

濒危植物缙云卫矛群落种间联结分析

林永慧^{1*}, 何兴兵¹, 胡文勇¹, 田启建¹, 何平²

(1. 吉首大学植物资源保护与利用湖南省高校重点实验室, 湖南吉首 416000; 2. 西南大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘要: 采用方差比率法(VR)、 X^2 检验、无中心指数等方法对缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*)3个群落进行了群落物种间关联性分析。结果表明,3个群落内物种的总体关联均表现为不显著的负关联性;北温泉群落6个主要物种的15个种对中有7个正关联,8个负关联;鸡公山群落8个主要物种的28个种对中有11个正关联,16个负关联,1个相对独立的关系;东温泉群落4个主要物种的6个种对中有2个正关联,4个负关联。这反映了整个群落处于不稳定状态,这与生境片段化是密切相关的。种对间的关联性表明缙云卫矛与蕨竹间显示出较强的正关联性,这表明缙云卫矛的生长需要蕨竹为其提供适宜的生境。

关键词: 缙云卫矛; 种间关联; 2×2 列联表; X^2 检验; 关联指数

中图分类号: Q948.15

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2011)01-0058-06

Interspecific Association in the Community with the Endangered Plant *Euonymus chloranthoides*

LIN Yong-Hui^{1*}, HE Xing-Bing¹, HU Wen-Yong¹, TIAN Qi-Jian¹, HE Ping²

(1. Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Utilization (Jishou University), College of Hunan Province, Jishou, Hunan 416000, China; 2. School of Life Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Interspecific association of the dominant species in three communities with the endangered plant *Euonymus chloranthoides*, at Beiwenquan site, Jigongshan site and Dongwenquan site, respectively, was analyzed using variance ratio, X^2 -test and noncentred indices. Results showed that overall interspecific association had a non-significant negative relationship for the three communities. Of fifteen species-pairs for six species at Beiwenquan site, seven species-pairs showed positive association and eight species-pairs showed negative association. Of twenty-eight species-pairs for eight species at Jigongshan site, eleven species-pairs showed positive association, sixteen showed negative association, and one held relatively independent. Of six species-pairs for four species at Dongwenquan site, two species-pairs showed positive association and four showed negative association. Interspecific association indicated that these communities were not steady, which was closely related to habitat fragmentation. High positive association between *E. chloranthoides* and *Sinoalamus affinis* indicated that it was necessary to provide suitable habitat for *E. chloranthoides* by pre-construction of *S. affinis* population.

Key words: *Euonymus chloranthoides*; Interspecific association; 2×2 contingency table; X^2 -test; Association index

植物群落种间联结是指不同植物种类在空间分布上的相互关联性,是对植物群落某一特定发展阶

段组成物种之间相互关系的静态描述,包括物种之间的空间分布关系与相互功能关系^[1-3]。植物群落

收稿日期:2010-06-09,修回日期:2010-08-24。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40971151);湖南省教育厅项目(10C1118);湖南省自然科学基金项目(10JJ6053);湖南省科技厅项目(2009FJ3041);湖南省生态学重点建设学科开放基金项目(JSS200902);吉首大学人才引进启动基金项目(2005);吉首大学科研基金项目(10JD028)。

作者简介:林永慧(1977-),女,硕士,讲师,山东烟台人,主要从事植物生态学与保护生物学的教学和科研工作。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: linyonghui4849@163.com)。

的特征主要取决于物理因素,但同时也取决于植物种之间的相互作用。森林群落中植物种之间的联结性或称种间关联是群落的重要数量和结构指标,是群落结构形成和演化的重要基础^[4-6]。不同种群在空间联结程度的测定,对研究群落水平格局的形成、种群进化和群落演替动态及其稳定性具有重要的意义^[7]。

缙云卫矛 (*Euonymus chloranthoides* Yang) 又称绿花卫矛和青对叶,是卫矛科卫矛属冬青叶组植物,是重庆特有物种,又是国家二级保护濒危植物。目前仅分布于海拔 300~400 m 左右的北碚区缙云山北温泉、鸡公山以及渝北区统景的东温泉。缙云卫矛的分布面积小,个体数量也有限,呈彼此隔离的岛状分布。缙云卫矛适生于气候温暖潮湿,透光率适中及人为干扰小的环境中,多分布于慈竹林下。前人对缙云卫矛的研究工作主要集中在生态遗传分化^[8-12]、繁育系统^[13-17]、濒危机理^[18]等,尚未有种间关联方面的研究。本文旨在通过对缙云卫矛种间关联的研究,确定群落种间关系,了解各物种对环境因子的适应程度及物种在特定环境因子作用下的种间相互关系,了解群落的动态,为缙云卫矛的保护与抚育管理提供依据。

1 研究方法

1.1 野外调查

本研究共选择了鸡公山、北温泉与东温泉 3 个缙云卫矛样地,属于亚热带季风气候,年平均气温约 13.8℃,降水量约 1600 mm,相对湿度 85% 左右。样地海拔约 200~300 m,土壤含水量约为 50%,土壤厚度约 10~30 cm,3 个样地群落优势种均为慈竹。

在缙云卫矛自然分布区内,采用相邻格子法,以 5 m×5 m 为样方单位,根据种群面积,在鸡公山设置样方 36 个,调查面积为 900 m²;在北温泉后山设置样方 34 个,调查面积 850 m²;东温泉随机设置样方 32 个,调查面积 800 m²。对样地的每一样方进行每木检尺,调查每个样方内的株数,并记录样方内所有乔木层个体的种名、高度、胸径、盖度;灌木层个体的基径、高度、盖度以及年龄;草本层个体的基径、高度、盖度。本研究选用缙云卫矛茎部的生长节作为年龄标志来确定其年龄。样地中的主要伴生种主要是根据样地中各物种个体多度来确定的。

1.2 种群所在群落中主要伴生物种间关联性的分析

1.2.1 总体相关性检验

按方差比率法 (VR) 检验多物种间的总体联结性^[19],统计量公式如下:

$$\delta_T^2 = \sum_{i=1}^S P_i(1 - P_i); S_T^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_j - t)^2;$$
$$VR = S_T^2 / \delta_T^2; P_i = n_i / N.$$

其中,S 为总物种数,N 为总样方数,T_j 为样方 j 内出现的研究物种总数,n_i 为物种 i 出现的样方数,t 为每个样方中物种的平均数,t = (T₁ + T₂ + ... + T_n)/N,P_i 为物种 i 出现的样方数占总样方数的比例,S_T² 为所有样方物种数的方差,δ_T² 是所有物种出现频度的方差。当 VR > 1 时,表示物种间表现出正关联;VR < 1 时,表示物种间表现出负关联;VR = 1 时即符合所有种间无关联的零假设。VR 偏离 1 的显著性用统计量 W 来检验:W = VR · N,若种间无关联,则 W 落入由下面卡方分布给出的界限内的概率有 90%:X_{0.95(N)}² < W < X_{0.05(N)}²。

1.2.2 种间关联测定

(1) 种间关联性检验

基于 2×2 列联表 X² 统计量来检测物种间的联结性(见表 1)。

表 1 2×2 种间关联列联表
Table 1 2×2 contingency table of interspecific connection

		物种 A	Species A	Σ
		+	-	
物种 B	+	a	b	$a+b$
Species B	-	c	d	$c+d$
Σ		$a+c$	$b+d$	$N=a+b+c+d$

注:a 为两个种都存在 (+) 的样方数,b 为 B 种存在而 A 种不存在 (-) 的样方数,c 为 A 种存在而 B 种不存在的样方数,d 为两个种都不存在的样方数,N 为取样总数。
Notes: a is the plot number in the case that both species A and species B are present; b is the plot number in the case that species B is present while species A is absent; c is the plot number in the case that species A is present while species B is absent; d is the plot number in the case that both species A and species B are absent; N is the total number of plot.

对于非连续性数据的 X² 采用 Yates 的连续校正公式为^[20]:

$$X^2 = \frac{(|ad - bc| - \frac{n}{2})^2 \times n}{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}$$

种间联结显著性的判定标准: 2×2 列联表的

自由度为 1,若 $X^2 > 3.841$,则表示种对间联结性显著,若 $X^2 > 6.635$,则表示种对间联结性极显著。由于 X^2 本身没有负值,判定正、负联结的方法是:当 $ad - bc = 0$ 时,两个物种是相互独立的;当 $ad - bc > 0$ 时,两个物种之间呈正联结;当 $ad - bc < 0$ 时,两个物种之间呈负联结。

(2)种间关联程度的测定

采用以下 3 个无负值变化的无中心指数(non-centred indices)^[21]来表示种间关联程度和相伴出现的机率。

Jaccard 指数: $Jl = \frac{a}{a + b + c}$

Dice 指数: $DI = \frac{2a}{2a + b + c}$

Ochiai 指数: $OI = \frac{a}{\sqrt{a + b} \sqrt{a + c}}$

式中, a 为两物种共同出现的样方数, b 、 c 分别为两物种单独出现的样方数, Jl 和 DI 被称为共同出现百分率。 OI 指数在无关联时等于 0,最大关联时为 1。对于正联结,无中心指数越接近 1 则联结性越强,对于负联结,无中心指数越接近 0 则联结性越强。

2 结果

2.1 种群间的总体关联性

本研究对在缙云卫矛 3 个自然种群分布群落中出现频率较高的几个主要伴生物种进行关联性分析。根据种群在群落中的存在与不存在矩阵,计算出 3 个群落中主要物种的各项相关系数,3 个群落的主要物种间的总体关联性见表 2。结果表明,北温泉群落总体关联性的方差值 $VR = 0.65 < 1$,检验统计量 $X^2_{0.95,N} < W = 22.15 < X^2_{0.05,N}$;鸡公山群落总体关联性的方差值 $VR = 0.81 < 1$,检验统计量

$X^2_{0.95,N} < W = 29.19 < X^2_{0.05,N}$;东温泉群落总体关联性的方差值 $VR = 0.65 < 1$,检验统计量 $X^2_{0.95,N} < W = 25.59 < X^2_{0.05,N}$,3 个群落内物种间在总体上呈不显著负关联。

2.2 主要物种对间的关联分析

通过 X^2 分析分别对 3 种缙云卫矛群落种间的关联性进行检验。3 个群落中乔木种的个体数量极少,每个样地中仅有 1~3 株左右的乔木,因此未将其纳入关联性分析。在北温泉群落中共分析了 6 个主要树种的 15 个种对(表 3),结果表明,有 7 个种对之间表现出正关联,8 个种对之间表现出负关联。其中,2 个种对表现出显著的负相关,即 4-5(皱果茶-鸢尾)和 4-6(皱果茶-冷水花),其 X^2 分别为 17.18 和 4.29。而缙云卫矛与种 2(慈竹)、3(水麻)、4(皱果茶)、5(鸢尾)虽表现出一定的正相关,但均未达到显著性水平。表 4 显示了鸡公山群落内 8 个主要物种的 28 个种对间的关联性。其中有 11 个种对表现为正关联,16 个种对为负关联。2 个种对为显著正联结,即 1-2(缙云卫矛-慈竹)、6-7(鸢尾-冷水花);3 个种对为显著负联结,即 3-7(皱果茶-冷水花)、4-6(四川云实-鸢尾)、4-7(四川云实-冷水花);1 个种对为相对独立的关系,即 6-8(鸢尾-腹水草)。东温泉群落 4 个主要物种的 6 个种对间的关联性中 2 个为正关联,4 个负关联,其中种对 1-2(缙云卫矛-慈竹)具有极显著正联结性(表 5)。

Jaccard 指数、Dice 指数与 Ochiai 指数均用来描述种对间的关联程度,3 种指数分析的结果大体一致。在 3 个群落中,3 个指数均显示种对缙云卫矛-慈竹的联结程度最高,3 种指数均达到 0.9 以上。在北温泉群落中, OI 、 DI 和 Jl 指数在 0.5 以上的种对分别为 9 对、9 对和 6 对;鸡公山群落中, OI 、

表 2 缙云卫矛 3 个群落主要物种间的总体关联性分析
Table 2 Overall species association analysis among principal species of *Euonymus chloranthoides* community in three sites

样地 Site	δ^2_T	S^2_T	方差比率 Variance ratio (VR)	统计量(W) 检验 W-test	X^2 临界值 X^2 threshold ($X^2_{0.95,N}, X^2_{0.05,N}$)	显著性 Significant	总体关联性 Overall association
北温泉 Beiwenquan	1.08	0.70	0.65	22.15	(21.66, 48.60)	$p > 0.05$	负相关 Negative association
鸡公山 Jigongshan	1.45	1.17	0.81	29.19	(23.27, 50.99)	$p > 0.05$	负相关 Negative association
东温泉 Dongwenquan	0.56	0.45	0.80	25.59	(20.07, 46.19)	$p > 0.05$	负相关 Negative association

表 3 缙云卫矛北温泉种群所在群落内主要物种
种间关联指数和 X^2 检验统计量
Table 3 Association indices and X^2 -test of dominant
species-pairs in *E. chloranthoides* community
at Beiwenguan site

种对 Species-pairs	联结性 Association	X^2	OI	DI	JI
1-2	+	3.622	0.985	0.985	0.970
1-3	+	0.343	0.677	0.653	0.485
1-4	+	0.020	0.830	0.821	0.697
1-5	+	0.415	0.708	0.680	0.515
1-6	-	0.158	0.637	0.578	0.406
2-3	+	0.004	0.698	0.667	0.500
2-4	+	0.293	0.836	0.828	0.706
2-5	+	0.014	0.719	0.692	0.529
2-6	-	0.033	0.651	0.596	0.424
3-4	-	1.762	0.433	0.432	0.276
3-5	-	3.135	0.379	0.378	0.233
3-6	-	0.995	0.365	0.364	0.222
4-5	-	17.180	0.167	0.167	0.091
4-6	-	4.295	0.250	0.25	0.143
5-6	-	0.007	0.474	0.471	0.308

注:1~6 分别表示,1-缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*),
2-慈竹(*Sinoalamus affinis*),3-水麻(*Debregeasia orientalis*),4-皱果茶(*Camellia tuberculata*),5-鸢尾(*Iris tectorum*),6-冷水花(*Pilea pumila*)。

DI 和 JI 指数在 0.5 以上的种对分别为 18 对、16 对和 4 对;东温泉群落中, OI、DI 和 JI 指数在 0.5 以上的种对分别为 5 对、5 对和 3 对。

3 结论与讨论

测定不同种群间联结性大小,对研究种群间的相互作用和群落动态具有重要的意义。种间总体关联性反映了群落的稳定性。一般来说,随着植被群落演替的进展,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,以求得多物种间的稳定共存^[4,22]。林勇明等^[2]认为群落处于远离顶极的不稳定阶段时,组成群落的物种是松散的、偶然的聚合,其总体关联性趋于无关联或负关联。因此,基于本研究的结果可以认为缙云卫矛群落目前处于不稳定的状态。这与当前缙云卫矛生境的片断化是密切相关的,缙云卫矛是重庆的特有植物,其种群数量少,适生生境狭窄,受外界干扰,其生境极易发生片断化。黄云鹏^[3]在研究武夷山米槠群落优势种群的总体相关性时也发现了一致的结果。

种间联结是不同物种由于群落微生境差异引起

表 4 缙云卫矛鸡公山种群所在群落内主要物种
种间关联指数和 X^2 检验统计量
Table 4 Association indices and X^2 -test of dominant
species-pairs in *E. chloranthoides* community
at Jigongshan site

种对 Species-pairs	联结性 Association	X^2	OI	DI	JI
1-2	+	3.872	0.986	0.986	0.971
1-3	+	0.183	0.811	0.800	0.667
1-4	-	0.031	0.569	0.489	0.324
1-5	-	0.009	0.485	0.381	0.235
1-6	+	0.420	0.666	0.627	0.457
1-7	-	0.242	0.664	0.612	0.441
1-8	-	0.172	0.642	0.583	0.412
2-3	+	0.253	0.829	0.820	0.694
2-4	-	0.086	0.563	0.500	0.333
2-5	-	0.343	0.507	0.409	0.257
2-6	-	0.003	0.697	0.654	0.486
2-7	-	0.013	0.676	0.627	0.457
2-8	-	0.013	0.634	0.588	0.417
3-4	+	0.741	0.598	0.564	0.393
3-5	+	1.127	0.558	0.500	0.333
3-6	-	0.125	0.529	0.524	0.355
3-7	-	4.287	0.428	0.419	0.265
3-8	-	0.002	0.588	0.571	0.400
4-5	+	0.007	0.351	0.348	0.211
4-6	-	4.334	0.196	0.194	0.107
4-7	-	6.397	0.135	0.133	0.071
4-8	-	1.446	0.555	0.552	0.381
5-6	+	0.138	0.447	0.429	0.273
5-7	-	0.830	0.230	0.222	0.125
5-8	+	0.625	0.474	0.462	0.300
6-7	+	7.424	0.759	0.757	0.609
6-8	/	0.113	0.471	0.471	0.308
7-8	+	0.001	0.485	0.485	0.320

注:1~8 分别表示,1-缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*),
2-慈竹(*Sinoalamus affinis*),3-皱果茶(*Camellia tuberculata*),4-四川云实(*Caesalpinia szechuanensis*),5-矩圆叶鼠刺(*Itea chinensis* var. *oblonga*),6-鸢尾(*Iris tectorum*),
7-冷水花(*Pilea pumila*),8-腹水草(*Veronicastrum stenostachyum*)。

表 5 缙云卫矛东温泉种群所在群落内主要物种
种间关联指数和 X^2 检验统计量
Table 5 Association indices and X^2 -test of dominant
species-pairs in *E. chloranthoides* community
at Dongwenguan site

种对 Species-pairs	联结性 Association	X^2	OI	DI	JI
1-2	+	7.492	1.000	1.000	1.000
1-3	+	0.000	0.718	0.681	0.516
1-4	-	0.016	0.672	0.622	0.452
2-3	-	0.000	0.718	0.681	0.516
2-4	-	0.016	0.672	0.622	0.452
3-4	-	0.502	0.424	0.424	0.269

注:1~4 分别表示,1-缙云卫矛(*Euonymus chloranthoides*),
2-慈竹(*Sinoalamus affinis*),3-皱果茶(*Camellia tuberculata*),4-四川云实(*Caesalpinia szechuanensis*)。

的物种在空间分布上的相互关联性,反映出各物种对空间资源利用的相互关系。种间的正或负联结性都反映了两者之间的特定关系,合理解释这些种间关系并进一步去发现其规律是很有意义的^[22-24]。产生种间关联通常认为是下列几个原因:(1)相似(正联结)与不相似(负联结)的环境需要;(2)一个种为另一个种创造了定居条件或者前者对后者施加了压力造成了正联结;(3)两者在竞争资源中相互排斥造成负联结;(4)两者在根系中通过物理或化学的因素相互影响也可造成正联结或负联结^[22]。缙云卫矛与慈竹种间关联呈正相关性,且在鸡公山与北温泉群落表现出显著联结。慈竹在群落中成丛状分布,丛与丛之间具有一定的距离,且顶部郁闭度不高,允许部分光透过,这不仅为缙云卫矛的生长提供了中度的光照,也提供了一定的地面生长空间,且地面腐殖质较为丰富并可长期保持一定的土壤湿润。这为缙云卫矛的生长提供了一定的适生环境,从而形成了二者之间的正联结。事实上,调查也发现缙云卫矛基本分布于慈竹林下,且要求一定的郁闭生境,在光照强的生境中缙云卫矛种群数量较小,且生长不旺盛。鸢尾与冷水花在鸡公山群落中表现出极显著正联结,但在北温泉群落却表现出不显著的负相关。鸢尾与冷水花具有部分相似的生活习性,二者均喜好生长于腐殖质丰富、适度湿润的土壤中,但鸢尾生长在阳光较为充足的环境中,而冷水花却喜好较为阴凉的生境。鸡公山样地中央有山溪穿过,土壤湿度相对比北温泉样地要大,且腐殖质也较丰富,可能土壤因素成为主导二者分布的主要因素,而光照对二者分布的影响相对小得多。所以在鸡公山样地鸢尾与冷水花呈现显著的正关联。而在北温泉样地二者受光照的影响相对较大,表现出负关联的趋势。皱果茶、四川云实两种灌木与鸢尾、冷水花两种草本表现出较强的负关联,在生活习性上它们之间并没有表现出明显的差异,且它们的种群数量与缙云卫矛相比要低得多,其对资源竞争的可能性不大,也许皱果茶与四川云实通过根系的物理或化学作用而对两种草本产生了负面影响,具体机制还需进一步研究。

种间关联度测定也是进行种间关联性分析的重要方法之一,刘喆和岳明^[4]认为 OI 指数值在 0.5 以下的种对数占总对数的比例超过 1/3 时,认为群落存在相当的独立分布格局。因此,认为北温泉群

落、鸡公山群落种间关联度不强,存在相当的独立分布格局。种间关联性检验与种间关联度测定是进行种间关联性研究的两个必要环节,但两者并不完全一致,高的关联度不一定意味着显著的关联性,反之亦然^[4]。例如本研究中,缙云卫矛-慈竹种对关联性检验的 X^2 值较高,其 Jaccard 指数、Dice 指数与 Ochiai 指数也较高,但对于北温泉群落中缙云卫矛-皱果茶种对的 X^2 值却与其关联度指数相差极大,关联度指数 ($OI = 0.830$, $DI = 0.821$, $JI = 0.697$) 较高, X^2 值 (0.020) 却较低。其它研究^[4,25,26] 也报道了相似的结果。因此,在进行种对间的关联度分析时,要结合群落调查与种间联结性检验才能正确判断种间是否存在正负关系^[3]。

种间联结性是对物种之间的静态关系的描述,这种关系不仅包括空间分布关系,同时也隐含着物种之间的功能,正或负的种间联结对群落的演替起着一定的作用,分析群落的种间联结有利于我们认识群落的方向^[2]。生境受到保护后,缙云卫矛群落经过自然或人工辅助演替,其生境将得到相应的恢复,物种组成与结构也将发生一定的变化,特别是在破坏严重的群落,这种变化的测定将为合理保护缙云卫矛群落提供有意义的参考。同样,本研究中对于片断化后不同群落的种间联结性分析,也将为濒危植物缙云卫矛的保护提供重要的科学依据。

参考文献:

- [1] 林勇明,吴承祯,洪伟,姬桂珍,胡喜生,吴继林. 长苞铁杉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.
- [2] 林勇明,洪滔,吴承祯,洪伟,胡喜生,范海兰,宋萍. 桂花次生林群落主要树种种间关联及其对混交度的响应[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(3): 327-332.
- [3] 黄云鹏. 武夷山米槠林主要树种种间关联性[J]. 山地学报,2008,26(6): 692-698.
- [4] 刘喆,岳明. 太白山独叶草及其伴生种的种间关联研究[J]. 武汉植物学研究,2007,25(5): 445-450.
- [5] 王国严,罗建,徐阿生. 西藏色季拉山冷杉林下优势种群种间关联[J]. 东北林业大学学报,2009,37(3): 21-23.
- [6] 谢希,巨天珍,师贺雄,樊振华,杨国科,张宋智. 甘肃省小陇山濒危珍稀植物白皮松群落种间关联[J]. 生态学杂志,2010,29(3): 448-453.
- [7] 王志泰,包玉,李毅. 东祁连山高寒草地柳灌丛群落种间关联性[J]. 生态学杂志,2006,25(10): 1177-

- 1180.
- [8] 邓洪平,何平,陈亚飞,兰小中,张桂萍. 濒危植物缙云卫矛的酯酶和超氧化物歧化酶同工酶变异的数量分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2000, 25(3): 288-295.
- [9] 兰小中,邓洪平,何平,任青山. 濒危植物缙云卫矛细胞色素氧化酶的同工酶变异[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(6): 40-44.
- [10] 张桂萍,张秋华. 中国特有植物缙云卫矛的生态遗传分化研究[J]. 山西大学学报: 自然科学版, 2001, 24(2): 155-158.
- [11] 张桂萍,何平. 缙云卫矛的遗传多样性研究[J]. 井冈山师范学院学报: 自然科学, 2001, 22(5): 28-31.
- [12] 张桂萍,何平,张峰. 我国特有植物缙云卫矛同工酶变异的数量分析[J]. 广西植物, 2002, 22(6): 523-528.
- [13] 张桂萍,何平,邓洪平. 濒危植物缙云卫矛的形态分化研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2001, 26(6): 703-708.
- [14] 胡世俊,何平,邓洪平,林永慧,李俊敏. 濒危植物缙云卫矛形态分化的数量分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2004, 29(3): 457-461.
- [15] 窦全丽,何平,肖宜安,李玉泉,谢大军. 濒危植物缙云卫矛果实、种子形态分化研究[J]. 广西植物, 2005, 25(3): 219-225.
- [16] 张仁波,窦全丽,何平,肖宜安,刘云,胡世俊. 濒危植物缙云卫矛繁育系统研究[J]. 广西植物, 2006, 26(3): 308-312.
- [17] 胡世俊,何平,王瑞波,方兴. 濒危植物缙云卫矛不同种群的种子萌发研究[J]. 林业科学, 2007, 43(5): 42-47.
- [18] 张桂萍,张峰,何平,茹文明. 我国特有植物缙云卫矛濒危机理分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1517-1519.
- [19] Schluter D. A variance test for detecting species association with some example application[J]. *Ecology*, 1984, 65: 998-1005.
- [20] 杨君珑,王辉,王彬,孙栋元. 子午岭油松林灌木层主要树种的空间分布格局和种间关联性研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(4): 791-796.
- [21] 李智参,李凤日. 乌兰布和沙漠天然白刺种群及主要伴生种种间关联性研究[J]. 植物研究, 2008, 28(1): 98-103.
- [22] 周先叶,王伯逊,李鸣光,咎启杰. 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.
- [23] 张金屯,焦蓉. 关帝山神尾沟森林群落木本植物种间联结性与相关性研究[J]. 植物研究, 2003, 23(4): 458-463.
- [24] 张桂萍,张峰,茹文明. 山西绵山植被木本植物优势种群种间关联[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 295-298.
- [25] 王琳,张金屯. 历山山地草甸优势种的种间关联和相关分析[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1435-1440.
- [26] 李晶,上官铁梁. 山西北部沙棘群落优势种种间关系[J]. 山地学报, 2006, 24(2): 222-227.

(责任编辑: 张平)