

不同野生居群石蒜表型变异及物候期差异*

杨志玲^{1**} 杨旭¹ 谭梓峰¹ 于华会¹ 舒泉^{1,2} 刘若楠¹ 王洁¹

(¹中国林业科学研究院亚热带林业研究所 富阳 311400)
(²云南农业大学 昆明 650102)

摘要 石蒜是我国具有重要药用和园林应用价值的野生植物。以不同居群野生石蒜为材料,通过周年观察、切割繁殖、常规调查研究了其种质资源的基础特性。结果表明,不同野生居群石蒜单个鳞茎叶片数量多数为6片,叶长、叶宽、叶面积和叶绿素总量在18.36~21.56 cm、0.50~0.70 cm、9.22~12.95 cm²和57.68~64.73 SPAD之间比例最高。环境气候与表型性状相关性分析发现,热量及降雨量变化制约着叶宽、叶面积和叶片数量的变化,叶绿素总量与日照时数略微相关。方差分析发现,叶片数量呈显著水平差异($P<0.05$),而叶长、叶宽、叶面积和叶绿素总量均表现出极显著水平差异($P<0.01$)。来自亚热带南部的居群物候期明显早于来自中北部的居群,南部居群的繁殖系数、子鳞茎质量也均优于中北部居群,所有居群繁殖系数均值为5.81,子鳞茎质量均值为1.64 g。不同居群石蒜的子鳞茎5个生物学性状相比,根系数量差异最大(3.42~7.98根),其次是高度差异(1.27~2.01 cm),再次是质量差异(1.33~1.94 g),最后是直径差异(1.03~1.23 cm)。表6 参29

关键词 石蒜; 野生居群; 生长性状; 物候期; 繁殖系数

CLC Q949.718.250.5

Variation in Phenotypic Characteristics and Difference in Phenological Phases of Different Wild Populations of *Lycoris radiata**

YANG Zhiling^{1**}, YANG Xu¹, TAN Zifeng¹, YU Huahui¹, SHU Xiao^{1,2}, LIU Ruonan¹ & WANG Jie¹

(¹Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)
(²Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract *Lycoris radiata*, a wild plant, is an important medicinal and ornamental plant in China. By annual observation, vegetative propagation and routine survey, the wild population and germplasm characters of *L. radiata* were studied, and the results indicated that the leaf blades of a bulb were mostly six, leaf length varied from 18.36 to 21.56 cm, leaf width from 0.50 to 0.70 cm, leaf area from 9.22 to 12.95 cm², and chlorophyll content from 7.68 to 64.73 SPAD. The analysis of the relationship between environment climate factors and phenotypic characteristics showed that the leaf width, leaf area and leaf number were controlled by heat quantity and rainfall, and chlorophyll content had small relation with sunshine hours. Through the variance analysis the leaf numbers were found significantly difference at level $P<0.05$, and the leaf length, leaf width, leaf area and chlorophyll content at level $P<0.01$. The phenological phases of the wild populations from the south part of subtropical zone were earlier than those from the north and central parts. The vegetative propagation coefficient and young bulb mass of the populations from the south subtropical zone were better than those from the north and central parts. The average vegetative propagation coefficient of the populations was 5.08 and the young bulb mass 1.64 g. The comparison of the five biological characters of the young bulbs from different wild populations revealed that the root number varied from 3.42 to 7.98, bulb height from 1.27 to 2.01 cm, bulb mass from 1.33 to 1.94 g, and bulb diameter from 1.03 to 1.23 cm. Tab 6, Ref 29

Keywords *Lycoris radiata*; wild population; growth characteristics; phenological phase; vegetative propagation coefficient

CLC Q949.718.250.5

物种遗传多样性 (Species diversity) 是大自然最珍贵的资源,是人类赖以生存的物质基础。一个物种的进化潜力和抵御逆境的能力取决于种内遗传变异 (Genetic variation) 的大小,遗传多样性越丰富,对环境变化的适应能力越强,其自然分布范围越广^[1-2]。居群遗传变异 (Population genetic

variation) 既是物种适应与进化的基础,又决定着物种未来的适应发展潜力。多数居群表型可塑性变异的发生与个体发育过程中不同环境因素诱导的基因选择性表达密切相关^[3],因此,研究居群的表型性状变异要重视特定环境下的性状变异。

石蒜 (*Lycoris radiata*) 在我国亚热带地区各省区分布甚为广泛,是目前国内野外贮存量最大的石蒜属 (*Lycoris*) 植物资源。石蒜植物学系统发育、园艺观赏、鳞茎凝集素、药用分析方法、临床药理及化感作用等得到了追踪研究^[4-14],生长性状、驯化培育、组织培养等相关研究也逐步引起了国内学者的重视^[15-18],但目前国内对石蒜资源在园林和制药应用还是以采集野生资源为主,导致野生种质资源量和遗传多样性遭到严重破坏^[19]。种质资源 (Germplasm resources) 是药用

收稿日期: 2009-07-10 接受日期: 2009-08-11

*科技部林业公益性专项 (No. 200704022)、浙江省重点农业项目 (No. 2004C22041) 和浙江省林业厅财政补助专项 (No. 07A03) 资助 Supported by the Forestry Social Benefits Specific Program of Ministry of Science and Technology of China (No. 200704022), the Key Agriculture Program of Zhejiang, China (No. 2004C22041), and the Special Finance Supporting Project of Forestry Department of Zhejiang, China (No. 07A03)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: zlyang0002@126.com)

植物材料中将其特定的遗传信息递给后代并能表达的遗传物质总称。种质资源是育种工作的前期基础,拥有种质资源越多,对其研究越深透,则利用它们选育新品种的成效越大。为了使石蒜属植物资源得到可持续利用,有必要开展居群间种质资源的遗传变异分析和评价工作。

我们对来自9个省区22个野生居群的石蒜资源进行了实地调查,利用常规方法测量和观察了其生长性状(Growth characteristics)、物候期(Phenological phase)、繁殖系数(Vegetative propagation coefficient),运用数理统计方法和DPS7.05软件系统分析了其变异,旨在探讨不同野生居群石蒜的表型性状差异,为其药用优质资源选育、种质资源保护、科学培育及开发利用等提供指导和参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试石蒜材料选自9个省份22个产地,相关信息见表1。每个产地选取一个居群进行调查,共计22个居群。实验材料采集后,培育在中国林业科学院亚热带林业研究所种质资源圃地(沙壤土,肥力略低),对不同居群石蒜切割无性繁殖后培育在富阳三桥实验基地(沙底灰泥田,排灌条件良好,土壤肥力中等),定期对培育的石蒜进行除草、施肥、灌溉及病虫害防治等田间管理。

1.2 方法

1.2.1 不同居群性状差异 选择周径在10 cm的鳞茎50个,叶片长度、宽度、面积为单个鳞茎所有叶片长度、宽度、面积的均值,统计单个鳞茎叶片数量,叶绿素总量则是运用SPAD仪测定,所获得的叶绿素含量是SPAD单位,代表叶绿素相对含量,每居群测定3次,取平均值。

1.2.2 不同居群形态差异 对不同野生居群开展石蒜形态性状的调查,包括鳞茎形状和色泽。调查时选择周径在10 cm的鳞茎

50个,有70%以上鳞茎形态出现某一共同特性记为该性状。

1.2.3 不同居群物候期差异 运用常规方法在2002年4月落叶期到2003年4月份落叶期为期1 a的生长发育过程中进行不同居群物候期观察。在每个居群中挑选30个鳞茎为观察对象,物候期判定以居群中70%以上石蒜出现相应征状为准。

1.2.4 不同居群繁殖差异 以不同野生居群石蒜为繁殖对象,在休眠期中期或开花前期挑选重量25~28 g母鳞茎,切除根系和顶芽,切割繁殖后培育在透光率为50%左右的黑色遮阳网下,培育介质为珍珠岩和基质各50%,定期检查介质湿度,3 mo后统计子鳞茎数量,以每居群的子鳞茎总数除以初次繁殖个体数即得到繁殖系数。

2 结果与分析

2.1 不同居群形态差异

石蒜属植物在生态生物学特性上较为一致,如地下部分都为肉质,具有多层膜质包被的肥大鳞茎等。鳞茎近球形或卵形,皮褐或黑褐色。石蒜属植物在野生状态下靠鳞茎自然分裂的方式进行繁殖,故往往多鳞茎散生在略有荫蔽的林下,单就鳞茎大小难以判断其生长年份,因而本研究仅考虑鳞茎形状和色泽,有关鳞茎其他生物学性状均不在调查之列。

不同野生居群石蒜鳞茎多为球形和近球形,周径偏小的为卵形,鳞茎形状可能与取样时生长年龄及内在养分有关,这在相关研究^[6]中已得到证实。大多居群鳞茎色泽为褐色,据观察,鳞茎色泽与土壤肥沃程度及湿度可能有关,土壤湿度越大、越肥沃,鳞茎色泽越深。

2.2 不同居群叶片性状差异

2.2.1 叶片数量差异 由表2可知,不同野生居群单个石蒜叶片数量大约在4.90(GXLP)~7.00片(ZJLA、GZGY)之间,变

表1 22个石蒜野生居群采样地的主要气候因子
Table 1 Geographic and climatic factors of 22 wild populations of *L. radiata*

编号 Number	居群 Population	北纬 North latitude	东经 East longitude	年均温度 Annual mean temperature (°C)	日照时数 Sunshine (h)	年降水量 Annual mean rainfall (mm)
1	浙江临安 Lin'an, Zhejiang (ZJLA)	29°56'~30°23'	118°51'~119°02'	15.80~17.10	1847.30~1939.00	1400.00~1500.00
2	浙江庆元 Qinyuan, Zhejiang (ZJQY)	27°25'~27°51'	118°50'~119°30'	17.00~18.00	1774.00~1988.00	1571.00~1760.00
3	浙江遂昌 Suichang, Zhejiang (ZJSC)	28°13'~28°49'	118°41'~119°30'	16.20~17.60	1325.00~2130.00	1039.00~2158.00
4	江苏南京 Nanjing, Jiangsu (JSNJ)	31°14'~32°37'	118°22'~119°14'	16.70~20.40	1900.00~2430.00	1000.00~1158.00
5	浙江衢州 Quzhou, Zhejiang (ZJQZ)	28°15'~28°53'	118°48'~118°51'	20.20~24.00	1900.00~2226.00	1600.00~1716.40
6	浙江金华 Jinhua, Zhejiang (ZJHJ)	28°32'~29°41'	119°14'~120°46'	17.30~18.20	1528.80~1808.90	1109.00~1305.20
7	安徽东至 Dongzhi, Anhui (AHDZ)	29°34'~30°30'	116°39'~117°18'	11.90~16.10	2009.80~2055.10	1644.60~1763.50
8	福建建宁 Jianning, Fujian (FJJN)	26°32'~27°06'	116°30'~117°03'	11.00~17.00	1913.50~2161.50	1700.00~2000.00
9	江西分宜 Fengyi, Jiangxi (JXFY)	27°33'~28°08'	114°29'~114°51'	16.80~17.40	1291.20~1655.40	1594.80~1643.60
10	江西安福 Anfu, Jiangxi (JXAF)	27°4'~27°36'	114°01'~114°47'	17.40~17.70	1649.00~1700.00	1553.00~1640.50
11	湖南祁阳 Qiyang, Hunan (HNQY)	26°02'~26°51'	110°35'~112°14'	17.80~18.40	1613.10~1623.00	1150.00~1350.00
12	湖南洪江 Hongjiang, Hunan (HNHJ)	26°59'~27°29'	109°32'~110°31'	17.00~17.60	962.00~1452.00	1160.00~1450.00
13	贵州榕江 Rongjiang, Guizhou (GZRJ)	25°36'~26°27'	108°04'~108°44'	15.20~21.20	1312.00~1429.70	1200.00~1251.00
14	四川德阳 Deyang, Sichuan (SCDY)	30°31'~31°42'	103°45'~105°15'	15.00~17.00	1000.00~1300.00	1000.00~1721.00
15	浙江安吉 Anji, Zhejiang (ZJAJ)	30°23'~30°53'	119°14'~119°53'	15.60~16.60	1849.00~2009.00	1344.10~1400.00
16	浙江富阳 Fuyang, Zhejiang (ZJFY)	29°44'~30°12'	119°25'~120°09'	16.50~17.80	1642.10~1821.80	1271.70~1490.00
17	湖南常宁 Changning, Hunan (HN CN)	26°07'~26°36'	112°07'~112°41'	16.00~18.00	1358.00~1717.00	617.30~1436.00
18	广西荔浦 Lipu, Guangxi (GXLP)	24°18'~24°46'	110°06'~110°41'	19.60~19.90	1472.40~1670.00	1047.50~1936.30
19	福建武夷山 Wuyishan, Fujian (FJWYS)	27°27'~28°04'	117°37'~118°19'	12.00~18.00	964.00~1473.30	1486.00~2158.00
20	湖北武汉 Wuhan, Hubei (HBWH)	29°58'~31°22'	113°41'~115°05'	15.30~16.40	1944.30~2025.00	1200.00~1800.00
21	贵州遵义 Zunyi, Guizhou (GZZY)	27°08'~29°13'	105°36'~108°13'	12.60~13.10	1000.00~1300.00	1000.00~1300.00
22	贵州贵阳 Guiyang, Guizhou (GZGY)	26°11'~27°22'	106°07'~107°07'	13.90~15.30	1124.50~1285.50	1200.00~1424.50

表2 不同野生居群石蒜叶片性状变异
Table 2 Variation in leaf characteristics of different wild populations of *L. radiata*

居群 Population	叶片长度 Leaf length (<i>l</i> /cm)		叶片宽度 Leaf width (<i>b</i> /cm)		叶片面积 Leaf area (<i>A</i> /cm ²)		叶片数量 Leaf number (<i>N</i> , blade)		叶绿素总量 Chlorophyll (SPAD)	
	$\bar{x} \pm s$	CV	$\bar{x} \pm s$	CV	$\bar{x} \pm s$	CV	$\bar{x} \pm s$	CV	$\bar{x} \pm s$	CV
	FJJN	20.03±3.37	0.17	0.57±0.07	0.12	11.41±2.79	0.2443	6.60±3.03	0.46	64.29±4.52
ZJLA	20.22±4.04	0.20	0.62±0.03	0.05	12.50±2.67	0.2139	7.00±1.89	0.27	68.76±2.74	0.04
HNHJ	24.21±6.14	0.25	0.50±0.05	0.09	11.98±2.86	0.2389	5.50±0.71	0.13	61.51±3.91	0.06
GZGY	15.87±2.60	0.16	0.48±0.068	0.13	7.66±2.06	0.2689	7.00±3.59	0.51	63.46±1.28	0.02
JXAF	19.12±2.24	0.12	0.52±0.04	0.07	9.63±1.67	0.1726	5.40±1.51	0.28	62.12±0.42	0.01
AHDZ	21.08±3.32	0.18	0.51±0.02	0.04	10.77±2.02	0.1872	6.30±2.11	0.34	58.23±4.23	0.07
ZJJH	21.46±1.43	0.07	0.60±0.12	0.12	12.95±2.81	0.2167	6.10±1.37	0.22	72.67±2.08	0.03
ZJQY	17.74±2.73	0.15	0.54±0.08	0.16	9.52±2.05	0.2154	6.30±1.06	0.17	63.01±2.56	0.04
ZJAJ	17.87±1.94	0.11	0.51±0.06	0.12	9.22±1.51	0.1643	5.30±1.77	0.33	64.73±3.68	0.06
ZJQZ	22.46±1.52	0.07	0.71±0.12	0.17	15.97±3.46	0.2170	5.40±0.97	0.18	56.90±2.66	0.05
JXFY	17.45±3.31	0.19	0.50±0.07	0.15	8.83±2.79	0.3162	6.20±1.03	0.17	56.68±4.45	0.08
HNCN	23.42±4.87	0.21	0.54±0.05	0.10	12.84±3.58	0.2785	5.90±1.10	0.19	63.89±3.07	0.05
HNQY	18.49±1.72	0.09	0.51±0.04	0.08	9.44±1.21	0.1278	5.90±0.74	0.13	57.68±4.73	0.08
GZZY	18.36±3.93	0.21	0.53±0.06	0.11	9.85±2.77	0.2814	5.50±1.43	0.27	63.36±4.31	0.07
GXLP	19.73±4.83	0.24	0.54±0.05	0.10	10.51±2.18	0.2073	4.90±0.88	0.18	65.79±1.66	0.03
GZRJ	20.14±2.88	0.14	0.62±0.08	0.13	12.44±2.50	0.2010	5.20±1.03	0.20	57.22±2.38	0.04
ZJFY	17.04±1.54	0.09	0.51±0.02	0.05	8.64±0.90	0.1043	5.50±1.18	0.21	56.41±0.43	0.01
ZJSC	22.96±3.80	0.17	0.64±0.07	0.12	14.81±3.79	0.2564	5.80±1.48	0.25	67.68±2.73	0.04
HBWH	23.28±1.86	0.08	0.65±0.05	0.08	15.02±1.48	0.0988	5.10±1.29	0.25	63.20±3.40	0.05
HJWYS	18.39±3.93	0.21	0.53±0.09	0.17	9.94±3.66	0.3678	5.80±0.92	0.16	59.70±5.61	0.09
SQDY	21.08±4.77	0.23	0.50±0.04	0.08	10.62±2.82	0.2653	5.90±1.10	0.19	61.00±1.40	0.02

异系数变异幅度在0.13 (HNQY)~0.46 (FJJN)之间。叶片数量在5.4~5.9片的居群频率为47.62%，在5.9~7.00片的居群频率为33.33%，二者居群频率超过了80%。可见，石蒜的叶片数量相对稳定，多数数量在6片左右。

2.2.2 叶片长度差异 不同野生居群间石蒜叶片长度在15.87 (GZGY)~23.427 cm (HNCN)之间变化，变异系数在0.06 (ZJJH)~0.25 (HNHJ)之间，石蒜最长叶片是最短叶片的1.48倍。叶片长度集中在18.37~21.46 cm的居群频率为52.38%，叶片长度在其两侧的居群个数均为5个，各占总数的23.81%。可以看出，叶片长度是变异较大的生长性状。

2.2.3 叶片宽度差异 不同野生居群间石蒜叶片宽度在0.48 (GZGY)~0.71 cm (ZJQZ)之间变化，变异系数为0.05 (ZJLA)~0.20 (ZJJH)，最宽叶片是最窄叶片的1.48倍。叶片宽度集中在0.50~0.57 cm的居群频率为57.14%，高于0.60 cm、低于0.71 cm的居群频率为28.57%，二者频率总数超过了

85.71%。以上说明，石蒜叶片宽度多数在0.50~0.71 cm之间。

2.2.4 叶片面积差异 不同野生居群单个石蒜叶片面积在15.97 (ZJQZ)~7.66 cm² (GZGY)之间变化，变异系数在0.10 (HBWH)~0.37 (HJWYS)之间变化，最大叶片面积为最小叶片面积的2.09倍。叶片面积集中在9.22~12.95 cm²的居群频率为71.43%，叶片面积在其两侧的居群个数均为3个，各自出现频率均为14.29%。可以看出，不同野生居群叶片面积变异较大，这可能与叶片长度变异较大有关。

2.2.5 叶绿素总量差异 不同野生居群石蒜叶片的叶绿素总量在56.41 (ZJFY)~72.67 SPAD (ZJJH)之间，变异系数范围在0.01~0.09之间，最高叶绿素总量与最低值之间相差1.29倍。其中，叶绿素总量集中在57.68~64.73 (SPAD)居群频率为61.90%，叶绿素总量在其两侧的居群个数均为4个，各自出现频率均为19.05%。

2.2.6 生长性状方差分析及多重比较 对不同野生居群石蒜

表3 不同野生居群石蒜叶片性状方差分析
Table 3 Variance analysis of the growth characteristics of different wild populations of *L. radiata*

性状 Characteristics	变异 Variance	自由度 <i>D_f</i>	均方 Mean square	<i>F</i>	显著性水平 Significance
叶片长度 Leaf length	居群间 Between populations	20	54.92	4.68	0.0001
	居群内 In population	189	11.75		
	总变异 Total variance	209			
叶片宽度 Leaf width	居群间 Between populations	20	0.04	8.50	0.0001
	居群内 In population	189	0.004		
	总变异 Total variance	209			
叶片面积 Leaf area	居群间 Between populations	20	50.68	7.6	0.0001
	居群内 In population	189	6.67		
	总变异 Total variance	209			
叶片数量 Leaf number	居群间 Between populations	20	3.38	1.32	0.17
	居群内 In population	189	2.57		
	总变异 Total variance	209			
叶绿素总量 Chlorophyll content	居群间 Between populations	20	56.20	5.23	0.0001
	居群内 In population	42	10.75		
	总变异 Total variance	62			

的叶片性状进行方差分析. 结果(表3)表明, 除叶片数量不显著外, 叶片长度、叶片宽度、叶片面积和叶绿素总量均表现出极显著水平差异. 基于不同野生居群石蒜叶片性状存在显著或极显著性差异, 再运用数理统计方法进行多重比较. 结果(表4)发现, 仅有浙江临安(ZJLA)、贵州贵阳(GZGY)与广西荔浦(GXLP)、贵州榕江(GZRJ)、湖北武汉(HBWH)叶片数量存在5%水平差异, 其他居群间的叶片数量不存在差异性.

叶绿素总量仅与日照时数略有相关性, 而与其所处的地理位置无关.

2.3 不同居群物候期差异

李爱荣以中国石蒜(*L. chinensis*)为观察对象, 经研究获知叶片的形成经历4个发育阶段: 叶原座形成时期、叶原基生长时期、带状叶片的形成时期以及叶鞘的形成时期^[20]. 但从物候期角度对石蒜的观察尚未见报道. 中国石蒜是典型的春季出叶生态型, 石蒜是典型的秋季出叶生态型, 后者叶片生

表4 不同野生居群石蒜叶片性状LSD多重比较
Table 4 Significance level comparison of leaf characteristics of different wild populations of *L. radiata*

居群 Population	叶片长度 Leaf length		叶片宽度 Leaf width		叶片面积 Leaf area		叶片数量 Leaf number		叶绿素总量 Chlorophyll content	
	显著性水平 Significance level		显著性水平 Significance level		显著性水平 Significance level		显著性水平 Significance level		显著性水平 Significance level	
	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%
FJJN	bcdefg	ABCDEF	cde	BCDE	cdef	CDE	ab	A	bcde	BCDE
ZJLA	bcdefg	ABCDEF	bc	BC	bcd	BCD	a	A	ab	AB
HNHJ	a	A	ef	E	cde	BCDE	ab	A	cdefghij	BCDE
GZGY	h	F	f	E	h	F	a	A	bcdefg	BCDE
JXAF	defgh	BCDEF	ef	DE	efgh	CDEF	ab	A	cdefghij	BCDE
AHDZ	abcdef	ABCDE	ef	E	cdefg	CDEF	ab	A	efghij	DE
ZJJH	abcde	ABCDE	bcd	BCD	bc	ABC	ab	A	a	A
ZJQY	fgh	EF	def	CDE	efgh	CDEF	ab	A	bcdefghi	BCDE
ZJAJ	efgh	DEF	ef	DE	fgh	DEF	ab	A	bcd	BCDE
ZJQZ	abcd	ABCD	a	A	a	A	ab	A	hij	HIJ
JXFY	defgh	EF	ef	E	fgh	EF	ab	A	ij	IJ
HNCN	ab	AB	def	CDE	bc	ABC	ab	A	bcdef	BCDE
HNQY	efgh	CDEF	ef	E	efgh	CDEF	ab	A	fghij	DE
GZZY	efgh	CDEF	ef	CDE	defgh	CDEF	ab	A	bcdefg	BCDE
GXLP	cdefg	ABCDEF	def	CDE	cdefg	CDEF	b	A	bcd	ABCD
GZRJ	bcdefg	ABCDEF	bc	BC	bcd	BCD	b	A	ghij	E
ZJFY	gh	EF	ef	E	gh	EF	ab	A	j	E
ZJSC	abc	ABC	b	AB	ab	AB	ab	A	abc	ABC
HBWH	abc	AB	b	AB	ab	AB	b	A	bcdefgh	BCDE
HJWYS	afgh	CDEF	ef	DE	defgh	CDEF	ab	A	cdefghij	CDE
SQDY	abcdef	ABCDE	ef	E	cdefg	CDEF	ab	A	defghij	BCDE

大写字母表示达到1%的极显著水平, 小写字母表示达到5%的显著水平

Capital letters indicate the significant difference at level 0.01, and small letters indicate the significant difference at level 0.05

2.2.7 生长性状与地理气候因子相关性 对石蒜生长性状与地理气候因子进行相关性分析. 由结果(表5)可以看出, 叶片长度与纬度、年均温、日照时数正相关, 而与经度、降雨量负相关, 但以上均未达到显著水平. 叶片宽度与年均温、日照时数、降雨量正相关, 其中与年均温、日照时数相关性达到显著水平, 说明越往南、年均温升高、日照时数减弱、降雨量增多, 叶片有变宽趋势, 且3个因子对叶片宽度的影响协同一致, 可以解释为热量及降雨量变化制约着叶片宽度变化. 叶片面积与纬度、经度指标负相关, 而与年均温、日照时数、降雨量指标正相关, 但均未达到显著水平, 说明越往南、年均温升高、日照时数减低、降雨量增多, 叶片面积表现增加趋势, 这一变化趋势与叶片宽度变化趋势十分相似, 这也是叶片宽度与叶片面积极显著相关的具体体现. 叶片数量与日照时数、降雨量指标正相关, 但未达到显著水平; 叶片数量还与纬度、经度、年均温等指标负相关, 其中与年均温达到显著水平相关, 即越往南、年积温越大, 叶片数量越少. 叶绿素总量与日照时数指标正相关, 而与经度、纬度、年均温、降雨量等地理气候因子均负相关, 但以上均未达到显著水平, 说明叶

长发育阶段及物候期与前者存在显著差异.

经观察, 石蒜年生长发育过程中, 发现物候期可分成以下几个阶段: 3月初(叶生长后期)—4月中旬(落叶期)—6月中旬(休眠期)—8月(开花期)—9月底(初叶期)—12月(盛叶期). 结合表1和表6, 不同野生居群石蒜尽管离开了原始生长环境, 但在异地生长初期依然保留着原来的生物学特性, 这是由其遗传特性、原生长条件下环境因子的共同作用及长期自然选择的结果.

不同居群的石蒜初叶期一般在9月14~20日之间, 来自亚热带南部地区的居群初叶期明显早出亚热带中部地区的几个居群, 如来自GXLP、GZRJ、HNQY、HNCN、GZGY、FJJN的居群出叶期比来自HNHJ、GZZY、ZJQY、HJWYS、JXAF、ZJQZ、ZJSC、ZJJH的居群早3~5 d, 而比来自AHDZ、ZJFY、ZJLA、HBWH、ZJAJ、SQDY、JSZJ的居群早6~8 d. 初叶期的时间为12~16 d, 所有居群在9月下旬或10月初至11月下旬进入叶片旺盛生长期, 但12月初至翌年2月底由于气温偏低, 叶片生长较弱. 3月初, 随着气温回升叶片又开始旺盛生长, 即进入叶生长后期, 这段时间持续约1 mo. 4月份第一个星期之

表5 石蒜生长性状与地理气候因子的相关性
Table 5 Correlation between growth characteristics of *L. radiata* and geographic & climatic factors

地理气候因子 Geographic & climatic factor	叶片长度 Leaf length	叶片宽度 Leaf width	叶片面积 Leaf area	叶片数量 Leaf number	叶绿素总量 Chlorophyll content
纬度 Latitude	0.02	-0.17	-0.06	-0.37	-0.29
经度 Longitude	-0.01	-0.17	-0.09	-0.43*	-0.31
年均温 Annual mean temperature	0.25	0.43*	0.38	-0.42	-0.16
日照时数 Sunshine hours	0.19	0.47*	0.38	0.05	0.15
降雨量 Annual mean rainfall	-0.12	0.21	0.07	0.11	-0.14

*相关性达到显著水平 * indicates correlation coefficient at significant level

后, 叶片尖端开始发黄, 标志着进入落叶始期. 不同居群落叶初期的出现顺序正好与初叶期相反, 来自亚热带南部的居群叶片显然更早凋谢, 前后相隔时间大约1 wk, 观察显示所有居群落叶期大约经历20~25 d. 此后, 石蒜进入休眠期, 各居群休眠时间在123~128 d之间, 来自南方的居群与来自北方的居群相差约1 wk.

石蒜休眠后期、出叶前期有个明显的开花生理过程, 不同居群的花期集中在8月中旬到下旬初, 时间大约10~14 d, 部分居群的开花时间长达20多天.

2.4 不同居群繁殖差异

由表6可以看出, 所有居群石蒜的繁殖系数均值为5.81, 不同居群繁殖系数在4.10~9.20之间变化, 其中繁殖系数为5.10~6.30的居群个数占居群总数的54.54%, 来自亚热带南部居群GXLP、GZRJ、HNQY、HNCN、GZGY的繁殖系数均值(7.68)比居群繁殖系数均值高出1.87, 显然南部地区繁殖系数较中亚热带、北亚热带的居群繁殖系数要大, 而中亚热带和北亚热带地区的居群繁殖系数难以区分差异性.

从表6还可以看出, 不同居群的子鳞茎直径、高度和根系数量存在差异性. 其中, 子鳞茎直径、高度和根系数量均值分别为1.13 cm、1.63 cm和5.45根, 直径在1.09~1.16 cm、高度

在1.44~1.65 cm和根系数量为4.15~6.12根的子鳞茎居群个数分别为11、12和11个, 占居群总数的50%、54.54%、50%. 不同居群的子鳞茎5个生物学性状相比, 根系数量的差异最大, 最大值(GXLP, 7.98根)超出最小值(JSNJ, 3.42根)68.23%; 其次是高度差异, 最大值(GXLP、HNCN, 2.01 cm)超出最小值((AHDZ, 1.27 cm)58.27%; 再次是质量差异, 最大值(GXLP, 1.94 cm)超出最小值(HBWH, 1.33 cm)31.44%; 排在最后的是直径差异, 最大值(GZRJ, 1.23 cm)超出最小值(JXAF、SQDY, 1.03 cm)19.42%.

3 讨论

3.1 不同居群生长性状差异

叶片是植物进行光合作用、呼吸作用、蒸腾作用的重要器官, 也是自然界中初级生产者的能量转换器^[21]. 叶片表型性状受控于植物遗传特性, 同物种叶片性状常被认为是相对稳定的. 此外, 叶片性状受地理位置、生境条件和气候特性等综合环境影响而表现差异性^[22]. 本研究显示, 不同野生居群石蒜单个鳞茎叶片数量相对稳定, 多数在6片左右. 52.38%的居群叶片长度集中在18.36~21.56 cm, 85.71%的叶片宽度在0.50~0.70 cm, 71.43%的叶片面积在9.22~12.95 cm², 61.90%的叶绿素在57.68~64.73 SPAD. 不同野生居群间石蒜表型性

表6 不同野生居群石蒜无性繁殖后子鳞茎的生物学性状
Table 6 Biological characteristics of Young bulbs of different wild populations of *L. radiata* by vegetative propagation

居群 Population	子鳞茎个数 Young bulb number	子鳞茎质量 Young bulb weight (m/g)		子鳞茎直径 Young bulb diameter (d/cm)		子鳞茎高度 Young bulb height (h/cm)		子鳞茎根系数量 Young bulb root number (branch)	
		均值 Mean	变幅 Range	均值 Mean	变幅 Range	均值 Mean	变幅 Range	均值 Mean	变幅 Range
		FJJN	6.30	1.47	1.01~2.21	1.08	0.90~1.42	1.45	1.22~1.69
ZJLA	5.10	1.56	0.98~1.98	1.15	1.06~1.26	1.58	1.38~2.01	6.12	1.78~9.01
HNHJ	4.80	1.54	0.96~2.04	1.15	1.11~1.32	1.51	1.42~2.11	5.46	4.12~9.02
GZGY	6.10	1.86	1.05~3.04	1.13	1.09~1.26	1.93	1.87~2.11	7.86	3.45~14.6
JXAF	5.10	1.45	1.01~2.59	1.03	1.01~1.21	1.47	1.21~1.73	4.55	4.12~7.66
AHDZ	5.30	1.36	0.89~2.01	1.09	0.98~1.03	1.27	0.98~1.76	4.24	3.11~5.76
ZJJH	6.10	1.52	0.78~2.56	1.16	1.01~1.12	1.56	1.31~1.89	4.15	2.43~6.32
ZJQY	6.10	1.68	0.88~2.48	1.12	1.01~1.28	1.62	1.48~1.92	4.65	2.46~8.36
ZJAJ	5.30	1.35	0.78~2.02	1.09	1.03~1.36	1.46	1.28~1.98	4.34	3.01~6.76
ZJQZ	4.90	1.55	0.86~2.04	1.18	1.03~1.25	1.56	1.41~1.78	4.01	2.78~8.67
JXFY	5.10	1.56	0.90~2.38	1.18	1.05~1.20	1.56	1.37~1.82	3.88	1.88~9.05
HNCN	7.40	1.82	1.32~2.34	1.22	1.13~1.45	2.01	1.86~2.11	7.95	2.10~16.5
HNQY	8.60	1.89	1.47~2.09	1.18	1.02~1.56	1.97	1.76~2.18	6.68	3.10~8.93
GZZY	5.10	1.91	1.35~2.23	1.16	1.08~1.66	1.98	1.81~2.12	7.64	1.20~10.8
GXLP	9.20	1.94	1.41~3.39	1.20	1.11~1.34	2.01	1.86~2.18	7.98	2.34~9.88
GZRJ	8.50	1.92	1.45~3.24	1.23	1.06~1.38	1.97	1.76~2.17	6.74	2.15~13.6
ZJFY	5.90	1.76	1.55~2.67	1.11	1.12~1.27	1.62	1.38~1.95	5.72	3.12~7.81
ZJSC	5.10	1.78	1.62~3.01	1.14	1.15~1.28	1.65	1.48~1.79	5.75	3.78~9.24
HBWH	4.80	1.33	0.97~2.38	1.07	0.99~1.15	1.31	1.12~1.48	3.78	2.16~5.98
HJWYS	4.70	1.7	0.85~2.46	1.09	1.08~1.12	1.44	1.52~1.68	5.46	3.42~8.98
SQDY	4.10	1.39	0.87~2.87	1.03	0.88~1.32	1.32	1.04~1.78	3.65	3.01~4.88
JSNJ	4.20	1.42	0.93~2.36	1.04	0.86~1.27	1.35	1.04~1.65	3.42	3.01~4.74

状的差异是其生存的地理气候条件及小环境共同作用的结果, 它们的存在也为该植物开发利用和遗传改良提供了种质材料. 对居群间生长性状与地理气候条件的相关性分析, 发现越往南、年均温升高、日照时数减低、降雨量增多, 叶片变宽, 叶面积增大, 叶片数量减少, 但叶片长度未表现显著水平变化, 可见热量及降雨量变化制约着叶片宽度、叶片面积和叶片数量的变化, 叶绿素总量与日照时数略微相关, 但与其所处的地理位置无关.

3.2 不同居群物候期差异

梅莉娟等通过对伊犁和阿尔泰的郁金香研究, 发现不同居群长期生长在不同生境中花期等已形成了与环境相适应特征且稳定的遗传变异. 对郁金香不同居群的物候特征进行研究, 可为郁金香引种驯化、优良性状的筛选及杂交育种亲本材料的选择奠定基础^[23]. 本文研究发现, 来自亚热带南部野生居群石蒜初叶期比中部和北部居群分别早3~5 d及6~8 d. 来自南部地区的居群落叶期、休眠期比上述两个居群早约1 wk, 所有居群落叶期、休眠期大约分别持续为20~25 d和123~128 d, 在休眠期间所有居群均有生理开花期, 集中在8月中旬到下旬初, 时间大约10~14 d左右.

3.3 不同居群繁殖差异

大多鳞茎类植物本身就具有自然分生的能力, 如百合科 (Liliaceae) 与石蒜科 (Amaryllidaceae) 植物的鳞茎能从腋芽中形成一个或数个新鳞茎, 将子鳞茎从老鳞茎分出即成新的个体. 为加速繁殖, 创造一定条件促使母鳞茎分生更多子鳞茎, 这在百合 (*Lilium brownii*)、水仙 (*Narcissus tazetta* var. *chinensis*)、大蒜 (*Allium sativum* L.) 的无性繁殖中已广泛应用^[24-27]. 一些学者就石蒜属植物无性繁殖方法、激素和外源生化物质处理已开展过研究^[18, 28-29], 但至今尚没有对不同野生居群石蒜繁殖特性开展过研究. 本研究以不同野生居群石蒜种质资源为材料进行了无性繁殖, 结果显示, 所有居群繁殖系数在4.10~9.20之间变化, 均值为5.81, 来自亚热带南部居群的繁殖系数均值 (7.68) 比居群繁殖系数均值高出1.87, 而中部和北部居群繁殖系数难以区分差异性. 该研究结果与作者前期在不同生长发育期开展的石蒜繁殖研究结果^[16]基本一致; 但与李玉萍切片繁殖系数在2.7~11.7之间^[28]有一定的差别, 不过其切割繁殖的时间并没有在论文中交待清楚, 故难以横向比较; 与张露对石蒜基底进行三刀和二刀切割繁殖系数只有1.84~2.64^[29]相比, 不同野生居群的繁殖系数均显著高于此值.

References

- Zhao CF (赵春芳), Chen GJ (陈国娟), Wang YH (王芋华), Korpeainen H, Li CY (李春阳). Genetic variation of *Hippophae rhamnoides* populations at different altitude in the Wolong Nature Reserve based on RAPDs. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2007, **13** (6): 753-758
- Ge SJ (葛淑俊), Meng YJ (孟义江), Li GM (李广敏), Ma ZY (马峙英). Research progress on genetic diversity in chinese medicinal plants. *Chin Traditional & Herbal Drugs* (中草药), 2006, **37** (10): 1584-1589
- Zhang RL (张睿鹏), Jia Y (贾茵), Zhang QX (张启翔). Phenotypic variation of natural populations of *Primula denticulata* ssp. *sinodenticulata*. *Biodiv Sci* (生物多样性), 2008, **16** (4): 362-368
- Deng CL (邓传良), Zhou J (周坚), Lu LD (卢龙斗), Gao WJ (高武军), Li SF (李书粉), Wang Q (王琼). Study on germplasm resources of *Lycoris longituba* (Amaryllidaceae) by RAPD and ISSR. *Acta Bot Yunnanica* (云南植物研究), 2006, **28** (3): 300-304
- Deng CL (邓传良), Zhou J (周坚). A cladistic analysis of *Lycoris* (Amaryllidaceae). *Bull Bot Res* (植物研究), 2005, **25** (4): 393-399
- Zhou SB (周守标), Yu BQ (余本祺), Luo Q (罗琦), Qin WH (秦卫华), Wang Y (王影). Pollen morphology of *Lycoris* herb and its taxonomic significance. *Acta Horticult Sin* (园艺学报), 2005, **32** (5): 914-917
- Chang LQ (常丽青), Wu CF (吴传芳), Lü HZ (吕鸿周), Liu Q (刘超), Gu Y (顾莹), Chen F (陈放), Wu QQ (吴洽庆), Bao JK (鲍锦库). Purification and characterization of agglutinin from bulbs of *Lycoris radiata* (Amaryllidaceae). *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2005, **11** (2): 164-167
- Zhang L (张露), Cai YM (蔡友铭), Zhuge Q (诸葛强). Analysis of the inter-species relationships on *Lycoris* (Amaryllidaceae) by use of RAPD. *Acta Genet Sin* (遗传学报), 2002, **19** (1): 915-921
- Fan HJ (范华均), Lin GX (林广欣), Xiao XH (肖小华), Li GK (李攻科). Kinetic mechanisms for the extraction of active constituents in *Lycoris Radiata* and rhizma polygoni cuspidati by microwave-assisted extraction. *Chin J Anal Chem* (分析化学), 2006, **34** (9): 1260-1264
- Qian D (钱丹), He HB (何海波), Yang ZL (杨志玲), Lü J (吕隽), Yang J (杨健). Extraction and HPLC determination of galanthamine and lycoramine in *Lycoris radiata*. *Chin J Pharm Anal* (药物分析杂志), 2009, **29** (1): 104-106
- Zhu Q (朱奇), Li ZT (李振涛), Ji Y (纪宇), Li AX (李爱秀). Novel advances in the mechanism of galanthamine treatment for alzheimer's disease. *Tianjin Pharm* (天津药学), 2005, **17** (3): 38-40
- Esperanza A, Eva A, Nelson H. Galantamine prevents apoptosis induced by β -amyloid and thapsigargin: Involvement of nicotinic acetylcholine receptors. *Neuropharmacology*, 2004, **46**: 103
- Jiang HY (蒋红云), Zhang YN (张燕宁), Feng PZ (冯平章), Zhang H (张恒). Allelopathic effects of *Lycoris radiata* on radish, cucumber, tomato and rape seedlings. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2006, **17** (9): 1655-1659
- Yang X (杨旭), Yang ZL (杨志玲), Zuo H (左慧). Influence of *Lycoris radiata* growth on the composition and diversity of weed communities. *J Trop & Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), 2008, **16** (3): 212-218
- Zuo H (左慧), Zhang RQ (张日清), Yang ZL (杨志玲), Yang X (杨旭). Biological characteristics and annual nutrient variation in ecorm of *Lycoris radiata*. *Acta Agric Univ Jiangxiensis* (江西农业大学学报), 2007, **29** (4): 598-602
- Yang ZL (杨志玲), Tan ZF (谭梓峰), Yang X (杨旭), Zuo H (左慧). Studies on vegetative propagation coefficient of *Lycoris radiata* and biological characters' diversities of cormel in different development phase. *For Res* (林业科学研究), 2008, **21** (3): 308-310
- Lin T (林田), Liu ZC (刘灶长), Li TF (李天菲), Li XX (李锡香), Luo LJ (罗利军). Study on cryopreservation of shoot tips of *Lycoris radiata* Herb by vitrification in vitro. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯),

- 2006, **42** (6): 1063~1066
- 18 Wang Q (王清), PF (彭菲), Xiao Y (尚艳). Tissue culture and plantlet regeneration of *Lycoris aurea* herb. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 2006, **42** (2): 259~259
- 19 Zuo H (左慧), Yang ZL (杨志玲), Yang X (杨旭), Tan ZF (谭梓峰), Yu HH (于华会). Analysis of genetic diversity in *Lycoris radiata* using ISSR Marker. *For Res* (林业科学研究), 2008, **21** (6): 768~772
- 20 Li AR (李爱荣), Zhu J (朱锦). Study on the growth cycle and development of *Lycoris Chinese* leaf. *Acta Agric Univ Jiangxiensis* (江西农业大学学报), 2005, **27** (1): 17~21
- 21 Li HS (李合生). *Modern Plant Physiology*. Beijing, China: Higher Education Press (北京: 高等教育出版社), 2002. 45~143
- 22 O' Neill P. Natural selection on genetically correlated phenological characters in *Lythrum salicaria* (*Lythraceae*). *Evolution*, 1997, **51**: 267~274
- 23 Mei LJ (梅莉娟), Tan DY (谭敦炎). Phenological characteristics in different populations of *Tulipa iliensis* Regel and *Tulipa altaica* Pall ex Spreng. *J Xinjiang Agric Univ* (新疆农业大学学报), 2006, **29** (4): 18~21
- 24 Qu YH (屈云慧), Zhang T (张婷), Zhang YP (张艺萍), Wu XW (吴学尉). *In vitro* culture of its tube corm and rapid propagation of *Lilium*. *Plant Physiol Commun* (植物生理学通讯), 2007, **43** (5): 901~901
- 25 Chen SL (陈诗林), Huang ML (黄敏玲). Effects of chilling and gibberellin on flowering and bulb reproduction of asiatic hybrid *Lily*. *J Jilin Agric Univ* (吉林农业大学学报), 2007, **29** (5): 511~517
- 26 Chen DF (陈段芬), Gao J (高健), Peng ZH (彭镇华). Advances and perspectives in studies on *Narcissus* plants. *Sci Silv Sin* (林业科学), 2008, **44** (3): 140~146
- 27 Shuai ZB (帅正彬), Guo JH (郭江洪), Yang B (杨斌), Chen ZH (陈征昊). Preliminary studies on the role of *Garlic* bulbils in fast propagation. *J Changjiang Vegetables* (长江蔬菜), 2008 (16): 29~30
- 28 Li YP (李玉萍), Zhang QF (张庆峰), Tang GG (汤庚国). Quick propagation of bulb-scale *Lycoris radiata*. *J Nanjing For Univ Nat Sci* (南京林业大学学报自然科学版), 2005, **29** (2): 103~105
- 29 Zhang L (张露), Wang GP (王光萍), Cao FL (曹福亮). Studies on vegetative propagation in the Genus *Lycoris*. *J Nanjing For Univ Nat Sci* (南京林业大学学报自然科学版), 2002, **26** (4): 1~5



生物标本的采集、制作、保存与管理

伍玉明 等编著 科学出版社 出版(2010年5月)

国家科学技术学术著作出版基金资助出版 978-7-03-027038-2 ¥98.00

内容简介

本书旨在规范生物标本工作中使用的重要技术和方法: 采集、制作、保存、维护和管理。全书分为四部分: 第一部分包含了生物标本的类型、作用以及标本采集过程中的若干问题; 第二部分和第三部分分别对动物标本和植物(包括菌物、藻类)标本的采集要求、采集工具、采集方法和标本的野外处理等作了比较详细的描述, 并对液浸标本、干制标本、玻片标本、骨骼标本、剥制标本等不同类型生物标本的制作方法、操作步骤及其保存与维护进行了系统论述; 第四部分主要涉及生物标本的包装、运输、储存和管理, 以有代表性的生物标本为例, 对标本包装与运输的程序和要求予以详细说明; 标本的储存和管理部分详细介绍了标本的消毒、入库、管理、标本馆的建筑特点和工艺要求等。

本书可供与生命科学相关的科研院所、海关、检验检疫、环境保护、卫生等机构所附设的标本馆(室)、博物馆、动物园的生物标本采集、制作、管理等人员使用, 同时也供大专院校生物学科师生、从事保护生物研究的科技人员等参考。由于书中对很多生物类群的生物学特性略予记述, 也适合于广大生物爱好者使用。

森林残落物生态学

汪思龙 等编著 科学出版社 出版(2010年5月) 978-7-03-027390-1 ¥60.00

内容简介

本书既是作者长期从事森林残落物生态学研究成果, 特别是近50年来的定位研究成果的反映, 同时也全面系统总结和分析了我国近60年来有关森林凋落物的研究进展, 重点阐述内容包括人工林枯枝落叶产量动态变化, 树种组成对凋落物组成和动态过程的影响, 凋落物单独分解和混合分解, 分解过程对土壤有机质组分含量的影响; 特别论述了地下部分细根分解以及根桩分解过程, 及其对土壤有机碳的影响, 这些数据国内外很少报道, 这也是本书的特色之一; 揭示了不同自然地带森林凋落物的生产规律和人的经营活动对凋落物产量的影响; 内容紧密结合当前生产和重大环境问题。

本书可供生态学、生物学、林学、环境科学等专业师生以及林业工作者参考。

联系人: 科学出版社科学销售中心 周文宇 电话: 010-64031535 E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网址: www.lifescience.com.cn 网上订购: www.dangdang.com www.amazon.cn