



鸡公山风景区针阔混交林藤本植物在树干不同方位的依附规律

王忠伟, 尚晴, 刘彦春

引用本文:

王忠伟,尚晴,刘彦春. 鸡公山风景区针阔混交林藤本植物在树干不同方位的依附规律[J]. 热带亚热带植物学报, 2022, 30(4): 492–499.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11926/jtsb.4486>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

增温对鼎湖山混交林中4种优势树种生物量分配和养分积累的影响

Effects of Warming on Biomass Allocation Patterns and Nutrient Accumulations of Four Dominant Tree Species in Mixed Forest of Dinghushan, China

热带亚热带植物学报. 2021, 29(4): 389–400 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4325>

华南地区裸子植物与被子植物季节性水分利用的比较研究

Comparative Studies on Seasonal Water Use of Gymnosperms and Angiosperms in South China

热带亚热带植物学报. 2020, 28(5): 463–471 <https://doi.org/10.11926/jtsb.4179>

9年生枫香的遗传变异和优良家系单株选择

Genetic Variation, Excellent Family and Individual Selection of 9-year-old Liquidambar formosana

热带亚热带植物学报. 2018, 26(5): 506–514 <https://doi.org/10.11926/jtsb.3855>

贵州月亮山5种森林类型土壤生态化学计量特征研究

Soil Stoichiometry Characterization of Five Forest Types in Moon Mountain, Guizhou Province

热带亚热带植物学报. 2016, 24(6): 617–625 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2016.06.004>

井冈山植物群落优势种空间分布格局与种间关联

Spatial Pattern and Interspecific Relationship of Dominant Species in Plant Community in Jinggang Mountain

热带亚热带植物学报. 2015, 23(1): 74–80 <https://doi.org/10.11926/j.issn.1005-3395.2015.01.011>

向下翻页，浏览PDF全文

鸡公山风景区针阔混交林藤本植物在树干不同方位的依附规律

王忠伟¹, 尚晴¹, 刘彦春^{2*}

(1. 黄河水利职业技术学院, 河南 开封 475004; 2. 河南大学生命科学学院, 河南省全球变化生态学国际联合实验室, 河南 开封 475004)

摘要: 为了揭示森林藤本植物在树干表面的分布规律, 在鸡公山风景区的枫香(*Liquidambar formosana*)-马尾松(*Pinus massoniana*)针阔混交林内, 采用样方法和定量调查法分析了以气生根为攀缘策略的络石(*Trachelospermum divaricatum*)在枫香和马尾松树干表面不同方位分布的数量差异。结果表明, 络石在枫香和马尾松树干不同方位的分布状况因树高而异。在枫香树干基径(5 cm)处, 西北方位附着的络石数量(6.6 ind./tree)显著高于东北方位(4.6 ind./tree)和东南方位(4.3 ind./tree); 在胸径(130 cm)处, 西南和东南方位附着的络石数量则显著高于西北方位; 络石在基径和胸径处的死亡率均表现为南侧低, 北侧高。在马尾松基径处, 西北方位的络石具有最高的死亡率(35.1%), 导致存活数量最少(4.6 ind./tree); 胸径处则东南方位络石最多; 并且南侧的络石死亡率低于北侧。因此, 络石在攀缘林木不同方位的分布存在显著差异, 且与树干高度和林木胸径密切相关, 这是树干微环境和藤本植物自身生理特征共同作用的结果。

关键词: 藤本植物; 树干方位; 络石; 胸径; 树高

doi: 10.11926/jtsb.4486

Attachment Rules of Lianas on Trunks at Different Positions in Mixed Broadleaf-conifer Forest at Jigong Mountain

WANG Zhongwei¹, SHANG Qing¹, LIU Yanchun^{2*}

(1. Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, Henan, China; 2. International Joint Research Laboratory for Global Change Ecology, School of Life Sciences, Henan University, Kaifeng 475004, Henan, China)

Abstract: To reveal the distribution law of lianas on tree trunk, the difference of *Trachelospermum divaricatum* with aerial root climbing strategy in different directions on the surface of *Liquidambar formosana* and *Pinus massoniana* was analyzed in a coniferous and broadleaf mixed forest in Jigong Mountain. The results showed that the distribution of *T. divaricatum* on the trunk of *L. formosana* and *P. massoniana* varied with the height of the tree. At basal diameter (5 cm height) of *L. formosana*, the number of *T. divaricatum* (6.6 ind./tree) attached in the northwest was significantly higher than that in the northeast (4.6 ind./tree) and southeast (4.3 ind./tree). At the breast diameter (130 cm height), the number of *T. divaricatum* growing in the southwest and southeast was significantly higher than that in the northwest. At the height of basal and breast diameter of *L. formosana*, the mortality of *T. divaricatum* in the south is significantly lower than that in the north. At the height of basal diameter of *P. massoniana*, the mortality of *T. divaricatum* was the highest (35.1%) in the northwest, thus lead to the least number of *T. divaricatum* (4.6 ind./tree). At the height of breast diameter of *P. massoniana*, the number of *T.*

收稿日期: 2021-07-24

接受日期: 2021-09-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31971454, 31600379); 河南省高等学校青年骨干教师培养计划项目(2020)资助

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 31971454, 31600379), and the Program for Young Teachers Training in Colleges and Universities in Henan (Grant No. 2020).

作者简介: 王忠伟, 副教授, 主要从事生态旅游学研究。E-mail: 94381557@qq.com

* 通信作者 Corresponding author. E-mail: yanchunliu@henu.edu.cn

divaricatum distributed in the southeast was greater than the other directions. In addition, *T. divaricatum* mortality in the south was greater than that in the north. Therefore, there are significant differences in the distribution of *T. divaricatum* in different directions of climbing trees, which varied with height and diameter at breast height, indicating that the distribution pattern of liana was regulated by both microenvironment of the trunk and physiological feature of liana.

Key words: Liana; Trunk direction; *Trachelospermum divaricatum*; DBH; Tree height

藤本植物是一种无法单独直立、需凭借其主茎的缠绕或攀缘器官依附于其他植物或支撑物达到直立生长的目的,生活型较为特殊的植物类群^[1-2]。藤本植物是热带、亚热带乃至温带森林生态系统中的重要构件^[3-4],在森林群落演替、养分循环及生态系统多样性维持等方面发挥不可替代的作用^[5-7]。藤本植物独特的生长行为和适应特征,使其与直立生长的乔木和灌木形成鲜明的对比。能否寻觅到有效的支撑物对于藤本植物的正常生活、功能维持及群落构建至关重要。寻找支持物的效率及攀缘的成功率因藤本植物的攀附策略而异^[8],有研究表明进化出攀缘器官(如气生根、钩刺和卷须)的藤本比未进化出攀缘器官的藤本具有更高的攀缘成功率^[9-10]。支持物的有无及其表面特征对藤本植物的生长和生存能力产生潜在的影响^[4,11],有研究表明树干表面的粗糙程度和树皮的脱落性是决定藤本植物高生长快慢的重要因素^[12-13]。琚煜熙等^[4]报道鸡公山的阔叶树比针叶树具有更多的藤本植物依附,与针叶树[如马尾松(*Pinus massoniana*)]相比,阔叶树[如枫香(*Liquidambar formosana*)]树干表面相对光滑,树皮不易脱落,并且养分的可利用性相对较高,因而有利于藤本植物的附着和爬升。森林中藤本植物、尤其是木质藤本,除了在生物多样性维持及生产力贡献等方面的积极作用之外,其与森林中其他物种存在明显的竞争作用。木质藤本在攀缘生长的过程中,通过气生根的吸附和藤茎的缠绕作用对支持木产生很强的破坏作用,是森林病虫害发生和树木死亡的重要诱因^[6]。Schnitzer等^[8]的研究表明,藤本植物通过遮挡和绞杀作用干扰林木地上部分的生长,并通过土壤养分的竞争对林木地下根系的活动进行限制,进而导致林木生长势不断减弱甚至死亡。因此,从种间关系来看,藤本植物与森林树木之间更多的是偏害共生关系。综上所述,分析藤本植物在树干表面的分布及生长特征有助于科学评价藤本植物与树木的竞争关系,及其在森林生态系统中的作用。河南鸡公山波尔登森林公园以气生根

为攀缘策略的络石(*Trachelospermum divaricatum*)广泛分布,为优势乔木树干表面主要的附生植物之一。本研究通过调查络石在针阔混交林中枫香和马尾松树干表面的分布规律,分析其与支持木胸径之间的关系,以揭示藤本植物在树干表面成功附着并对树木产生竞争效应的生态学机制。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

本研究在河南省信阳市鸡公山国家级自然保护区下辖的波尔登森林公园(31°46'~31°52' N, 114°01'~114°06' E, 海拔 210 m)内开展,依托河南大别山森林生态系统国家野外科学观测研究站进行。鸡公山地处我国秦岭-淮河一线,属于北亚热带向南暖温带过渡地区。该地区年均温 15.3 °C,最低温出现在 1 月(1.9 °C),最高温出现在 7 月(27.5 °C),年均降水量为 1 102 mm。土壤类型主要是山地黄棕壤。植被类型兼具有亚热带和暖温带特征,包括落叶阔叶混交林、常绿落叶阔叶混交林、针阔混交林等典型的植被类型。优势乔木树种包括枫香、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、马尾松、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等;优势灌木物种包括黄荆(*Vitex negundo*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等,主要草本植物有显子草(*Phaenosperma globosa*)、紫堇(*Corydalis edulis*)、白颖苔草(*Carex rigescens*)等。

1.2 方法

林分特征调查 在波尔登森林公园内,选择藤本植物络石(*Trachelospermum divaricatum*)分布较为普遍的枫香-马尾松针阔混交林,选择 1 块面积为 50 m×50 m 的样地进行群落调查,记录物种的胸径、树高和多样性等。该林分优势乔木树种为枫香(*Liquidambar formosana*)和马尾松(*Pinus massoniana*),枫香的密度为 824.3 ind./hm²,生物量占林分总生物量的 54%。马尾松的密度为 351.8 ind./hm²,

生物量占 38%。枫香和马尾松的平均胸径分别是 (24.3 ± 5.6) 和 (18.3 ± 4.9) cm。前期调查发现该样地所在林分内的藤本植物资源丰富, 主要物种是络石和

绞股蓝(*Gynostemma pubescens*), 前者为多年生木质藤本(图 1), 后者则是一年生草本, 本研究仅分析络石的分布规律。



图 1 络石在森林地表(A)和树干(B)表面的分布状况

Fig. 1 Distribution of *Trachelospermum divaricatum* on soil (A) and tree trunk surface (B)

目标林木选择 根据群落调查数据, 选择生长健康、树干通直并且树干表面有络石着生的 48 株枫香和 22 株马尾松作为调查对象。

络石的调查 调查每株目标林木树干表面分布的络石数量。首先, 在距离地面 5 和 130 cm 的树干上, 分别用指南针标记出 4 个方位, 即东、南、西、北。其次, 分别统计不同方位区间(东↔南、东↔北、西↔北和西↔南)内着生的络石数量。相对于地面匍匐生长的络石(图 1: A), 附着于树干表面的络石只进行自下而上的生长(图 1: B), 络石茎干间相对分散, 易于分辨, 因此, 以络石茎干数量作为个体数, 并记录健康状况(生/死)。每株目标林木上选择 4~5 株生长健康的络石个体, 用游标卡尺测量直径。

1.3 数据分析

分别计算树干不同高度(5 和 130 cm)不同方位区间内的络石数量, 以平均值 \pm 标准误差表示。数据经过正态性及方差齐性检验后, 进行统计分析, 采用双因素方差分析(Two-Way ANOVA)检验高度和方位对枫香和马尾松树干表面着生络石的影响。

采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)和多重比较(LSD multiple comparison)检验络石在不同方位分布的差异。利用简单线性回归分析检验不同方位络石数量与林木胸径(包含无络石附生的林木)间的关系。数据分析采用 SPSS 20.0 软件, 图表制作用 Microsoft Excel 2016 完成。

2 结果和分析

2.1 枫香树干表面的络石分布

从表 1 可见, 络石在枫香树干的分布受到高度和方位的影响($P < 0.05$)。枫香距地面 5 cm 处树干的平均络石数量(20.9 ind./tree)显著高于 130 cm 处(9.5 ind./tree)(图 2, $P < 0.05$)。西北方位着生的络石数量最高, 而东南方位则最低。在距地 5 cm 处, 西北和西南方位着生的络石最多; 西北方位着生的络石(6.6 ind./tree)显著高于东北(4.6 ind./tree)和东南(4.3 ind./tree)方位; 西南方位与其余 3 个方位均无显著差异。在距地面 130 cm 处, 西南和东南方位着生的络石最多, 分别为 4.4 和 3.9 ind./tree, 显著

表 1 树种和方位对络石数量影响的双因素方差分析(P)

Table 1 Two-Way ANOVA (P value) of the effects of species and direction on number of *Trachelospermum divaricatum*

因子 Factor	枫香 <i>Liquidambar formosana</i>		马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	
	株数 Number	死亡率 Mortality	株数 Number	死亡率 Mortality
高度 Height (A)	<0.001	0.056	<0.001	0.684
方位 Direction (B)	<0.001	0.002	0.041	0.045
A \times B	0.272	0.993	0.841	0.375

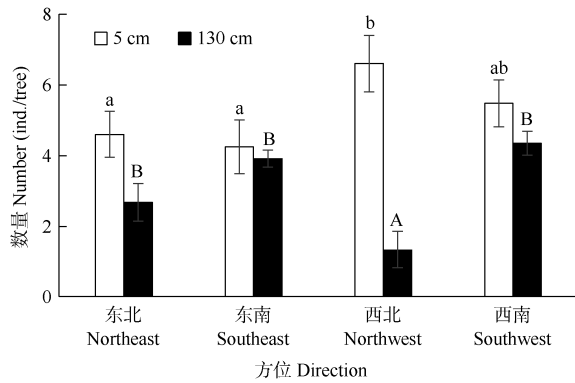


图 2 枫香树干表面着生的络石数量。柱上不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。
Fig. 2 Number of *Trachelospermum divaricatum* attached on trunk of *Liquidambar formosana*. Different letters upon column indicate significant differences at 0.05 level.

高于西北方位(1.3 ind./tree)(图 2, $P < 0.05$), 但是与东北方位无显著差异。可见, 枫香树干着生的络石在 5 和 130 cm 处存在显著方位差异。

络石在不同方位间的死亡率差异显著(表 1, $P < 0.05$)。枫香东南和西南方位树干的络石具有较低的死亡率(16.6%~23.2%), 显著低于东北和西北方位(30.3%~41.8%), 且距地面 5 和 130 cm 处的表现一致(图 3)。络石死亡率在不同高度间的差异不显著(表 1); 除东南方位外, 其余 3 个方位的络石在

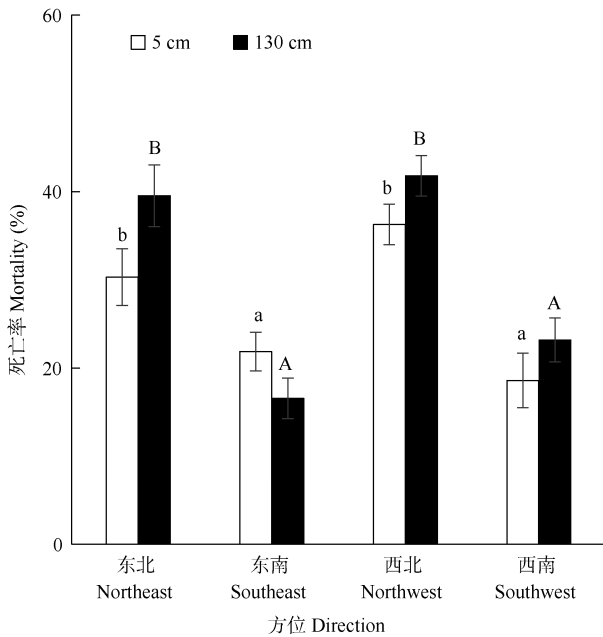


图 3 枫香树干表面的络石死亡率。柱上不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。
Fig. 3 Mortality of *Trachelospermum divaricatum* on trunk of *Liquidambar formosana*. Different letters upon column indicate significant differences at 0.05 level.

130 cm 处的死亡率均高于 5 cm 处, 但仅西南方位不显著(图 3)。

2.2 马尾松树干表面的络石分布

络石在马尾松树干表面的分布受高度和方位的影响(表 1)。马尾松树干距地面 5 cm 处分布的络石数量(23.2 ind./tree)显著高于 130 cm 处(10.1 ind./tree)(图 4)。在距地面 5 cm 处, 东北方位着生的络石最多(6.8 ind./tree); 西北方位的最少(4.6 ind./tree), 显著低于其余 3 个方位。在距地面 130 cm 处, 络石最多的是东南方位(3.4 ind./tree), 显著高于西北方位(1.64 ind./tree)($P < 0.05$)。

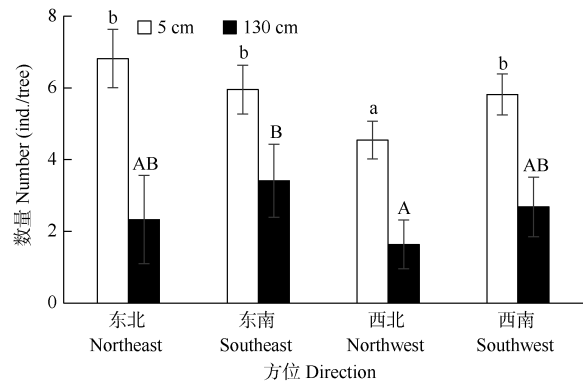


图 4 马尾松树干表面着生的络石数量。柱上不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。
Fig. 4 Number of *Trachelospermum divaricatum* attached on trunk of *Pinus massoniana*. Different letters upon column indicate significant differences at 0.05 level.

马尾松树干表面的络石死亡率在不同方位差异显著($P < 0.05$); 然而, 树干高度对络石死亡率却无显著影响(表 1)。在距地面 5 cm 处, 西北方位具有最高的死亡率, 达 35.1%, 显著高于其余 3 个方位。在距地面 130 cm 处, 东南和西南方位的络石死亡率最低(19.7%~20.4%), 显著低于东北和西北方位(36.1%~37.1%)(图 5)。

2.3 树干表面络石数量与胸径的关系

简单线性回归分析表明, 枫香距地 130 cm 处的络石数量与枫香胸径的关系因方位而异(图 6)。东南与西南方位的络石数量随着胸径的增加而显著上升, 决定系数分别达到 0.278 5 ($P < 0.05$)和 0.112 6 ($P < 0.05$)。然而, 西北及东北方位的络石数量随胸径的增加无显著变化。马尾松树干距地 130 cm 处, 仅东南方位的络石数量随胸径的增加而显著下降,

决定系数为 0.175 ($P < 0.05$), 其余 3 个方位的络石数量与胸径间无显著关系(图 7)。

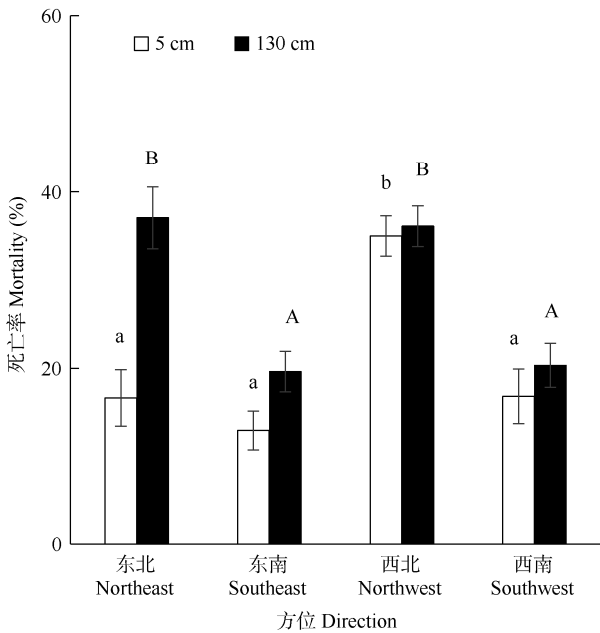


图 5 马尾松树干表面的络石死亡率。柱上不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。
Fig. 5 Mortality of *Trachelospermum divaricatum* on trunk of *Pinus massoniana*. Different letters upon column indicate significant differences at 0.05 level.

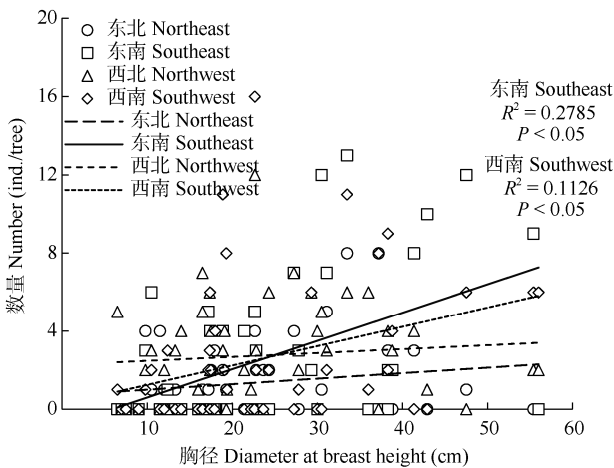


图 6 枫香树干 130 cm 处络石数量随胸径的变化
Fig. 6 Changes in number of *Trachelospermum divaricatum* with diameter at breast height of *Liquidambar formosana*

3 结论和讨论

3.1 络石分布的方位差异

本调查以络石为研究对象, 其属于多年生木质藤本, 在未寻找到有效支撑林木前, 是以地面匍匐

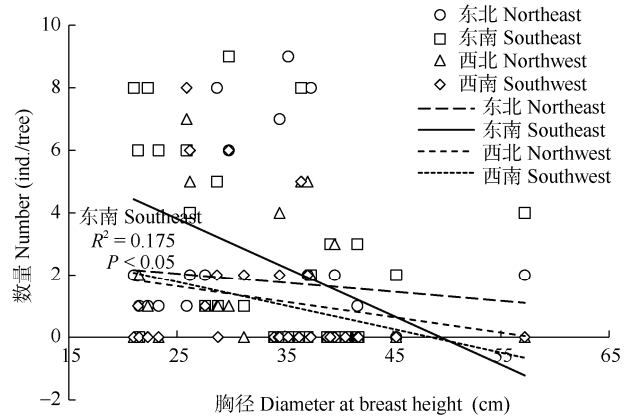


图 7 马尾松树干 130 cm 处络石数量随胸径的变化
Fig. 7 Changes in number of *Trachelospermum divaricatum* with diameter at breast height of *Pinus massoniana*

生长为主, 并产生较多分枝和侧根^[4], 以尽快寻获支持木, 当其接触到支持林木后, 沿林木主干自下而上生长。研究表明络石在从树干基径处生长到胸径处的过程中, 发生附着方位的转变。具体表现为, 在基径处, 枫香和马尾松均是在北侧具有更多的络石; 而在胸径处, 则是南侧分布更多的络石, 这意味着在相近的地理和气候条件下, 起源于地面的络石更倾向沿地表向南生长。因此, 有更高的机率接触到树干的北侧, 当其接触到树干后, 一定程度上其向高生长的策略就代替了向南生长的策略。络石这种向南生长的生理特征, 也是大多数植物共有的一种生长趋势。例如, 生长于北半球的林木, 其南侧的树冠枝叶比北侧的更加繁茂, 并且南侧的年轮宽度也高于北侧。这是因为向南一侧的物体能接收到更多的太阳辐射^[6,14]。林冠下的光资源相对缺乏, 为了能制造和积累更多的有机物, 络石向南生长是光资源限制和自身生理需要共同作用的结果。

枫香与马尾松基径处依附的络石数量也存在明显差异, 枫香树干的西北方位有更多的络石, 表明络石在向南向东的生长过程中更易“捕获”到枫香树; 而马尾松树干的东北方位有更多的络石, 是络石向南向西生长过程中的“捕获对象”。这种树种间的差异尚不能从生理和生态学上得到合理的解释, 可能与样地地形及树木的分布有关。调查表明, 枫香更多分布于样地的东侧, 而马尾松则更多分布于西侧, 因而会产生分布方位的差异。

与基径处相比, 络石在枫香和马尾松胸径处的分布发生明显变化, 具体表现为北侧数量下降, 而南侧增加; 就枫香而言, 南侧分布的络石数量是北

侧的2倍,这表明络石在树干1 m多的距离内,完成了分布方位的转变。这种转变可能是有几个原因,首先,太阳辐射在络石分布中起到关键的作用^[15]。本研究中的络石是喜光植物^[16],尽管在林冠下也能维持自身的生长,获取更多的光资源仍然是其主要的生长策略。络石在树干北侧附着后,受树干自身遮挡难以获得足够的光照,因此,在后续生长过程中,通过调节有机物的分配促使顶芽逐渐朝向树干南侧转移和生长。此外,络石还可以通过调整分枝、叶序及通过弯曲叶柄改变叶片朝向等实现最大限度的接受光照^[1]。已有研究表明,林冠下的弱光环境中,藤本植物向地上枝叶部分投入更多的光合产物,以促进植株的高生长;然而在强光环境下,藤本植物的总生物量会快速增加,并且向地下分配的比率也会增加^[17-18],以获取更多的水分和养分资源。这也是络石植物能够快速实现分布方位转变的重要原因。其次,树干南侧的络石比北侧具有更低的死亡率,这意味着南侧分布的络石具有更高的维持长期生存的机率。这种死亡率的差异可能与养分积累的多寡及环境条件有关。受到光资源的限制,北侧分布的络石光合速率及光合产物的积累相对较少,导致络石生长速率较低,并且抵御病虫害的能力下降^[19];另一方面,与我国大部分地区的气象条件相似,信阳地区冬季盛行北风^[20],使北侧分布的络石在冬季更易于受到风害的影响,进而降低成活率^[21]。

3.2 络石分布与胸径的关系

有研究认为,受生物和物理特征的影响,卷须攀援类的藤本只能利用径级较小的支撑木,然而,气生根攀援的藤本则不受支撑林木直径大小的限制^[22]。然而,本研究表明,络石数量与支撑物直径大小有密切的关系,这也与琚煜熙等^[4]的研究结论一致。枫香胸径处树干东南与西南方位的络石数量随胸径的增加而显著上升,但是西北和东北方位的数量则与胸径无显著的关系。这一方面可能是林木的胸径越大,提供的有效攀援面积越大,有利于络石气生根的附着和生长;并且,胸径较大的林木,其北侧对冬季风具有更高的抵御作用,为南侧着生的络石越冬提供更好的环境条件;另一方面,小径级枫香树皮光滑,而大径级枫香树皮粗糙,有利于络石气生根的攀附。此外,由于研究地区降雨充沛,大径级枫香树干的南侧相对湿润,会着生数量不定的

苔藓,其通过改善树干表面的微环境(如湿度和养分),提高络石的附着的机率。本研究发现的森林木质藤本数量受支柱木径级大小影响的结果,可以为森林植物多样性评价及种间关系的认识提供一定的参考意义^[23]。

与枫香不同,马尾松树干的东南方位分布的络石数量与胸径呈显著的负相关,而其余方位的络石数量则与胸径无显著关系。这种与枫香相反的附生关系很大程度上与马尾松的树皮特征有关。通常情况下,无论小径级还是大径级,马尾松树皮均呈磷块状脱落,并且脱落面积的大小、数量及频率随着树干胸径的增加而上升,这意味着附着于大径级马尾松树干的络石在树皮脱落过程中面临更高的风险。此外,马尾松树皮的开裂外翻,形成了不连续的树干表面,也增加了络石植物气生根附着的难度。因此,受攀援能力和支持物资源的限制,森林藤本植物在生长过程中经常面临着环境条件的强烈变化,能够快速适应环境变化对藤本植物至关重要^[24-25]。

本研究表明,以气生根为攀援策略的络石在枫香和马尾松的基径处,分布于北侧显著高于南侧,但是在胸径处则正好相反,南侧的数量更高,这种分布方位的变化与植物对光资源的需求以及树干微环境变化(如风)密切相关。此外,随着树干径级的增加,络石在枫香树干表面的数量呈增加趋势,而在马尾松上呈下降趋势。络石对支撑林木的选择性及其在树干表面分布的规律可为森林生态系统种间关系以及林木个体生存的潜在风险评价提供一定的参考价值。

参考文献

- [1] CAI Y L, SONG Y C. Adaptive ecology of lianas in Tiantong evergreen broad-leaved forest, Zhejiang, China: I. Leaf anatomical characters [J]. *Acta Phytocool Sin*, 2001, 25(1): 90-98.
蔡永立, 宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学: I. 叶片解剖特征的比较 [J]. *植物生态学报*, 2001, 25(1): 90-98.
- [2] WANG Y M, WANG Y, WANG S Y, et al. Fine root anatomical and morphological traits of three temperate liana species in northeastern China [J]. *J Beijing For Univ*, 2020, 42(5): 42-49. doi: 10.12171/j.1000-1522.20190419.
王元敏, 王燕, 王思远, 等. 中国东北温带3种木质藤本植物细根解剖和形态性状研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2020, 42(5): 42-49. doi: 10.12171/j.1000-1522.20190419.

- [3] GRAUEL W T, PUTZ F E. Effects of lianas on growth and regeneration of *Prioria copaifera* in Darien, Panama [J]. *For Ecol Manag*, 2004, 190(1): 99–108. doi: 10.1016/j.foreco.2003.10.009.
- [4] JU Y X, SHANG Q, WANG Z W, et al. Host selection and distribution patterns of liana plants in a deciduous broadleaf forest in Jigong Mountain [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2019, 35(2): 205–209. doi: 10.19741/j.issn.1673-4831.2018.0196.
 琚煜熙, 尚晴, 王忠伟, 等. 鸡公山落叶阔叶林藤本植物寄主选择与分布规律 [J]. *生态与农村环境学报*, 2019, 35(2): 205–209. doi: 10.19741/j.issn.1673-4831.2018.0196.
- [5] VIVEK P, PARTHASARATHY N. Liana community and functional trait analysis in tropical dry evergreen forest of India [J]. *J Plant Ecol*, 2015, 8(5): 501–512. doi: 10.1093/jpe/rtu031.
- [6] WRIGHT S J, SUN I F, PICKERING M, et al. Long-term changes in liana loads and tree dynamics in a Malaysian forest [J]. *Ecology*, 2015, 96(10): 2748–2757. doi: 10.1890/14-1985.1.
- [7] WANG Z W, ZHANG K M, WU N, et al. Effect of liana on the understory species richness in deciduous broadleaf forest of Jigong Mountain in Henan [J]. *J Yunnan Agric Univ (Nat Sci)*, 2020, 35(3): 476–482. doi: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201910028.
 王忠伟, 张科萌, 郭娜, 等. 河南鸡公山落叶阔叶林藤本植物对林下物种多样性的影响 [J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2020, 35(3): 476–482. doi: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201910028.
- [8] SCHNITZER S A, BONGERS F. The ecology of lianas and their role in forests [J]. *Trend Ecol Evol*, 2002, 17(5): 223–230. doi: 10.1016/S0169-5347(02)02491-6.
- [9] DEWALT S J, ICKES K, NILUS R, et al. Liana habitat associations and community structure in a Bornean lowland tropical forest [J]. *Plant Ecol*, 2006, 186(2): 203–216. doi: 10.1007/s11258-006-9123-6.
- [10] ICHIHASHI R, TATENO M. Biomass allocation and long-term growth patterns of temperate lianas in comparison with trees [J]. *New Phytol*, 2015, 207(3): 604–612. doi: 10.1111/nph.13391.
- [11] ROEDER M, MCLEISH M, BECKSCHÄFER P, et al. Phylogenetic clustering increases with succession for lianas in a Chinese tropical montane rain forest [J]. *Ecography*, 2015, 38(8): 832–841. doi: 10.1111/ecog.01051.
- [12] CAMPANELLO P I, GATTI M G, ARES A, et al. Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest [J]. *For Ecol Manag*, 2007, 252(1/2/3): 108–117. doi: 10.1016/j.foreco.2007.06.032.
- [13] ROEDER M, SLIK J W F, HARRISON R D, et al. Proximity to the host is an important characteristic for selection of the first support in lianas [J]. *J Veg Sci*, 2015, 26(6): 1054–1060. doi: 10.1111/jvs.12316.
- [14] LIU G C, HUANG Y X, WANG Q G, et al. Effects of environmental factors on plant species diversity: Research progress [J]. *Chin Agri Sci Bull*, 2018, 34(13): 83–89. doi: 10.11924/j.issn.1000-6850.casb17030202.
 刘冠成, 黄雅曦, 王庆贵, 等. 环境因子对植物物种多样性的影响研究进展 [J]. *中国农学通报*, 2018, 34(13): 83–89. doi: 10.11924/j.issn.1000-6850.casb17030202.
- [15] YAN D F, HE W, YANG X T. Spatial distribution of plant diversity in shrub layer of *Quercus variabilis* plantation and its relationship with light environment [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2020, 31(11): 3605–3613. doi: 10.13287/j.1001-9332.202011.002.
 闫东锋, 贺文, 杨喜田. 栓皮栎人工林灌木层植物多样性的空间分布及其与光环境的关系 [J]. *应用生态学报*, 2020, 31(11): 3605–3613. doi: 10.13287/j.1001-9332.202011.002.
- [16] IBARRA-MANRÍQUEZ G, RENDÓN-SANDOVAL F J, CORNEJO-TENORIO G, et al. Lianas of Mexico [J]. *Bot Sci*, 2015, 93(3): 365–417. doi: 10.17129/botsci.123.
- [17] CHEN Y J, CHEN J W, CAI Z Q. Lianas and their functions in tropical forests [J]. *Chin Bull Bot*, 2007, 24(2): 240–249. doi: 10.3969/j.issn.1674-3466.2007.02.017.
 陈亚军, 陈军文, 蔡志全. 木质藤本及其在热带森林中的生态学功能 [J]. *植物学通报*, 2007, 24(2): 240–249. doi: 10.3969/j.issn.1674-3466.2007.02.017.
- [18] CHEN Y J, ZHANG J L, CAO K F. Morphological, growth and photosynthetic traits of two liana species in response to different light and soil nutrients [J]. *Chin Bull Bot*, 2008, 25(2): 185–194. doi: 10.3969/j.issn.1674-3466.2008.02.007.
 陈亚军, 张教林, 曹坤芳. 两种热带木质藤本幼苗形态、生长和光合能力对光强和养分的响应 [J]. *植物学通报*, 2008, 25(2): 185–194. doi: 10.3969/j.issn.1674-3466.2008.02.007.
- [19] WANG X F, FENG J Y, WENG S F, et al. Leaf traits and environmental adaptability of 4 lianas in tropical garden [J]. *J SW For Univ*, 2019, 39(3): 166–171. doi: 10.11929/j.swfu.201807049.
 王晓帆, 冯嘉仪, 翁殊斐, 等. 热带园林4种木质藤本植物叶性状与环境适应能力研究 [J]. *西南林业大学学报*, 2019, 39(3): 166–171. doi: 10.11929/j.swfu.201807049.
- [20] PENG J B, LIU G, SUN S Q, et al. Contribution of tropical and subtropical circulation anomalies to the intensity of East Asian winter monsoon over lower-latitude region [J]. *Chin J Atmos Sci*, 2020, 44(5): 960–974. doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.1911.19141.
 彭京备, 刘舸, 孙淑清, 等. 热带和副热带环流对东亚低纬度冬季风强度影响 [J]. *大气科学*, 2020, 44(5): 960–974. doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.1911.19141.
- [21] LIU Y C, SHANG Q, ZHANG B, et al. Effects of understory liana

- (*Trachelospermum jasminoides*) on distributions of litterfall and soil organic carbon in an oak forest in central China [J]. Sustainability, 2017, 9(6): 1019. doi: 10.3390/su9061019.
- [22] LI L, CHEN Y J, REN H, et al. Ecological and biological characteristics of *Bauhinia corymbosa* [J]. J Trop Subtrop Bot, 2009, 17(6): 528–534. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2009.06.002.
- 李玲, 陈永聚, 任海, 等. 首冠藤的生态生物学特征 [J]. 热带亚热带植物学报, 2009, 17(6): 528–534. doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2009.06.002.
- [23] YUAN C M, LIU W Y, LI X S, et al. Aboveground biomass of lianas and its response to anthropogenic disturbances in moist evergreen broad-leaved forests in the Ailao Mountains of southwestern China [J]. Chin J Plant Ecol, 2009, 33(5): 852–859. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2009.05.003.
- 袁春明, 刘文耀, 李小双, 等. 哀牢山湿性常绿阔叶林木质藤本植物地上部分生物量及其对人为干扰的响应 [J]. 植物生态学报, 2009, 33(5): 852–859. doi: 10.3773/j.issn.1005-264x.2009.05.003.
- [24] SONG H Q, NI M Y, ZHU S D. Hydraulic and photosynthetic characteristics differ between co-generic tree and liana species: A case study of *Millettia* and *Gnetum* in tropical forest [J]. Chin J Plant Ecol, 2020, 44(3): 192–204. doi: 10.17521/cjpe.2019.0304.
- 宋慧清, 倪鸣源, 朱师丹. 乔木与木质藤本的水力与光合性状的差异: 以热带森林崖豆藤属和买麻藤属为例 [J]. 植物生态学报, 2020, 44(3): 192–204. doi: 10.17521/cjpe.2019.0304.
- [25] XIAO Z Q, MA C C, DAI J, et al. Analysis on diversity of vines in Tongbiguan Nature Reserve [J]. J Trop Subtrop Bot, 2016, 24(4): 437–443. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.04.011.
- 肖之强, 马晨晨, 代俊, 等. 铜壁关自然保护区藤本植物多样性研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24(4): 437–443. doi: 10.11926/j.issn.1005-3395.2016.04.011.