

濒危植物东方水韭 (*Isoetes orientalis*) 自然生境 土壤营养状况及水体 pH 值分析

朱文杰¹, 陈欣¹, 唐建军^{1,①}, 朱圣潮²

(1. 浙江大学生命科学学院, 浙江 杭州 310058; 2. 温州科技职业学院, 浙江 温州 325006)

摘要: 对东方水韭 (*Isoetes orientalis* H. Liu et Q. F. Wang) 2 个自然样地 (浙江松阳叔婆湾和小烂湖) 生境土壤主要营养成分含量进行了比较分析, 并对叔婆湾样地水体 pH 值进行了测定, 在此基础上, 对导致东方水韭濒危的土壤及水体因素进行了讨论。结果显示: 东方水韭叔婆湾样地的土壤有机质、总氮、速效磷、速效钾和总铁离子 (包括 Fe^{3+} 和 Fe^{2+}) 含量分别为 $102.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $3.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $18.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $15.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $221.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 小烂湖样地土壤中上述营养成分的含量分别为 $122.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $4.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $13.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 、 $7.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $240.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。小烂湖样地土壤中有有机质、总氮和速效钾含量显著或极显著高于叔婆湾样地, 2 个样地间速效磷和总铁离子含量差异不显著, 但 2 个样地土壤中速效钾含量极低、总铁离子含量丰富。叔婆湾样地中上、中、下水体的 pH 值分别为 pH 6.35、pH 6.53 和 pH 6.49, 略呈中性。分析结果表明, 东方水韭 2 个自然样地的土壤均为有机质、总氮、速效磷以及总铁离子含量较为丰富且速效钾含量较低的土壤类型, 土壤中速效钾极度缺乏和水体中性化很可能是限制东方水韭种群发展的重要环境因素。

关键词: 东方水韭; 土壤; 营养成分; 速效钾; 水体 pH 值

中图分类号: Q948.11 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)02-0075-04

Analyses on soil nutritional status and water pH value in natural habitat of endangered plant *Isoetes orientalis* ZHU Wen-jie¹, CHEN Xin¹, TANG Jian-jun^{1,①}, ZHU Sheng-chao² (1. College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Wenzhou Vocational College of Science & Technology, Wenzhou 325006, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, **19**(2): 75-78

Abstract: The content of main nutritional components in soil of natural habitat of two plots (Shupowan and Xiaolanhu in Songyang of Zhejiang Province) of *Isoetes orientalis* H. Liu et Q. F. Wang was comparatively analyzed, and the pH value of water in plot of Shupowan was determined. On this basis, the factors of soil and water led to *I. orientalis* endangered were discussed. The results show that contents of organic matter, total nitrogen, available phosphorus, available potassium and total iron ions (including Fe^{3+} and Fe^{2+}) in soil of Shupowan are $102.7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $3.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $18.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $15.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and $221.6 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively, and those in soil of Xiaolanhu are $122.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $4.8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $13.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, $7.1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ and $240.0 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, respectively. The contents of organic matter, total nitrogen and available potassium in soil of Xiaolanhu are significantly or very significantly higher than those of Shupowan, while the content differences of available phosphorus and total iron ions are not significant between two plots. But the available potassium content in soil of two plots is very low, while the total iron ion content is rich. The water pH values in upper, middle and down streams of Shupowan are pH 6.35, pH 6.53 and pH 6.49, respectively, showing approximately neutral. It is suggested that the soil type in the two natural plots is the type which the contents of organic matter, total nitrogen, available phosphorus and total iron ions are rich, and the available potassium content is low. And extreme lack of available potassium in soil and water neutralization are probably the important environmental factors to limit

收稿日期: 2009-09-07

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目 (Y307418 和 Y506064); 温州科技职业学院重点课题资助项目 (WZ09002)

作者简介: 朱文杰 (1986—), 女, 山东安丘人, 硕士研究生, 主要从事植物生态学研究。

①通信作者 E-mail: chandt@zju.edu.cn

development of *I. orientalis* population.

Key words: *Isoetes orientalis* H. Liu et Q. F. Wang; soil; nutritional component; available potassium; water pH value

东方水韭 (*Isoetes orientalis* H. Liu et Q. F. Wang) 隶属于水韭科 (Isoëtaceae) 水韭属 (*Isoetes* L.), 该属为孑遗属。该种曾经被称作中华水韭 (*Isoetes sinensis* Palmer) 松阳居群, 后来又被命名为东方水韭, 成为1个新种^[1]。东方水韭生长范围狭窄, 经调查只分布于浙江松阳县局部区域^[2], 濒临灭绝, 为中国特有种, 属国家一级保护野生植物^[3], 2005年经国际生物物种命名委员会确认为世界濒危植物^[1]。

目前, 对水韭属相关种类及东方水韭 (包括中华水韭松阳居群) 的研究主要集中在3种水韭属植物的地理分布与生境特征分析、东方水韭居群间遗传变异、浙江省中华水韭分布现状和水韭属植物的水体化学性质分析等方面^[2-5]。研究结果显示, 东方水韭的遗传变异主要存在于居群内, 居群间的变异较小^[3]; 水韭属植物的地理分布及其生长状况与海拔、水体pH值、基底pH值以及种间竞争和水位波动密切相关^[2]; 生境破坏可能是导致中华水韭种群消失的主要原因之一^[4]; 生活水体的化学性质差异不是导致水韭属植物分布差异的原因^[5]。近年来, 笔者所在课题组对东方水韭 (中华水韭松阳居群) 进行了系统研究, 发现东方水韭与多数伴生物种联结性不显著, 在群落中相对独立, 仅少数优势种类与东方水韭间存在种间竞争; 东方水韭群落演替过程中群落物种组成的改变、物种多样性的提高、物种繁殖策略的变化以及群落物种组成中生化等因素, 可能是导致东方水韭种群衰退的主要生物学原因^[6-8]。

在以往的研究基础上, 作者以浙江松阳叔婆湾和小烂湖为研究样地, 通过测定分析2个样地土壤中主要营养成分的含量及叔婆湾样地水体pH值, 试图找出可能导致东方水韭濒危的环境条件因素, 以期为东方水韭濒危机制的探讨提供实验依据。

1 样地自然概况和研究方法

1.1 样地自然概况

东方水韭叔婆湾样地和小烂湖样地均位于浙江省丽水市松阳县箬寮岙, 是目前发现的仅存的2个东方水韭自然居群分布地。样地位于中亚热带季风气

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℃, 年均日照时数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; 土壤为黄壤。2块样地内的东方水韭均呈集群分布, 取样时株高约5~8 cm。

叔婆湾样地地理坐标为北纬28°16'19"、东经119°16'24", 海拔1 047 m。该样地为东方水韭分布最集中的样地, 大致呈矩形, 呈西北—东南走向, 面积约为19 m×9.5 m, 是山溪冲积形成的湿地, 20世纪70年代被开垦为农田, 20世纪80年代中期弃耕荒芜至今。紧靠湿地的旁边有小溪渠, 用于输送小流域集水, 虽有土堤隔开, 但东方水韭分布区域滞水明显。

小烂湖样地地理坐标为北纬28°16'26"、东经119°16'11", 海拔1 108 m, 与叔婆湾样地直线相距约0.414 km。该样地基本呈菱形, 水流方向为西南至东北, 开口于东北方向, 粗测面积约为300 m²。该样地原为山间小水塘, 后因山泥沉积而逐渐成为沼泽湿地, 旁侧有人行小道沿样地边缘蜿蜒经过, 由于地势相对较高, 取样时无明显积水。该样地内东方水韭的自然分布密度明显低于叔婆湾样地, 并且该样地已经被芒 (*Miscanthus sinensis* Anderss.)、灯心草 (*Juncus effuses* L.)、谷精草 (*Eriocaulon buergerianum* Koern.) 及水莎草 [*Juncellus serotinus* (Rottb.) C. B. Clarke] 等优势种所占据。

1.2 方法

1.2.1 土样和水样的采集方法 于2009年3月21日东方水韭生长早期采集土样和水样。叔婆湾样地近似矩形, 土壤状况沿两侧坡向和沟谷方向变化较有规律, 因此, 采用网格9点取样法取样, 即沿沟谷方向取3条水平线, 沿两侧山坡取3条水平线, 各边点距样地边缘2 m以上, 共确定9个采样点。小烂湖样地呈菱形, 水面和地下潜流沿长对角线方向流动, 一进一出, 变化较有规律, 采用5点取样法取样, 即沿长对角线取3个点, 2个边点距地角约5 m, 分别代表菱形地块长对角线的上、中、下3个位置, 再在短对角线上距地角5 m处分别取样, 共确定5个采样点。分别采集各样点0~25 cm表层土壤, 放入塑封袋内带回实验, 经室内自然风干后充分碾碎, 按照样地分别混合

拌匀,再采用四分法或二分法多次等分,待测。

由于取样时小烂湖样地内无明显积水,因而,仅采集了叔婆湾样地内的积水。在叔婆湾样地内沿沟谷方向分别于上、中、下游3个位置共采集3个水样,装入干净矿泉水瓶中带回实验室,待测。

1.2.2 土样和水样中各指标的测定方法 采用文献[9]的方法测定土壤中有机质含量;参照文献[10]的消煮法测定土壤中的全氮含量;采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法(Olsen法)^[10]测定土壤中的速效磷含量;采用NH₄OAc浸提-火焰光度法^[11]测定土壤中的速效钾含量;参照文献[12]的方法测定土壤中的总铁离子(包括Fe³⁺和Fe²⁺)含量。使用雷磁PHS-25型数字pH计(上海精密科学仪器有限公司生产)测定叔婆湾样地内水样的pH值。各指标均进行3次平行测定。

1.3 数据处理

使用Excel软件进行相关数据的处理,并采用SPSS软件对相关数据进行统计分析。

2 结果和分析

2.1 东方水韭样地土壤中主要营养成分含量分析

有机质是反映土壤综合肥力的重要指标之一,是土壤养分的主要来源,对维持土壤结构的稳定性具有重要作用。中国南方地区雨水多、温度高、植物生长茂盛,高产稻田的土壤有机质含量多为23.6~48.0 g·kg⁻¹^[10];未经深度耕作的高山草甸有机质含量则较高,且海拔越高,表层土壤中有机质的含量越高。

由于叔婆湾和小烂湖样地均处于沟谷地带,表层土壤植物凋落物十分丰富,加之样地的海拔相对较高以及小流域的集水效应,使该样地的滞水厌氧状况明显、有机质分解缓慢,导致有机质的积累速率大于分解速率,因此样地土壤的有机质含量远远高于一般土

壤。东方水韭叔婆湾和小烂湖样地土壤中主要营养成分含量见表1。在叔婆湾和小烂湖样地东方水韭分布较集中的区域,土壤有机质含量均较高,分别为(102.7±4.866)和(122.8±7.775) g·kg⁻¹,后者土壤的有机质含量显著高于前者($P<0.05$)。

土壤中的氮素被认为是最易耗竭和限制植物生长的营养元素之一,植物所吸收的氮有30%~60%来自土壤^[13],因此土壤含氮量对植物生长尤为重要。表1数据表明,叔婆湾和小烂湖2个样地土壤的含氮量非常丰富,总氮含量分别为(3.1±0.208)和(4.8±0.104) g·kg⁻¹。可见,这2个样地都属于总氮含量极为丰富的土壤类型,且小烂湖样地土壤的总氮含量极显著高于叔婆湾样地($P<0.01$)。

土壤速效磷水平表征了土壤中可交换性磷的数量^[14]。测定结果(表1)表明,叔婆湾样地土壤速效磷含量为(18.1±2.112) μg·g⁻¹,小烂湖样地土壤速效磷含量为(13.7±1.824) μg·g⁻¹,2个样地间土壤速效磷含量差异不显著。

测定结果(表1)表明,叔婆湾样地土壤速效钾含量为(15.0±2.219) μg·g⁻¹,小烂湖样地土壤速效钾含量为(7.1±0.269) μg·g⁻¹,2个样地土壤速效钾含量均较低,且2个样地间土壤速效钾含量差异极显著($P<0.01$)。结果显示,东方水韭主要生长在土壤速效钾含量较低的生境中。

铁是一些重要酶的组成成分,在土壤和生物的氧化还原过程中起着极其重要的作用。土壤中铁离子的含量不仅与成土母质铁含量有关,而且与土壤酸碱度、土壤质地、有机质含量、土壤水土比,特别是土壤氧化还原电位有关^[15]。测定结果(表1)显示,叔婆湾样地和小烂湖样地土壤中总铁离子含量(即Fe³⁺和Fe²⁺总含量)分别为(221.6±8.577)和(240.0±0.861) μg·g⁻¹,表明这2个样地土壤中总铁离子含量均较高,但2个样地间差异不显著。

表1 东方水韭叔婆湾和小烂湖样地土壤主要营养成分的含量¹⁾

Table 1 Content of main nutritional components in Shupowan and Xiaolanhu plots of *Isoetes orientalis* H. Liu et Q. F. Wang¹⁾

样地 Plot	有机质含量/g·kg ⁻¹ Organic matter content	总氮含量/g·kg ⁻¹ Total nitrogen content	速效磷含量/μg·g ⁻¹ Available phosphorus content	速效钾含量/μg·g ⁻¹ Available potassium content	总铁离子含量/μg·g ⁻¹ Content of total iron ions
叔婆湾 Shupowan	102.7±4.866a	3.1±0.208A	18.1±2.112a	15.0±2.219A	221.6±8.577a
小烂湖 Xiaolanhu	122.8±7.775b	4.8±0.104B	13.7±1.824a	7.1±0.269B	240.0±0.861a

¹⁾ 同列中不同的大写字母或小写字母分别表示在0.01或0.05水平上差异显著 Different capitals or small letters in same column indicate the significant differences at 0.01 or 0.05 levels, respectively.

2.2 东方水韭叔婆湾样地水体 pH 值分析

土壤溶液酸碱度的变化对于水生植物生长发育有直接影响,土壤的 pH 值还会影响营养元素的有效性,从而影响植物对养分的摄取和吸收。测定结果表明,叔婆湾样地水体 pH 值在 pH 6.35 ~ pH 6.53 之间,其中,上、中和下游 3 个区域的水体 pH 值分别为 pH 6.35、pH 6.53 和 pH 6.49,均属于中性范围。

3 讨论和结论

水韭属植物在中国的自然分布范围以及种群数量日益减少,濒临灭绝^[3-4],而东方水韭濒危状况尤为严重,数量少且分布范围狭窄。为此,作者从生境土壤和水体的理化状况入手,对东方水韭分布密度有明显差异的 2 个样地进行比较,并参照植物营养标准,探讨了可能导致其濒危的环境因素。

虽然东方水韭叔婆湾和小烂湖样地土壤有机质含量有显著差异,但都属于有机质含量极为丰富的土壤类型,可为东方水韭的生长提供较为充足的营养,不是东方水韭的致危因素。虽然 2 个样地土壤中总氮含量也存在极显著差异,但都属于总氮含量丰富的土壤类型,也不可能是影响东方水韭生存的限制因素。由于 2 个样地土壤中的速效磷含量丰富且样地间无显著差异,故土壤中速效磷含量的高低也不是影响东方水韭种群发展的限制因素。2 个样地土壤中的速效钾含量均极低,且小烂湖样地的速效钾含量极显著低于叔婆湾样地,这种差异趋势与样地间东方水韭种群密度差异趋势相同。据此推测:2 个样地(特别是小烂湖样地)东方水韭种群的快速衰退可能与样地土壤中钾元素的极度缺乏有关,缺钾可能是导致东方水韭种群衰退的最重要的土壤因子之一。此外,2 个样地土壤中总铁离子含量都很高,且含量差异不显著,故总铁离子含量的高低也不可能是东方水韭生存和发展的营养限制因子。但在强还原的滞水厌氧条件下,铁元素多以 Fe^{2+} 的形式存在,土壤中 Fe^{2+} 过量可能导致植物发生铁中毒现象^[16]。值得注意的是,铁中毒常与缺钾代谢密切相关,铁中毒和缺钾响应互为促进^[17]。

东方水韭叔婆湾样地水体的 pH 值约为 pH 6.5,与其他研究者报道的“中华水韭 2 个居群(包括松阳居群)生境水体 pH 值呈偏酸性(pH 5.9)”^[2]有一定的差异,出现了一些值得关注的变化。随着群落演替

的不断进行,生境逐渐发生变化,土壤逐渐走向中生化,水体也逐渐中性化,生境中缺钾现象更为严重,导致群落中优势种类发生改变,适合更加湿生和弱酸环境的东方水韭不得不退出优势种的位置。

初步推测,土壤中钾的极度缺乏、水体酸碱度的中性化以及生境的中生化,很可能是导致东方水韭种群走向濒危的重要环境因素,具体原因将有待更进一步的实验研究。

参考文献:

- [1] Liu H, Wang Q F, Taylor W C. *Isoetes orientalis* (Isoëtaceae), a new hexaploid quillwort from China[J]. *Novon*, 2005, 15(1): 164-167.
- [2] 庞新安,刘星,刘虹,等. 中国三种水韭属植物的地理分布与生境特征[J]. *生物多样性*, 2003, 11(4): 288-294.
- [3] 陈进明,王青锋. 珍稀濒危蕨类植物东方水韭的遗传多样性[J]. *武汉植物学研究*, 2006, 24(6): 569-573.
- [4] 叶其刚,李建强. 浙江省中华水韭分布现状与濒危原因[J]. *武汉植物学研究*, 2003, 21(3): 216-220.
- [5] 刘星,庞新安,王青锋. 中国 3 种水韭属植物自然居群水体化学性质特征及差异性研究[J]. *植物生态学报*, 2003, 27(4): 510-515.
- [6] 朱圣潮. 中华水韭松阳居群的群落结构与种间联结性研究[J]. *生物多样性*, 2006, 14(3): 258-264.
- [7] 朱圣潮. 中华水韭松阳居群周边群落的物种多样性[C]//朱圣潮,柳新红,唐建军. *生态系统健康与生态产业建设*. 北京:气象出版社, 2007: 53-58.
- [8] 朱圣潮,朱文杰,陈欣,等. 不同演替阶段东方水韭群落特征初步研究[J]. *植物资源与环境学报*, 2009, 18(2): 22-27.
- [9] 杨乐苏. 土壤有机质测定方法加热条件的改进[J]. *生态科学*, 2006, 25(5): 459-461.
- [10] 鲍士旦. *土壤农化分析*[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社, 2000: 34-107.
- [11] 游植彝. 土壤速效钾测定方法的比较研究[J]. *土壤肥料*, 1992(4): 45-48.
- [12] 郝学宁,田种存,李凤桐. 原子吸收法测定土壤、植物中的铜铁锰锌[J]. *青海农林科技*, 1997(4): 32, 35.
- [13] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 778-783.
- [14] 张海涛,刘建玲,廖文华,等. 磷肥和有机肥对不同磷水平土壤磷吸附-解吸的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2008, 14(2): 284-290.
- [15] 曾昭华. 农业生态与土壤环境中铁元素的关系[J]. *环境监测管理与技术*, 2001, 13(4): 18-20.
- [16] 唐建军,王永锐,傅家瑞. 属间远缘杂交水稻耐铁毒性研究[J]. *中山大学学报论丛*, 1996(2): 164-168.
- [17] 唐建军,王永锐,傅家瑞. 植物铁素营养的生理生态观[J]. *生态科学*, 1995(1): 40-47.