 4-reductase (DFR) and UDP glucose flavonoid glucosyltransferase(UFGT), the change of DFR and CHII activities were basically consistent with anthocyanin. PAL activity was the most significantly promoted by 0.2% Fe solution and 0.2% Zn solution. 4% P, 0.2% Mn and 0.2% Zn had the most significant effect on the CHI activity. The DFR and CHI activities after spraying B and Fe, and the activities were significantly higher than CK, which suggested DFR and CHI initiated the synthesis of anthocyanins.

Keywords: microelement; *Photinia serrulata*; anthocyanin; enzyme activity

后、花期推迟、生长季延长等^[5];植物物候的改变会对生态、农业、森林、食物供给、人类健康等造成广泛的影响。研究植物的物候规律,掌握其生长特性既可以为植物引种提供科学依据,又可为优异资源筛选、遗传改良提供参考,是植物育种的重要研究内容之一。樱花作为早春开花的优良景观树种,花期多为2—5月,少数为11月至翌年1月,属蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)樱属(*Cerasus*)典型樱亚属(Subg. *Cerasus*)^[6];樱花花色丰富,花朵数量极多,具有良好的景观效果。如何快速了解不同樱花品种苗期的生长特性及物候规律,探究其对环境因子的响应,是合理引种、开发利用樱花资源首要解决的问题之一。对于樱花物候的观测与研究最早始于日本,从公元9世纪日本就已经开始了对樱花物候的观测和记录,并将这些数据用于了解春季气候的变化^[7]。有研究发现,环境差异与染井吉野开花物候具有显著的相关性^[8];国内学者对于樱花物候的研究主要集中于染井吉野(*Cerasus* × *yedoensis* ‘Somei-yoshino’)^[9]、冬樱花(*Cerasus cerasoides*)^[10]、福建山樱花(*Cerasus campanulata*)^[11]等少数品种在北京^[12]、武汉^[13-14]、杨凌^[15]等地区的观测。尽管如此,对于樱花苗期的物候研究仍鲜有报道;而苗期的物候是育种者引种、驯化、栽培樱花的基础。因此,该研究以33种红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,同时为花期预测、新品种选育提供科学依据。

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1710~2100h;空气湿润,年平均相对湿度76%~81%;雨量充沛,年平均雨量在980~2000mm;无霜期199~328d^[16]。

1.2 试验材料

2015年12月采集33种红色系樱花品种(表1)树冠上部生长健壮、叶芽饱满、直径为0.5~1.0cm的1年生枝条,将其剪成长4~5cm的接穗,每个接穗上保留1个饱满的叶芽。同时将直径为1.0cm的1年生草樱枝条截成长10cm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35min喷10s;每10d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;练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200cm×300cm,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,每667m²地添加60~70kg油饼。

表1 33种红色系樱花品种

Table 1 List of thirty-three cherry cultivars with red flowers

编号 Number	中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name	花色 Flower color	来源 Source
R01	“旭山”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Asahiyama’	淡紫红色	武汉东湖樱花园
R02	“红山”樱	<i>C.</i> ‘Redhill’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R03	“四明山”樱	<i>C.</i> ‘Simingmountain’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R04	“菊”樱	<i>C. lannesiana</i> ‘Chrysanthemoides’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R05	“花笠”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Hanagasa’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R06	“河津”樱	<i>C.</i> × <i>kanzakura</i> ‘Kawazu-zakura’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R07	“三岛富士”樱	<i>C. jamasakura</i> ‘Mishima-fujimizakura’	淡紫红色	胶南市明桂圆艺场
R08	“八重红枝垂”樱	<i>C. spachiana</i> ‘Plena Rosea’	淡紫红色	浙江浦江县雨露苗木场
R09	“松前早咲”樱	<i>C.</i> × <i>sieboldii</i> ‘Matsumae-hayazaki’	淡紫红色	云南万家红园艺有限公司
R10	“福祿寿”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Contorta’	淡紫红色	武汉法雅园林集团
R11	“仙台屋”樱	<i>C. jamasakura</i> ‘Sendaiya’	淡紫红色	武汉法雅园林集团

表 1(续)
Table 1(Continued)

编号 Number	中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name	花色 Flower color	来源 Source
R12	“御殿场”樱	<i>C. × incisa</i> ‘Gotenba-zakura’	淡紫红色	武汉法雅园林集团
R13	“系括”樱	<i>C. lannesiana</i> ‘Fasciculata’	淡紫红色	武汉法雅园林集团
R14	“神代曙”樱	<i>C. spachiana</i> ‘Jindai-akebono’	淡紫红色	上海植物园
R15	“御车返”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Mikurumakaishi’	淡紫红色	上海植物园
R16	“红丰”樱	<i>C. × sieboldii</i> ‘Beni-yutaka’	淡紫红色	上海植物园
R17	“大渔”樱	<i>C. × kanzakura</i> ‘Tairyo-zakura’	淡紫红色	上海植物园
R18	云南冬樱花	<i>C. cerasoides</i>	红色	云南万家红园艺有限公司
R19	“改良”云南冬樱花	<i>C. cerasoides</i> ‘Improvement’	红色	云南万家红园艺有限公司
R20	“重瓣”云南冬樱花	<i>C. cerasoides</i> ‘Doublepetal’	红色	云南万家红园艺有限公司
R21	福建山樱花	<i>C. campanulata</i>	玫红色	胶南市明桂园艺场
R22	“台湾牡丹”樱	<i>C. campanulata</i> ‘Taiwan’	玫红色	云南万家红园艺有限公司
R23	“红粉佳人”樱	<i>C.</i> ‘Pinklady’	玫红色	福建仙居山股份有限公司
R24	“牡丹”樱	<i>C. campanulata</i> ‘Polypetalus’	玫红色	上海植物园
R25	“寒绯”樱	<i>C. campanulata</i>	深红色	胶南市明桂园艺场
R26	“台湾寒绯”樱	<i>C. campanulata</i> ‘Taiwan’	深红色	福建仙居山股份有限公司
R27	“红绯衣”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Matsumae-benihigoromo’	紫红色	胶南市明桂园艺场
R28	“红华”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Kouka’	紫红色	胶南市明桂园艺场
R29	“紫荆”樱	<i>C. cerasoides</i> ‘Cercis’	紫红色	云南万家红园艺有限公司
R30	“麒麟”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Kirin’	紫红色	云南万家红园艺有限公司
R31	“红时雨”樱	<i>C. lannesiana</i> ‘Beni-shigure’	紫红色	上海植物园
R32	“关山”樱	<i>C. serrulata</i> ‘Kanzan’	紫红色	武汉法雅园林集团
R33	“雅”樱	<i>C.</i> ‘Miyabi’	紫红色	武汉法雅园林集团

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×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一次,后期随着生长的进展,观测间隔延长到 3~7 d 一次,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。具体标准如下^[17]。叶芽萌动期:植株的叶芽≥50%膨大,芽鳞松动,露出幼叶先端的日期。展叶期:植株的叶芽≥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。叶片变色期:植株的叶片中≥50%的叶片开始变黄的日期。落叶期:植株的叶片≥30%产生离层正常脱落的日期为落叶始期,≥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、9 月对植物进行抗病虫性

统计,设为 3 个抗性级别:高抗型即一种樱花无性系中 80%以上的植株表现出抗性;中抗型即一种无性系中,50%<抗性植株比率≤80%;低抗型即一种无性系中,抗性植株比率≤50%。

1.3.4 生长量调查

樱花萌动发芽后每隔 30 d 测量一次株高和基径,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 数据分析

采用距连日序法将日期型数据转换为数值型数据^[13],气象资料来自中央气象台网站(<http://www.nmc.cn>)和浙江杭州城市森林生态系统国家定位观测研究站。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

通过对樱花各品种接穗嫁接于草樱上的成活

率调查发现(表2),79%的红色系品种嫁接成活率较高,均在85%以上,其中“旭山”樱、“红山”樱、“花笠”樱、“河津”樱、“三岛富士”樱、“麒麟”樱等9种樱花的嫁接成活率达100.00%,说明大部分红色系品种以草樱为砧木进行嫁接繁殖较容易,品种接穗和砧木亲和性较好。“红丰”樱、“红绯衣”樱、“改良”云南冬樱花及“松前早咲”樱的嫁接成活率较低,均低于70%,推测导致这4种樱花品种嫁接成活率低的原因可能是其接穗和砧木的亲和性较差^[18]。

表2 樱花品种嫁接成活率及抗病虫情况

Table 2 The grafting rates and disease-resistance of cherry cultivars

编号 Number	嫁接成活率 Grafting survival rate/%	抗病虫性 Disease resistant	编号 Number	嫁接成活率 Grafting survival rate/%	抗病虫性 Disease- resistant
R01	100.00	高抗	R18	95.40	高抗
R02	100.00	低抗	R19	63.64	高抗
R03	100.00	中抗	R20	92.31	高抗
R04	98.73	低抗	R21	95.83	高抗
R05	100.00	高抗	R22	87.80	低抗
R06	100.00	高抗	R23	100.00	高抗
R07	100.00	低抗	R24	77.17	中抗
R08	96.75	高抗	R25	100.00	低抗
R09	62.07	低抗	R26	95.49	中抗
R10	95.56	高抗	R27	64.58	高抗
R11	97.06	高抗	R28	96.03	高抗
R12	95.04	高抗	R29	96.43	高抗
R13	70.09	高抗	R30	100.00	中抗
R14	85.38	高抗	R31	82.61	高抗
R15	87.50	中抗	R32	98.00	高抗
R16	66.67	高抗	R33	93.02	高抗
R17	85.00	高抗			

夏季天气湿热高温,是樱花病虫害的高发季节;其中,穿孔性褐斑病、叶枯病、根癌病、介壳虫、红蜘蛛、蚜虫等病虫时有发生。调查发现(表2),33个品种中“八重红枝垂”樱、“福禄寿”樱、“仙台屋”樱、“改良”云南冬樱花、云南冬樱花重瓣和“神代曙”樱6个品种在生长发育过程中没有发生病虫害,抗性最好。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;高抗型樱花品种22种,中抗型5种,低抗型6种。其中,“红山”樱、“菊”樱、“三岛富士”樱、“松前早咲”樱、“台湾牡丹”樱和“寒绯”樱抗病虫害的能力较差。

2.2 不同樱花品种苗期物候特征分析

通过对红色系品种嫁接苗的物候观测发现,各品种间存在一定差异(表3)。2017年2月15日至3月20日不同品种的叶芽陆续萌动,“河津樱”的叶芽最早萌动,其次是“寒绯”樱、“台湾牡丹”樱、“菊”樱、“御车返”樱和“三岛富士”樱;“系括”樱叶芽萌动最晚,55%的品种在3月3—10日萌动发芽,各品种间变异系数为11.69%。3月5日至4月6日各品种进入展叶期,“寒绯”樱展叶最早,“系括”樱、“红华”樱和“麒麟”樱展叶最迟,70%的红色系品种展叶集中在3月20—30日。9月10日,樱花品种开始进入叶变色期,品种间叶变色期差异较大,最早和最迟相差87d;其中“四明山”樱叶片变色最早,云南冬樱花叶片变色最晚,为12月6日;红色系品种叶变色期主要集中于9月15—28日。随着叶片变色期的来临,部分品种进入落叶始期,“四明山”樱、“菊”樱、“松前早咲”樱、“紫荆”樱、“麒麟”樱、“雅”樱等14个品种于9月28日前均进入落叶始期;而云南冬樱花和“改良”云南冬樱花于12月相继进入落叶始期。2017年10月15日至2018年1月2日各品种陆续完成落叶,其中,“红山”樱和“三岛富士”樱最早完成落叶,“云南冬樱花”品系、“红华”樱、“河津”樱和“御殿场”樱最迟结束落叶。通过观察各红色系樱花品种的持绿期发现,在杭州地区,“麒麟”樱和“红华”樱持绿期最短,为167d;云南冬樱花较其延长89d,持绿期达最长,各品种间变异系数达11.10%。

2.3 樱花品种苗期生长量及其与环境因子的关系

通过对红色系品种苗期生长量的调查发现(表4),株高年生长量为24.67~70.67cm,平均为38.66cm;基径年生长为4.86~18.43mm,平均为9.68mm;各品种间差异极显著($P < 0.01$)。33个品种中云南冬樱花株高年生长量最大,其次是“改良”云南冬樱花和“仙台屋”樱,均大于60cm;“红山”樱最小,其次是“神代曙”樱、“关山”樱、“雅”樱、福建山樱花和“四明山”樱,均低于30cm;株高年生长量与樱花持绿期呈极显著正相关,相关系数为0.58。“重瓣”和“改良”云南冬樱花的基径年生长量均大于18mm,“神代曙”樱

表 3 樱花品种苗期物候
Table 3 The phenology of cherry in seedling stage

编号 Number	物候日期 Data of phenology/(月-日)					持绿期 Stay green period/d
	叶芽萌动期 Germination	展叶期 Leaf expansion	叶变色期 Leaf discolorations	落叶始期 Beginning abscission	落叶结束期 Last abscission	
	period	period	period	period	period	
R01	03-14	04-04	10-04	10-07	12-16	183
R02	03-05	03-27	09-15	09-19	10-15	172
R03	03-08	03-25	09-10	09-15	11-10	169
R04	02-25	03-20	09-14	09-16	12-11	178
R05	03-07	03-29	09-20	09-28	12-13	175
R06	02-15	03-12	09-28	10-06	12-25	200
R07	02-27	03-20	09-16	09-19	10-15	180
R08	03-04	03-26	10-10	10-14	12-10	198
R09	03-05	03-20	09-14	09-16	11-17	178
R10	03-16	04-02	10-07	10-11	12-08	188
R11	03-06	03-27	09-27	09-30	12-23	184
R12	03-04	03-28	10-30	11-02	12-29	216
R13	03-20	04-06	10-16	10-20	12-12	193
R14	03-18	03-30	11-16	11-21	12-20	231
R15	02-26	03-24	09-20	09-28	12-21	180
R16	03-19	04-03	10-09	10-11	12-08	189
R17	03-05	03-27	09-27	10-03	12-21	184
R18	03-10	03-25	12-06	12-20	01-02	256
R19	03-05	03-21	12-01	12-06	12-25	255
R20	03-07	03-26	09-28	10-05	12-28	186
R21	03-13	03-31	09-29	10-06	12-23	182
R22	02-24	03-15	09-27	10-06	12-01	196
R23	03-07	03-25	10-02	10-06	12-22	191
R24	03-10	03-25	10-15	10-18	11-21	204
R25	02-20	03-05	09-19	09-28	11-21	198
R26	03-03	03-20	09-20	09-25	12-22	184
R27	03-01	03-27	09-17	09-21	12-20	174
R28	03-16	04-06	09-20	09-28	12-25	167
R29	03-05	03-20	09-15	09-18	12-23	179
R30	03-15	04-06	09-20	09-24	12-06	167
R31	03-03	03-29	09-28	10-08	12-24	183
R32	03-10	03-30	10-07	10-13	11-20	191
R33	03-04	03-27	09-20	09-24	11-15	177

表 4 樱花品种的年生生长量
Table 4 The annual growth of cherry cultivars

编号 Number	株高年生生长量 Height of annual growth/cm	基径年生生长量 Basal diameter of annual growth/mm	编号 Number	株高年生生长量 Height of annual growth/cm	基径年生生长量 Basal diameter of annual growth/mm
R01	41.00bcdefg	11.54bcd	R18	70.67a	13.65abc
R02	24.67g	7.38cde	R19	62.33ab	18.29a
R03	29.00efg	9.91bcde	R20	35.33defg	18.43a
R04	35.93defg	6.39de	R21	28.87efg	8.40bcde
R05	35.20defg	11.13bcde	R22	41.70bcdefg	7.34cde
R06	43.83bcdefg	10.96bcde	R23	38.23bcdefg	11.59bcd
R07	31.83defg	8.14bcde	R24	33.17defg	5.43de
R08	55.83abcd	10.17bcde	R25	36.67cdefg	10.11bcde
R09	36.33cdefg	10.65bcde	R26	40.83bcdefg	13.81abc
R10	33.33defg	6.76de	R27	33.67defg	6.79de
R11	61.67abc	8.23bcde	R28	40.00bcdefg	8.60bcde
R12	51.00abcdef	10.29bcde	R29	52.00abcde	10.01bcde
R13	36.17cdefg	6.85de	R30	35.67defg	8.91bcde
R14	25.77fg	4.86e	R31	32.83defg	11.76bcd
R15	31.33defg	7.78cde	R32	27.17efg	6.87de
R16	35.50defg	8.96bcde	R33	27.50efg	4.92e
R17	30.67defg	14.59ab			

注:不同字母表示在 0.01 水平差异极显著。
Note: Different letters mean significant difference at 0.01 level.

和“雅”樱均低于 5 mm;基径年生长量与株高年生长量呈极显著正相关,系数为 0.45,与持绿期相关系数为 0.31;说明樱花年生长量与叶片持绿期相关,可通过持绿期长短预测樱花的年生长量。

不同樱花品种的生长量和物候的差异以其自身的遗传为基础,受遗传和环境等因素的综合调控^[19]。通过分析樱花品种株高和基径月生长量与当月平均温度、露点温度、湿度等环境因子的相关性得出(表 5),株高的月生长量与当月平均温度、露点温度呈极显著正相关,相关系数分别为 0.904、0.860;与当月平均气压呈极显著负相关;

基径的月生长量与温度、露点温度呈正相关,与湿度、风速、气压和降水呈负相关,但相关性均不显著。对各品种物候期与物候期当日的温度、湿度、风速等环境因子进行相关分析发现叶芽萌动期主要与露点温度、湿度和降水显著相关,与降水的相关系数为 0.482,呈极显著;展叶期与温度呈极显著相关,系数达 0.718,与湿度呈显著负相关;叶变色期、落叶始末期与气压呈显著或极显著正相关,而与温度、露点温度呈极显著负相关,相关系数均达 0.67 以上;落叶始期与湿度呈显著负相关,落叶结束期与湿度、风速和降水均极显著相关。

表 5 樱花生长量、物候与环境因子的关系

Table 5 The correlation between the biomass, phenology traits of cherry cultivars and environmental factors

性状 Trait	温度 Temperature	露点温度 Dew point temperature	湿度 Humidity	风速 Wind speed	气压 Pressure	降水 Precipitation
株高月生长量 Height of monthly growth	0.904 **	0.860 **	-0.081	0.076	-0.922 **	0.082
基径月生长量 Basal diameter of monthly growth	0.164	0.114	-0.192	-0.258	-0.317	-0.060
叶芽萌动期 Germination period	0.092	0.392 *	0.381 *	0.104	-0.229	0.482 **
展叶期 Leaf expansion period	0.718 **	0.175	-0.398 *	0.003	-0.177	-0.183
叶变色期 Leaf discolorations period	-0.837 **	-0.777 **	-0.134	-0.301	0.810 **	-0.074
落叶始期 Beginning abscission period	-0.926 **	-0.931 **	-0.386 *	-0.243	0.887 **	-0.028
落叶结束期 Last abscission period	-0.684 **	-0.674 **	-0.533 **	-0.624 **	0.400 *	-0.551 **

注: * 在 0.05 水平上显著相关; ** 在 0.01 水平上显著相关。下同。

Note: * Significant at 0.05 level; ** Significant at 0.01 level. The same as below.

2.4 樱花品种物候与生长量的关系

采用距连日序法将物候期转换为数值型数据与生长量因子进行相关分析(表 6),结果表明,各物候因子间彼此正相关,叶变色期与落叶始期,叶芽萌动期与展叶期呈极显著相关,相关系数分别为 0.993、0.863;生长因子间呈极显著正相关,系

数为 0.446。生长因子与叶芽萌动期、展叶期呈负相关,与叶变色期、落叶始期和落叶结束期呈正相关;其中,株高年生长量与生长后期的 3 个物候因子相关性呈极显著,基径生长量与落叶结束期相关性呈显著相关。说明叶芽萌动、展叶越早,叶片变色、落叶越迟,株高和基径的年生长量越大。

表 6 樱花物候和生长量的相关系数矩阵

Table 6 The correlation of the phenology and the biomass of cherry cultivars

性状 Trait	叶芽萌动期 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	株高年生长量 Height of annual growth	基径年生长量 Basal diameter of annual growth
叶芽萌动期 Germination period	1.000						
展叶期 Leaf expansion period	0.863 **	1.000					
叶变色期 Leaf discolorations period	0.319	0.140	1.000				
落叶始期 Beginning abscission period	0.280	0.109	0.993 **	1.000			
落叶结束期 Last abscission period	0.115	0.165	0.394 *	0.417 *	1.000		
株高年生长量 Height of annual growth	-0.109	-0.182	0.520 **	0.523 **	0.485 **	1.000	
基径年生长量 Basal diameter of annual growth	-0.133	-0.183	0.252	0.279	0.416 *	0.446 **	1.000

2.5 红色系樱花品种不同类型的划分

为综合分析樱花各品种的物候特征和生长特性,将5个物候因子和2个生长量因子转化为7个主成分进行分析。结果显示,第1主成分的特征值为2.99,方差贡献率为42.77%,是最重要的主成分;其中,叶变色期、落叶始期在第1主成分上具有最高载荷,为0.90,其次是株高年生长量、落叶结束期和基径年生长量。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2.03,方差贡献率为29.03%,叶芽萌动期和展叶期具有较高的载荷,分别为0.89、0.91;说明第2主成分主要反映了生长前期的物候特点。第3主成分的方差贡献率为13.12%,累计贡献率达84.92%,已经将樱花品种物候、生长特性80%以上的信息反映出来,因此,可提取前3个主成分作为红花系品种物候、生长特性评价的综合指标。

根据主成分值将33个红色系品种分为4类(图1),第Ⅰ类包括“旭山”樱、“福禄寿”樱、“系括”樱等10个品种,这些品种萌芽、展叶迟,叶变色、落叶早,年生长量小,为短生长期型。第Ⅱ类

包括云南冬樱花和“改良”云南冬樱花,其萌芽、展叶早,叶变色、落叶迟,生长量大,为长生长期型。第Ⅲ类包括“河津”樱、“台湾牡丹”樱和“寒绯”樱,其萌芽、展叶早,叶变色、落叶早,为早物候型。第Ⅳ类为中间型,包括“红山”樱、“菊”樱、“花笠”樱、“仙台屋”樱等18个品种。

表7 物候和生长量主成分贡献率和因子载荷矩阵

Table 7 The distribution rate and factors load of principle components of the phenology traits and biomass

性状 Trait	主成分 Principle component		
	PC1	PC2	PC3
叶芽萌动期 Germination period	0.32	0.89	0.10
展叶期 Leaf expansion period	0.20	0.91	0.28
叶变色期 Leaf discolorations period	0.90	0.09	-0.41
落叶始期 Beginning abscission period	0.90	0.05	-0.39
落叶结束期 Last abscission period	0.68	-0.09	0.52
株高年生长量 Height of annual growth	0.71	-0.43	0.04
基径年生长量 Basal diameter of annual growth	0.50	-0.46	0.49
特征值 Eigenvalue	2.99	2.03	0.92
贡献率 Contributive percentage/%	42.77	29.03	13.12
累积贡献率	42.77	71.80	84.92
Cumulative contributive percentage/%	42.77	71.80	84.92

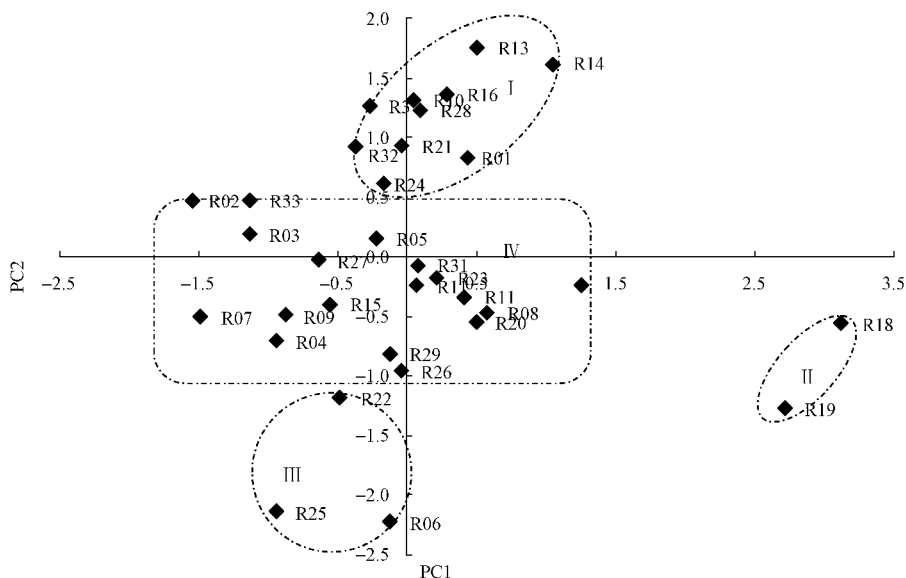


图1 樱花品种物候生长型聚类图

Fig. 1 The cluster diagram of cherry cultivars based on their phenology traits and biomass using PC

3 讨论与结论

植物物候实质上是研究植物生长发育与环境

条件的关系,反映了植物对自然环境变化的适应^[20]。植物物候的差异是各品种生长特性最直接的外在表现,主要反映植物生长周期的长短,从

而间接反映植物有机物质的生产、消耗和积累。在柳树(*Salix* sp.)^[1]、杨树(*Populus* sp.)^[21]、木棉(*Bombax malabaricum*)^[22]、紫丁香(*Syringa oblata*)^[23]等研究中,物候差异常作为筛选速生优株、预测花期、预测杂草发生、植物系统分类^[24]的重要指标之一,是品种引种驯化和育种研究的重要内容。该研究通过对33个红色系樱花品种物候观测发现,各品种间物候存在丰富的变异,叶芽萌动期在品种间变异系数最大,为11.69%;落叶始期极差最大,达96 d;叶片持绿期变异系数为11.10%。造成樱花品种物候差异的原因一方面是由于不同品种其基因型存在差异;另一方面物候受温度、湿度、气压等环境因子的影响。不同品种对外界温度的感受态不同,叶芽萌动前期温度较低,各品种叶芽完成休眠开始萌动所需的积温不同,从而导致品种间变异系数较大;随着温度逐渐升高,有效积温逐渐变高,植物生长发育加快,品种间物候期的变异系数逐渐缩小;后期随着温度的降低,各品种对低温的适应性不同,品种间落叶期变化幅度增大,极差加大。各品种生长量、物候期与温度、湿度、风速等环境因子的相关性研究结果也证明樱花品种的生长量和物候受环境因子的影响,其中受温度的影响最大,其次是湿度和气压;这与前人的研究结论一致^[25-26]。

植物的物候与其生长量、产量等息息相关^[27-28],研究发现樱花各品种物候因子间彼此正相关,生长因子间呈极显著正相关;物候因子和生长因子之间具有相关性,其中生长因子与萌动期、展叶期呈负相关,与叶变色期、落叶期呈正相关。单一物候因子或生长因子的大小无法准确评价各品种间的特性;因此,研究中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,可将樱花品种物候、生长特性84.92%的信息反映出来,具有一定的代表性。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主成分主要反映了生长前期的物候特点,第3主成分涵盖了物候和生长的部分特性,这一结果与柳树^[1]、杨树^[21]、落叶松(*Larix* sp.)^[29]等物候期的主成分分析结果一致。根据主成分值将33个红色系品种分为4类,分别为短生长期型、长生长期型、早物候型和中间型。因此,今后可根据不同类型樱花品种的物候、生长特性因地

制宜地安排栽培、管理活动,提高工作效率,缩短育种周期,为引种及新品种选育提供科学依据。

参考文献

- [1] 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.
- [2] GONZÁLEZ GONZÁLEZ B D, GARCÍA GONZÁLEZ I, VÁZQUEZ RUIZ R A. Comparative cambial dynamics and phenology of *Quercus robur* L. and *Q. pyrenaica* Willd. in an Atlantic forest of the northwestern Iberian Peninsula[J]. Trees, 2013, 27(6):1571-1585.
- [3] 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.
- [4] ANDRESEN C G, TWEEDIE C E, LOUGHEED V L. Climate and nutrient effects on Arctic wetland plant phenology observed from phenocams[J]. Remote Sensing of Environment, 2018, 205:45-55.
- [5] REYER C, LEUZINGER S, RAMMIG A, et al. A plant's perspective of extremes: Terrestrial plant responses to changing climatic variability[J]. Glob Chang Biol, 2012, 19(1):75-89.
- [6] LI C L, BRUCE B. Flora of China. Volume 9: Pittosporaceae through Connaraceae[M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [7] AONO Y, KAZUI K. Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century[J]. International Journal of Climatology, 2008, 28(7):905-914.
- [8] YUKITAKA O, HIROSHI K, YOSHINORI S, et al. The phenology of cherry blossom (*Prunus yedoensis* 'Somei-yoshino') and the geographic features contributing to its flowering[J]. International Journal of Biometeorology, 2012, 56(5):903-914.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.

- [16] 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.
- [17] 沈家玉.树木园物候观察及其应用[J].南京林业大学学报(自然科学版),1992,16(3):108.
- [18] 陈璋.影响福建山樱花嫁接成活率的若干因素[J].福建农林大学学报(自然科学版),2007,36(6):581-584.
- [19] SPARKS T H, CARAHEY P D. The responses of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736-1947 [J]. Journal of Ecology, 1995, 83(2): 321-329.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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):109-113.
- [24] 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.
- [25] 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):70-75.
- [26] 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.
- [27] 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.
- [28] 张飞联,赵仕湘,吴爱娟,等.物候对益母草生长和总生物碱积累的影响[J].中草药,2000,31(5):371-374.
- [29] 孙晓梅,张守攻,周德义,等.落叶松种间及种内和种间杂种家系间的物候变异与早期选择[J].林业科学,2008,44(1):77-84.

Study on Growth Variation Pattern of *Cerasus* Cultivars With Red Flowers in the Seedling Stage

SHEN Xin¹, LU Gang¹, LIU Xinhong¹, CHEN Yajing¹, ZOU Yihan¹, JIANG Dongyue^{1,2}

(1. Zhejiang Academy of Forestry, Hangzhou, Zhejiang 310023; 2. Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093)

Abstract: To investigate variation of phenology and growth of thirty-three *Cerasus* cultivars with red flowers in Hangzhou, the characteristics of phenology and growth, and the relationship between these characteristics and environmental were analyzed based on survival percentage of grafting, annual growth and phenological period, which would be helpful for planting and managing. The results showed that the survival rate of grafting of twenty-six cultivars in all cultivars was more than 85%. Twenty-two cultivars were high disease resistant, including *Cerasus serrulata* ‘Asahiyama’, *C. serrulata* ‘Hanagasa’, *C. × kanzakura* ‘Kawazu-zakura’ et al. In phenology, these cultivars had abundant variation, especially the date of leaf bud germination, with the coefficient variation of 11.69%. The maximum range of leaf fall was 96 days, and the coefficient variation of stay green was 11.10%. Both intra- and inter- of phenology traits and growth traits were relevant. The growth traits were negatively correlated with leaf bud germination date and leaf expanding date, and were positively correlated with leaf discoloration date and leaf fall date. Using principle component analysis (PC), the phenology traits and growth traits were synthesized into three components. According to the values of PC, all of the cultivars were divided into four types, short growth-period type, long growth-period type, early phenology type and middle type.

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