

DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201910028](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201910028)

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*

王忠伟¹, 张科萌², 郭娜², 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 开封 475004)

摘要:【目的】以种间关系原理为基础, 探究河南鸡公山落叶阔叶林中藤本植物是否对林冠下其他物种的生存产生抑制或促进的效应, 为理解林冠下的种间关系和共存机制提供指导。【方法】林冠下藤本及非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数及密度采用样方法进行, 土壤温湿度采用土壤温湿度监测仪测定。【结果】该地区落叶阔叶林林冠下总物种及非藤本植物 Shannon-Wiener 指数随着藤本植物密度的增加而显著下降, 林冠下非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数变异受到物种总密度、距离最近树的胸径和土壤温度的综合调节。林冠下非藤本植物的密度随着藤本植物密度的增加而下降, 非藤本植物的密度受到物种总密度、土壤温度和距离最近树的胸径大小的影响。【结论】中国华中地区落叶阔叶林中的藤本植物对林冠下非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数产生显著抑制效应, 同时显著降低了个体的数量, 这主要归因于藤本植物较强的扩散和生存能力及其对环境资源较强的占据能力, 本研究对于提高森林生态系统中物种多样性及共存机制有重要参考价值。
关键词: 藤本植物; 密度; 多样性; Shannon-Wiener 指数; 土壤温度

中图分类号: Q 948.122.1 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X (2020) 03-0476-07

Effect of Liana on the Understory Species Richness in Deciduous Broadleaf Forest of Jigong Mountain in Henan

WANG Zhongwei¹, ZHANG Kemeng², WU Na², LIU Yanchun²

(1. Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China;

2. School of Life Sciences, Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: [Purpose] Based on the interspecific relationship principles, we explore that whether the presence of liana species will suppress or stimulate the existence of non-liana species under forest canopy in deciduous broadleaf forest in Jigong Mountain, Henan Province, which would be helpful for understanding the interspecific relationship and coexistence mechanism. [Method] Shannon-Wiener index and density were investigated by field plot survey, and soil temperature and moisture were measured by an electronic monitor. [Result] Shannon-Wiener index for both total species and non-liana plant significantly decreased with elevated plant density. The Shannon-Wiener index of non-liana plant was totally regulated by plant density, DBH of the tree closest to the plots, and soil temperature. In addition, the density of non-liana plant decreased significantly with the elevated dens-

收稿日期: 2019-10-18 修回日期: 2020-04-09 网络首发时间: 2020-06-22 09:31:59

*基金项目: 国家自然科学基金项目 (31971454); 中国博士后科学基金第 11 批特别资助项目 (2018T110722); 河南省 2017 年博士后科研项目 (01702050)。

作者简介: 王忠伟 (1983—), 男, 河南民权人, 硕士, 讲师, 主要从事生态学研究。

E-mail: 94381557@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 刘彦春 (1983—), 男, 河北承德人, 博士, 副教授, 主要从事森林生态学研究。E-mail: liu_yan_chun@126.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20200619.1449.005.html>



ity of liana plant, and the density of non-liana plant was strongly related to total plant density, soil temperature, and DBH of the tree closest to the plots. [**Conclusion**] In deciduous broadleaf forest in Central China, understory liana plants exhibit significant negative effects on the diversity of non-liana plants, and reduce the density of non-liana species, which may be attributed to the strong dispersive capacity and survivability, as well as its utilization on environmental resource. The study could be favor for understanding the relationship between species diversity and coexistence mechanism in forest ecosystem.

Keywords: liana plant; density; diversity; Shannon-Wiener index; soil temperature

藤本植物是热带-亚热带森林生态系统中重要的构成组分,对维持森林群落的结构和功能具有重要作用^[1]。藤本植物通常具有很高的冠茎比,具有较高的光合作用能力^[2],因此,对森林生态系统的碳固持能力具有积极作用^[3]。此外,大部分藤本植物具有发达的根系,对于保持森林水土和提高土壤的稳定性具有重要意义^[4]。国外针对藤本植物在生态系统中的作用已经开展了较多研究,大多集中在藤本植物多样性及其生理特征^[5]、藤本植物对群落生物量的影响^[6]、藤本植物在干扰群落恢复进程中的作用^[7]等方面。有研究显示:藤本植物会通过改变树种之间的竞争力来调节干扰后林地的更新方向和速度^[8]。藤本植物与乔木之间还存在营养物质如土壤氮素和水分等的竞争关系^[9-10]。然而,国内针对藤本植物的研究则更多地偏重于其在园林绿化方面的应用^[11]以及不同森林群落中藤本植物的多样性调查^[12-13],藤本植物对生态系统结构和功能的影响方面则关注较少^[14]。因此,开展藤本植物与森林中其他物种之间关系的研究是群落生态学中亟待加强的研究方向。

藤本植物较强的生存能力和扩散能力使其能够在林冠下快速占据有利空间,进而对其他物种的生存产生强烈影响。有研究表明:藤本植物会改变土壤物理化学性质以影响物种多样性^[10,15-16]。此外,藤本植物还可能改变土壤微环境以影响植物的多样性^[10]。然而,藤本植物对其他物种的影响是否与其自身的多样性和密度有关目前仍不清楚。本研究以中国华中地区的鸡公山落叶阔叶林为研究对象,区分不同密度的藤本植物样方,调查林冠下其他物种的多样性和密度,旨在揭示林冠下藤本植物对非藤本植物多样性和密度的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在鸡公山落叶阔叶林中开展。鸡公山位于河南省信阳市境内(N 31° 46'~31° 51', E 114° 01'~114° 06'),是中国四大避暑胜地之一。该地区处于北亚热带向南暖温带的过渡地段,属北亚热带湿润气候区,由于受东亚季风气候的影响,具有典型的北亚热带向暖温带过渡的季风气候和山地气候的特征。四季分明,雨量充沛,年均降水量 1 118.7 mm,年均温 15.2 °C,极端最高温 40.9 °C,极端最低温-20.0 °C,年平均相对湿度 74%^[9]。区内土壤以黄棕壤和黄褐土为主,其中黄棕壤分布面积最大,pH 值在 5~6 之间,土层厚度 10~30 cm^[10]。植被可划分成多个类型,主要包括:阔叶林、针叶林、针阔混交林、竹林和灌丛等,其中以落叶阔叶林和针阔混交林为主^[10]。常见的优势乔木树种有栓皮栎(*Quercus variabilis* Bl.)、麻栎(*Quercus acutissima* Carruth.)和枫香(*Liquidambar formosana* Hance)等,灌木层优势种有山胡椒 [*Lindera glauca* (Sieb. Et Zucc) Bl.]、黄荆 (*Vitex negundo* L.)和胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz.)等,草本层优势种包括紫堇 (*Corydalis edulis* Maxim)和显子草 (*Phaenosperma globosa* Munro ex Benth.)等;主要林间藤本植物种包括络石 [*Trachelospermum Jasminoides* (Lindl.)]、绞股蓝 [*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino]及常春藤 (*Hedera nepalensis* K. Koch)等。

1.2 样地设置

在鸡公山国家级自然保护区内的波尔登森林公园选择地势相对平坦、林木生长健康的麻栎-枫香落叶阔叶混交林作为调查的森林群落,以群落内自然形成的林窗为调查对象。天然林中的林窗多是林木死亡枯倒后形成的,林窗内优越的水

热条件成为物种更新的基地, 藤本植物具有较高的冠茎比和发达的根系, 能够较快地占据林窗资源。根据林窗内藤本植物的密度状况将其划分为: 低密度覆盖 (< 80 株/m²)、中密度覆盖 (80~150 株/m²) 和高密度覆盖 (150~300 株/m²) 3 个类型。在该森林群落内, 主要的藤本植物种类是络石 (多年生木本植物) 和绞股蓝 (多年生攀缘草本), 两者的盖度分别约为 65% 和 15%。这两种藤本植物在未获得直立乔木作为依附寄主之前, 均以地面匍匐生长为主要特征, 具有较强的扩散能力。因此, 这一类藤本植物的生长对林冠下其他植物的正常生长会产生显著影响。每个密度类型的林窗各选定 10 个, 彼此间距在 10 m 以上, 在每个林窗内设置 1 个面积为 1 m×1 m 的样方, 调查藤本植物和非藤本植物的多样性。

1.3 植物调查

样方边界采用 1 m×1 m 的正方形 PVC 塑料管框进行界定。在每个样方内, 详细调查藤本植物和非藤本植物的种类、株数和高度。络石藤具有发达的气生根和分支能力, 其匍匐的茎干每隔一定距离 (10~20 cm) 产生 1 个分枝, 分枝直立生长, 顶端产生多个叶片, 故本调查中络石株数以每个直立分枝为单位; 绞股蓝的匍匐茎的分枝较少, 故计数时以地面匍匐茎的个体数为单位。测定样方所在林窗的短轴和长轴; 确定距离林窗最近的乔木树种及其距离样方中心的长度, 并测定该乔木的胸径。每个物种的高度采用 5 m 的钢尺测量; 土壤深度 5 cm 的湿度和温度采用便携式土壤温度湿度测定仪 (顺科达 TR-6D) 测量, 测定时将探针插入样方土壤 5 cm 深, 待数据稳定后, 每隔 5 min 记录 1 次数据, 记录 3 次数据的平均值作为样地均值; 林窗的长边、短边和距最近树的距离采用 50 m 钢尺测定; 距离最近树的胸径采用胸径围尺测定。

1.4 统计分析

基于野外样地的调查数据, 采用 Shannon-Wiener 多样性指数评价藤本植物密度大小对藤本物种多样性及非藤本植物多样性的影响。Shannon-Wiener 指数的计算公式为:

$$H = - \sum P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中, $P_i = n_i/N$, n_i 是物种 i 的个体数; N 是所有物种的个体数之和^[17]。

测定数据首先进行正态性和方差齐性检验, 再进行后续统计分析。采用单因素方差分析检验不同密度样方之间多样性指数及密度的差异; 采用简单线性回归模型分析藤本物种多样性指数及密度与环境因子之间的关系。所有数据分析在 SPSS 16.0 中进行, 图表制作在 Microsoft Excel 2013 中进行。

2 结果与分析

2.1 藤本植物对林下植物组成的影响

由表 1 可知: 不同密度的藤本植物样方内林冠下植物物种组成方面表现出一定的差异性。在低密度样方内, 主要是以细叶苔草 (*Carex rigescens*)、野草莓 (*Fragaria vesca*) 和高粱泡 (*Rubus lambertianus*) 等草本植物为主的类群; 而在高密度样方内, 优势物种则是以朴树 (*Celtis sinensis*) 及胡枝子 (*Lespedeza bicolor*) 等木本植物为主的类群。这种差异可能与不同密度样方内的水热及光照条件的差异有关。

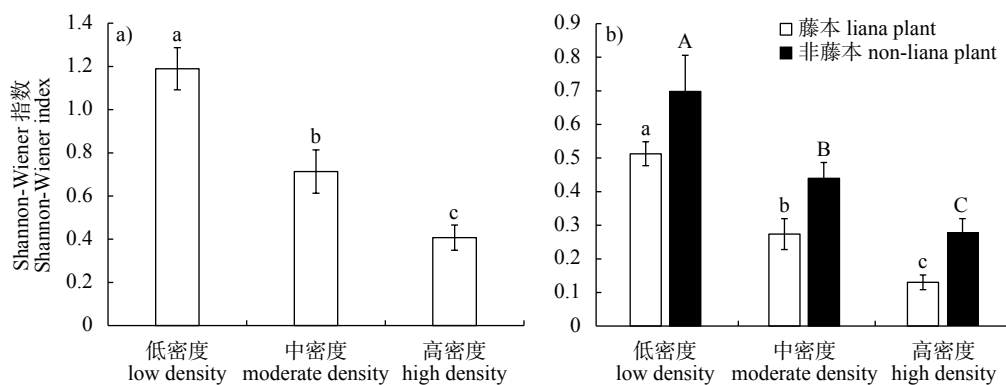
2.2 藤本植物对林下物种多样性指数的影响

由图 1 可知: 不同密度的藤本植物对林下总物种 Shannon-Wiener 指数产生显著影响, 表现为 Shannon-Wiener 指数随着藤本植物密度的增加而显著下降 ($P < 0.05$); 藤本植物与非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数在不同藤本密度样地之间的

表 1 不同密度藤本植物样地内林下植物组成差异

Tab. 1 Differences in understory species composition among plots with different liana density

密度 density	藤本植物 liana plant	非藤本植物 non-liana plant
低 low	络石 (<i>Trachelospermum jasminoides</i>)、绞股蓝 (<i>Gynostemma pentaphyllum</i>)	细叶苔草 (<i>Carex rigescens</i>)、野草莓 (<i>Fragaria vesca</i>)、高粱泡 (<i>Rubus lambertianus</i>)、华南毛蕨 (<i>Cyclosorus parasiticus</i>)、胡枝子 (<i>Lespedeza bicolor</i>)、小叶女贞 (<i>Ligustrum quihoui</i>)
中 moderate	络石 (<i>T. jasminoides</i>)	细叶苔草 (<i>C. rigescens</i>)、野草莓 (<i>F. vesca</i>)、六月雪 (<i>Serissa japonica</i>)、胡枝子 (<i>Lespedeza bicolor</i>)、求米草 (<i>Oplismenus undulatifolius</i>)
高 high	络石 (<i>T. jasminoides</i>)	朴树 (<i>Celtis sinensis</i>)、胡枝子 (<i>Lespedeza bicolor</i>)、构树 (<i>Broussonetia papyrifera</i>)、六月雪 (<i>S. japonica</i>)、拔楔 (<i>Smilax china</i>)



注:不同小写字母者表示林下总物种多样性(a)及藤本植物多样性(b)在不同密度间达到显著差异,不同大写字母表示非藤本植物(b)在不同密度间达到显著差异($P<0.05$)。

Note: Different lowercase indicates significant difference for total species richness (a) and liana richness (b) between different density levels, values labeled with different uppercase indicates substantial difference for non-liana richness (b) between different density levels ($P<0.05$).

图1 不同密度藤本植物对林下总物种(a)及不同类群(b) Shannon-Wiener 指数的影响 (mean±SE, $n=10$)

Fig. 1 Effects of liana plant with different density on the Shannon-Wiener index for understory total species (a) and different floras (b)

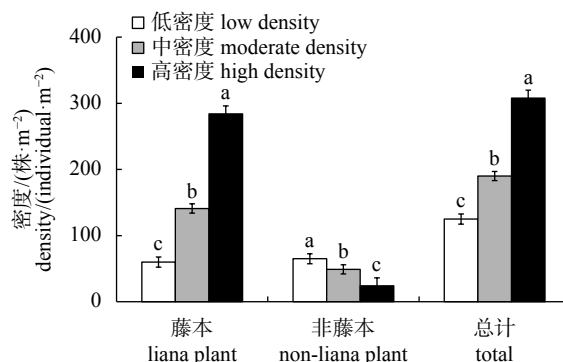
差异也显著($P<0.05$)。藤本植物的 Shannon-Wiener 指数大小表现为低密度>中密度>高密度;非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数随着藤本植物密度的增加而显著下降($P<0.05$)。在每种密度样地内,非藤本植物的多样性指数均显著高于藤本植物的多样性($P<0.05$)。

2.3 藤本植物对林冠下不同类群植物密度的影响

由图2可知:藤本植物的密度在3种密度水平之间存在显著差异,表现为高密度>中密度>低密度($P<0.05$),说明本试验的藤本密度梯度设置是有效的。此外,高密度藤本样方的非藤本植物密度显著小于低密度和中密度藤本的样方($P<0.05$);非藤本植物密度在低密度与中密度之间也存在显著差异($P<0.05$)。不同密度藤本植物样方之间的总植物密度存在显著差异,表现为高密度样方显著高于中密度和低密度样方,中密度样方显著高于低密度样方($P<0.05$)。这种差异主要是由于藤本植物的密度差异引起的。

2.4 不同密度藤本植物样方土壤温度和湿度

由图3可知:低密度、中密度和高密度藤本植物样方下的土壤温度分别为24.3、24.3和23.8℃,无显著差异($P>0.05$)。低密度、中密度和高密度藤本植物样方下的土壤湿度(体积含水量)分别为18.3%、17.0%和21.3%;高密度藤本植物样方的土壤湿度显著高于低密度和中密度样方($P<0.05$)。综合土壤温度和湿度的变化可知:高密度样方有提高土壤湿度和降低土壤温度的趋势。



注:不同小写字母者表示植物密度在不同藤本密度处理间达到显著差异($P<0.05$)。

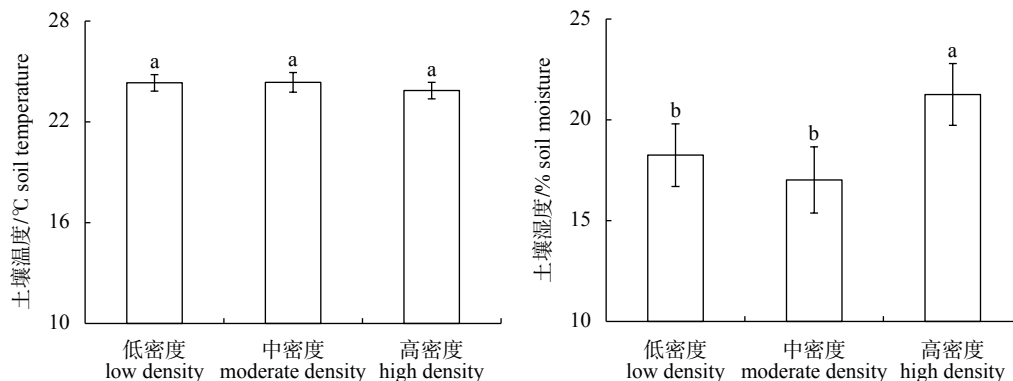
Note: Different lowercase indicates significant difference for plant density between different density levels ($P<0.05$).

图2 不同密度水平对林下藤本、非藤本及总物种密度的影响 (mean±SE, $n=10$)

Fig. 2 Effects of different density levels on the plant density of liana, non-lian and total species

2.5 林下非藤本植物物种 Shannon-Wiener 指数的影响因子

将非藤本植物 Shannon-Wiener 指数与各类环境因子(包括藤本植物多样性、密度、土壤温度和湿度、林窗长边与短边、距离最近树的距离与其胸径)进行简单回归分析,结果(图4)显示:Shannon-Wiener 指数与样地物种总密度、距离样方最近树的胸径均呈显著负相关($P<0.05$)。此外,在非生物因素方面,土壤温度与非藤本植物的 Shannon-Wiener 指数呈显著的正相关($P<0.05$),但是与土壤湿度无显著关系。



注：图中同一类群中标记不同字母者表示在 $P<0.05$ 水平下显著差异。

Note: Bars labeled with different lowercase letters indicates significant difference at $P<0.05$ within a group.

图 3 不同密度藤本植物样地土壤温度和湿度的差异 (mean±SE, $n=10$)

Fig. 3 Differences of soil temperature and moisture between plots with different liana densities

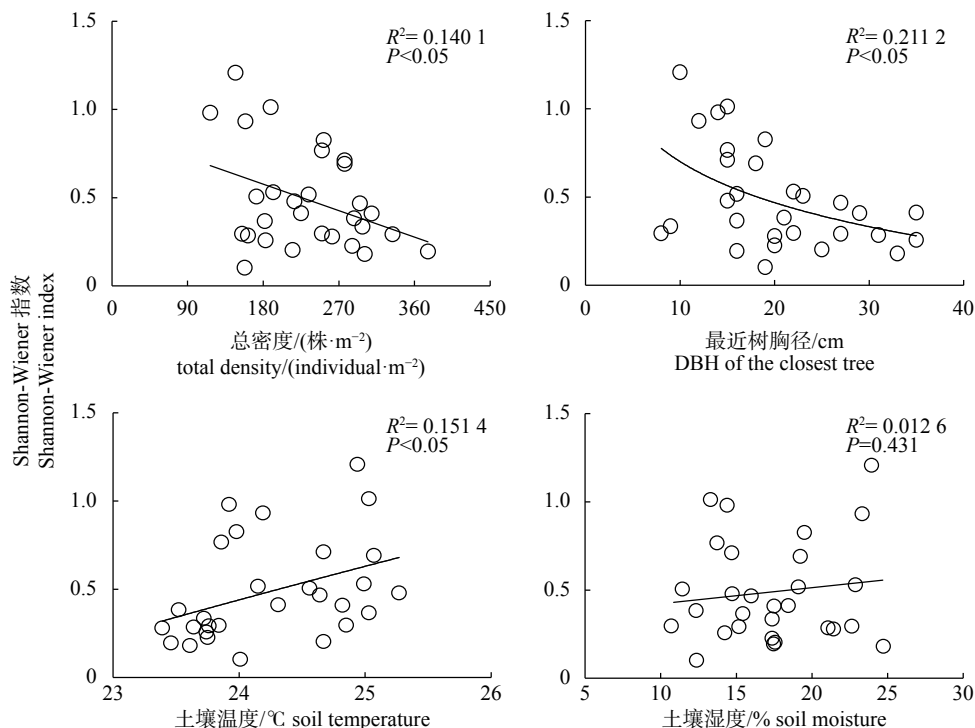


图 4 物种总密度、距离最近树的胸径、土壤温度和湿度与林下非藤本植物 Shannon-Wiener 指数的关系

Fig. 4 Relationships between non-liana plant Shannon-Wiener index and the total density, DBH of the closest tree, soil temperature and moisture

2.6 林下非藤本植物密度的影响因子

将林冠下非藤本植物的密度与环境因子进行回归分析, 结果 (图 5) 显示: 样方内植物总密度、距离最近树的胸径和土壤温度是调节林冠下非藤本植物密度的主要环境因子。林冠下非藤本植物的密度与物种总密度呈显著的负相关 ($P<0.05$), 与土壤温度呈显著的正相关 ($P<0.05$), 与距离最近树的胸径呈接近显著的负相关 ($P<0.10$)。

3 讨论

3.1 林下非藤本植物多样性与环境因子的关系

本研究发现: 林冠下非藤本植物和藤本植物的多样性指数均与藤本植物的密度存在较好的依存关系, 表明森林生态系统中不同生活型植物之间的关系是与其长期的共存关系和彼此适应密切联系的^[11]。藤本植物具有较强的扩张性和生存能力, 能够在较短时间内占领林窗。本研究中络石

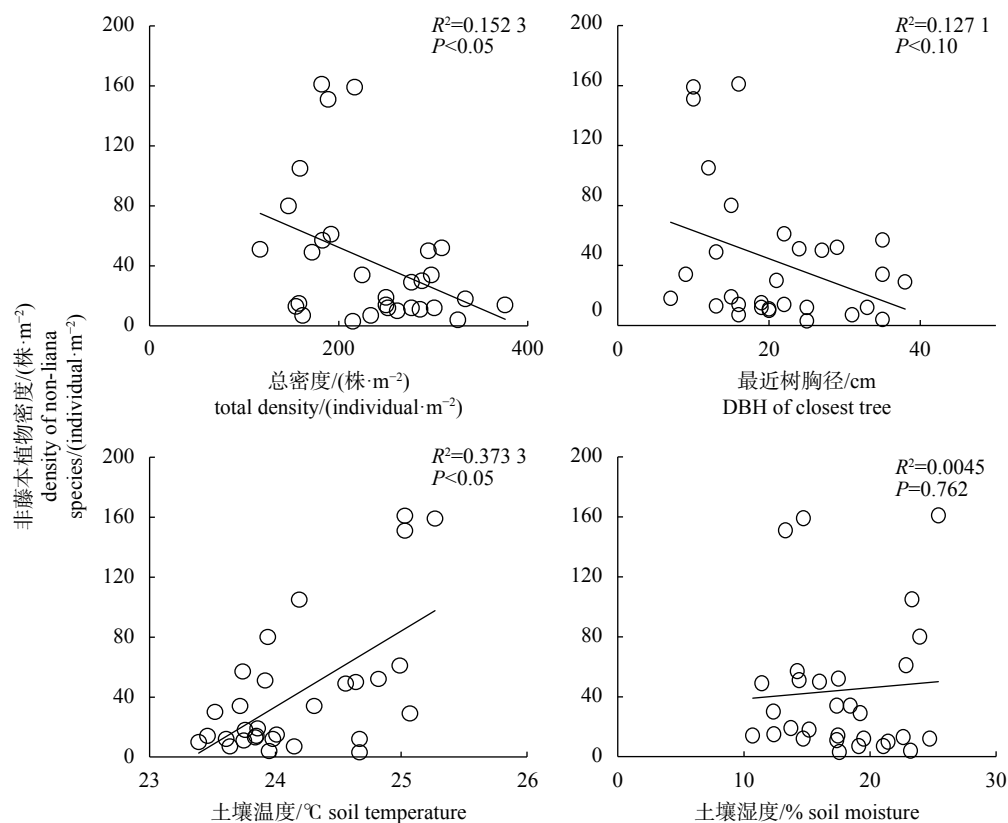


图5 物种总密度、距离最近树的胸径、土壤温度和湿度与林下非藤本植物密度的关系

Fig. 5 Relationships between non-liana plant density and total density, DBH of the closest tree, soil temperature and moisture

和绞股蓝均具有发达的气生根, 因此, 着生有叶片的每一小截茎干都能在气生根的支持下独立生存, 这种结构特征使藤本植物占据林冠下相当大比例的光照及其他营养元素资源, 从而对其他林下物种产生明显的抑制效应。

温度和水是影响藤本植物地理分布的主要环境要素, 并且藤本植物的导管较宽大, 因此藤本植物受这两种要素的影响程度比非藤本的本木植物更大^[18]; 本研究也表明: 林下的藤本植物多样性与土壤温度、湿度关系密切。此外, 非藤本植物多样性指数也与土壤温度、湿度和最近树的胸径关系显著, 这表明林窗内由藤本植物和其他乔木形成的微环境 (如林下光照状况、土壤温度和土壤湿度) 是调节非藤本植物多样性指数的重要因素。针对林冠下种间共存关系的研究较少, 尤其是藤本与其他物种之间的关系研究更是少有报道, 因此, 在区域对比方面尚无有效的参考。有部分研究显示: 森林中藤本植物的多样性受多种环境条件的影响。首先, 其多样性与区域的年平均降雨量呈负相关, 而与降雨的季节性成正相

关^[19]; 其次, 地形起伏导致的土壤水分、养分波动也会对藤本植物的分布产生影响^[20]。森林中藤本植物分布的空间差异性反映了环境因子的差异性, 而这种差异也是导致非藤本植物变异的潜在环境因子。例如: 在林窗及片断化的森林边缘开展的调查发现, 森林中的开阔区域更容易促进藤本植物的定居和生长, 并且对其他非藤本植物产生较强的抑制效应^[21]。本研究中, 林冠下生存的非藤本物种大多是耐荫物种, 但是对光照仍有一定的需求。因此, 距离林窗最近的乔木胸径越大, 其树冠对林窗的遮阴作用越大, 对物种生存的负面影响就越大。综上所述, 林窗内自身的环境状况是影响林冠下非藤本植物生存的首要因子。

3.2 林冠下非藤本植物密度与环境因子的关系

与非藤本植物的多样性指数类似, 林冠下非藤本植物密度首先受到林冠下植物总密度的影响。植物总密度的增加导致环境资源压力上升、竞争加剧, 而林下非藤本植物大多属于草本植物, 与木质藤本相比, 竞争力较弱。非藤本植物密度主要与林冠下土壤温度显著正相关, 而与距

离林窗最近树的胸径呈接近显著水平的负相关。鸡公山地区年均降雨量较为充沛, 较高的土壤温度有利于植物根系生长, 有助于提高土壤养分的有效性, 进而促进林冠下植物的生长及种子的萌发^[12]。此外, 当距离林窗最近的乔木胸径越大, 对林窗的遮挡作用越强烈, 可能会降低林冠下植物的光合能力及生长速率。

4 结论

通过对鸡公山落叶阔叶林内藤本植物与非藤本植物多样性的调查发现: 林冠下总物种多样性指数及非藤本植物的多样性指数均随着藤本植物密度的增加而显著下降。在不同藤本密度样方内, 非藤本植物的多样性指数均低于藤本植物的多样性。非藤本植物多样性指数受物种总密度、最近树胸径及土壤温度的综合调节。研究表明: 落叶阔叶林林冠下物种多样性受到藤本植物分布的显著影响, 藤本植物较强的生存与扩散能力, 及其影响下的环境因子是调节非藤本植物多样性的重要环境因素。

[参考文献]

- [1] WRIGHT A, TOBIN M, MANGAN S, et al. Unique competitive effects of lianas and trees in a tropical forest understory[J]. *Oecologia*, 2015, 177(2): 561. DOI: [10.1007/s00442-014-3179-0](#).
- [2] SCHNITZER S A, VAN DER HEIJDEN G M F, MAS-CARO J, et al. Lianas in gaps reduce carbon accumulation in a tropical forest[J]. *Ecology*, 2014, 95(11): 3008. DOI: [10.1890/13-1718.1](#).
- [3] DURAN S M, SANCHEZ-AZOFEIFA G A, RIOS R S, et al. The relative importance of climate, stand variables and liana abundance for carbon storage in tropical forests[J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2015, 24(8): 939. DOI: [10.1111/geb.12304](#).
- [4] IBARRA-MANRÍQUEZ G, RENDÓN-SANDOVAL F J, CORNEJO-TENORIO G, et al. Lianas of Mexico[J]. *Botanical Sciences*, 2015, 93(3): 365. DOI: [10.17129/botsci.123](#).
- [5] BURNHAM R J, SANTANNA C V. Distribution, diversity, and traits of native, exotic, and invasive climbing plants in Michigan[J]. *Brittonia*, 2015, 67(4): 350. DOI: [10.1007/s12228-015-9385-1](#).
- [6] VAN DER HEIJDEN G M F, POWERS J S, SCHNITZER S A. Lianas reduce carbon accumulation and storage in tropical forests[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(43): 13267. DOI: [10.1073/pnas.1504869112](#).
- [7] 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. DOI: [10.1890/14-1985.1](#).
- [8] GRAUEL W T, PUTZ F E. Effects of lianas on growth and regeneration of *Prioria copaifera* in Darien, Panama[J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 190(1): 99. DOI: [10.1016/j.foreco.2003.10.009](#).
- [9] PASQUINI S C, WRIGHT S J, SANTIAGO L S. Lianas always outperform tree seedlings regardless of soil nutrients: results from a long-term fertilization experiment[J]. *Ecology*, 2015, 96(7): 1866. DOI: [10.1890/14-1660.1](#).
- [10] 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](#).
- [11] 吴良早, 史慧灵, 雷苑, 等. 昆明城区大学校园与公园绿地植物组成研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2016, 31(5): 812. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390X\(n\).2016.05.007](#).
- [12] 唐一思, 石慰, 曾文豪, 等. 广西天然林中藤本植物区系组成及系统发育多样性[J]. *生态学报*, 2018, 38(24): 8750. DOI: [10.5846/stxb201808021642](#).
- [13] 王灯, 苟光前, 孙巧玲, 等. 贵州黔南野生木质藤本植物资源多样性及开发利用[J]. *草业科学*, 2017, 34(7): 1506. DOI: [10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0507](#).
- [14] 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. DOI: [10.19741/j.issn.1673-4831.2018.0196](#).
- [15] 李淑英, 张翠萍, 王蓓, 等. 中山湿性常绿阔叶林植物多样性与土壤养分特征研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2016, 31(4): 582. DOI: [10.16211/j.issn.1004-390X\(n\).2016.04.002](#).
- [16] 张玉虎, 张学顺, 冯万富, 等. 鸡公山落叶阔叶林和针阔混交林植物物种多样性研究[J]. *云南农业大学学报(自然科学)*, 2014, 29(6): 799. DOI: [10.3969/j.issn.1004-390X\(n\).2014.06.003](#).
- [17] 袁春明, 刘文耀, 杨国平. 哀牢山中山湿性常绿阔叶林木质藤本植物的多样性与空间分布[J]. *生物多样性*, 2015, 23(3): 332. DOI: [10.17520/biods.2014224](#).
- [18] 胡亮, 李鸣光, 李贞. 中国种子植物区系中的藤本多样性[J]. *生物多样性*, 2010, 18(2): 212. DOI: [10.3724/SP.J.1003.2010.212](#).
- [19] SCHNITZER S A. A mechanistic explanation for global patterns of liana abundance and distribution[J]. *The American Naturalist*, 2005, 166(2): 262. DOI: [10.1086/431250](#).
- [20] KUSUMOTO B, ENOKI T, WATANABE Y. Community structure and topographic distribution of lianas in a watershed on Okinawa, South-western Japan[J]. *Journal of Tropical Ecology*, 2008, 24(6): 675. DOI: [10.2307/25172980](#).
- [21] SCHNITZER S A, CARSON W P. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest[J]. *Ecology*, 2001, 82(4): 913. DOI: [10.2307/2679891](#).

责任编辑: 何馨成