

# 香石竹表型多样性分析及利用

胡瑞 包满珠 吴晓庆 谭华山 傅小鹏

园艺植物生物学教育部重点实验室/华中农业大学园艺林学学院, 武汉 430070

**摘要** 以23个香石竹品种为材料,从物候期和表型性状两个方面对香石竹表型多样性进行研究,旨在为香石竹的资源利用和遗传改良提供可靠依据。结果表明:标准型香石竹品种与射散型香石竹品种之间差异较大;标准型香石竹品种间差异较大,射散型香石竹品种间差异较小。标准型香石竹生长速度普遍比射散型香石竹快,生长最快的标准型香石竹品种SW (*Dianthus caryophyllus* 'Snow White')定植后163 d即达到了盛花期,生长最快的射散型香石竹品种SB (*D. caryophyllus* 'Samba')在定植195 d后才达到盛花期;多样性分析发现,花朵数和分枝数变异系数较高,分别高达135.14%和56.27%,株高的变异系数则仅为14.30%;聚类分析发现,当遗传距离为6.1时,可将23个香石竹品种分为两大组,与表型性状相符。标准型香石竹适宜作为先期开花的品种进行促成栽培,射散型香石竹可作为后期开花的品种进行抑制栽培。

**关键词** 香石竹; 物候期; 形态指标; 多样性

**中图分类号** S 685.12 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2015)02-0016-08

香石竹(*Dianthus caryophyllus* L.)别名康乃馨,为石竹科石竹属常绿亚灌木宿根花卉,常用做切花、盆花,在园林中有广泛应用<sup>[1]</sup>。不同品种的香石竹,生长阶段的物候期不同,植株表型差异显著。遗传多样性是生物多样性的基本组成部分,了解物种的遗传多样性对了解其物种起源、进化、保护及利用等具有重要意义。检测遗传多样性的方法有很多,可从形态学、细胞学(染色体)、生理生化及分子水平来检测。从表型性状来研究遗传多样性,是得到遗传变异规律最直接、最简便易行的方法<sup>[2]</sup>。表型多样性常应用于品种间的比较<sup>[3-7]</sup>,可为品种起源研究、种质资源保存和遗传改良提供一定的依据。表型性状的研究范围十分广泛,可以是农艺性状,如物候期、形态指标等,也可以是包含生理指标的品质性状<sup>[8-9]</sup>。利用表型性状,可以探究物种内的亲缘关系及为遗传多样性的研究提供依据<sup>[10]</sup>。大部分表型性状之间存在相关性,为减少误差,育种者在进行遗传改良时可选择少量受环境影响较小的性状进行调查<sup>[11]</sup>。近年来,表型多样性研究在观赏植物中多有应用<sup>[12-16]</sup>,但是针对香石竹进行的表型多样性的研究却报道甚少。本研究通过对23个不同品种的香

石竹材料进行花期物候及花期各项形态指标的测定,比较这些香石竹表型性状的差异,拟从中筛选、培育适宜在湖北武汉及华中地区栽培的香石竹优良品种,同时也为香石竹杂交育种的开展及亲本选择提供可靠依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本研究中所使用的23个香石竹品种均由云南省农科院花卉研究所馈赠,其中15个为标准型香石竹(standard carnation)品种,另外8个为射散型香石竹(spray carnation)品种,各品种详细信息如表1所示。

23个品种扦插苗于2011年10月16日上盆,在华中农业大学花卉基地对其进行常规管理,包括栽培前施足底肥、土壤消毒、适当水肥管理等。2011年11月下旬,每个品种分别移至网室和温室。网室地栽的株行距为0.3 m×0.3 m,2011年12月初改土、施肥、立支架等,翌年田间管理仍按常规方法进行。在标准型香石竹生长过程中,主干急速伸长阶段,需要设立支架、摘除侧枝,现蕾后,及时抹去侧

收稿日期: 2013-11-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(31000918); 高等学校博士学科点专项(新教师类)(20100146120031)

胡瑞, 硕士研究生, 研究方向: 园林植物遗传育种与生物技术, E-mail: huruicy@webmail.hzau.edu.cn

通信作者: 傅小鹏, 博士, 副教授, 研究方向: 为园林植物遗传育种与生物技术, E-mail: fuxiaopeng@mail.hzau.edu.cn

表 1 23 个香石竹品种材料

Table 1 The information of different carnation cultivars

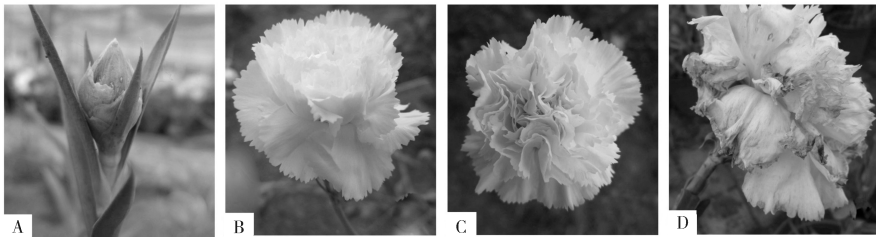
品种缩写 Cultivar abbreviation	材料学名 Scientific Latin names of material	品种类型 Cultivar type	花色 Flower color
BT	<i>D. caryophyllus</i> 'Beit'	标准型 Standard type	桃红 Peach red color
DL	<i>D. caryophyllus</i> 'Dali'	标准型 Standard type	粉红 Pink color
FM	<i>D. caryophyllus</i> 'Flame'	标准型 Standard type	橘红复色 Orange compound color
MT	<i>D. caryophyllus</i> 'Mallow Titanium Alloy'	标准型 Standard type	白底紫红边 White ground with purple edge
CS	<i>D. caryophyllus</i> 'Cloud Shium'	标准型 Standard type	紫色 Purple color
VL	<i>D. caryophyllus</i> 'Violet'	标准型 Standard type	紫底白边 Purple color with white edge
SW	<i>D. caryophyllus</i> 'Snow White'	标准型 Standard type	白 White color
CB	<i>D. caryophyllus</i> 'Cloud of Butterfly'	标准型 Standard type	白底红边 White ground with red edge
SG	<i>D. caryophyllus</i> 'Singular'	标准型 Standard type	粉红 Pink color
PS	<i>D. caryophyllus</i> 'Pink Superior'	标准型 Standard type	粉红 Pink color
PH	<i>D. caryophyllus</i> 'Pink Shirt'	标准型 Standard type	桃红 Peach red color
RL	<i>D. caryophyllus</i> 'Red Lover'	标准型 Standard type	桃红 Peach red color
DA	<i>D. caryophyllus</i> 'Dallas'	标准型 Standard type	桃红 Peach red color
FD	<i>D. caryophyllus</i> 'Freedom'	标准型 Standard type	黄 Yellow color
MS	<i>D. caryophyllus</i> 'Master'	标准型 Standard type	红 Red color
TC	<i>D. caryophyllus</i> 'Tai Chi'	射散型 Spray type	洋红底白边 Magenta ground with white edge
RY	<i>D. caryophyllus</i> 'Royal'	射散型 Spray type	粉底白边 Pink ground with white edge
TS	<i>D. caryophyllus</i> 'Tess'	射散型 Spray type	红底白边 Red ground with white edge
SB	<i>D. caryophyllus</i> 'Samba'	射散型 Spray type	黄底红边 Yellow ground with red edge
DO	<i>D. caryophyllus</i> 'Deep Love'	射散型 Spray type	桃红 Peach red color
FC	<i>D. caryophyllus</i> 'Fancy'	射散型 Spray type	黄 Yellow color
PL	<i>D. caryophyllus</i> 'Pink Love'	射散型 Spray type	浅粉 Light pink color
RF	<i>D. caryophyllus</i> 'Red Flag'	射散型 Spray type	红 Red color

蕾。射散型香石竹生长阶段,需要及时摘心,合理控制分枝数,花败后及时去除残花。

### 1.2 花期物候统计方法

各品种选择 30 株生长较为一致的植株,从中随机选择 6 株作为观测材料,分别编号、挂牌。于 2011 年 11 月到 2012 年 5 月,连续观测记录各品种

香石竹花期物候的时间。最先现蕾的花蕾长 1.0 cm,宽 0.5 cm 时为现蕾期;从播种到第 1 朵花完全开放的时间记为初开期;半数以上花朵开放,且花径达到最大值时为花朵的盛花期;待花朵呈萎蔫状态,花瓣出现褐色,此时期为衰败期(图 1 以香石竹品种 SW 为例,示意几个花期物候期的划分)。



A: 现蕾; B: 花朵初开; C: 花朵盛开; D: 花朵衰败。A: Budding; B: Beginning of flowering opening; C: Flower opening; D: Flower declining.

图 1 香石竹花期物候期的界定(以 SW 为例)

Fig. 1 Flower conditions of SW at different periods(set SW as an example)

### 1.3 形态指标测定方法

盛花期时对所观测植株进行形态指标的测量,形态指标包括株高、株幅、冠幅比、叶宽、叶长、叶形指数、茎粗、花径、花朵(未开、将开、已开、开败的花朵)数、花瓣(含内部瓣化的雄蕊)数、分枝数、节数。

### 1.4 数据处理方法

花期物候数据处理使用描述的方法进行分析,

采用 Excel 软件进行处理,计算出相应物候出现的日期与定植日期之间相差的时间。

表型性状数据处理利用 Excel 对原始数据进行统计分析,SAS 8.0 软件(美国 SAS 研究所)进行方差分析( $\alpha=0.05$  水平,LSD 检测)。利用 NTSYS 2.1 软件(Exeter Software),计算供试材料之间的 Euclidean 遗传距离,采用非加权类平均法(UPG-

MA)对遗传距离进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 香石竹花期物候多样性分析

选用苗龄一致的香石竹插穗同时进行扦插,待生根后均于秋季定植。香石竹各品种花期物候存在着较大差异(表 2)。定植后,部分品种由于生长迅速,当年现蕾,大部分品种则受品种特性和低温影响,于次年春季现蕾。分析发现,15 个标准型香石竹品种中,SW 从定植开始进入现蕾期的时间最短,

仅为 39 d;其次是 FD 和 MS,分别为 57 d 和 62 d。FM 和 PS 进入现蕾期所需要的时间最长,分别为 176 d 和 173 d。而 8 个射散型香石竹品种从定植开始进入现蕾期的时间都较长,分别从 132 d 到 169 d 不等。可见,标准型香石竹从定植到进入现蕾期所需的时间因品种不同而表现出极大的差异性,而射散型香石竹品种间差异并不大。23 个香石竹品种中,SW 可以迅速适应当时的环境,并且很快地进入生殖生长阶段,而 FM 的营养生长时间则比其他品种要长得多。

表 2 花期物候统计结果

Table 2 Statistic results of blooming phenophases of different carnation cultivars

品种缩写 Cultivar abbreviation	现蕾期 Budding period	初花期 First flowering period	盛花期 Full-bloom period	花败期 Flower declining period
BT	72	177	180	191
DL	70	179	181	192
FM	176	199	205	217
MT	125	182	189	211
CS	119	177	183	194
VL	85	171	179	194
SW	39	149	163	173
CB	82	179	196	206
SG	65	178	185	207
PS	173	200	202	212
PH	77	166	176	187
RL	116	194	207	215
DA	110	184	209	214
FD	57	173	177	189
MS	62	182	190	201
TC	161	196	201	212
RY	154	184	200	209
TS	156	189	199	208
SB	132	177	195	202
DO	169	185	210	215
FC	161	186	201	210
PL	149	183	202	211
RF	157	197	202	212

从初花期来看,15 个标准型香石竹品种中,SW 是最早进入初花期的,从定植到开放时间仅为 149 d,最晚进入生殖生长阶段的 FM 在定植后 199 d 才开放,PS 需要的时间则为 200 d。而 8 个射散型香石竹品种差不多与标准型香石竹品种在同一时间进入初花期,从定植到开放时间从 177 d 到 197 d 不等。由此可见,射散型香石竹品种在进入生殖生长阶段后,花芽分化进程极快,23 个香石竹品种从定植到初花期所需的时间从 166 d 到 200 d 不等,标准型香石竹品种间差异较大,射散型香石竹品种间差异不大。

定植后,标准型香石竹品种中,SW 是最早进入盛花期的,仅需 163 d,最晚的是 FM,需要长达

205 d。射散型香石竹普遍较晚进入盛花期,最早的是 SB,从定植到进入盛花期需 195 d,进入盛花期最晚的是 DO,需要 210 d。所有的香石竹品种中,SW 是生长速度最快的品种之一,少数标准型香石竹品种和所有射散型香石竹品种生长速度普遍较慢,且标准型香石竹品种间差异较大,射散型香石竹品种间差异不大。

由于不同品种对环境的适应性不同,且花朵的衰败速度受风雨天气影响较大,有些品种甚至在盛花期 5 d 之后就进入了花败期。标准型品种中,SW 最早进入花败期,FM 最晚,二者相差达到 44 d。射散型品种中,SB 最早进入花败期,DO 最晚进入花败期。受开花时天气影响,射散型香石竹品种普遍

在盛花期后很快进入花败期,而标准型香石竹品种开花时间则持续较长。

整体上来看,标准型香石竹品种间花期物候差异较大,射散型香石竹品种间则差异不大,标准型香石竹普遍较射散型香石竹生长速度较快。标准型香石竹品种中,SW和FM是2个特异性极强的品种,SW生长速度极快,定植后很快现蕾,并在次年极早开花和达到盛花期、花败期;FM则是生长速度极慢的品种,定植后次年现蕾,很长时间后才开放,慢慢达到盛花期和花败期。标准型香石竹在花期物候上,品种间差异不大,SB相对生长速度较快,DO相对生长速度较慢。

## 2.2 香石竹形态多样性分析

1)香石竹各项形态指标的统计分析(表3)。香

表3 香石竹形态指标的统计分析

Table 3 Statistics of morphological indicators of carnations

指标 Items	最大值 Maximum	最小值 Minimum	平均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数/% CV
株高/cm Plant height	89.40	37.20	66.33	9.48	14.30
株幅/cm Plant width	36.10	17.80	24.84	4.60	18.52
冠幅比 The ratio of plant width to plant length	0.85	0.22	0.38	0.10	26.31
叶宽/cm Leaf width	2.00	0.80	1.31	0.25	19.25
叶长/cm Leaf length	19.40	8.40	13.80	2.44	17.70
叶形指数 The ratio of leaf length to leaf width	15.33	6.11	10.70	1.86	17.36
茎粗/cm Stem diameter	0.68	0.30	0.48	0.10	20.57
花径/cm Flower diameter	10.50	4.40	7.47	1.59	21.27
花朵数 Flower number	41.00	1.00	8.36	11.30	135.14
花瓣数 Petal number	94.00	20.00	52.89	19.31	36.52
分枝数 Branch number	23.00	2.00	9.96	5.61	56.27
节数 Node number	22.00	10.00	17.02	2.73	16.05

为择时应优先选用花朵性状<sup>[17]</sup>。

2)香石竹各项形态指标的比较分析。23个香石竹品种的形态指标存在不同程度的差异(表4)。株高方面,标准型香石竹品种普遍较射散型香石竹品种低。标准型品种中,PS植株最高,平均达到了73.23 cm;SW最低,平均仅为44.48 cm,与其他品种差异显著。射散型香石竹品种中,SB植株最高,平均达到了83.38 cm;RF最低,平均为61.45 cm,与其他品种差异显著。从育种目标上考虑,可以尝试利用SB培育出更适宜作鲜切花的高花葶品种,利用SW品种可以培育出盆栽香石竹品种,以此来适应市场需求。在冠幅比方面,标准型香石竹品种普遍较射散型香石竹品种大。标准型香石竹中,SW冠幅比最大,平均达到了0.70;CB冠幅比最小,平均仅为0.30,与其他品种差异显著。射散型香石竹中,RF最大,SB最小,但差异并不显著。标准型香石竹品种间叶形指数差异较大,最大的是FM,平均

达到了12.41,最小的是PH,平均仅为6.52,与其他品种差异显著。射散型香石竹叶形指数均较大,叶形属于细长类型,品种间差异并不显著。从枝条的形态上来说,标准型香石竹品种的茎粗普遍较射散型香石竹大,标准型香石竹品种的分枝数较射散型香石竹品种分枝数少,节数差异不大。BT和SW两个标准型香石竹品种茎粗最大,平均达到了0.61 cm,与其他品种差异显著,其与抗性的相关性如何需进一步分析。射散型香石竹品种DO的分枝数最多,平均达到了21.17个,且与其他品种存在显著差异,可见其分枝性极强,标准型香石竹品种PH和RL的分枝最少,分别平均为4.33个和4.17个。节数上,DO的节数最多,平均达到了20.83个,PS和MS的节数则最少。

标准型香石竹品种的花径普遍要比射散型香石竹花径大,且差异十分显著。标准型香石竹品种的平均花径大小在7.37~10.08 cm之间,SW的花径

石竹花朵数和分枝数的变异幅度极大,分别高达135.14%和56.27%。花朵数的变异范围为1.00~41.00,分枝数的变异范围为2.00~23.00,遗传多样性较丰富。花瓣数的变异范围为94.00~20.00,变异系数为36.52%。株高的变异幅度最小,仅为14.30%,变化在37.20~89.40 cm范围内,平均值为66.33 cm,是较为稳定的植物学性状。23个香石竹品种的不同形态指标中,株型性状、叶片形状、枝条性状、花朵性状的变异大小程度表现为:花朵性状>枝条性状>株型性状>叶片形状。花朵性状的遗传多样性更为丰富,这可能是香石竹在长期的栽培过程中,花朵性状作为其主要观赏性状,进一步选择潜力很大,且杂交育种过程中亲本选择偏爱性也对其产生了较大的影响。因此,进行优良单株选

达到了12.41,最小的是PH,平均仅为6.52,与其他品种差异显著。射散型香石竹叶形指数均较大,叶形属于细长类型,品种间差异并不显著。从枝条的形态上来说,标准型香石竹品种的茎粗普遍较射散型香石竹大,标准型香石竹品种的分枝数较射散型香石竹品种分枝数少,节数差异不大。BT和SW两个标准型香石竹品种茎粗最大,平均达到了0.61 cm,与其他品种差异显著,其与抗性的相关性如何需进一步分析。射散型香石竹品种DO的分枝数最多,平均达到了21.17个,且与其他品种存在显著差异,可见其分枝性极强,标准型香石竹品种PH和RL的分枝最少,分别平均为4.33个和4.17个。节数上,DO的节数最多,平均达到了20.83个,PS和MS的节数则最少。

标准型香石竹品种的花径普遍要比射散型香石竹花径大,且差异十分显著。标准型香石竹品种的平均花径大小在7.37~10.08 cm之间,SW的花径



表 4 香石竹各项形态指标品种间多重比较结果<sup>1)</sup>

Table 4 Multiple comparison results of morphological indicators among carnation cultivars

品种缩写 Cultivar abbreviation	株高/cm Plant height	株幅/cm Plant width	冠幅比	叶宽/cm Leaf width	叶长/cm Leaf length	叶形指数
			(株幅/株高) The ratio of plant width to plant length			(叶长/叶宽) The ratio of leaf length to leaf width
BT	72.67±6.68 bcd	23.83±1.50 gh	0.33±0.04 ijkl	1.42±0.08 ef	15.42±1.04 cd	10.94±1.30 cdef
DL	61.57±3.40 gh	21.60±1.06 ijkl	0.35±0.03 hijk	1.58±0.08 bc	12.70±0.42 hijk	8.04±0.60 i
FM	63.43±1.65 efg	30.27±0.86 cd	0.48±0.02 b	1.45±0.08 de	17.95±0.54 a	12.41±0.73 ab
MT	69.00±3.63 bcde	32.37±2.01 ab	0.47±0.05 bc	1.53±0.08 cd	17.10±1.25 ab	11.15±0.49 bcdef
CS	66.53±6.22 cdefg	29.10±0.87 cd	0.44±0.04 bcde	1.40±0.09 ef	17.28±1.61 ab	12.40±1.56 ab
VL	62.43±6.14 fg	28.37±1.37 de	0.46±0.04 bcd	1.45±0.10 de	16.03±1.60 bc	11.13±1.49 bcdef
SW	44.48±3.92 j	30.95±0.90 bc	0.70±0.08 a	1.33±0.08 fg	15.07±1.39 cde	11.36±1.50 bcde
CB	70.75±10.83 bcd	20.70±2.20 jklm	0.30±0.06 lm	1.32±0.08 fgh	14.00±0.41 efgh	10.65±0.49 defg
SG	70.73±4.16 bcd	33.63±1.55 a	0.48±0.02 b	1.55±0.08 cd	15.60±1.43 cd	10.09±1.14 efgh
PS	73.23±6.91 b	27.02±1.75 ef	0.37±0.02 fg	1.53±0.08 cd	15.75±1.36 c	10.31±1.20 efg
PH	55.55±3.52 hi	20.25±2.05 klm	0.37±0.04 ghi	1.77±0.14 a	11.48±0.38 kl	6.52±0.34 j
RL	73.02±5.02 bc	29.58±3.61 cd	0.40±0.03 efg	1.68±0.21 ab	14.75±0.78 cdef	8.85±0.89 hi
DA	70.15±10.48 bcd	22.55±1.54 hij	0.33±0.05 ijkl	1.15±0.12 i	13.28±1.24 ghij	11.67±1.70 bcd
FD	52.43±2.09 i	22.40±1.95 hij	0.43±0.05 cde	1.28±0.04 gh	12.37±1.59 ijkl	9.63±1.09 gh
MS	61.40±2.69 gh	23.20±1.09 hi	0.38±0.01 fgh	1.42±0.10 ef	14.27±1.78 defg	10.07±1.00 efg
TC	66.85±3.99 bcdefg	19.08±1.21 m	0.29±0.02 lm	1.02±0.04 jk	11.18±1.24 lm	11.01±1.22 cdef
RY	66.50±5.55 defg	21.00±1.06 jklm	0.32±0.04 kl	1.02±0.08 jk	10.02±1.12 m	9.86±0.97 fgh
TS	68.42±3.36 bcdef	19.88±1.41 lm	0.29±0.02 lm	1.12±0.08 ij	12.07±0.86 jkl	10.83±0.76 defg
SB	83.38±5.47 a	21.92±1.83 hijk	0.26±0.03 m	0.97±0.10 k	10.03±1.00 m	10.40±0.62 defg
DO	68.07±7.76 bcdef	21.55±0.75 ijkl	0.32±0.04 jkl	0.98±0.08 k	12.90±1.59 hij	13.12±1.35 a
FC	73.07±5.57 b	21.03±1.67 jkl	0.29±0.04 lm	1.02±0.12 hi	12.27±0.36 ijkl	10.15±0.91 efg
PL	70.58±6.02 bcd	25.62±1.22 fg	0.36±0.03 ghij	1.22±0.08 jk	13.50±0.97 fg	13.35±1.49 a
RF	61.45±4.63 gh	25.33±2.31 fg	0.41±0.04 def	1.03±0.08 jk	12.45±1.14 ijkl	12.14±1.71 abc

品种缩写 Cultivar abbreviation	茎粗/cm	花径/cm	花朵数	花瓣数	分枝数	节数
	Stem diameter	Flower diameter	Flower number	Petal number	Branch number	Node number
BT	0.61±0.04 a	8.93±0.23 bcd	1.00±0.00 f	48.83±3.87 g	4.67±0.52 kl	14.00±1.26 h
DL	0.52±0.02 ef	8.52±0.63 def	1.00±0.00 f	44.67±4.27 gh	6.00±0.63 hijk	13.83±1.47 h
FM	0.47±0.01 g	7.95±0.39 ghi	1.00±0.00 f	60.67±2.66 ef	6.00±1.41 hijk	17.67±0.52 cde
MT	0.47±0.03 g	7.37±0.47 j	1.00±0.00 f	60.83±6.11 ef	7.17±0.75 gh	20.67±0.82 ab
CS	0.52±0.05 ef	7.72±0.57 hij	1.00±0.00 f	73.33±7.66 c	8.50±1.64 fg	20.00±1.55 ab
VL	0.58±0.04 abc	8.48±0.15 ef	1.00±0.00 f	81.17±8.28 ab	7.50±1.8 gh	14.33±0.52 h
SW	0.61±0.07 a	10.08±0.25 a	1.00±0.00 f	65.50±9.09 de	10.00±0.63 f	17.00±0.63 ef
CB	0.47±0.05 g	8.15±0.79 fgh	1.00±0.00 f	71.50±3.78 cd	5.17±2.14 jkl	16.50±0.84 fg
SG	0.50±0.04 fg	8.35±0.58 efg	1.00±0.00 f	65.33±4.97 de	5.33±1.51 ijkl	17.83±0.75 cde
PS	0.57±0.08 abc	7.55±0.36 ij	1.00±0.00 f	75.33±4.68 bc	4.83±1.94 jkl	11.50±1.38 i
PH	0.60±0.01 ab	8.55±0.45 cdef	1.00±0.00 f	57.83±4.92 f	4.33±1.21 l	17.33±0.82 def
RL	0.54±0.02 cdef	8.67±0.10 cde	1.00±0.00 f	60.67±7.63 ef	4.17±0.98 l	15.50±1.05 g
DA	0.57±0.03 abcd	9.25±0.37 b	1.00±0.00 f	84.67±8.04 a	6.33±1.37 hij	17.33±1.21 def
FD	0.56±0.03 bcde	8.98±0.35 bc	1.00±0.00 f	44.00±3.29 gh	6.17±1.17 hijk	14.17±0.98 h
MS	0.53±0.02 def	8.60±0.41 cde	1.00±0.00 f	71.33±10.80 cd	6.83±1.47 hi	12.50±1.52 i
TC	0.40±0.02 h	4.92±0.18 m	13.00±1.55 e	30.50±2.95 jk	15.00±1.10 de	18.33±0.52 cd
RY	0.39±0.03 hi	5.65±0.10 l	14.17±0.75 e	36.00±2.68 ij	14.67±1.37 e	19.67±0.82 b
TS	0.40±0.01 h	6.75±0.34 k	13.67±1.03 e	39.17±3.31 hi	16.33±0.82 cd	18.00±0.63 cde
SB	0.37±0.02 hij	4.63±0.15 m	20.50±2.26 d	25.50±4.37 k	18.33±1.51 b	20.50±0.84 ab
DO	0.35±0.04 ijk	5.55±0.34 l	30.33±2.88 b	30.33±2.88 jk	21.17±0.98 a	20.83±0.75 a
FC	0.36±0.02 ijk	4.95±0.34 m	26.67±2.42 c	30.83±2.32 jk	14.67±0.82 e	18.50±0.84 c
PL	0.33±0.02 k	5.65±0.34 l	21.33±2.07 d	28.67±1.97 k	17.33±1.37 bc	18.50±0.84 c
RF	0.34±0.02 jk	6.50±0.23 k	37.67±2.34 a	29.83±2.14 jk	18.67±1.37 b	17.00±0.63 ef

1) 同列标有不同字母的表示组间差异显著( $P < 0.05$ ), 标有相同字母的表示组间差异不显著( $P > 0.05$ )。Figures marked with different letters at the same line suggest significant difference at 0.05 level, the same letters suggest no significant difference at 0.05 level.

是最大的,并且与其他品种存在显著差异,可见 SW 是极适合作为大花型切花香石竹来栽培的。射散型香石竹品种花径大小则介于 4.63~6.75 cm,TS 是平均花径最大的射散型品种,SB 则最小。标准型香石竹品种栽培管理时控制使其均为一枝一花。射散型香石竹品种仅做适当修剪,故花朵数量不一,RF 的花朵数量最多,平均值约为 38 朵;TC 花朵数量最少,平均为 13 朵,均与其他射散型香石竹存在显著差异。在园林应用中,可以将 RF 品种矮化处理,作为开花量较大的地被植物使用。

花瓣数方面,标准型香石竹品种花瓣数比射散型香石竹品种多,且差异十分显著。标准型香石竹品种中,DA 花瓣数平均约为 85 片,是花瓣数最多的品种,但其花粉较少,FD 是花瓣数最少的品种,平均仅为 44 片,均与其他品种差异显著。射散型香石竹品种中,花瓣数介于 25~39,SB 和 TS 分别是花瓣数最少和最多的品种。可见,标准型香石竹品种重瓣性都较强,DA 是其中重瓣性极强的品种,可将其作为杂交育种中的母本使用,培育出新的重瓣性强的香石竹品种。

总体上来说,23 个香石竹品种形态指标存在不同程度差异,标准型香石竹品种间及射散型香石竹品种间存在差异情况也不同。标准型香石竹品种较射散型品种普遍表现为株高较矮、冠幅比大、叶形指

数小、茎粗大、花径大、花朵数少、花瓣数多、分枝数少等特点,射散型香石竹则相反。

3)香石竹品种聚类分析。采用非加权类平均法(UPGMA),以 Euclidean 遗传距离为尺度对 23 个香石竹各品种进行聚类分析(图 2)。当遗传距离为 6.1 时,可将 23 个香石竹品种大体分为两大组,15 个标准型香石竹品种聚成一类,8 个射散型香石竹品种聚成一类。第 1 大组的香石竹品种全部为标准型香石竹,第 2 大组的香石竹品种为射散型香石竹,第 1 大组与第 2 大组相比,其突出特点是:茎粗大、分枝数少、花径大、花朵数多、花瓣数多。

当遗传距离为 5.3 时,SW 从第 1 大组(BT 等)中分离,单独成为一个亚组。较第 1 组中其他品种,SW 株高更低,花径更大,茎粗更粗。当遗传距离为 4.4 时,第 1 组一共被分为 4 个亚组:SW 单独聚为一个亚组;DL 与 CB 聚为一个亚组,共同特点是株高较高、叶长较长、茎粗大、花朵数少、分枝数少;PH 与 FD 聚为一个亚组,特点是株高较低、叶长较短、花径较大、花朵数少;其他品种成为一个亚组,其中,BT 和 PS、FM 和 MT、SG 和 RL、VL 和 MS 分别聚在一起。BT 和 PS 品种特性表现为株高较大、叶长较长、茎粗较大、花朵数少、分枝数少,FM 和 MT 品种的叶长较长、叶形指数较大、花朵数少、花瓣数多,

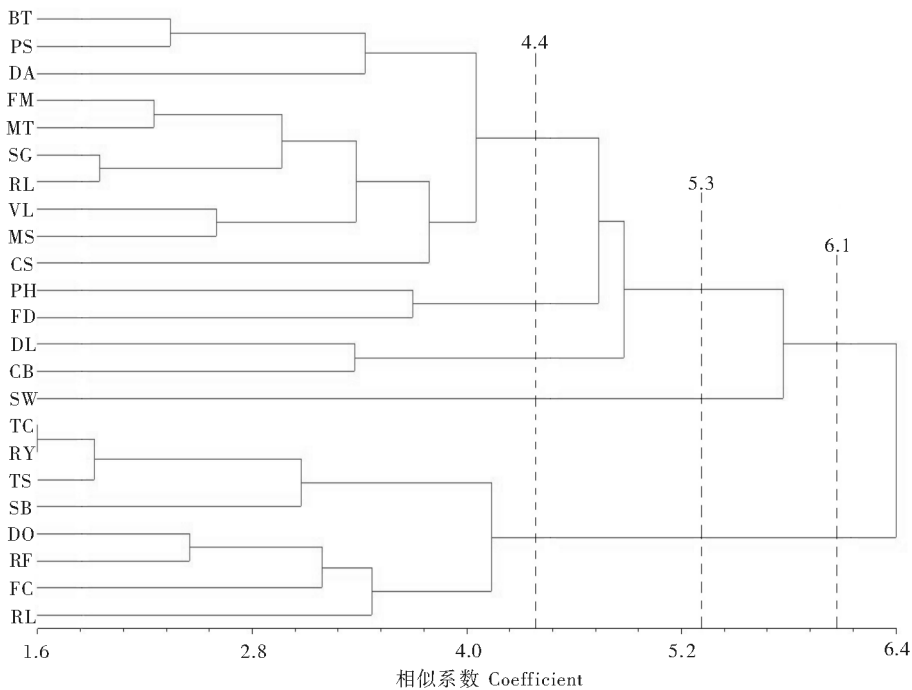


图 2 23 个品种香石竹的聚类图

Fig.2 Cluster analysis of 23 carnation cultivars

SG和RL品种的株幅大、叶长较长、叶宽较宽、花径大、茎粗较大、花朵数少,VL和MS品种的叶形指数较大、花径较大、花朵数少、花瓣数多。第2大组(TC等)中,TC和RY当遗传距离仅为1.6时,首先聚在一起成为一个小的亚组,且与其他品种遗传距离较远,这2个品种叶形、株型相似,花径、花朵数、分枝数、节数接近;DO和RF聚在了一起,这2个品种叶宽、叶长、叶形指数、茎粗和花瓣数都较为接近。

### 3 讨论

物候期是长期观测生物因季节变化而表现出不同生命活动周期规律的总结,不同的植物种类,物候期的研究方法也不尽相同<sup>[17]</sup>。一般植物物候学研究集中于花期,花期连接营养生长期和生殖生长期,植物的许多生理特征在花期集中出现,花期作为重要生活史性状对植物适合度产生重要影响<sup>[18]</sup>。香石竹作为切花宿根花卉,本研究仅对其花期物候进行记录,更贴近其商业生产需要,具有特殊意义。通过对23个香石竹品种花期物候的分析,发现品种之间在花期物候上的差异极大,标准型香石竹品种生长速度极快,而一些射散型香石竹的生长速度则普遍较慢。虽然这些品种对冬季低温的适应性不同,但是都能顺利在武汉露地越冬。为满足切花市场需要,可选择标准型香石竹作为先期开花的品种进行促成栽培,也可以选择射散型香石竹作为后期开花的品种进行抑制栽培,以保证香石竹切花的周年生产。

23个香石竹品种的12个表型性状的变异幅度为14.30%~135.14%,平均值达到33.27%,与引自云南或原产云南的其他园林植物相比,高于木香花(*Rose banksiae*) (21.74%)<sup>[19]</sup>、复伞房蔷薇(*Rosa brunonii*) (33.14%)<sup>[20]</sup>、印楝(*Azadirachta indica*) (15.13%)<sup>[21]</sup>、云南含笑(*Michelia yunnanensis*) (23.81%)<sup>[22]</sup>及中甸刺玫(*Rosa praelucens*) (22.88%)<sup>[23]</sup>等,表明这23个引自云南的香石竹品种表型性状离散程度较高。虽然本研究探讨的是表型变异,但它们是遗传型和环境因子共同作用的结果,表型变异必然蕴藏着遗传变异,表型变异越大,可能存在的遗传变异越大<sup>[24]</sup>。

在众多的表型多样性研究方法中,聚类分析是揭示变异模式的最为有效的方法之一<sup>[25]</sup>。本研究采用的23个香石竹品种按照花的大小、花的数量和花径大小,在生产上分为标准型和射散型两类。使

用Euclidean遗传距离下的UPGMA聚类分析,首先就能将15个标准型香石竹品种和8个射散型香石竹品种分成两大组,与实际表型性状分离基本吻合,可见聚类分析方法及观测指标都较为可靠。另外,聚类分析结果表明,表型性状接近的香石竹品种,遗传距离较近,更容易聚成一类。武雯等<sup>[26]</sup>利用分子标记技术研究了石竹和香石竹的遗传多样性,发现表型性状接近的香石竹品种,遗传距离也较近,与本研究中表型性状的聚类分析结果相符合。有关研究表明,在优势杂交育种中,基因型分离较大或遗传距离较远的品种间应该进行杂交<sup>[27-28]</sup>。因此,在杂交育种中,第一大组的品种可与第二大组的品种分别作为亲本进行杂交。例如,为培育花朵数和花瓣数都相对较多的香石竹品种,可选择第一大组中的DA(*D. caryophyllus* 'Dallas')与第二大组中的RF(*D. caryophyllus* 'Red Flag')作为亲本进行杂交。

### 参 考 文 献

- [1] 包满珠. 花卉学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- [2] KANTARTZI S K, ULLOA M, SACKS E, et al. Assessing genetic diversity in *Gossypium arboreum* L. cultivars using genomic and EST-derived microsatellites [J]. *Genetica*, 2009, 136: 141-147.
- [3] 蔡一林, 刘志斋, 王天宇, 等. 国内部分玉米地方品种的品质与农艺性状的表型多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(1): 31-36.
- [4] 陈碧云, 许鲲, 高桂珍, 等. 中国白菜型油菜种质表型多样性分析[J]. *中国油料作物学报*, 2012, 34(1): 25-32.
- [5] 刘新龙, 马丽, 蔡青, 等. 云南甘蔗品种表型性状的遗传多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2010, 11(6): 703-708.
- [6] 张永兵, 李廉华, 吴海波, 等. 新疆甜瓜地方品种资源的表型遗传多样性分析[J]. *园艺学报*, 2012, 39(2): 305-314.
- [7] TEHRIM S, PERVAIZ Z H, MIRZA M Y, et al. Assessment of phenotypic variability in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars using multivariate analysis [J]. *Pak J Bot*, 2012, 44(3): 999-1006.
- [8] 胡标林, 万勇, 李霞, 等. 水稻核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. *作物学报*, 2012, 38(5): 829-839.
- [9] 刘崇琪, 陈学森, 王金政, 等. 新疆野生樱桃李果实部分表型性状的遗传多样性分[J]. *园艺学报*, 2008, 35(9): 1261-1268.
- [10] 沈玉英, 丁夏君, 高志红, 等. 基于表型性状数量分类的梅品种遗传多样性分析[J]. *果树学报*, 2011, 28(5): 802-807.
- [11] SHABANIMOFRAD M, RAFII M Y, WAHAB P E M, et al. Phenotypic, genotypic and genetic divergence found in 48 newly collected Malaysian accessions of *Jatropha curcas* L. [J]. *Industrial Crops and Products*, 2013, 42: 543-551.

- [12] 姬志峰,高亚卉,李乐,等. 山西霍山五角枫不同海拔种群的表型多样性研究[J]. 园艺学报,2012,39(11):2217-2228.
- [13] 刘广福,臧润国,丁易,等. 海南霸王岭不同森林类型附生兰科植物的多样性和分布[J]. 植物生态学报,2010,34(4):396-408.
- [14] 李宗艳,张海燕. 黄牡丹表型变异及多样性研究[J]. 西北林学院学报,2011,26(4):117-122.
- [15] 司国臣,张延龙,赵冰,等. 太白杜鹃天然居群的表型多样性[J]. 西北植物学报,2012,32(8):1560-1566.
- [16] 杨生超,徐绍忠,文国松,等. 灯盏花种质资源群体表型多样性研究[J]. 西北植物学报,2008,28(8):1573-1579.
- [17] 常君,李川,王开良,等. 薄壳山核桃无性系开花物候特性观测[J]. 江西农业大学学报,2012,34(4):730-735.
- [18] TOOKE F, BATTEY N H. Temperate flowering phenology [J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(11): 2853-2862.
- [19] 陈玲,张颖,邱显钦,等. 云南木香花天然居群的表型多样性研究[J]. 云南大学学报:自然科学版,2010,32(2):243-248.
- [20] 邱显钦,张颖,蹇洪英,等. 云南复伞房蔷薇天然居群表型多样性的居群生物学分析[J]. 云南农业大学学报:自然科学版,2010,32(2):200-206.
- [21] 彭兴民,吴疆翀,郑益兴,等. 云南引种印楝实生种群的表型变异[J]. 植物生态学报,2012,36(6):560-571.
- [22] 宋杰,李世峰,刘丽娜,等. 云南含笑天然居群的表型多样性分析[J]. 西北植物学报,2013,33(2):272-279.
- [23] 李树发,李纯佳,蹇洪英,等. 云南香格里拉特有易危植物中甸刺玫的表型多样性[J]. 园艺学报,2013,40(5):924-932.
- [24] 杨彦伶,李振芳,王瑞文,等. 紫薇家系表型多样性[J]. 东北林业大学学报,2011,39(5):12-14.
- [25] PLUTA S, MADRY W, SIECZKO L. Phenotypic diversity for agronomic traits in a collection of blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars evaluated in Poland [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 145: 136-144.
- [26] 武雯,蔡友铭,邹惠渝,等. 利用 RAPD 分子标记研究石竹与香石竹的遗传多样性[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(4):72-74.
- [27] ABDULLAH N, YUSOP M R, ITHNIN M, et al. Genetic variability of oil palm parental genotypes and performance of its' progenies as revealed by molecular markers and quantitative traits [J]. Comptes Rendus Biologies, 2011, 334: 290-299.
- [28] LATIF M A, YUSOP M R, RAHMAN M M, et al. Microsatellite and minisatellite markers based DNA fingerprinting and genetic diversity of blast and ufra resistant genotypes [J]. Comptes Rendus Biologies, 2011, 334: 282-289.

## Analyses and utilization of the phenotypic diversity of carnation

HU Rui BAO Man-zhu WU Xiao-qing TAN Hua-shan FU Xiao-peng

Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education/  
College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University,  
Wuhan 430070, China

**Abstract** The phenological phase and morphological indicators of 23 carnation cultivars were investigated to provide reliable bases for the resource utilization and genetic improvement of carnation. The results showed that there were large differences between standard carnations and spray carnations. The differences among standard carnation cultivars were large while the differences among spray carnation cultivars were relatively small. The growing speeds of standard carnations usually were faster than those of spray carnations. *Dianthus caryophyllus* 'Snow White' which grew fastest among standard carnations came into its full-flower stage 163 days after planting. While *D. caryophyllus* 'Samba' which grew fastest among spray carnations came into full-flower stage 195 days later after planting. Among all of the phenotypic traits, flower number and branch number had the greatest variation degree, with the variation coefficient of 135.14% and 56.27%, respectively. The height of plant had the smallest variation coefficient, with the variation coefficient of 14.30%. When the genetic distance was 6.1, the 23 carnation cultivars were divided into two big groups, consistent with the results of classification based on the phenotypic traits. Standard carnation cultivars are suitable for forcing culture to bloom earlier while spray carnation cultivars can be used for retarding culture to bloom later.

**Key words** carnation; phenological phase; morphological indicators; diversity

(责任编辑:张志钰)