

珍稀濒危植物紫茎群落树种的种间联结性

董瑞瑞¹, 唐战胜¹, 陈建华¹, 叶 铎^{1*}, 陈声文², 芦 伟¹, 郑振杰¹

(1. 浙江师范大学生命科学学院, 浙江金华 321004; 2. 钱江源国家公园生态资源保护中心, 浙江开化 324300)

摘要 为了给珍稀濒危植物紫茎(*Stewartia sinensis*)的科学保育提供依据,通过方差比率法、Pearson 相关系数检验、Spearman 秩相关系数检验,对古田山自然保护区紫茎群落内 66 个树种进行了种间关联与相关性分析。3 种检验的结果表现出一致性,正负关联比均大于 1,说明各树种联系紧密,群落的结构和功能趋于完善。而紫茎与大部分树种无相关关系,说明紫茎在群落中可能处于一个相对独立的地位。与紫茎呈负相关关系的树种主要是白檀(*Symplocos paniculata*)、檫木(*Sassafras tzumu*)和山鸡椒(*Litsea cubeba*)等 9 个树种,可能与紫茎存在着较强的种间竞争,建议后期采取适当择伐的抚育方式为紫茎缓和种间竞争,营造良好的生长环境。

关键词 紫茎; 树种组成; 种间关系; 常绿阔叶林; 古田山

中图分类号 S718.54 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)05-0127-03

Interspecific Correlations among Tree Species in the *Stewartia sinensis* Community in Qianjiangyuan National Park, Zhejiang Province

DONG Rui-rui, TANG Zhan-sheng, CHEN Jian-hua et al (College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004)

Abstract In order to quantitatively analyze the relationships between *Stewartia sinensis* and other species and provide suggestions about the protection of this rare species, interspecific relationships in the typical evergreen broad-leaved communities of *Stewartia sinensis* were studied based on field data from three plots of 400 m² in Gutianshan National Nature Reserve. All 66 tree species in the communities were selected and variance ratio (VR) analysis of the overall association, Pearson correlation coefficient test and Spearman rank correlation coefficient test were performed. In the three test methods above, the ratios of positive and negative correlations were all greater than 1, indicating that species closely interacted with each other and the structure and function of the *Stewartia sinensis* communities were tending toward mature. *Stewartia sinensis* didn't develop relationships with most of species, suggesting that *Stewartia sinensis* had a relative independent status in the communities. Particularly, there were nine species which were negatively related with *Stewartia sinensis*, including *Symplocos paniculata*, *Sassafras tzumu*, *Litsea cubeba* and so on. This suggested the competitive relationships between *Stewartia sinensis* and the nine species. Selective cutting may be required to moderate the interspecific competition and build a suitable habitats for *Stewartia sinensis*.

Key words *Stewartia sinensis*; Species composition; Interspecific relationship; Evergreen broad-leaved communities; Gutianshan

种间联结(interspecific association)是指不同树种在空间上的相互关联性,通常是由群落生境的差异影响了树种的分布而引起^[1],是对一定时期内植物群落组成树种之间相互关系的静态描述^[2]。种间关联包括正关联和负关联。正负关联比是所有种对正关联数与负关联数的比值,其值越高,种间正关联性越强,反之亦然^[3]。种间联结是植物群落重要的数量和结构特征之一^[4],是群落形成、维持和演替的基础^[5]。正确的种间关联分析能够揭示群落的结构和功能,预测群落的发展动态,为群落的保护和发展提供科学依据。

紫茎(*Stewartia sinensis*)是山茶科紫茎属落叶小乔木,为国家三级珍稀濒危植物^[6],浙江省重点保护野生植物,分布于江西、湖北、四川、安徽、浙江等省。紫茎属是现代东亚与北美间断分布的属,在第三纪现北温带的广大地区形成连续分布,但白垩纪的巨大冰川把这一类群消灭殆尽^[7],因而对紫茎的保护已变得至关重要。目前,国内有关紫茎群落的研究相对较少,主要集中于群落与树种的基本特征。胡正华等^[8]研究发现,浙江古田山自然保护区紫茎群落的科属组成较为分散,且紫茎树种的年龄结构呈衰退型。为了深入了解

紫茎群落结构,科学保护该植物资源,该研究以浙江古田山自然保护区紫茎群落为研究对象,分析了群落内各树种之间的种间关联性,揭示了紫茎及其他树种种间相互作用的实质。

1 材料与方法

1.1 样地概况 古田山国家级自然保护区(118°03'49.7"~118°11'12.2" E, 29°10'19.4"~29°17'41.4" N)位于浙江省西部的开化县境内,总面积 8 107 hm²。该地属亚热带季风区,年均气温 15.3 ℃,7 月平均气温 27.6 ℃,1 月平均气温 4.1 ℃,年平均降水量 1 963.7 mm,相对湿度 92.4%。土壤类型主要为红壤、黄红壤、红黄壤与部分沼泽土。主要植被类型有常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针叶阔叶混交林和针叶林^[9]。其中,常绿阔叶林分布最广。

1.2 样地调查 在对古田山保护区紫茎群落全面踏查的基础上,在典型区域建立 3 个紫茎群落样地。每个样地按照美国史密森热带森林研究中心(CTFS, The Center for Tropical Forest Science)标准设置 1 个 20 m×20 m 的固定监测样方(表 1)。每个样方划分为 16 个 5 m×5 m 的格子,调查样方内胸径(DBH)≥1 cm 的木本植物,包括树种名称、胸径、坐标、冠幅、生长情况等指标。样地树种组成以常绿树种为主,优势种明显,乔木层优势种主要有黄山松(*Pinus taiwanensis*)、短柄枞(*Quercus serrata*)、紫茎等,灌木层优势种主要有阔叶箬竹(*Indocalamus latifolius*)、豹皮樟(*Litsea coreana*)、映山红(*Rhododendron simsii*)等。

基金项目 浙江省自然科学基金(LY17C030001);古田山国家级自然保护区管理局“生物多样性调查”项目;浙江师范大学科研启动基金(ZC304015065)。
作者简介 董瑞瑞(1991—),男,山西临汾人,硕士研究生,研究方向:植物资源与生物多样性。* 通讯作者,博士,从事生物多样性与植物资源保育研究。
收稿日期 2017-12-05

表 1 古田山紫茎林样地环境因子

Table 1 Environmental factors of *Stewartia sinensis* plots in Gutianshan

样地编号 Sample No.	调查地点 Investigation site	海拔 Altitude//m	经度 Longitude (E)	纬度 Latitude (N)	坡度 Slope //°	坡向 Slope direction
1	中心岗附近	904	118°08'07.05"	29°15'17.81"	45.00	正南
2	大平台(青尖方向)	1 080	118°07'37.35"	29°15'55.73"	44.01	西偏北 35°
3	中心岗附近	961	118°08'04.39"	29°15'39.09"	40.80	正东坡

1.3 数据处理 对紫茎群落中出现的所有树种(66 种)进行种间联结与相关性分析。

1.3.1 方差比率法。采用 Schluter^[10] 提出的方差比率法(VR)检验多树种间的总体关联性。先作零假设,即 28 个树种间无显著关联,按下列公式计算检验统计量:

$$\delta_r^2 = \sum_{i=1}^S p_i (1 - p_i)$$
$$p_i = n_i / N$$
$$S_r^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2$$
$$VR = S_r^2 / \delta_r^2$$

式中, S 为总树种数; N 为总样方数; T_j 为样方 j 内出现的研究树种总数; n_i 为树种 i 出现的样方数; t 为样方中种的平均数, $t = (T_1 + T_2 + \cdots + T_n) / N$ 。

在独立性假设条件下,VR 期望值为 1,当 $VR > 1$ 时,表明树种间呈现净的正关联;当 $VR < 1$ 时,表明树种间存在净的负关联;当 $VR = 1$,即符合所有种之间无关联的零假设。

采用统计量 $W = N \times (VR)$ 检验 VR 值偏离 1 的显著程度,若种间无关联,则 W 落入由下面 χ^2 分布给出的界限的概率为 90%: $\chi_{0.95}^2(N) \leq W \leq \chi_{0.05}^2(N)$ 。

1.3.2 种间相关性分析。使用多度值对种间关系进行 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数相关性分析。

2 结果与分析

2.1 总体联结性 由表 2 可知,VR=2.67,表明古田山紫茎群落 66 个树种总体上表现为净的正关联。进一步采用统计量 $W = N \times (VR)$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度,发现 $W = 8.02$,没有处于 $\chi_{0.95}^2(3) = 0.35$ 和 $\chi_{0.05}^2(3) = 7.82$ 的中间,说明显著正关联是古田山紫茎群落 66 个树种总体上的种间关系特征。

表 2 古田山紫茎群落整体关联性分析

Table 2 Analysis of the overall association of *Stewartia sinensis* communities in Gutianshan

序号 No.	指标 Index	数值 Value
1	S_r^2	30.89
2	δ_r^2	11.56
3	S_r^2 / δ_r^2	2.67
4	W	8.02
5	$\chi_{0.95}^2(3)$	0.35
6	$\chi_{0.05}^2(3)$	7.82

2.2 Pearson 相关系数检验 2 145 个种对中,正关联的种对数为 252,占总对数的比例为 11.75%;负关联的种对数为 30,占总对数的比例为 1.40%。正负关联比为 8.40(表 3)。

这与方差分析的结果一致。紫茎仅与白檀(*Symplocos paniculata*)、四川山矾(*Symplocos lucida*)、檫木(*Sassafras tzumu*)、交让木(*Daphniphyllum macropodum*)、树参(*Dendropanax denticger*)、黄山木兰(*Yulania cylindrica*)、阔叶十大功劳(*Mahonia bealei*)、山鸡椒(*Litsea cubeba*)和石灰花楸(*Sorbus folgneri*)9 个树种之间存在显著关系,且均为负相关关系(图 1),与其他树种之间无显著关系。而上述 9 个树种之间均存在显著正相关关系(图 1)。

表 3 Pearson 相关系数和 Spearman 秩相关系数检验结果汇总

Table 3 The result summary of Pearson correlation coefficient test and Spearman rank correlation coefficient test

序号 No.	相关性 Correlation	Pearson 相关系数 Pearson correlation coefficient	Spearman 秩相关系数 Spearman rank correlation coefficient
1	极显著正相关	192	268
2	显著正相关	60	0
3	无相关	1 863	1 780
4	显著负相关	23	0
5	极显著负相关	7	97
6	正负关联比	8.40	2.76

2.3 Spearman 秩相关系数检验 2 145 个种对中,正关联的种对数为 268,占总对数的比例为 12.49%,负关联的种对数为 97,占总对数的比例为 4.52%。正负关联比为 2.76(表 3)。这一结果也与方差分析和 Pearson 相关系数检验的结果一致。同样,紫茎仅与上述 9 个树种存在极显著负相关关系(图 2),与其他树种之间无显著关系。而上述 9 个树种之间均存在显著正相关关系(图 2)。

3 结论与讨论

该研究通过方差分析、Pearson 相关系数检验和 Spearman 秩相关系数检验,对古田山紫茎群落 66 个树种之间的种间关系进行了分析,结果发现,方差分析、Pearson 相关系数检验和 Spearman 秩相关系数检验结果中的正负关联比均大于 1,表现出一致的结果。由于正的种间关系大于负的种间关系,古田山紫茎群落种间关系总体表现为正关联。树种的种间关系是植物群落重要的数量和结构特征之一^[4],是群落形成、维持和演替的基础^[5]。树种间总体关联性及其变化规律反映了群落演替的阶段和群落的稳定性^[11]。群落处于远离顶级的不稳定阶段时,组成群落的树种是松散、偶然的聚合,其总体关联性趋于无关联或负关联^[12]。群落发育初期,树种间趋向于随机性,随着植物群落演替的进展,群落结构及其种类组成将逐渐趋于完善和稳定,种间关系也将同步趋于正相关,以求得多树种间的稳定共存^[13]。对九连

1									
☆	2								
☆	★	3							
☆	★	★	4						
☆	★	★	★	5					
☆	★	★	★	★	6				
☆	★	★	★	★	★	7			
☆	★	★	★	★	★	★	8		
☆	★	★	★	★	★	★	★	9	
☆	★	★	★	★	★	★	★	★	10

注：☆. 极显著负相关，★. 极显著正相关。1. 紫茎；2. 白檀；3. 四川山矾；4. 檫木；5. 交让木；6. 树参；7. 黄山木兰；8. 阔叶十大功劳；9. 山鸡椒；10. 石灰花楸

Note: ☆. Extremely significant negative correlation at $P=0.01$, ★. Extremely significant positive correlation at $P=0.01$. 1. *Stewartia sinensis*; 2. *Symplocos paniculata*; 3. *Symplocos setchuensis*; 4. *Sassafras tzumu*; 5. *Daphniphyllum macropodum*; 6. *Dendropanax dentiger*; 7. *Magnolia cylindrica*; 8. *Mahonia bealei*; 9. *Litsea cubeba*; 10. *Sorbus folgnieri*

图1 与紫茎呈显著关系树种的 Pearson 相关系数半矩阵

Fig. 1 Semi-matrix of Pearson's correlation coefficients of populations developing a significant relationship with *Stewartia sinensis*

山常绿阔叶林、广东黑石顶自然保护区中生性常绿阔叶林、辽东山区次生林、澳门松山市政公园、浙江普陀山罗汉松群落和五针白皮松群落等的研究发现,这些群落的种间关系总体表现均为正关联,反映了这些群落的树种组成相对完善,群落结构相对稳定^[12-17]。结合该研究结果,紫茎群落种间关系总体上趋向于正相关,可能暗示着古田山紫茎群落内众多树种之间的稳定共存,群落的结构和功能趋于完善。

种间联结反映出种间的相互关联和树种对生长环境综合生态因子反应的差异^[18]。研究濒危树种群落的种间关系对于濒危树种来说更加具有重要意义。它能揭示濒危树种与其他树种种间关系的实质,使人类更加清楚地认识到濒危树种的现状,为濒危树种的保护提供科学依据和合理建议。在紫茎与其他 65 个树种之间的种间关系中,紫茎与其中 56 个树种表现为无相关关系。这说明了作为一种珍稀濒危树种,紫茎树种与大多数树种联系松散,在群落中处于一个比较独立的地位。

值得注意的是,除了上述 56 个树种之外,紫茎与白檀、四川山矾、檫木等 9 个树种之间存在着显著的负相关关系,并且这 9 个树种之间存在着显著的正相关关系。种间联结理论认为,二者在竞争资源中互相排斥会导致种间负相关关系的形成,这种关系可能表明不利于一方或双方的相互作用^[11-12,19]。在古田山紫茎群落中,由于紫茎、白檀、檫木和山鸡椒均为阳生树种,可能会发生光资源竞争;紫茎与黄山木

1									
☆	2								
☆	★	3							
☆	★	★	4						
☆	★	★	★	5					
☆	★	★	★	★	6				
☆	★	★	★	★	★	7			
☆	★	★	★	★	★	★	8		
☆	★	★	★	★	★	★	★	9	
☆	★	★	★	★	★	★	★	★	10

注：☆. 极显著负相关，★. 极显著正相关。1. 紫茎；2. 白檀；3. 四川山矾；4. 檫木；5. 交让木；6. 树参；7. 黄山木兰；8. 阔叶十大功劳；9. 山鸡椒；10. 石灰花楸

Note: ☆. Extremely significant negative correlation at $P=0.01$, ★. Extremely significant positive correlation at $P=0.01$. 1. *Stewartia sinensis*; 2. *Symplocos paniculata*; 3. *Symplocos setchuensis*; 4. *Sassafras tzumu*; 5. *Daphniphyllum macropodum*; 6. *Dendropanax dentiger*; 7. *Magnolia cylindrica*; 8. *Mahonia bealei*; 9. *Litsea cubeba*; 10. *Sorbus folgnieri*

图2 与紫茎呈显著关系树种的 Spearman 秩相关系数半矩阵

Fig. 2 Semi-matrix of Spearman's correlation coefficients of populations developing a significant relationship with *Stewartia sinensis*

兰都喜欢肥沃湿润的土壤,也可能形成竞争关系。紫茎在群落中的生存可能面临着巨大压力,需要适当保护。在珍稀濒危植物野外资源的保育中,可根据濒危植物与其他树种之间的种间关系,合理进行人为抚育措施,如对负相关关系的树种进行适当干扰和移除等措施^[18,20]。对于紫茎树种的保护,建议对白檀、山鸡椒等树种进行适当择伐,缓和其种间激烈的竞争关系,为紫茎树种的发展提供良好的生存环境。

参考文献

[1] GREIG-SMITH P. Quantitative plant ecology[M]. 3rd edn. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1983: 606-607.
[2] 林勇明,吴承祯,洪伟,等. 长苞铁杉林乔木层优势种群种间关联及尺度效应研究[J]. 广西植物, 2005, 25(6): 526-532.
[3] 杨兆静,张钦弟,李豪,等. 山西五鹿山自然保护区暴马丁香群落木本植物种间联结性分析[J]. 植物科学学报, 2013, 31(1): 42-48.
[4] 邓贤兰,刘玉成,吴杨. 井冈山自然保护区栲属群落优势种群的种间联结关系研究[J]. 植物生态学报, 2003, 27(4): 531-536.
[5] 王文进,张明,刘福德,等. 海南岛吊罗山热带山地雨林两个演替阶段的种间联结性[J]. 生物多样性, 2007, 15(3): 257-263.
[6] 傅立国. 中国植物红皮书[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
[7] 李捷. 山茶科紫茎属和舟柄茶属的系统学研究[J]. 植物分类学报, 1996, 34(1): 48-67.
[8] 胡正华,于明坚,余建平,等. 浙江古田山自然保护区紫茎林特征研究[J]. 中国计量学院学报, 2002, 13(3): 199-204.
[9] 于明坚,胡正华,余建平,等. 浙江古田山自然保护区森林植被类型[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001, 27(4): 375-380.
[10] SCHLUTER D. A variance test for detecting species associations, with some example applications[J]. Ecology, 1984, 65(3): 998-1005.
[11] 徐满厚,刘敏,翟大彤,等. 植物种间联结研究内容与方法评述[J]. 生态学报, 2016, 36(24): 1-10.

肥地力有一定作用,但 YCB - II与肥药协同的效果最佳。

表 3 YCB - II与肥药协同对烤烟土壤改良的影响
Table 3 Effect of YCB - II cooperating with fertilizer and pesticides on soil improvement of tobaccos

处理 Treatments	pH	有机质 Organic matter // g/kg	碱解氮 Available nitrogen // mg/kg	速效磷 Available phosphorus // mg/kg	速效钾 Available potassium // mg/kg
CK	5.40 c	9.54 de	117.23 bc	25.81 b	438.47 b
T ₁	5.43 bc	12.26 cd	96.46 d	18.37 cd	187.28 d
T ₂	5.61 b	16.76 c	74.37 e	16.47 d	111.44 ef
T ₃	5.83 ab	26.76 b	126.25 b	25.47 b	347.84 c
T ₄	6.08 a	40.50 a	137.94 a	33.69 a	566.42 a
初始土 Initial soil	5.30 c	11.05 d	93.74 de	21.26 bc	132.58 e

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)
Note: Different lowercase letters following values in same column mean significant differences among treatments ($P < 0.05$)

3 讨论

目前生物刺激素在我国还没有明确的登记地位,人们对生物刺激素的认识和研究不充分,导致管理和生产相对粗放,大多产品仍以新型肥料、微生物菌剂、土壤调理剂、植物生长调节剂和微生物肥料的形式登记,缺乏行业规范和标准。然而,生物刺激素具有调节作物生理活动和新陈代谢、促进根系生长、增加根系活力、增加作物对非生物胁迫的抵抗能力、提高作物产量及品质的功效已在大多数作物上得到验证^[8]。生物刺激素可以有效改善植物的生理生化状态,提高农药和肥料的利用率,改善农作物抵抗逆境的水平,最终起到提高农作物产量、改善农产品品质及土壤修复的作用^[9]。该研究也证实,通过复合生物刺激素类产品 YCB - II 与肥料和农药协同具有增加烤烟产量、产值,降低烤烟土传病虫害,改善土壤质地、增加土壤肥力的功效。

同时,该研究还证实尽管 YCB - II对化肥和农药有促进作用,但 YCB - II产品与单独化肥或农药配合并不能增加作物产量、有效控制病害,其效果远不及常规施肥 + 正常打药处理,即 YCB - II并不能替代化肥和农药,只有在 YCB - II与肥药三者相互协同时才能将其效用发挥至最大。国家化肥质量监督检验中心(上海)商照聪也认为,生物刺激素是间接作用于作物的“幕后工作者”,并不属于植物保护剂或者肥料,但又具有植物保护剂和肥料的功效,其通过间接的转换作用,刺激植物自身进行吸收、防御,同时还会刺激土壤中有益生物的发展,保护和改善土壤健康,提高土壤保水效果,抵抗土壤侵蚀。

全国肥料和土壤调理剂标准化技术委员会段路路表示,

生物刺激素不能作为单一产品使用,应配合作物、健康栽培、高效养分管理的综合技术方案,采用高效土壤—作物诊断技术了解土壤养分供应和作物需求。尽管该研究已经阐明 YCB - II与肥药协同对“促产、控病、培肥地力”的积极作用,但其内在作用机理仍有待进一步研究。

4 结论

复合微生物刺激素 YCB - II与肥药具有显著的协同作用,可增加烤烟产量、产值,降低烤烟土传病害,改善土壤质地,提高土壤肥力,但 YCB - II产品与单独化肥或农药配合并不能增加作物产量且有效控制病害,即 YCB - II并不能替代化肥和农药,只有在 YCB - II与肥药三者相互协同时才能将其效用发挥至最大。

参考文献

[1] European Biostimulants Industry Council. EBIC and biostimulants in brief [EB/OL]. (2012) [2017 - 10 - 20]. <http://www.Biostimulants.eu/>.

[2] 杨德荣,李进平,曾志伟,等. YCB 系列新型肥料的应用[J]. 云南化工,2017,44(8):19 - 21,24.

[3] 张福锁. 我国农田土壤酸化现状及影响[J]. 民主与科学,2016(6):26 - 27.

[4] CALVO P, NELSON L, KLOPPER J W. Agricultural uses of plant biostimulants[J]. Plant soil, 2014, 383(1/2):3 - 41.

[5] HALPERN M, BAR-TAL MY, OFEK M, et al. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake [J]. Advances in agronomy, 2015, 130:141 - 174.

[6] 曾宪成,李双. 新业态:生物刺激素生发灿烂——浅议腐殖酸生物刺激素的居间调节作用[J]. 腐植酸,2016(3):1 - 7.

[7] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业出版社,2000:302 - 316.

[8] 武良,汤洁. 我国生物刺激素产业发展现状及趋势[J]. 中国农技推广,2016,32(12):9 - 12.

[9] 陈传武. 化肥农药减施增效,离不开生物刺激素[N]. 农资导报,2017 - 01 - 03(A04).

[16] 田文斌,周刘丽,周伟平,等. 浙江普陀山古树群落木本植物种间关系[J]. 福建林业科技,2016,43(2):36 - 40,48.

[17] 张志勇,陶德定,李德铎. 五针白皮松在群落演替过程中的种间联结性分析[J]. 生物多样性,2003,11(2):125 - 131.

[18] 白玉芳,毕润成,白玉宏,等. 山西太岳山稀有濒危植物脱皮榆群落种间关联[J]. 广西植物,2014,34(1):56 - 61.

[19] 李建民,谢芳,陈存及,等. 光皮桦天然林群落优势种群的种间联结性研究[J]. 应用生态学报,2001,12(2):168 - 170.

[20] 曹静,白玉宏,张钦弟,等. 山西太岳山接骨木群落优势种间关联性分析[J]. 生态学报,2015,34(5):1313 - 1319.

(上接第 129 页)

[12] 周先叶,王伯荪,李鸣光,等. 广东黑石顶自然保护区森林次生演替过程中群落的种间联结性分析[J]. 植物生态学报,2000,24(3):332 - 339.

[13] 简敏菲,刘琪璟,朱鸾,等. 九连山常绿阔叶林乔木优势种群的种间关联性分析[J]. 植物生态学报,2009,33(4):672 - 680.

[14] 邓莉萍,白雪娇,李露露,等. 辽东山区次生林优势木本植物种间联结与相关分析[J]. 生态学报,2015,34(6):1473 - 1479.

[15] 张桥英,彭少麟,张素梅,等. 澳门松山市政公园优势种的种间关联性分析[J]. 生态环境,2008,17(4):1541 - 1547.