

· 研究简报 ·

# 中华水韭松阳居群的群落结构与种间联结性研究

朱圣潮\*

(丽水学院生物系, 浙江丽水 323000)

**摘要:** 为全面了解国家一级保护植物中华水韭(*Isoetes sinensis*)的濒危机制, 作者对分布于浙江松阳的中华水韭居群的自然生境进行了野外观察, 在1 m×1 m样方尺度上研究了中华水韭与群落中出现频率较高的27个物种之间的联结性。结果表明: 群落中物种组成贫乏, 其组成成分中温带性质明显, 中华水韭在不同小群落中分布密度差异较大, 在少数小群落中能形成优势种群。中华水韭与薄叶假耳草(*Neanotis hirsuta*)、鳢肠(*Eclipta prostrata*)、短尖苔草(*Carex brevicuspis*)等7个种群的种间联结性极显著, 与多数种群间联结性不显著; 中华水韭与大多数种群的联结系数(AC)值在-0.4至0.4之间, 即关联小, 说明中华水韭在群落中的存在是相对独立的; 仅少数小群落的优势种与中华水韭之间有种间竞争。中华水韭受生境和种间竞争影响较大, 生态适应性差。此研究结果对制定该物种合适的就地保护措施和恢复计划具有参考价值。

**关键词:** *Isoetes sinensis*, 种间联结, 群落特征, 松阳居群, 联结系数

## Community characteristics and interspecific association of the Songyang population of *Isoetes sinensis*

Shengchao Zhu\*

Department of Biology, Lishui University, Lishui, Zhejiang 323000

**Abstract:** *Isoetes sinensis* (Isoeteaceae), a critically endangered species in China, has declined rapidly in population size in recent years. Interspecific associations, which play an important role in ecosystem functioning, can reflect interspecific competition within communities. We investigated the habitat characteristics of the *I. sinensis* population in Songyang of Zhejiang Province using 1 m×1 m quadrats. Based on 2×2 contingency tables using test and association coefficients (AC), we analyzed the interspecific associations of *I. sinensis* with 27 common species frequently appearing in the community. The results showed that species abundance of the community was poor and the community was dominated by temperate elements. *Isoetes sinensis* can form the dominant population in a few microcoenses, but its density varied remarkably in different community types. The  $\chi^2$  values implied that *I. sinensis* had close relationship with seven species such as *Neanotis hirsuta*, *Eclipta prostrata* and *Carex brevicuspis*, but had no correlations with most species, with association coefficients (AC) ranging from -0.4 to 0.4. With poor ecological adaptability, *I. sinensis* is greatly affected by habitat and interspecific competition in the community. This result can provide information for design of an appropriate conservation strategy and restoration plan for *I. sinensis*.

**Key words:** *Isoetes sinensis* population, interspecific association, community characteristic, association coefficient, species pair

中华水韭(*Isoetes sinensis*)是国家一级重点保护植物(傅立国和金鉴明, 1992; 于永福, 1999), 现已处于极度濒危状态。据文献记载, 该物种在江苏、

江西、浙江等省有分布, 但经叶其刚、李建强等多年来的实地调查发现, 其模式产地南京玄武湖种群已消失, 江西东乡湿地的种群也已灭绝; 苏赣两省

收稿日期: 2006-01-16; 接受日期: 2006-03-27

基金项目: 浙江省教育厅项目(20051362)和丽水学院科研重点项目(KZ05006)

\* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: aests26@yahoo.com.cn

中华水韭的消失主要是因生境遭到破坏或变迁等所致(陈家宽等, 1998; 郝日明等, 2000; 叶其刚和李建强, 2003)。庞新安等(2003)对中国水韭属植物的地理分布进行了研究, 仅在安徽休宁、浙江建德和松阳发现有种群分布。对中华水韭的研究报道除了资源调查外, 还有关于其遗传多样性的研究(如何子灿等, 2002; 刘星等, 2002, 2003; 陈媛媛等, 2003, 2004; 陈进明等, 2004; Hoot *et al.*, 2004)。另外, Graham等(2001)还对玻利维亚安第斯山的包括水韭属植物在内的蕨类植物孢粉学特征进行过研究。

分布于浙江松阳的中华水韭居群目前数量已十分有限, 且种群个体较大, 分布海拔较高, 但迄今针对其群落结构特征的分析尚未见系统报道。作者通过群落调查, 分析了中华水韭种群分布状况, 并通过测定群落内目的物种与其他主要物种的种间联结系数, 分析了中华水韭在群落中的地位, 为进一步保护这一濒危物种提供参考依据。

## 1 研究地区概况

研究地点位于浙江省松阳县箬寮岷县级自然保护区外缘的小烂湖(海拔1,110 m)和叔婆湾(海拔1,050 m), 两地相距约800 m。地理位置119°19' E, 28°19' N, 属于中亚热带季风气候区, 四季分明, 温暖潮湿, 光照充足, 年均温16℃, 极端最高温37℃, 极端最低温-12℃, 年均日照1,168 h, 年均降雨量1,769.7 mm, 年均相对湿度79%, 秋季多雾, 春夏多雨。土壤为典型的山地黄壤土(朱圣潮, 2005)。

## 2 研究方法

### 2.1 群落调查

采用样方法进行群落结构调查。由于中华水韭仅分布于面积不大的湿地中, 将整个分布区作为大样地, 在两分布点(小烂湖和叔婆湾)有中华水韭分布的群落中, 随机设置面积为1 m×1 m的样方, 共70个。统计样方内出现的植物种类及各物种在样方内的出现频度, 并进行相关统计分析。物种的鉴定依据《浙江植物志》(浙江植物志编委会, 1993)。

重要值(*I*)的计算参照文献宋永昌(2001):

$$\text{重要值} = \text{相对多度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度} \quad (1)$$

### 2.2 种间联结测定

将各样方调查数据排成2×2列联表, 计算关联测度。 $\chi^2$ 检验采用Yates的连续校正公式计算(宋永

昌, 2001):

$$\chi^2 = n[ad - bc - (n/2)]^2 / (a+b)(c+d)(a+c)(b+d) \quad (2)$$

其中, *a*为两物种均出现的样方数, *b*、*c*分别为物种B和物种A出现的样方数, *d*为两个物种均未出现的样方数, *n*为取样总数, 自由度为1,  $\chi^2_{0.05(1)} = 3.841$ ,  $\chi^2_{0.01(1)} = 6.635$ 。

$\chi^2 < 3.841$ 说明两种间基本独立;  $3.841 < \chi^2 < 6.635$ 说明两种间有一定联结;  $\chi^2 > 6.635$ 说明两种间联结极显著。由于 $\chi^2$ 本身没有负值, 因此判定是否负联结的方法是: 若 $ad > bc$ , 即为正联结, 反之则为负联结; 若 $ad = bc$ , 则表明两种间无关联性。

联结系数(*AC*)(彭少麟等, 1999):

若 $ad > bc$ , 则 $AC = (ad - bc) / [(a+b)(b+d)]$ ;

若 $ad < bc$ , 且 $d > a$ , 则 $AC = (ad - bc) / [(a+b)(a+c)]$ ;

若 $ad < bc$ , 且 $d < a$ , 则 $AC = (ad - bc) / [(c+d)(b+d)]$ ;

*AC*的取值范围为-1至1, *AC*值越趋近于1, 表明种间的正联结越强; *AC*值越趋近于-1, 表明种间的负联结越强; *AC*值为0时, 物种间相对独立。

## 3 研究结果

### 3.1 群落组成与区系特征

所调查群落中的中华水韭植株都较大, 植株高16–26 cm, 叶宽1.5–2.7 mm, 每株叶数为3–11。在所选的70个样方中共记录到植物40种, 其中草本植物38种, 占95%, 亚灌木2种, 苔藓植物1种, 蕨类植物3种, 双子叶植物17种, 单子叶植物19种。群落中完全水生的植物有7种, 占17.5%; 湿生植物共22种, 占55%; 中生植物11种, 占27.5%。可见, 两个分布点的中华水韭种群主要与水生和湿生植物伴生。

按Braun-Blanquet生活型系统划分, 群落中共包括一年生植物6种, 水生植物7种, 地下芽植物3种, 地上芽植物22种, 矮高位芽植物2种。总体来说此群落外貌特征较为整齐, 基本表现为一个层片, 群落平均高度50–60 cm, 平均盖度85%, 以地上芽植物占绝对优势。

从组成群落的40个物种的地理分布来看(表1), 世界性分布的4种, 如灯心草(*Juncus effusus*)、夏枯草(*Prunella vulgaris*)等。热带分布的共9种, 占22.5%, 如泛热带分布的喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*), 热带亚洲至热带大洋洲分布的蛇眼

表1 中华水韭松阳居群群落的物种分布区类型  
Table 1 Areal types of the species in the community of Songyang *Isoetes sinensis* population

分布区类型 Areal types	种数 Number of species	占总种数的百分比 %
1.世界分布 Cosmopolitan	4	
2.泛热带分布 Pantropic	2	5.0
3.热带亚洲至热带大洋洲分布 Trop. Asia to Trop. Australasia	2	5.0
4.热带亚洲分布 Trop. Asia	5	12.5
5.北温带分布 North temperate	4	10.0
6.东亚和北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	1	2.5
7.旧世界温带分布 Old world temperate	1	2.5
8.温带亚洲分布 Temp. Asia	3	7.5
9.东亚分布 E. Asia	16	40.0
10.中国特有分布 Endemic to China	2	5.0
合计 Total	40	100.0

(*Dopatrium junceum*), 热带亚洲分布的薄叶假耳草(*Neanotis hirsuta*)、假俭草(*Eremochloa ophiuroides*)、渐尖毛蕨(*Cyclosorus acuminatus*)、水芹(*Oenanthe javanica*)等。温带分布的共25种, 占67.5%; 其中北温带分布的4种, 如酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium*)、酸模(*Rumex acetosa*)等; 温带亚洲分布的3种, 如水莎草(*Juncellus serotinus*)、菰(*Zizania latifolia*)、鳢肠(*Eclipta prostrata*)等; 东亚分布的16种, 如中华水韭、野灯心草(*Juncus setchnensis*)、谷精草(*Eriocaulon buergerianum*)、长籽柳叶菜(*Epilobium pyrricholophum*)等。中国特有的2种, 如长囊苔草(*Carex harlandii*)、短尖苔草(*C. brevicuspis*)。

从总体上说, 群落中温带成分明显占优势。这与分布点位于亚热带常绿阔叶林中山沼泽地有关: 其生境水源主要是山溪水和降雨, 常年湿度较高, 气温较低; 湿地四周为丘陵山地包围, 海拔较高, 湿地与周围山地高差500–600 m, 林木郁闭度高, 地带性植被和区域小生境导致温带性质尤其是东亚成分的物种分布较多。

3.2 群落组成

中华水韭两个分布点群落总面积约1,200 m<sup>2</sup>, 目的物种实际分布面积共500 m<sup>2</sup>左右, 但小群落类型多样。不同小群落类型中, 目的物种分布密度差异较大。根据整个样地内物种的组成关系, 主要有12个小群落类型(表2)。

从表2中可看出, 在以灯心草科、谷精草科植物为优势的小群落中, 中华水韭的种群密度相对较大; 在以禾本科、莎草科、伞形科植物为优势的小群落中, 其种群密度较小; 在以菊科、蓼科、虎耳

草科等植物为优势的小群落中, 中华水韭种群数量极少甚至没有。这也说明了中华水韭作为典型的湿生植物, 群落中伴生物种以水生和湿生植物为主, 当群落优势物种为中生甚至陆生植物时, 局部小生境将不再适合其生存, 即生境含水量的高低将影响中华水韭的分布。

群落中中华水韭的分布密度除与群落优势种生活型和生境有关外, 也与群落内优势物种的竞争力和生长速度有关。

3.3 种间联结

在所统计的70个样方中, 选取在样地群落中出现频率较高或生长占优势的共27个主要物种, 进行种间联结性分析。由 $\chi^2$ 检验可知, 仅有7个种群与中华水韭存在极显著关联( $\chi^2$  6.635), 有19个种群与其不存在联结性( $\chi^2 < 3.841$ )(表3, 图1)。其中显著正联结的是薄叶假耳草和短尖苔草; 呈显著负联结的是芒(*Miscanthus sinensis*)、延羽卵果蕨(*Phegopteris decursive-pinnata*)、长籽柳叶菜、圆锥绣球(*Hydrangea paniculata*)、渐尖毛蕨等, 这些物种或分布在样地边缘, 或出现在相对较干燥的土壤中, 并成为局部优势种, 中华水韭极少出现在这些种群为优势的群落内, 这也与各群落的物种组成统计结果相符。中华水韭与样地中野灯心草、灯心草、长囊苔草、长苞谷精草(*Eriocaulon buergerianum*)等主要物种不存在联结性, 而仅与作为主要物种之一的谷精草有一定联结, 总体说明中华水韭在样地环境中具有一定的独立性。

由联结系数(*AC*)可知(表3), 与中华水韭的*AC*值在–0.3至0.3之间的有11个种对, 在0.3–0.5的有3

表2 浙江省松阳中华水韭分布的小群落类型  
Table 2 Microcoense types distributed with *Isoetes sinensis* in Songyang of Zhejiang Province

群落类型 Microcoense type	盖度 Coverage (%)	中华水韭个体数 Number of <i>Isoetes sinensis</i> (ind./m <sup>2</sup> )
中华水韭+灯心草群落 <i>Isoetes sinensis</i> + <i>Juncus effuses</i> microcoense	90	12
短尖苔草+野灯心草+中华水韭群落 <i>Carex brevicuspis</i> + <i>Juncus setchnensis</i> + <i>Isoetes sinensis</i> microcoense	100	4.5
短尖苔草+夏枯草+中华水韭群落 <i>Carex brevicuspis</i> + <i>Prunella vulgaris</i> + <i>Isoetes sinensis</i> microcoense	85	2.6
水芹+短尖苔草+灯心草群落 <i>Oenanthe javanica</i> + <i>Carex brevicuspis</i> + <i>Juncus effuses</i> microcoense	90	5.0
芒+酸模群落 <i>Miscanthus sinensis</i> + <i>Rumex acetosa</i> microcoense	95	0
水芹+夏枯草+华水韭群落 <i>Oenanthe javanica</i> + <i>Prunella vulgaris</i> + <i>Isoetes sinensis</i> microcoense	100	1.8
水芹+灯心草+中华水韭群落 <i>Oenanthe javanica</i> + <i>Juncus effuses</i> + <i>Isoetes sinensis</i> microcoense	85	8.6
长囊苔草+灯心草+戟叶蓼群落 <i>Carex harlandii</i> + <i>Juncus effuses</i> + <i>Polygonum hastato-sagittatum</i> microcoense	85	4
长囊苔草+中华水韭群落 <i>Carex harlandii</i> + <i>Isoetes sinensis</i> microcoense	95	8
菰+长囊苔草+戟叶蓼群落 <i>Zizania latifolia</i> + <i>Carex harlandii</i> + <i>Polygonum hastato-sagittatum</i> microcoense	90	2
芒+水芹群落 <i>Miscanthus sinensis</i> + <i>Oenanthe javanica</i> microcoense	80	0
圆锥绣球+延羽卵果蕨群落 <i>Hydrangea paniculata</i> + <i>Phegopteris decursive-pinnata</i> microcoense	80	0

表3 中华水韭与样地内27个主要物种间关联测度值  
Table 3 The values of  $\chi^2$  and AC between *Isoetes sinensis* and the 27 common species in the sampling site

物种 Species	联结系数AC	$\chi^2$	物种 Species	联结系数AC	$\chi^2$
灯心草 <i>Juncus effusus</i>	0.561	0.017	菰 <i>Zizania latifolia</i>	0.139	2.727
野灯心草 <i>J. setchnensis</i>	0.097	0.002	雀稗 <i>Paspalum thunbergii</i>	-0.250	0.122
谷精草 <i>Eriocaulon buergerianum</i>	0.776	5.001	夏枯草 <i>Prunella vulgaris</i>	-0.302	3.575
长苞谷精草 <i>E. decemflorum</i>	-0.667	0.294	水芹 <i>Oenanthe javanica</i>	0.485	1.085
芒 <i>Miscanthus sinensis</i>	-1.000	54.067	酸模 <i>Rumex acetosa</i>	0.125	0.997
酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>	0.222	0.003	喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	-0.107	0.813
水莎草 <i>Juncellus serotinus</i>	0.091	0.004	假俭草 <i>Eremochloa ophiuroides</i>	0.283	0.569
薄叶假耳草 <i>Neanotis hirsuta</i>	1.00	8.949	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i>	1.00	2.540
大泥炭藓 <i>Sphagnum palustre</i>	0.271	0.033	戟叶蓼 <i>Polygonum hastato-sagittatum</i>	-0.146	0.031
长囊苔草 <i>Carex harlandii</i>	0.323	1.660	短尖苔草 <i>Carex brevicuspis</i>	1.00	12.081
延羽卵果蕨 <i>Phegopteris decursive-pinnata</i>	-0.653	24.173	渐尖毛蕨 <i>Cyclosorus acuminatus</i>	-0.352	10.758
长籽柳叶菜 <i>Epilobium pyrricholophum</i>	-0.415	6.853	萤蔺 <i>Scirpus juncooides</i>	0.083	0.003
雀翘 <i>Polygonum sieboldii</i>	-0.327	2.190	圆锥绣球 <i>Hydrangea paniculata</i>	-1.000	53.392
牛毛毡 <i>Eleocharis yokoscensis</i>	0.344	0.662			

个种对, 大于0.5的有5个种对, 在-0.3至-0.5的种对有4个, 小于-0.5的有4个种对。其中正联结的有16个种对, 明显多于负联结种对(表4)。薄叶假耳草、鳢肠、谷精草、灯心草和短尖苔草与中华水韭的正联结显著; 圆锥绣球、长苞谷精草、芒和延羽卵果蕨与中华水韭显著负联结, 与 $\chi^2$ 检验结果不完全一致。

4 讨论

种间联结表示不同物种在空间分布上的相互关联性, 是对一定时期内植物群落组成物种之间相互关系的静态描述, 这种关系不仅包括空间分布关系, 也包含着物种之间的功能关系。种间联结揭示了群落中种对竞争的结果或群落的现状, 能反映出

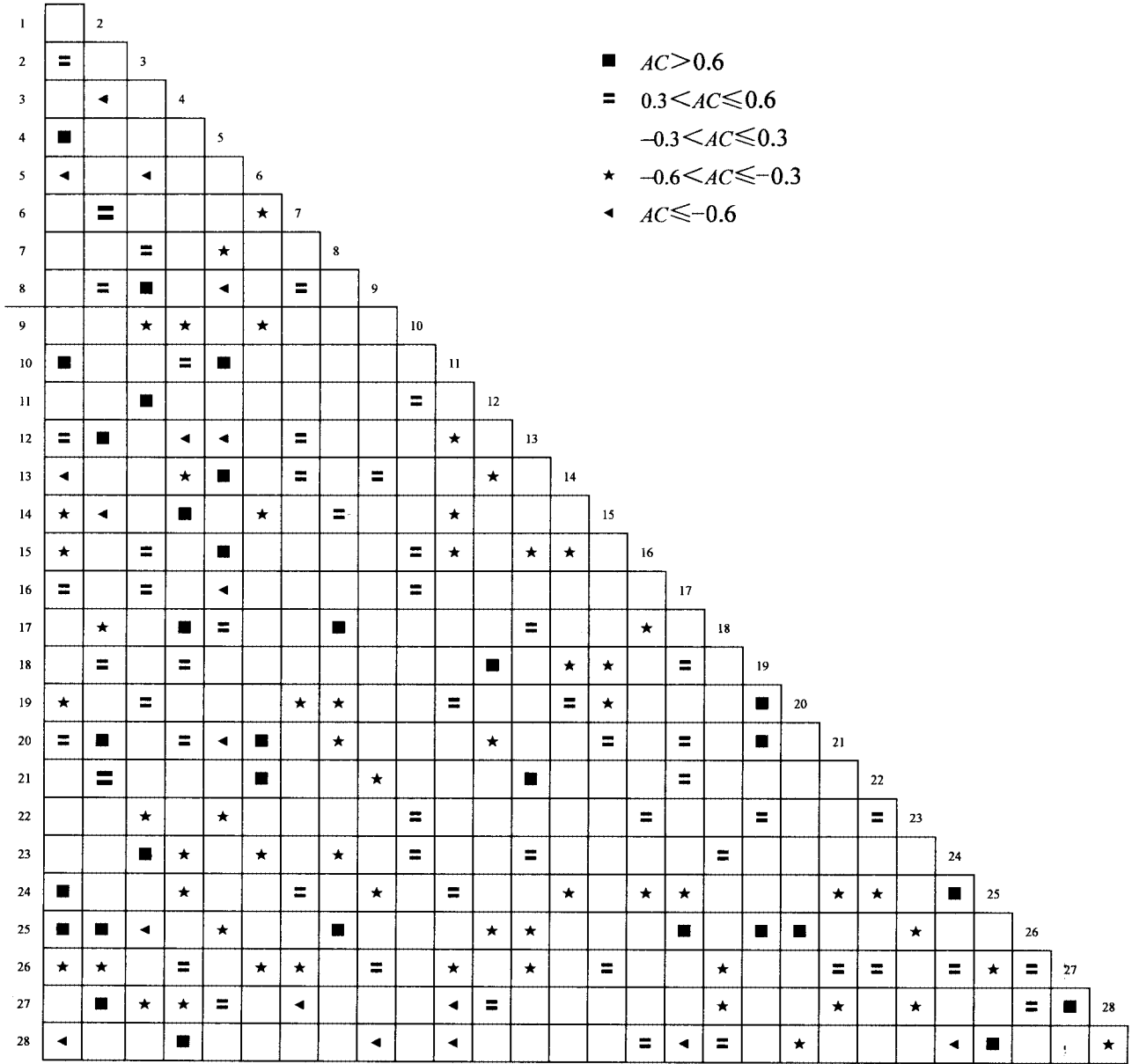


图1 中华水韭松阳居群群落的种间联联系数半矩阵图(AC值)  
1. 中华水韭; 2. 灯心草; 3. 野灯心草; 4. 谷精草; 5. 长苞谷精草; 6. 芒; 7. 酸模叶蓼; 8. 戟叶蓼; 9. 水莎草; 10. 薄叶假耳草; 11. 大泥炭藓; 12. 长囊苔草; 13. 延羽卵果蕨; 14. 长籽柳叶菜; 15. 雀翘; 16. 牛毛毡; 17. 菰; 18. 雀稗; 19. 夏枯草; 20. 水芹; 21. 酸模; 22. 喜旱莲子草; 23. 假俭草; 24. 鳢肠; 25. 短尖苔草; 26. 渐尖毛蕨; 27. 萤蔺; 28. 圆锥绣球  
Fig.1 Half-matrix diagram of interspecific association of Songyang *Isoetes sinensis* population with 27 common species frequently appearing in the community. 1. *Isoetes sinensis*; 2. *Juncus effuses*; 3. *J. setchnensis*; 4. *Eriocaulon buergerianum*; 5. *E. decemflorum*; 6. *Miscanthus sinensis*; 7. *Polygonum lapathifolium*; 8. *P. hastato-sagittatum*; 9. *Juncellus serotinus*; 10. *Neanotis hirsuta*; 11. *Sphagnum palustre*; 12. *Carex harlandii*; 13. *Phegopteris decursive-pinnata*; 14. *Epilobium pyrricholophum*; 15. *Polygonum sieboldii*; 16. *Eleocharis yokoscensis*; 17. *Zizania latifolia*; 18. *Paspalum thunbergii*; 19. *Prunella vulgaris*; 20. *Oenanthe javanica*; 21. *Rumex acetosa*; 22. *Alternanthera philoxeroides*; 23. *Eremochloa ophiuroides*; 24. *Eclipta prostrata*; 25. *Carex brevicuspis*; 26. *Cyclosorus acuminatus*; 27. *Scirpus juncoides*; 28. *Hydrangea paniculata*.

表4 中华水韭与27个主要物种种群间联结性统计  
Table 4 Statistics of interspecific association between *Isoetes sinensis* and the 27 main species

	联结系数 <i>AC</i>	物种数 No. of speices
正联结 Positive association		
	> 0.5	5
	0.499–0.300	3
	0.299–0.100	5
	< 0.100	3
负联结 Negative association		
	< –0.5	4
	–0.499 to –0.300	5
	–0.299 to –0.100	2
	> –0.100	0

群落内种群间的关系以及种群在群落中的地位。本文中种间联结分析的 $\chi^2$ 检验结果表明,与中华水韭呈显著正联结的是薄叶假耳草和短尖苔草。这与在以短尖苔草为优势种的群落中,中华水韭的出现频率较高这一群落特征相一致,在这样的小群落中,中华水韭极易成为群落的优势物种。

从图1和表4可以看出中华水韭与其他种群的种间联结性两极分化明显,虽有联结极显著的种群,但多数种群与之联结性不显著,这说明群落内中华水韭与其他多数物种联结关系较为松散,群落内物种的分布包括中华水韭有一定的相对独立性。 $\chi^2$ 检验由于有明确的指标 ( $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$  = ,能比较准确客观地表现种间联结性,而联结系数(*AC*)却能体现出那些由 $\chi^2$ 检验证明不显著的联结性,但*AC*值对联结性强弱的等级划分缺少统一的标准,特别是当 $a=0$ 时,*AC*值会夸大物种间的联结性,甚至会得出不同的结论。以 $\chi^2$ 检验为基础,结合联结系数共同来测定种群间的联结性,会得到更准确的结论(郭志华等, 1997)。种间联结的测定,由于每个指数公式都有自己的特性,也会得到不同的结果。种间联结的测定还受取样面积影响,取样面积过大,则可能多是正联结,反之则可能多是负联结。本研究结果出现了 $\chi^2$ 检验结果和联结系数*AC*值分析不完全一致的情况,可能是由于中华水韭的分布面积有限,虽然样方数量和面积基本反映了该分布地群落内的种间联结情况,但也说明取样面积的大小和取样方法影响种间联结的测定。

中华水韭松阳居群作为自然形成的湿地种群,与之伴生的物种大多为水生和湿生,环境中水位的

高低将影响中华水韭的分布和种群数量,中华水韭种群个体数量较大时,往往生境水位也较高。种间竞争是制约中华水韭种群个体数量的另一重要因素,当与生活型相似且生长迅速的物种伴生时,尤其当优势物种的盖度过大时,中华水韭的分布密度就降低。比中华水韭植株高大且具密集根状茎的高草类多年生植物不利于中华水韭生长。因而可以认为中华水韭密度较高的群落,往往出现在群落盖度并不太高的湿生环境中。

中华水韭是一个在植物系统演化中有重要意义的子遗物种,是我国水韭属(*Isoetes*)4个物种中分布较广的。浙江省松阳箬寮岷中华水韭分布地是迄今发现的该物种在我国分布的最高海拔点(庞新安等, 2003),其种群面积小,群落结构较为单一,中华水韭仅在少数小群落中能形成优势种群,而与样地群落中多数物种联结不显著,在群落中的存在是相对独立的。分布地多数小群落的优势种与中华水韭的关联小,仅少数小群落的优势种与之有种间竞争。中华水韭在松阳的两个分布点除在个别群丛中密度较高外,其余都以散生不规则分布出现,可以认为目前其无性繁殖力较弱。中华水韭分布密度的高低受小群落类型和生境变化制约。目前该分布地受人为影响因素加大,湿地四周山林的皆伐以及耕作放牧等人为活动,已对中华水韭的生境产生影响。中华水韭由于自身的稀有并受到严重的人类经济活动影响,对该物种采取正确的保护对策十分必要。本研究的结果为该种的保护和种群恢复提供了重要的科学数据。

致谢:感谢丁炳扬教授对本文提出的宝贵修改意见。

参考文献

Chen JK (陈家宽), Wang HY (王海洋), He GQ (何国庆) (1998) A survey on the habitats of *Oryza rufipogon* and *Isoetes sinensis* in Jiangxi Province. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 6, 260–266. (in Chinese with English abstract)  
Chen JM (陈进明), Wang JY (王晶苑), Liu X (刘星), Zhang YW (张彦文), Wang QF (王青锋) (2004) RAPD analysis for genetic diversity of *Isoetes sinensis*. *Biodiversity Science* (生物多样性), 12, 348–353. (in Chinese with English abstract)

- Chen YY (陈媛媛), Ye QG (叶其刚), Huang HW (黄宏文) (2003) Preliminary study on allozyme analysis for *Isoetes sinensis* Palmer. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **21**, 91–94. (in Chinese with English abstract)
- Chen YY (陈媛媛), Ye QG (叶其刚), Li ZZ (李作洲), Huang HW (黄宏文) (2004) Genetic structure of Xiuning population of *Isoetes sinensis*, a critically endangered species in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**, 564–571. (in Chinese with English abstract)
- Editorial Board of Flora of Zhejiang (浙江植物志编委会) (1993) *Flora of Zhejiang, Vol. 1–7* (浙江植物志, 1–7卷). Zhejiang Science and Technology Press, Hangzhou. (in Chinese)
- Fu LK (傅立国), Jin JM (金鉴明) (1992) *The Red Data Book of China's Plants: Rare and Endangered Species* (中国植物红皮书: 稀有濒危植物(第1卷)). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Graham A, Gregory-Wodzicki KM, Wright KL (2001) Studies in Neotropical Paleobotany. XV. A Mio-Pliocene palynoflora from the Eastern Cordillera, Bolivia: implications for the uplift history of the Central Andes. *American Journal of Botany*, **88**, 1545–1557.
- Guo ZH (郭志华), Zhuo ZD (卓正大), Chen J (陈洁), Wu MF (吴梅凤) (1997) Interspecific association of trees in mixed evergreen and deciduous broadleaved forest in Lushan Mountain. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **21**, 424–432. (in Chinese with English abstract)
- Hao RM (郝日明), Xu HQ (徐惠强), Huang ZY (黄致远), Liu XJ (刘兴剑), Wang ZL (王中磊), Yao ZG (姚志刚) (2000) The natural distribution and characteristics of rare plants in Jiangsu, China. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **8**, 153–162. (in Chinese with English abstract)
- He ZC (何子灿), Cai Q (蔡清), Liu HT (刘宏涛), Li JQ (李建强), Huang HW (黄宏文) (2002) Chromosome number of *Isoetes sinensis* Palmer, a rare and endangered pteridophyta plant. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **20**, 241–242. (in Chinese with English abstract)
- Hoot SB, Napier NS, Taylor WC (2004) Revealing unknown or extinct lineages within *Isoetes* (Isoëtaceae) using DNA sequences from hybrids. *American Journal of Botany*, **91**, 899–904.
- Liu X (刘星), Pang XA (庞新安), Wang QF (王青锋) (2003) Character and variation of chemical properties of the water in the natural habitats of three species of *Isoetes* in China. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), **27**, 510–515. (in Chinese with English abstract)
- Liu X (刘星), Wang Y (王勇), Wang QF (王青锋), Guo YH (郭友好) (2002) Chromosome numbers of the Chinese *Isoetes* and their taxonomical significance. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **40**, 351–356. (in Chinese with English abstract)
- Pang XA (庞新安), Liu X (刘星), Liu H (刘虹), Wu C (吴翠), Wang JY (王晶苑), Yang SX (杨书香), Wang QF (王青锋) (2003) The geographic distribution and habitat of the *Isoetes* plants in China. *Biodiversity Science* (生物多样性), **11**, 288–294. (in Chinese with English abstract)
- Peng SL (彭少麟), Zhou HC (周厚诚), Guo SC (郭少聪), Huang ZL (黄忠良) (1999) Studies on the changes in interspecific association of zonal vegetation in Dinghushan. *Acta Botanica Sinica* (植物学报), **41**, 1239–1244. (in Chinese with English abstract)
- Song YC (宋永昌) (2001) *Vegetation Ecology* (植被生态学), pp.35–194. East China Normal University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Ye QG (叶其刚), Li JQ (李建强) (2003) Distribution status and causation of endangerment of *Isoetes sinensis* Palmer in Zhejiang Province. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), **21**, 216–220. (in Chinese with English abstract)
- Yu YF (于永福) (1999) A milestone of wild plant conservation in China. *Plants* (植物杂志), (5), 3–11. (in Chinese)
- Zhu SC (朱圣潮) (2005) Study of synecology feature for a *Podocarpus neriifolius* in Ruoliao. *Journal of Tropical and Subtropical Botany* (热带亚热带植物学报), **13**, 393–398. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑: 谢宗强 责任编辑: 周玉荣)