黄花蒿野生群落的种间关系及其对水淹干扰响应

闫志刚¹, 马小军^{1,2*}, 冯世鑫¹, 韦树根¹, 徐永莉¹

(1. 中国医学科学院 药用植物研究所 广西分所, 南宁 530023; 2. 中国医学科学院 药用植物研究所, 北京 100094)

摘要: 为探明野生黄花蒿伴生植物种间关系对水淹的响应, 于2006~2007年在野生黄花蒿抚育基地, 设置水淹样带, 并通过种间关联分析及种间协变的秩相关分析对样带上的植物种间关系进行比较分析。结果表明: 水淹对大多数植物种对的关联影响不显著, 而对种间协变的秩相关系数却有一定的影响, 且不同种对之间的协变关系对水淹影响有较大差异, 说明植物种间协变关系既受环境波动和干扰因子影响, 也取决于组成种对的植物种的生态学特性, 其中主要是对水分状况反应的差异。以组成群落物种的数量特征为基础的种间协变系数比只依据物种出现与否的二元数据为基础的种间关联指数对于外界干扰反应更为敏感。

关键词: 黄花蒿; 水淹; 种间关系; 关联; 秩变

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2009)06-0831-05

Interspecific relations of the wild community of *Artemisia annua* and their responses to flooding disturbance

YAN Zhi-Gang¹, MA Xiao-Jun^{1,2*}, FENG Shi-Xin¹,
WEI Shu-Gen¹, XU Yong-Li¹

(1. Guangxi Branch, Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Nanning 530023, China; 2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Beijing 100094, China)

Abstract: To investigate the effect of flooding disturbance on the interspecific relations of associated species of *Artemisia annua*, a comparison study was conducted in the natural fostering base from 2006 to 2007. Contingency table was used to calculate the interspecific association indice, while Spearman Rank correlation coefficient was adopted to analyze the interspecific covariance. The results showed that flooding disturbance had little effect on the association type for most species pairs, but had some effect on the rank coefficients of inter-specific co-variance. Different species pairs varied greatly in their responses to the flooding disturbance. It showed that the inter-specific co-variance relations were not only dependent on environmental perturbation or disturbance factors, but also on the biological and ecological properties of the species that comprised the species pairs. Interspecific covariance based on the numerical properties of the communities were much more sensitive to the external disturbance than the interspecific associations calculated only based on the binary data of "presence or absence of species".

Key words: *Artemisia annua*; flooding; interspecific relationships; association; co-variation

中药青蒿为菊科植物黄花蒿 (*Artemisia annua*) 的地上部分, 其有效成分青蒿素对治疗疟疾有很好疗效, 被世界卫生组织称为“目前世界上唯一有

效的疟疾治疗药物”(中华人民共和国药典委员会, 1990)。野生黄花蒿资源量有限, 短期内难以满足市场需要。广西是我国黄花蒿主产地, 青蒿素含量高

收稿日期: 2009-06-12 修回日期: 2009-10-19

基金项目: 广西科技攻关项目(桂科攻 0630002-3K)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(0630002-3K)]

作者简介: 闫志刚(1978-), 男, 山西繁峙人, 助理研究员, 主要从事药用植物繁育及生态学研究。

* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: xima@public. bta. net. cn)

于其它地区,为加速黄花蒿产业化发展,合理开发和利用野生黄花蒿资源,有必要对黄花蒿进行野生抚育研究。赵红梅等(2007)的研究发现黄花蒿对黄瓜等生长有明显促进作用。冯世鑫等(2009)的研究发现油葵等作物对黄花蒿产量有明显增加作用。本研究前期发现,在有葛麻藤等植物存在的地方,野生黄花蒿几乎生长,而在元宝草等植物存在的地方,野生黄花蒿数量有明显增加,产量和质量相对于其它样地高。为进一步摸清黄花蒿主要伴生植物对黄花蒿种群数量及产量的影响,进行其群落伴生植物的种间关系研究尤为必要。

种间联结性是种群间相互作用的结果,测定种间联结性对研究种间的相互作用和群落动态有重要意义(Eccles等,1999)。我国在种间联结方面已进行了大量研究,徐孙鹤(2008)、王德利(2003)、李军保(2009)等的先后研究结果表明,一定的自然或人为干扰,影响群落种间联结性和关联程度,具有相同生活型的物种可能从互生关系转变为竞争关系,进而影响整个群落的变化,从而影响目标物种的产量和质量。目前这类研究主要集中在放牧干扰、草地退化等方面,对水淹干扰只有王文正等(2002)、张保田等(2003)有过研究,认为水淹干扰对物种组成及比例有明显影响,相同水分生态类型的物种呈相对应的协变关系,部分物种由互生转为竞争关系。此外,韦霄等(1997)的研究发现,黄花蒿全株浸泡8d全部死亡,部分浸泡17d全部死亡,可见水淹程度的不同对黄花蒿生长有很大影响。本研究在前期调查中也发现这一现象,水淹程度的不同对黄花蒿的产量和质量有明显的影响。本文主要从种间关联及种间协变关系等方面探讨野生黄花蒿及其伴生植物种间关系及其对水淹干扰的响应,从黄花蒿种群变化等方面研究提高其产量和质量。

1 材料与研究方法

1.1 研究地区概况

野外调查地点位于广西融安县泗顶镇,地理坐标为109°31'E,25°2'N,海拔312m。地貌为中低山陡坡地、低山缓坡地、岩溶峰丛地、沉积平原地等类型。地势东北高西南低,东北部属中山、低山及丘陵地区;东南部为岩溶峰林洼地和岩溶峰丛谷地;西南部多为岩溶孤峰平原;西北部为融江河谷小平原。地处中亚热带季风气候区,气候条件优越,年日照时

数为1416.3h,太阳辐射强,气候温和,雨水充沛。年平均气温为19.0℃,极端最高气温38.6℃,平均为27.9℃,极端最低气温-5.5℃,年平均降雨量为1942.5mm,无霜期295d,水热条件非常适合野生黄花蒿的生长。

研究地点设在广西融安县泗顶镇黄花蒿野生抚育基地内,其中受水淹影响的3个样带 T_1 、 T_2 和 T_3 设在基地内低平地之间的平缓土地上,相互之间有一定的坡度,积水消退时间不同,经历水淹时间主要集中在5~7月,对照样带 T_0 设在基地内地势较高地段,几乎无积水。在水淹之前各群落分布较均匀一致,4个样带的土壤、植被的植物无明显差异,基本上是以黄花蒿为建群种的群落。4个样带均为20m×10m的长方形样带,各样地间距约300~400m,呈平行排列,群落的主要种类组成如表1所示。

1.2 研究方法

(1)植被取样:于2006~2007年生长旺盛期调查4个样带内的群落组成,样方遵循草本植物取样原则大小为1m²,每个样带每次随机重复样方10个,调查并记录样方内植物种类及各物种在样方中的多度、高度、盖度及频度。

(2)种间关联分析:植物种间关联分析以随机样方数据为基础,建立种对间2×2列联表(表2)。按Yates的修正公式计算 X^2 值: $X^2 = [N(1ab - bcl - N/2)]/mnr$ 。A格的期望值给定为: $E(a) = [(a+b)(a+c)]/N = rm/N$,式中, N 为样本总数; a 为两物种均出现的样方数; b 、 c 为仅有一个物种出现的样方数; d 为两物种均未出现的样方数。如果 $a > E(a)$,即种对同时出现的次数比在独立情况下期望的次数更多,认为该种对间为正关联。如果 $a < E(a)$,即种对同时出现的次数比在独立情况下期望的次数少,则认为该种对间为负关联。 m 代表物种A出现次数; n 代表物种A不出现次数; r 代表物种B出现次数; s 代表物种B不出现次数。

(3)种间协变分析:采用Spearman秩相关分析法,首先将多度数据秩化,将多度向量变换为秩化向量,然后将秩化向量代入相关系数公式,得到的值 r_{ib} ($r \in [-1, +1]$)称为秩相关系数(张金屯等,1995)。

2 结果分析

2.1 水淹处理对黄花蒿群落植物种间关联分析

种间关联具有时间和空间的依赖性。种间关联

表 1 黄花蒿群落优势种群的组成结构

Table 1 Composition of dominant population in of *Artemisia annua* community

种名 Name of species	盖度 Coverage	相对多度 Relative abundance	相对频度 Relative frequency	相对优势度 Relative dominance	相对重要值 Relative important values
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	45	3.51	3.78	14.079	21.38
磨盘草 <i>Abutilonindicum</i>	12	3.3	1.75	12.27	17.31
苦苣菜 <i>Ixeris denticulata</i>	16	3.25	2.33	10.453	16.03
飞机草 <i>Eupatorium odoratum</i>	11	1.63	1.75	4.698	8.07
斑种草 <i>Bothriospermum chinense</i>	6	2.02	0.87	3.598	6.49
葛麻藤 <i>Pueraria lobata</i>	12	3.21	1.16	1.956	6.33
铁扫帚 <i>Lespedeza cuneata</i>	9	4.13	2.33	2.491	3.77
三叶鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	24	2.46	1.02	2.403	3.24
酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	8	0.75	1.31	1.014	4.56
红花酢浆草 <i>O. corumbosa</i>	27	1.71	1.6	1.068	4.46
白花草 <i>Agerarum houstonianum</i>	6	1.41	0.58	0.684	3.83
路边菊 <i>Asteromaea indica</i>	4	1.19	1.02	2.338	3.62
通泉草 <i>Mazus japonicus</i>	24	1.27	0.73	0.92	3.07
元宝草 <i>Hypericum sampsonii</i>	16	1.98	1.16	0.049	3.04
地瓜榕 <i>Ficus tikoua</i>	20	0.66	0.38	1.014	2.89
野苋菜 <i>Amaranthus viridis</i>	8	0.88	0.73	1.34	2.7
土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	25	1.27	0.64	1.699	2.69
芦苇 <i>Phragmites japonica</i>	16	0.75	1.75	0.895	2.67
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	20	0.57	0.87	0.036	2.62
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i> (CK)	12	3.53	3.68	15.723	22.93

表 2 种对间 2×2 列联表

Table 2 2×2 contingency table of species pairs

物种 Species A	物种 Species B	
	出现 Presence	不出现 Absence
出现 Presence	a	b m=a+b
不出现 Absence	c	d n=c+d
	r=a+c	s=b+d

随演替进展而有减弱的趋势。从表 2 看出,大多数种对之间的关联类型(+或-)在水淹处理的样带均表现一致,仅有少数物种对有所变化,如苦苣菜—三叶鬼针草、飞机草—三叶鬼针草、飞机草—狗尾草及三叶鬼针草—狗尾草等。磨盘草在 T_4 样带上没有出现,而在其它样带上由于在所调查的每个样方中都出现,导致与其它物种的关联类型和关联程度均无法确定,类似的情形也发生于 T_0 样带的狗尾草, T_1 样带的白花草, T_3 样带的路边菊以及 T_3 样带的飞机草。黄花蒿与其它植物种类在各个样带上所能确定的关联类型均为正关联,说明黄花蒿与其它植物种类的关联类型较稳定,基本不受水淹干扰的影响,与黄花蒿相反,路边菊与其它植物种类(与元宝草除外)在各个样带上所能确定的关联类型几乎均为负关联。

2.2 水淹处理对植物种间协变的秩相关分析

从表 3 可知,磨盘草与飞机草之间协变系数在

对照样带 T_0 上为 0.820,表现为强的正协变关系,而在 3 个水淹处理样带上,均表现为较强的负协变关系,秩相关系数分别为-0.657、-0.104 和-0.466,而水淹程度高的 T_3 样带,磨盘草则完全退出群落,飞机草却具较高的优势度,对于这种情形虽无法计算其协变的秩相关系数,但可将其视为种间关联的一种极端情形,即完全的负关联。剑叶凤尾蕨和苦苣菜间在 T_0 样带上表现为强的正协变关系(秩相关系数 0.889),而在 3 个水淹理样带 T_1 、 T_2 和 T_3 上,却表现为极弱的正协变甚至负协变关系(0.071、-0.023 和 0.192)。

路边菊与狗尾草在 T_1 、 T_2 和 T_3 样带上的秩相关系数分别为 10.326、-0.372 和-0.828,表现为负协变关系,且随水淹处理程度增加而加强。路边菊与飞机草在 T_1 、 T_2 、 T_3 等 3 个水淹干扰样带上由 T_1 、 T_2 的负协变关系(-0.836 和-0.359)逐渐转变为 T_3 、 T_4 (0.155 和 0.580)的正协变关系,且秩相关系数呈逐渐增加的趋势。磨盘草与元宝草在水淹干扰较轻的 T_1 样带表现为正协变关系(0.408),而至水淹干扰较强的 T_2 、 T_3 样带,转变为负协变关系,且随干扰增强,负协变关系加强(-0.131 和-0.516)。

3 讨论

黄花蒿与其它植物种类在各个样带上所能确定

的关联类型均为正关联,说明黄花蒿与其它植物种类的关联类型较稳定,基本不受水淹处理的影响。黄花蒿生态幅较宽,对生境的选择性不强,是群落主

要建群植物;而路边菊与其它植物种类(元宝草除外)在各个样带上所能确定的关联类型几乎均为负关联。这大概与元宝草的生物学特性有关,因为元

表 3 种间关联指数(IJ)及种间协变秩相关系数 (* P<0.05)

Table 3 Interspecific association indices and interspecific co-variation rank correlation coefficient

T ₀	Abu	Pue	Art	Eup	Bot	Pue	Les	Bid	Ast	Set
Abu	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pue	-0.250*	1.000	+0.667	+0.750	+0.730	-0.400	-0.250	+0.500	+0.500	—
Art	-0.258	0.889*	1.000	+0.500	+0.500	+0.500	+0.333	-0.250	-0.250	—
Eup	0.820*	0.262*	0.166*	1.000	+1.000	-0.600	-0.200	+0.750	-0.400	—
Bot	0.707	0.354*	0.162*	0.975*	1.000	-0.600	-0.200	+0.750	-0.400	—
Put	0.000*	-0.405*	-0.324*	-0.359*	-0.500*	1.000	+0.500	-0.400	-0.400	—
Les	-0.903*	-0.328*	0.145*	-0.915*	-0.892*	0.406*	1.000	-0.250	+0.667	—
Bid	-0.016*	0.297*	-0.043*	0.000*	0.088*	-0.795*	-0.258*	1.000	+0.500	—
Ast	-0.797*	0.452*	0.244*	-0.589*	-0.442*	-0.530*	0.531*	0.609*	1.000	—
Set	0.795*	0.088*	0.243*	0.667*	0.500*	0.000*	-0.649*	0.000*	-0.619*	1.000
T ₁	Abu	Pue	Art	Eup	Age	Ast	Maz	Bid	Hyp	Set
Abu	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pue	-0.342*	1.000	+0.500	+0.333	—	-0.571	-0.143	0.667	+0.167	+0.333
Aza	0.056*	0.071*	1.000	+0.250	—	-0.333	-0.000	-0.750	-0.000	+0.250
Art	-0.657*	0.802*	-0.081*	1.000	1.000	-0.000	+0.333	-0.200	-0.000	+0.333
Eup	0.523*	0.164*	0.256*	-0.159*	-0.159*	—	—	—	—	—
Age	0.449*	-0.914*	-0.301*	-0.836*	-0.836*	1.000	-0.167	+0.500	+0.200	-0.167
Ast	-0.772*	-0.086*	-0.528*	0.291*	0.291*	0.122*	1.000	-0.000	-0.000	-0.000
Maz	0.510*	-0.197*	0.656*	-0.199*	-0.199*	0.016*	0.122*	1.000	-0.000	-0.200
Bid	0.408*	0.206*	-0.346*	-0.257*	-0.257*	0.122*	0.016*	-0.441*	1.000	+0.500
Hyp	0.158*	0.479*	-0.036*	0.235*	0.235*	-0.326*	0.122*	-0.152*	0.645*	1.000
T ₂	Abu	Pue	Art	Eup	Age	Ast	Maz	Ama	Hyp	Set
Abu	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pue	0.086*	1.000	+0.400	+0.800	+0.400	-0.500	-0.500	+0.400	+0.200	+0.400
Aza	-0.023*	-0.023*	1.000	+0.500	+1.000	-0.200	-0.000	+0.333	+0.500	+0.333
Art	-0.104*	0.932*	0.083*	1.000	+0.500	-0.333	-0.333	-0.2000	+0.250	+0.500
Eup	0.023*	0.023*	0.964*	0.041*	1.000	-0.200	-0.000	+0.333	+0.500	+0.333
Age	0.621*	-0.414*	-0.248*	-0.359*	-0.372*	1.000	+0.600	+0.500	+0.250	-0.200
Ast	0.052*	-0.466*	-0.867*	-0.500*	-0.867*	0.438*	1.000	-0.200	-0.000	-0.200
Maz	0.414*	-0.414*	0.330*	-0.313*	0.165*	0.625*	-0.125*	1.000	+0.500	+0.333
Ama	-0.131*	-0.131*	0.731*	0.158*	0.522*	0.158*	-0.553*	0.632*	1.000	+0.500
Hyp	-0.433*	0.479*	0.236*	0.661*	0.091*	-0.372*	-0.454*	0.165*	0.522*	1.000
T ₃	Abu	Pue	Art	Eup	Age	Ast	Ama	Bid	Hyp	Set
Abu	1.000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pue	-0.188*	1.000	+0.500	+0.750	+0.333	—	-0.167	+0.333	+0.500	-0.000
Ara	0.328*	0.192*	1.000	+0.750	+0.333	—	+0.400	+0.333	-0.200	+0.250
Art	-0.466*	0.807*	0.255*	1.000	+0.250	—	-0.333	+0.250	+0.400	-0.200
Eup	0.393*	0.645*	0.430*	0.158*	1.000	—	+0.250	+1.000	+0.333	-0.000
Age	-0.771*	0.234*	-0.609*	0.155*	-0.131*	1.000	1.000	—	—	—
Ast	0.544*	-0.580*	0.401*	-0.673*	0.166*	-0.598*	0.166*	+0.250	+0.400	+0.500
Ama	0.393*	0.645*	0.430*	0.158*	1.000*	-0.131*	-0.312*	1.000	+0.333	-0.000
Bid	-0.516*	0.615*	-0.308*	0.382*	0.430*	0.609*	0.657*	0.430*	1.000	-0.000
Hyp	0.621*	-0.679*	0.170*	-0.500*	-0.316*	-0.828*	0.456*	-0.316*	-0.679*	1.000

Abu-磨盘草, Ara-黄花蒿, Art-苦苣菜, Eup-飞机草, Bot-斑种草, Pue-葛麻藤, Les-铁扫帚, Bid-三叶鬼针草, Ast-酢浆草, Set-狗尾草, Aqa-白花草, Ast-路边菊, Maz-通泉草, Hyp-元宝草, Ama-野苋菜, Phr-芦葦。

宝草通过根茎的营养繁殖使种群得以迅速拓展,在生长条件较好时,竞争力极强,常对其它植物种群产

生竞争和排斥作用,因而形成负关联关系。水淹处理对这种负关联关系影响不大。

水淹处理对大多数植物的种间协变关系性质和程度都有一定程度的影响,但不同种对之间的协变关系对水淹处理的响应也有很大差异,这表明种间协变关系不仅仅受环境因子或干扰因子的影响,而且也决定于组成种对的植物种类的生物生态学特性及其对环境因子变化或干扰状况反应的差异,如飞机草与元宝草均属喜湿植物,随水淹干扰加强,土壤水分增加,二者间即由负协变逐渐转为正协变关系;而狗尾草与元宝草,前者属中生性植物,后者是湿生植物,对水分要求有较大差异,随水淹处理程度加强或土壤水分增加,二者种间协变由正协变关系转变为负协变关系,因此,对水分有相似要求的两物种,当水分条件向一个极端逐渐变化时,两物种间的关系会趋向于正协变;而对水分要求差异较大的两物种,当水分条件向一个极端逐渐变化时,两物种间的关系会趋向于负协变,而且协变系数会逐渐增大。这表明在组成群落的物种种间关系中,起决定作用的是非生物因素的作用,或者说各物种对水淹后水分环境适应性的不同所致(王文正等,2003)。本研究表明,对对照样带上由于未曾遭受水淹,土壤干旱,根茎克隆植物磨盘草占绝对优势,竞争力强,其它植物很难占据优势,这是竞争相互作用达到平衡的结果,而水淹较重的样带上湿生植物上升到优势地位。这可能要归功于非生物因素即过大的土壤水分的作用,其它旱生甚至某些中生性植物不能适应过高的土壤水分,无需竞争发生即已退出群落,或大量减少。

种间协变系数是由组成群落物种的数量特征为基础的,而种间联结则是仅仅根据物种出现与否的二元数据计算来的,所以种间协变系数对于外界干扰的反应要比种间联结敏感得多。在本研究中发现,由于水淹的影响,各样地物种组成及优势种在一定程度上受到次生物种的排挤和竞争,群落内物种生存竞争关系剧烈,故其总体关系处于负关联。通过主要种对的关联性看出,黄花蒿与各主要物种均为正关联,但随水淹程度影响关联系数有所降低,表

现出种对之间的竞争关系,其与黄花蒿竞争养分和水分,从而影响黄花蒿产量和质量。

参考文献:

- 中华人民共和国卫生部药典委员会. 1990. 中华人民共和国药典[M]. 北京:人民卫生出版社,170
- 张金屯. 1995. 数量生态学[M]. 北京:中国科技出版社
- Eccles NS, Esler KJ, Couling RM. 1999. Spatial pattern analysis in Namaqualand desert plant communities evidence for general positive interactions[J]. *Plant Ecol*, **142**:71-85
- Feng SX(冯世鑫), Ma XJ(马小军), Yan ZG(闫志刚), et al. 2009. Study on rotation model of *Ariemisia annua*(黄花蒿轮作模式的研究)[J]. *Chin Mat Med*(中国中药杂志), **34**(4):488-490
- Li JB(李军保), Liu HL(刘洪来), Zhu JZ(朱进忠), et al. 2009. Study on interspecific association of spring-autumn pasture under enclosure and recovering conditions in Yili River valley(伊犁河谷春秋草地围封恢复过程中种间关联性研究)[J]. *Prata Sci*(草业科学), **26**(6):15-18
- Wang DL(王德利), Liu WZ(刘文志), Wang B(王波). 1993. The association analysis to plant species in communities on grassland(草地植物群落的植物种间关系分析)[J]. *J North Nor*(东北师大学报), (1):20-22
- Wang WZ(王文正), Zhu YC(祝延成). 2003. Responses of interspecific relationships among main herbaceous plants to flooding disturbance in Songnen Plain, Northeastern China(松嫩草原主要草本植物种间关系及其对水淹干扰的响应)[J]. *Chin Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(6):892-896
- Wei X(韦霄), Li F(李锋), Xu CQ(许成琼), et al. 1997. Study on biological characteristics of *Artemisia annual*(黄花蒿生物学特性研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **17**(2):166-168
- Xu SH(徐孙鹤), Shang ZH(尚占环), Ma YS(马玉寿), et al. 2008. Dynamics of communities on the restoring process of flooded disturbance in *Leymus chinensis* meadow of the Songnen Plain in China(黄河源区退化高寒草地植物种间联结性分析)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident*(西北植物学报), **28**(6):1 222-1 227
- Zhao HM(赵红梅), Yang SY(杨顺义), Guo HR(郭鸿儒), et al. 2007. Allelopathy of *Artemisia annual* on 4 receptor plants(黄花蒿对4种受体植物化感作用的研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报), **27**(11):2 292-2 297
- Zhang BT(张保田), Yang YF(杨允菲). 2003. Dynamics of communities on the restoring process of flooded disturbance in *Leymus chinensis* meadow of the Songnen Plain in China(松嫩平原羊草草地水淹干扰恢复过程的群落动态)[J]. *Acta Prata Sin*(草业学报), **12**(2):30-35