

DOI: 10.5846/stxb201712292347

杜有新, 吴伟建, 刘跃钧, 王军峰, 季志利, 章伟民, 何小勇. 不同生境下景宁玉兰灌丛萌株形态及其生殖特征. 生态学报, 2018, 38(23): - .  
Du Y X, Wu W J, Liu Y J, Wang J F, Ji Z L, Zhang W M, He X Y. Morphological and reproductive characteristics of the sprouts of *Magnolia sinostellata* thickets in different habitats. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(23): - .

## 不同生境下景宁玉兰灌丛萌株形态及其生殖特征

杜有新<sup>1</sup>, 吴伟建<sup>2</sup>, 刘跃钧<sup>1</sup>, 王军峰<sup>1</sup>, 季志利<sup>3</sup>, 章伟民<sup>2</sup>, 何小勇<sup>1,\*</sup>

1 丽水市林业科学研究院, 丽水 323000

2 松阳县林业局, 松阳 323400

3 丽水莲都生态林场, 丽水 323000

**摘要:** 景宁玉兰是萌生能力很强的灌木树种, 为了解不同生境下景宁玉兰萌枝形态及其生殖特征, 选择了灌丛(SH)、黄山松林(PTF)、落叶阔叶林(DBF)、杉木林(CLF)和林缘(FE)等 5 种坡向一致的生境类型, 通过典型样地调查, 比较分析了 5 种不同生境下景宁玉兰萌枝数量、大小、高度、枝系、开花及结实等性状。结果表明: (1) 景宁玉兰在黄山松林下的分布密度最高, 但 5 种生境下景宁玉兰每丛的萌枝数量没有差异, 每丛最大萌枝基径对每丛萌枝数有一定影响, 但最大萌枝高度与每丛萌枝数没有关系。在所有调查的景宁玉兰居群中, 大于 2 根以上萌枝的灌丛达 82.5%, 说明萌生更新在种群繁衍中发挥着重要作用。(2) 在落叶阔叶林下的萌枝基径显著小于其他生境( $P < 0.05$ ), 黄山松林下一级枝粗度和长度显著小于其他生境( $P < 0.05$ ); 灌丛中的总分枝率和逐步分枝率最高, 灌丛和林缘生境的逐步分枝率( $SBR_{2,3}$ )高于其他生境。(3) 生殖萌枝基径( $r = 0.320, P < 0.05$ )和高度( $r = 0.349, P < 0.05$ )与花量均呈显著正相关关系。杉木林下景宁玉兰生殖萌枝的花量显著高于黄山松林、落叶阔叶林和林缘生境( $P < 0.05$ )。虽然黄山松林下景宁玉兰萌枝开花率及开花萌枝比例最低, 但其果实大小、单果种子粒数及每丛结实率却较高( $P < 0.05$ ), (4) 景宁玉兰对环境变化极为敏感, 生境类型和海拔对萌枝形态和生殖性状均有一定影响。研究表明, 景宁玉兰萌生特征主要受其内在生物学特性所控制, 而萌枝形态及生殖特征则与其所处环境条件更为密切。

**关键词:** 景宁玉兰; 生境; 萌枝形态; 分枝率; 生殖特征

## Morphological and reproductive characteristics of the sprouts of *Magnolia sinostellata* thickets in different habitats

DU Youxin<sup>1</sup>, WU Weijian<sup>2</sup>, LIU Yuejun<sup>1</sup>, WANG Junfeng<sup>1</sup>, JI Zhili<sup>3</sup>, ZHANG Weimin<sup>2</sup>, HE Xiaoyong<sup>1,\*</sup>

1 Lishui Academy of Forestry, Lishui 323000, China

2 Songyang Forestry Bureau, Songyang 333400, China

3 Liandu Ecology Forest Farm, Lishui 323000, China

**Abstract:** The *Magnolia sinostellata* species has a strong sprouting ability. To understand the morphological and reproductive properties of the sprouts of the tree species growing in different environments, five habitat types, including the shrubberies (SH), *Pinus taiwanensis* forest (PTF), deciduous broad-leaved forest (DBF), *Cunninghamia lanceolata* forest (CLF), and forest edges (FE) were selected on the same aspect. The number, basal diameter, height, branching patterns, flowering and fruiting characteristics of the sprouts of *M. sinostellata* were investigated in the representative sites at five different habitats. The results showed that (1) the plant density of *M. sinostellata* was the highest in the *P. taiwanensis* forest. No differences were observed in the sprout number of each cluster across the five habitats. A certain relationship was observed between the basal diameter of the largest sprout and the sprout number of each cluster, but no relationship was

基金项目: 丽水市重点研发项目(20150404); 浙江省林业厅生物多样性保护项目(33112410150002)

收稿日期: 2017-12-29; 网络出版日期: 2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 332744534@qq.com

observed between the height of the largest sprout and the sprout number of each cluster across the five habitats. In all populations investigated, 82.5% of all thickets were composed of more than two sprouts, indicating that sprouting plays an important role in the regeneration of the *M. sinostellata* population in Lishui. (2) Except for the sprout number, the morphological parameters (basal diameter, length, overall bifurcation ratio, stepwise bifurcation ratio ( $SBR_{1-2}$  and  $SBR_{2-3}$ ), and length of first-order branch) of the sprouts varied with different habitats. The basal diameters of the sprouts of *M. sinostellata* growing in the deciduous broad-leaved forests were the smallest across the five habitats. The basal diameters and lengths of the first-order branches of *M. sinostellata* growing in the *P. taiwanensis* forests were the smallest across the five habitats. The overall and stepwise bifurcation ratios in the shrubberies and the stepwise bifurcation ratios ( $SBR_{2-3}$ ) at the forest edges were the highest across the five habitats. (3) Both the basal diameter and height of the reproductive sprouts were significantly and positively related to the flower number per reproductive sprout ( $P < 0.05$ ). The flower numbers per reproductive sprout and reproductive sprout ratios showed certain differences across the different habitats. The flower numbers per reproductive sprout in the *C. lanceolata* forests were significantly greater than those in the *P. taiwanensis* and broad-leaved forests and at the forest edges ( $P < 0.05$ ). The flower numbers per reproductive sprout and reproductive sprout ratios in both the *P. taiwanensis* and deciduous broad-leaved forests were lower than those in the other habitats, but the fruit sizes, seeds of each fruit, and mean fruit-setting ratio of each cluster in the *P. taiwanensis* forests were the highest across all habitats. (4) The *M. sinostellata* plants were sensitive to the environmental changes. Except for the sprout number and stepwise bifurcation ratio ( $SBR_{2-3}$ ), the morphological parameters and reproductive characters of sprouts were significantly influenced by habitats and altitudes. This study indicated that the sprouting properties of *M. sinostellata* were mainly controlled by the inherent biological properties. On the other hand, the morphological and reproductive characteristics were markedly related to the environmental conditions.

**Key Words:** *Magnolia sinostellata*; habitat; sprouting morphology; bifurcation ratio; reproductive characteristics

景宁玉兰 (*Magnolia sinostellata* P. L. Chiu et Z. H. Chen) 属浙江特有种<sup>[1-2]</sup>, 为国家二级保护的濒危物种<sup>[3-4]</sup>, 具有较高的科学研究和园林观赏价值<sup>[5]</sup>。景宁玉兰集中分布于浙江南部的丽水市景宁畲族自治县草鱼塘林场、松阳县牛头山地区、莲都区峰源乡和温州市乐清雁荡山, 其原生环境相似, 由于人类活动的干扰及自然环境变化导致的生境破碎化, 现代分布格局呈分散性特征<sup>[6]</sup>, 主要生长于海拔 900m 以上的落叶阔叶林、杉木林、黄山松林、林缘沟边和灌丛中<sup>[7]</sup>。

景宁玉兰为浅根性落叶灌木, 喜阴凉湿润、水分充足且土壤肥沃的生境, 对环境变化较为敏感<sup>[7-8]</sup>。在自然环境下, 景宁玉兰自然结实率不到 1%<sup>[9]</sup>, 但其萌生性强, 茎秆基部具有很强的萌芽能力<sup>[2]</sup>, 实生苗定植后往往萌发数根萌蘖<sup>[10]</sup>, 根颈萌枝<sup>[11]</sup>和残桩萌枝<sup>[12]</sup>现象在原生环境下普遍存在, 这也是其对资源状况及环境变化的一种适应性响应<sup>[13-15]</sup>。之前对景宁玉兰生态生物学特性<sup>[2]</sup>、种群分布<sup>[6-7]</sup>、花粉活力<sup>[8-9]</sup>、无性繁殖<sup>[10]</sup>及属内亲缘关系<sup>[16]</sup>等方面开展了较多研究, 但未见有关不同生境下景宁玉兰萌枝形态及生殖特征方面的报道。萌生是植物抵抗不利环境的一种营养繁殖方式, 是面临较大强度干扰及实生更新受到限制情况下的一种重要自然更新方式<sup>[17]</sup>, 研究萌枝形态及其生殖特征可以深入了解植物在不利环境下的生长发育状况及其应对策略。本文通过调查分析不同生境下景宁玉兰萌枝形态及开花结实状况, 以期了解景宁玉兰自然更新特征及其与生境的关系, 为科学保护合理利用其种质资源提供参考。

## 1 研究地概况

本研究选取景宁玉兰代表性的 3 个分布点即丽水市松阳县大东坝镇灯塔村牛头山、丽水市莲都区峰源乡尤源村和葑垟村, 3 个分布点相距 20—60km。分布点均处于山体北坡, 涵盖了景宁玉兰自然生长的各种生境类型, 除了松阳牛头山海拔 720m 处生长着 3 丛外, 景宁玉兰主要分布于海拔 950—1300m 之间。景宁玉兰在

浙南山区的分布区位于 27°30'—28°26'N, 119°49'—120°05'E 之间的北坡<sup>[6]</sup>, 土壤为山地黄壤和黄棕壤, 土层厚度 30—120cm, pH 值 4.8—5.5<sup>[2]</sup>。其中在峰源乡的自然分布区位于 28°05'—28°14'N, 119°40'—119°51'E 之间, 年均气温处于 12.0—15.5℃, 海拔 950—1100m, 年均相对湿度 87%<sup>[18]</sup>。牛头山分布区处于 28°15'—28°17'N, 119°32'—119°35'E 之间, 年均气温处于 11.5—16.5℃, 海拔 700—1285m, 年均相对湿度 87%。研究样地的地理信息及植被概况见表 1。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置

于 2016 年 2 月, 根据景宁玉兰自然生长的生境条件, 把景宁玉兰生境分为 5 种类型, 分别为灌丛 (SH)、黄山松 (*Pinus taiwanensis*) 林 (PTF)、落叶阔叶林 (DBF)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 林 (CLF) 及林缘沟边 (FE), 其中林缘是指树林边缘 5m 内区域, 距离树林边缘 10m 视为林内。根据景宁玉兰分布状况, 在每种生境上分别设置 1—3 个典型样地, 样地面积 10m × 20m, 每个样地划分为 8 个 5m × 5m 的小样方, 尤源村共设置了 4 个样地; 葑垵村灌丛生境设置 3 个 10m × 20m 样地, 而林缘生境的景宁玉兰居群主要分布于长为 100 余 m 的毛竹林和杉木林的林缘沟边, 设置 2 个面积 5m × 40m 样地, 每个样地划分为 8 个 5m × 5m 的小样方 (表 1)。在松阳县牛头山地区, 景宁玉兰分布于海拔 716—1300m 之间, 结合景宁玉兰种群数量, 在海拔 720、1100 和 1250m 处分别设置 1、2 和 3 个样地。海拔 720m 处只发现相距不到 5m 的 3 丛, 直到海拔 1030m 后才再次出现景宁玉兰植株, 另外景宁玉兰在海拔 1000—1200m 的落叶阔叶林中只零散分布着 9 丛, 因此, 在 720m 处只设置了 1 个样地, 在落叶阔叶林生境设置 2 个样地, 牛头山上共设置 6 个样地 (表 1)。

表 1 景宁玉兰群落样地概况 (均值±标准差)

Table 1 Conditions of *Magnolia sinostellata* communities (Mean±SD)

生境 Habitat	产地 Locality	地理位置 Geographical location	海拔 Altitude /m	郁闭度 Canopy density	灌木盖度 Shrub coverage/%	光照强度 Illumination intensity /lux	样地数 Sites	样地植被情况 Vegetation conditions
SH	莲都尤源村	119°46'10.69"— 119°46'13.22" E, 28°12'49.77"— 28°12'52.49" N	970—990	0.1	85	61590.7±44061.4	2	鹿角杜鹃 ( <i>Rhododendron latoucheae</i> )、中国绣球 ( <i>Hydrangea chinensis</i> )、灰毡毛忍冬 ( <i>Lonicera macranthoides</i> ) 及映山红 ( <i>Rhododendron simsii</i> ) 等
	莲都葑垵村	119°49'20.05"— 119°49'22.86"E, 28°11'15.44"— 28°11'21.02"N	1006—1014	<0.1	90	87912.6±13843.2	3	浙江红山茶 ( <i>Camellia chekiangoleosa</i> )、四川山矾 ( <i>Symplocos setchuensis</i> )、乌冈栎 ( <i>Quercus phillyraeoides</i> )、甜槠 ( <i>Castanopsis eyrei</i> )、蜡瓣花 ( <i>Corylopsis sinensis</i> )、映山红、山鸡椒 ( <i>Litsea cubeba</i> ) 和灰毡毛忍冬等
PTF	松阳牛头山	119°32'49.40"— 119°32'52.46"E, 28°15'23.52"— 28°15'28.06"N	1200—1286	0.65	50	4396.3±2052.6	3	上层黄山松为优势种, 伴生有银木荷 ( <i>Schima argentea</i> )、金缕梅 ( <i>Hamamelis mollis</i> )、短尾柯 ( <i>Lithocarpus brevicaudatus</i> ) 和四川山矾等, 林下有映山红和阔叶箬竹 ( <i>Indocalamus latifolius</i> ) 等
DBF	松阳牛头山	119°32'44.39"— 119°32'47.45"E, 28°15'37.96"— 28°15'46.94"N	1035—1140	0.8	85	2651.4±643.1	2	上层主要有灯台树 ( <i>Bothrocaryum controversum</i> )、红果钓樟 ( <i>Lindera erythrocarpa</i> ) 和天目紫茎 ( <i>Stewartia gemmata</i> ) 等, 下层主要有浙江红山茶、映山红、马醉木 ( <i>Pieris japonica</i> ) 及阔叶箬竹等

续表

生境 Habitat	产地 Locality	地理位置 Geographical location	海拔 Altitude /m	郁闭度 Canopy density	灌木盖度 Shrub coverage/%	光照强度 Illumination intensity /lux	样地数 Sites	样地植被情况 Vegetation conditions
CLF	松阳牛头山	119°32'29.13"— 119°32'29.34"E, 28°16'23.05"— 28°16'23.31"N	716—726	0.4	70	5104.7±1307.8	1	杉木为优势种,上层伴生柳杉( <i>Cryptomeria fortunei</i> )、深山含笑( <i>Michelia maudiae</i> )和山樱花( <i>Cerasus serrulata</i> ),林下主要有浙江红山茶、映山红和阔叶箬竹等
	莲都尤源村	119°46'10.34"— 119°46'13.79"E, 28°12'49.47"— 28°12'53.08"N	980—1020	0.3	60	6772.5±1587.9	2	上层优势种为杉木,下木有鹿角杜鹃、映山红、山鸡椒和乌药( <i>Lindera aggregata</i> )等
FE	莲都葑垟村	119°49'14.60"— 119°49'26.10"E,28° 11'15.86"— 28°11'28.11"N	990—1020	0.7	30	9266.3±2646.4	2	上层杉木和毛竹( <i>Phyllostachys heterocycla</i> cv. 'Pubescens')为主,伴生灌木有鹿角杜鹃、格药柃( <i>Eurya muricata</i> )、中国绣球、蜡瓣花、映山红及山鸡椒等

SH, 灌丛, Shrubberies; PTF, 台湾松林, *Pinus taiwanensis* forest; DBF, 落叶阔叶林, Deciduous broad-leaved forest; CLF, 杉木林, *Cunninghamia lanceolata* forest; FE, 林缘, Forest edges

## 2.2 调查方法

由于灌丛年龄结构的确定受到方法上的限制,通常采用立木的大小径级代替不同的年龄结构,但至今也没有景宁玉兰径级与树龄关系的资料。景宁玉兰属世代重叠及生殖连续的多年生植物,笔者根据实际调查和相关文献<sup>[19]</sup>,以景宁玉兰每丛最大萌枝作为母株,按其基径(BD)大小划分为5个年龄级,分别为I:BD<1.5cm,II:1.5≤BD<3cm,III:3≤BD<4.5cm,IV:4.5≤BD<6cm,V级:BD≥6cm。本研究样地上的景宁玉兰均为天然更新苗,根据上述标准,所有样地景宁玉兰种群年龄均处于II至IV之间。

调查统计样地内景宁玉兰株(丛)数及其冠幅,所有从母株根颈部或其地表根出萌枝均视为其萌枝,观测每丛所有萌枝的基径和高度等信息,记录伴生植物种类,同时记录样地的经纬度、海拔、坡向、坡度等生态因子及干扰情况。景宁玉兰原生地存在从母株根部萌生的根出条萌枝和机会萌枝<sup>[11]</sup>现象,在实际调查中把与母株相连的萌枝均视为母株萌枝,不计为独立的植株,野外调查中未发现萌生起源的植株。在每个样地内选取2—3丛代表性成年(III级)植株,在其冠层上部标记3根主枝,用直尺和游标卡尺测量各级枝的基径和枝长。按Strahler法确定分枝序列<sup>[20]</sup>,冠层最外层的第一小枝为第一级,两个以上第一级相遇即为第二级,两个以上第二级相遇后则为第三级,依此类推。光照强度采用浙江托普仪器公司的农业环境检测仪(型号DJL-18)测定。

于2016年2—3月,对每个样地景宁玉兰植株及每丛萌枝全部编号挂牌,于2016年和2017年的2—3月份,每丛开花的萌枝计为生殖萌枝,花期调查每根生殖萌枝花量,统计每丛花量及每个样地开花丛数。于2016年和2017年的8—9月,在景宁玉兰果实成熟期,对每个样地景宁玉兰植株,根据花期调查时每个样地上的编号植株,逐丛逐根萌枝进行结实情况调查,对采集的果实进行编号,用直尺和游标卡尺测量每个果实的长度和直径,果实开裂后记录每个果实种子粒数,统计生殖萌枝结实率和每丛结实率。

## 2.3 数据处理与分析

萌枝总分枝率(Overall bifurcation ratio, OBR)和逐级分枝率(Stepwise bifurcation ratio, SBR)分别采用如下公式<sup>[20]</sup>计算:总分枝率 $OBR = (N_T - N_s) / (N_T - N_1)$ ,逐级分支率 $SBR_{i:(i+1)} = N_i / N_{(i+1)}$ ,式中 $N_T$ 为所有枝级中的枝条总和, $N_s$ 为最高级枝条数, $N_1$ 为第一级的枝条数, $N_i$ 和 $N_{i+1}$ 分别为第*i*级和第*i+1*级的枝条数。生殖萌枝花量为每根生殖萌枝着花的数量,每丛生殖萌枝比例=每丛开花的萌枝数/每丛萌枝总数;生殖萌枝结实率=每根生殖萌枝果实数量/每根生殖萌枝花量总数,每丛结实率=每丛果实总数/每丛花量总数。

把松阳县牛头山的景宁玉兰居群划分为3个海拔梯度,即海拔700—1000m、1000—1200m和>1200m。

分析海拔高度对景宁玉兰形态及生殖性状的影响。选取海拔 950—1200m 处的灌丛、落叶阔叶林、杉木林和林缘等 4 种生境,分析不同生境类型下景宁玉兰形态及生殖性状差异。通过单因素方差分析(ANOVA)和多重比较(LSD)检验不同植被类型和不同海拔高度间景宁玉兰萌枝形态及生殖性状的显著性差异,采用 Pearson 相关性分析检验各性状之间的相关性特征。所有数据均在 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件上进行。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同生境景宁玉兰萌枝形态特征

景宁玉兰萌枝形态特征及分枝率在不同生境之间存在一定差异(表 2)。黄山松林下的景宁玉兰密度最高,每公顷平均达 732 丛,显著高于落叶阔叶林和杉木林( $P<0.05$ ),而且落叶阔叶林下景宁玉兰萌枝基径显著小于其他林分( $P<0.05$ )。在分枝特征方面,黄山松和落叶阔叶林下景宁玉兰一级枝基径显著小于其他 3 种生境( $P<0.05$ ),黄山松林下景宁玉兰一级枝长度即年生长量显著低于其他 4 种生境( $P<0.05$ )。灌丛中景宁玉兰的总分枝率显著高于杉木林落叶阔叶林和黄山松林( $P<0.05$ ),灌丛和林缘生境上的景宁玉兰逐步分枝率均处于较高水平,也许光照条件不受限制,高分枝率有利于拓展更大的生存空间。

表 2 不同生境下景宁玉兰形态特征(均值±标准差)

Table 2 Morphological characters of sprouts at different habitats (Mean±SD)

生境 Habitat	居群密度 Population density /(株/hm <sup>2</sup> )	每丛萌 枝数 Sprouts number	萌枝基径 Basal diameter of sprouts /cm	萌枝高度 Sprout height /m	一级枝 First-order branch		总分枝率 OBR Overall bifurcation ratio/%	逐级分枝率 SBR Stepwise bifurcation ratio/%	
					枝径 Diameter/ mm	枝长 Length/ cm		SBR <sub>1,2</sub>	SBR <sub>2,3</sub>
SH	542±402ab	6.4±5.0	2.52±1.87a	3.00±1.16a	3.4±2.6a	13.4±6.2a	3.38±0.38a	3.32±0.61a	3.61±0.54a
PTF	732±152a	7.5±2.8	2.69±0.72a	3.17±1.44a	2.5±2.4b	5.1±3.6b	1.80±0.14b	1.80±0.52b	1.92±0.59b
DBF	200±102b	4.6±3.2	1.88±1.21b	2.36±0.89b	2.5±2.7b	12.6±7.3a	1.84±0.28b	1.92±0.59b	1.75±0.77b
CLF	267±207b	5.4±6.8	2.69±1.63a	2.91±1.31ab	3.3±1.8a	13.2±7.1a	1.85±0.59b	2.41±1.04ab	1.88±0.85b
FE	367±206ab	3.8±4.2	2.78±1.16a	2.99±0.98a	3.2±2.7a	18.0±12.3a	2.72±0.39ab	2.45±0.43ab	3.75±0.35a

同列中不同小写字母者表示差异显著水平( $P<0.05$ )

#### 3.2 不同生境景宁玉兰生殖特征

不同生境下景宁玉兰平均生殖萌枝比例及生殖萌枝开花数量存在差异(表 3)。其中黄山松林、落叶阔叶林和林缘的景宁玉兰生殖萌枝花量显著低于杉木林( $P<0.05$ ),灌丛与其他生境没有差异。黄山松林下景宁玉兰生殖萌枝比例显著低于灌丛、杉木林和林缘( $P<0.05$ ),落叶阔叶林下景宁玉兰生殖萌枝比例显著低于林缘。景宁玉兰萌枝生殖性状除落叶阔叶林外,其他 4 种生境上的景宁玉兰生殖萌枝结实率没有差异。黄山松林下的景宁玉兰果实大小、单果种子数及每丛结实率最高( $P<0.05$ ),落叶阔叶林下景宁玉兰没有结实植株,其他 3 种生境没有差异。景宁玉兰生殖特征也许与其受到的光照资源及花期气温密切相关,有待深入研究。

表 3 不同生境下景宁玉兰生殖特征(均值±标准差)

Table 3 Reproductive characters of sprouts at different habitats (mean±SD)

生境 Habitat	生殖萌枝花量 Reproductive sprout flowers/朵	生殖萌枝比例 Reproductive sprout ratio/%	生殖萌枝 果实数 Fruits per reproductive sprout/个	果实长度 Fruit length/ cm	单果种子数 Seeds per fruit/粒	生殖萌枝 结实率 Fruit-setting ratio per reproductive sprout/%	每丛结实率 Fruit-setting ratio each cluster/%
SH	15.1±17.8ab	75.2±25.5ab	1.0±0.8b	4.83±4.67b	2.7±3.3b	1.1±6.2a	1.2±3.4b
PTF	7.8±8.3b	21.6±35.1c	2.0±1.8a	6.35±2.21a	9.6±12.5a	1.2±4.3a	6.1±8.3a
DBF	9.4±8.1b	45.5±37.5bc	0 c	0c	0c	0b	0c
CLF	20.1±20.4a	75.1±38.4ab	0.7±0.7b	4.76±1.52ab	3.2±1.7b	4.2±6.2a	4.6±1.7ab
FE	10.1±12.8b	78.9±29.6a	0.5±0.6b	3.85±1.91b	3.0±2.8b	3.9±5.9a	1.3±2.5b

### 3.3 萌枝性状相关性分析

通过萌枝基径与高度之间及其与萌枝花量的相关分析表明,萌枝基径与高度具有极显著正相关关系( $P < 0.01$ ),萌枝基径( $P < 0.01$ )和高度( $P < 0.01$ )与萌枝花量均有极显著正相关关系(图 1 A—1C)。每丛最大萌枝基径与高度之间具极显著正相关关系( $P < 0.01$ ),最大萌枝基径与每丛萌枝数具有显著正相关关系( $P < 0.05$ ),而最大萌枝高度与每丛萌枝数没有相关关系(图 1 D—1F)。通过生殖萌枝和每丛花量及其与结实率之间相关分析表明,生殖萌枝花量与萌枝结实率没有关系( $P > 0.05$ ),每丛花量与每丛结实率之间也没有关系( $P > 0.05$ )。结果说明萌枝大小与其高度密切相关,并影响着景宁玉兰的开花数量,但每丛开花数量与结实状况没有显著相关关系。

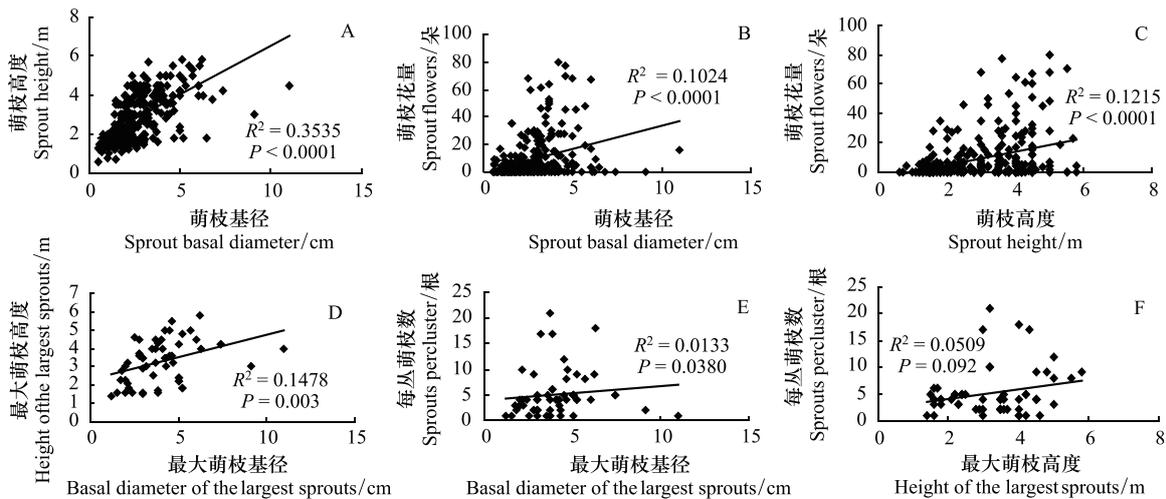


图 1 萌枝形态和生殖性状的相关性

Fig.1 Relationship between morphological and reproductive characters of sprouts

### 3.4 萌枝性状的变异性分析

生境类型和海拔高度显著影响着景宁玉兰萌枝的基径、高度和一级枝长度( $P < 0.05$ ),海拔对一级枝粗度和长度具有显著影响( $P < 0.05$ ),但生境类型和海拔高度对每丛萌枝数及分枝率均没有影响(表 4)。生境类型和海拔高度对生殖萌枝花量、生殖萌枝比率及生殖萌枝结实率具有显著影响( $P < 0.05$ )。说明景宁玉兰萌枝形态及其生殖生物学性状与植株所处的生境条件密切相关。

表 4 生境类型和海拔对景宁玉兰萌枝形态及生殖萌枝特征的影响

Table 4 Influence of habitat types and altitude on sprout morphological and reproductive sprout characters of *Magnolia sinostellata*

变异源 Variation sources	萌枝数 Sprouts Number	萌枝基径 Basal diameter of sprouts	萌枝高度 Sprout height	一级枝 First-order branch		总分枝率 OBR	逐级分枝率 Stepwise bifurcation ratios		生殖萌 枝花量 Reproductive sprout flowers	生殖萌 枝比率 Reproductive sprout ratios	生殖萌 枝结实率 Fruit-setting ratios of reproductive sprouts
				基径 Diameter	长度 Length		SBR <sub>1,2</sub>	SBR <sub>2,3</sub>			
生境类型 Habitat	0.503	0.033 *	0.040 *	0.078	0.013 *	0.118	0.170	0.107	0.028 *	0.006 **	0.034 *
海拔 Altitude	0.441	0.036 *	0.043 *	0.044 *	0.023 *	0.665	0.452	0.808	0.027 *	0.014 *	0.013 *

\* 和 \*\* 分别表示显著性差异( $P < 0.05$ )和极显著性差异( $P < 0.01$ )

## 4 讨论

植物的萌生能力受内在生物学特性及微生境、资源水平和干扰状况等外部因子的综合影响<sup>[21]</sup>。景宁玉

兰属萌生能力较强的密集型生长类型<sup>[10]</sup>,以根颈萌生类型为主<sup>[2,14]</sup>。萌生能力与母株的大小存在一定的相关关系,但萌枝数量与母株高度没有相关关系(图 1 E—1F),这与萌生能力很强的亚热带乔木树种米心水青冈(*Fagus engleriana*)有点不同,米心水青冈的萌生能力与母株的大小以及萌枝数量与母株高度均呈正相关关系<sup>[22]</sup>。与温带落叶树种连香树(*Cercidiphyllum japonicum*)也不同,连香树萌枝数与立地条件和根系暴露程度有关<sup>[23]</sup>,而景宁玉兰植株萌枝数量在不同生境之间也没有差异,如在人类活动较为频繁的尤源村灌丛和没有干扰的牛头山黄山松林中,景宁玉兰每丛的萌枝数量没有差异,但不同生境之间的萌枝大小及高度存在差异(表 2),说明景宁玉兰的萌枝能力很可能主要由其生物学特性控制<sup>[11]</sup>,而萌枝大小及高度差异可能是萌枝间以及个体间光照及土壤养分资源的竞争结果<sup>[14,24]</sup>,有待深入研究。

萌枝形态特征能较好地反映植物对资源与环境变化的适应状况<sup>[20]</sup>。虽然适度低温和阴湿环境是玉兰亚属较为理想的生存环境<sup>[25]</sup>,但景宁玉兰在不同生境上,因为所处的微生境和面临的限制因素各不相同,分枝构型在不同生境上的表现有较大差异。对林下植物而言,有机物质积累与其接受的光资源密切相关,光资源条件是影响植物萌蘖和增粗的主要因素<sup>[15]</sup>,如黄山松和阔叶林下生境,由于上层乔木树种遮蔽,具有林下光照较少、种内种间竞争较为激烈,景宁玉兰可能通过低分枝率(表 2)以增加有效光合作用面积。海拔通过环境条件的变化间接影响着植物生长<sup>[26]</sup>,中低海拔的阔叶林和杉木林下的景宁玉兰一级枝粗度和长度显著高于黄山松林下,可能与土壤有机质和碱解氮含量有关<sup>[27]</sup>。植物群落及土壤环境对景宁玉兰生长及枝型特征均有影响,虽然不同生境上植被群落性质不同<sup>[6]</sup>和缺乏完整的土壤环境数据,但由于林缘生境的灌木覆盖度较低和灌丛生境上没有上层林木遮蔽(表 1),景宁玉兰可获得较充分的光照和空间资源<sup>[20]</sup>,有利于其一级枝生长和提高逐步分枝率,增强其与伴生树种的生存竞争力。

研究表明,景宁玉兰生殖萌枝的花量均与萌枝大小和高度呈正相关关系(图 1 B—C),但生殖萌枝比例及其花量与每丛最大萌枝的高度没有关系( $P>0.05$ ),说明植物开花是以植物体内有机物质的积累为基础,但个体生殖成功与否还受到花期环境条件及传粉昆虫活动状况的综合影响<sup>[24,28]</sup>。本研究发现,景宁玉兰植株的生殖萌枝花量及其比率与海拔高度有关(表 4),随海拔升高而逐渐下降,如从低海拔的杉木林、落叶阔叶林到高海拔的黄山松林,景宁玉兰植株的生殖萌枝花量及其比率呈逐渐下降的趋势,但其结实状况却呈现与开花性状不同的现象,如高海拔黄山松林下景宁玉兰生殖萌枝果实数、单果种子数和每丛平均结实率均明显高于中海拔的落叶阔叶林和杉木林(表 3),可能黄山松林下景宁玉兰早春开花时,伴生树种金缕梅同期开花,在吸引传粉昆虫方面发挥了积极作用,说明环境条件是影响景宁玉兰生殖成功与否的重要因素<sup>[8,29]</sup>。不同植被类型对景宁玉兰的生殖萌枝开花及结实情况也有一定影响(表 4),如景宁玉兰在杉木林下的生殖萌枝花量显著高于林缘,林缘生枝比例显著高于落叶阔叶林,落叶阔叶林下景宁玉兰没有发现结实现象(表 3)。景宁玉兰属先花后叶植物,虽然个体光合有机产物的积累是影响个体生殖构件发育的直接因素,但花果期发育状况与环境条件关系密切<sup>[24]</sup>,有机物质分配策略与雌雄花异熟的生物学特性<sup>[29-30]</sup>和传粉昆虫多寡及其访花效率均是影响生殖成功的主要因素<sup>[31]</sup>。

植物体是作为一个整体对外部环境变化做出反应,由于环境变化导致的某个性状变化可能引起其他性状的相应变化,进而影响着植物体对变化环境的整体响应。本研究只是分析比较了不同生境上景宁玉兰萌枝的形态及生殖生物学性状,今后应重点关注微生境变化及传粉昆虫活动对景宁玉兰生态生理及生殖发育方面的影响,探讨影响景宁玉兰生殖成功率的关键因素及其影响机制,深入了解景宁玉兰的生态适应性和种群健康维持机制。

## 5 结论

(1)不同生境下景宁玉兰萌枝形态特征存在差异。景宁玉兰萌生能力与母株的大小存在一定关系,但萌枝大小和高度与生境更为密切相关。其枝系特征在不同生境上的表现也有较大差异,落叶阔叶林下景宁玉兰萌枝大小及分枝率最低。

(2)不同生境下景宁玉兰萌枝生殖特征存在差异。景宁玉兰生殖萌枝的花量均与萌枝大小及其高度呈正相关关系,生殖萌枝的花量与其结实率没有关系。落叶阔叶林下景宁玉兰生殖枝花量及其结实率均最低,虽然黄山松林下景宁玉兰生殖枝花量较低,但其萌枝结实率、单果种子数及每丛结实率最高。

(3)生境条件对景宁玉兰萌枝形态及其生殖特征存在显著影响。生境类型和海拔高度对景宁玉兰萌枝基径、高度、一级枝长度、生殖萌枝花量、生殖萌枝比率及生殖萌枝结实率均存在显著影响。

**致谢:**松阳县林业局景宁玉兰小区护林员雷国兴同志和丽水莲都生态林场江丽荣同志参加部分野外工作,在此一并致谢!

#### 参考文献(References):

- [ 1 ] 裘宝林, 陈征海. 浙江木兰属——新种. 植物分类学报, 1989, 27(1): 79-80.
- [ 2 ] 斯金平, 徐端妙, 钟炳武, 刘饶, 周建青, 叶春林. 景宁木兰生物生态特性的初步研究. 浙江林业科技, 2001, 21(4): 11-12, 24-24.
- [ 3 ] 汪松, 解炎. 中国物种红色名录. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [ 4 ] 中华人民共和国国务院. 国家重点保护植物名录(第一批). 植物杂志, 1999, (5): 4-11.
- [ 5 ] 刘兴剑, 汤诗杰, 孙起梦, 姚淦. 华东植物区木兰科植物的地理分布. 林业调查规划, 2008, 33(5): 40-43.
- [ 6 ] 余泽智, 陈翔翔, 卢璐, 刘雪燕, 殷荟, 申亚梅. 景宁玉兰种群分布与群落结构研究. 浙江林业科技, 2015, 35(3): 47-52.
- [ 7 ] 周秀兰, 季必浩, 金民忠, 徐洪峰, 徐卫芬, 张海龙, 王亚玲. 景宁木兰原生地植物多样性及其保护现状评价. 福建农业科技, 2015, (12): 66-67.
- [ 8 ] 刘饶, 徐端妙, 潘智慧, 刘日林, 严锋. 景宁木兰濒危原因初探. 河北农业科学, 2009, 13(6): 31-32.
- [ 9 ] 卢璐, 余泽智, 刘雪燕, 童再康, 申亚梅. 景宁木兰花粉萌发与贮藏特性研究. 植物研究, 2014, 34(2): 182-187.
- [ 10 ] 余泽智, 卢璐, 刘雪燕, 金民忠, 申亚梅. 景宁木兰穴盘扦插繁殖技术研究. 种子, 2013, 32(4): 118-119.
- [ 11 ] 闫恩荣, 王希华, 施家月, 王希波, 王良衍. 木本植物萌枝生态学研究进展. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2459-2464.
- [ 12 ] 张松, 唐亚, 王静, 阿侯拉叶, 贾银辉. 凹叶木兰萌枝更新及其在物种保存中的意义. 西北植物学报, 2010, 30(4): 669-775.
- [ 13 ] Aubin I, Messier C, Kneeshaw D. Population structure and growth acclimation of mountain maple along a successional gradient in the southern boreal forest. *Écoscience*, 2005, 12(4): 540-548.
- [ 14 ] Del Tredici P. Sprouting in temperate trees: a morphological and ecological review. *The Botanical Review*, 2001, 67(2): 121-140.
- [ 15 ] Kubo M, Sakio H, Shimano K, Ohno K. Age structure and dynamics of *Cercidiphyllum japonicum* sprouts based on growth ring analysis. *Forest Ecology and Management*, 2005, 213(1/3): 253-260.
- [ 16 ] 蒋燕锋, 刘饶, 斯金平. 景宁木兰与木兰属其他植物之间亲缘关系与遗传基础研究. 浙江林业科技, 2010, 30(2): 22-25.
- [ 17 ] 陈沐, 曹敏, 林露湘. 本植物萌生更新研究进展. 生态学报, 2007, 26(7): 1114-1118.
- [ 18 ] 季志利, 杜有新, 陆丽萍, 何小勇. 3种日本柏树在莲都林场的引种及生长特征研究. 浙江林业科技, 2017, 37(1): 1-5.
- [ 19 ] 张光富. 浙江天童灌丛群落中优势种群的年龄结构和分布格局. 武汉植物学研究, 2001, 19(3): 233-240.
- [ 20 ] 林勇明, 洪滔, 吴承祯, 洪伟, 胡喜生, 范海兰, 宋萍. 桂花植冠的枝系构型分析. 热带亚热带植物学报, 2007, 15(4): 301-306.
- [ 21 ] 朱万泽, 王金锡, 罗成荣, 段学梅. 森林萌生更新研究进展. 林业科学, 2007, 43(9): 74-82.
- [ 22 ] 赵睿, 周学峰, 徐娜娜, 赵明水, 刘亮, 陈小勇. 米心水青冈种群萌条更新与高度生长. 生态学报, 2009, 29(7): 3665-3669.
- [ 23 ] Kubo M, Shimano K, Sakio H, Ohno K. Sprout trait of *Cercidiphyllum japonicum* based on the relationship between topographies and sprout structure. *Journal of the Japanese Forestry Society*, 2008, 83(4): 271-278.
- [ 24 ] 肖宜安, 何平, 胡文海, 李晓红. 濒危植物长柄双花木自然种群生殖构件的时空动态. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1200-1204.
- [ 25 ] 王立龙, 王广林, 黄永杰, 李晶, 刘登义. 黄山濒危植物小花木兰生态位与年龄结构研究. 生态学报, 2006, 26(6): 1862-1871.
- [ 26 ] 肖宜安, 何平, 邓洪平, 李晓红. 井冈山长柄双花木种群形态分化的数量分析. 武汉植物学研究, 2002, 20(5): 365-370.
- [ 27 ] 姚璘, 丁园. 两种珍稀木兰属植物群落土壤分析与比较. 南昌航空大学学报: 自然科学版, 2017, 31(2): 91-96.
- [ 28 ] 郭连金, 贺昱, 徐卫红. 三清山濒危植物天女花种群生殖对策研究. 植物科学学报, 2012, 30(2): 153-160.
- [ 29 ] Dieringer G, Leticia C R, Lara M, Loya L, Reyes-Castillo P. Beetle pollination and floral thermogenicity in *Magnolia tamaulipana* (Magnoliaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 1999, 160(1): 64-71.
- [ 30 ] Hirayama K, Ishida K, Tomaru N. Effects of pollen shortage and self-pollination on seed production of an endangered tree, *Magnolia stellata*. *Annals of Botany*, 2005, 95(6): 1009-1015.
- [ 31 ] 王若涵. 木兰属生殖生物学研究及系统演化表征探析[D]. 北京: 北京林业大学, 2010.