

莲缢管蚜对水葫芦生长的抑制作用

董原¹, 赵永旭¹, 陈韦¹, 崔旭红², 商晗武^{1,2} (1. 浙江理工大学 生物工程研究所, 浙江 杭州 310018; 2 中国计量学院 生命科学学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 采用室外试验方法研究了不同密度和不同生育期的莲缢管蚜 (*Rhopalosiphum nymphaeae*) 对水葫芦 (*Eichhornia crassipes*) 生长的影响。结果表明, 莲缢管蚜成虫对水葫芦生长具有明显的抑制作用, 表现在水葫芦植株鲜重减轻, 总叶片数和新芽数减少, 叶片枯萎数增加。低密度莲缢管蚜对水葫芦根和叶片生长的抑制作用不明显, 但当莲缢管蚜密度大于 20 头·株⁻¹ 时抑制效果显著, 且随着作用时间的推移抑制作用更为明显。莲缢管蚜虽然对水葫芦生长具有一定的抑制作用, 但由于其食性广泛, 很可能会危及其他相邻水生植物, 因此作为水葫芦天敌控制水葫芦生长的可行性还有待深入研究。

关键词: 水葫芦; 莲缢管蚜; 生长; 抑制作用

中图分类号: S476⁺. 7; Q958. 12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673 - 4831 (2008) 03 - 0055 - 05

Inhibitory Effect of *Rhopalosiphum nymphaeae* on Growth of Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* DONG Yuan¹, ZHAO Yong-xu¹, CHEN Wei¹, CUI Xu-hong², SHANG Han-wu^{1,2} (1. Institute of Bioengineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. College of Life Sciences, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: An outdoor experiment was conducted for the inhibitory effect of *Rhopalosiphum nymphaeae* various in population density and growth stage on growth of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. Results show that growth of water hyacinth was significantly inhibited by adult aphids, which was demonstrated in reduction of fresh plant weight, number of leaves and sprouts, and increase in the number of wizened leaves. *R. nymphaeae* feed on water hyacinth, thus affecting their growth. However the effect is positively related to their density, i.e. if the density is higher than 20 aphids per plant, the effect is significant and will become more and more significant as time goes by. But it should also be noted that *R. nymphaeae* have a relatively broad range of hosts and may endanger other aquatic plants in the neighborhood. Thus, the applicability of *R. nymphaeae* as natural enemy to control water hyacinth needs to be further studied.

Key words: *Eichhornia crassipes*; *Rhopalosiphum nymphaeae*; growth; inhibitory effect

水葫芦 (*Eichhornia crassipes*), 又称凤眼莲, 属雨久花科凤眼兰属, 是世界上危害最严重的多年生水生杂草^[1]。该植物原产于南美洲亚马逊河流域, 在原产地由于天敌的协同作用, 并没有对环境造成危害^[2]。而在新入侵的环境中, 由于其生长快速的特性以及缺乏天敌的控制, 很容易暴发成灾, 给当地的生态环境、经济和居民健康带来了严重危害^[3]。水葫芦于 20 世纪初传入我国, 70 年代后在南方各省迅速扩散蔓延, 目前已经在 19 个省、市、自治区广泛分布, 特别是在长江沿岸及其以南地区的广大水域危害非常严重^[4], 每年因此造成的直接经济损失高达近百亿元^[5]。

在水葫芦的防治方法中, 生物防治措施由于种优点而受到国内外的关注^[6-8]。现已报道的水葫芦天敌有 43 种, 其中 19 种具有重要的生物防治价

值或潜力, 例如, 水葫芦象甲 (*Neochetina eichhorniae*)、布奇水葫芦象甲 (*Neochetina bruchi*) 等^[9]。我国虽有引进试验, 但因担心这些天敌潜在的生态风险而尚未推广应用。因此, 发挥本地物种的自然控制作用抑制水葫芦的生长备受重视。水葫芦引种我国已有百年历史, 在适应本地生态系统的过程中已发现取食水葫芦的本地昆虫, 如上海发现 1 种摇蚊 (*Chironomus* sp.) 的幼虫可为害其膨大茎, 是水葫芦的潜在天敌。通常认为, 当本地种可以对外来种进行有效控制的时候, 外来种也就逐渐成为归化种^[10]。2004—2005 年, 在浙江省对取食水葫芦的本

基金项目: FAO、农业部国际合作项目 [TCP/CPR/2904 (A)]

收稿日期: 2007-12-18

通讯联系人

地种进行调查过程中发现,莲缢管蚜 (*Rhopalosiphum nymphaeae*)取食水葫芦,并在初夏和秋天各形成 1 个高峰,水葫芦受莲缢管蚜为害后生长迟缓,植株变矮。为了明确莲缢管蚜对水葫芦的控制效果,笔者对水葫芦在遭受莲缢管蚜为害后的生物学特性进行了研究。

1 材料与方法

1.1 供试植物和试验条件

试验中所用水葫芦为浙江大学在自然条件下长期保存的实验种群。莲缢管蚜于 2005 年 9 月在杭州某池塘中水葫芦上采集带回实验室,放入养虫笼中用水葫芦饲养 2 d 后用于试验。试验均在室外进行,试验期间室外最高气温 35.4,最低气温 8.9,平均气温 19.8。

1.2 试验方法

(1)不同密度莲缢管蚜对水葫芦生长的影响

在圆形塑料桶 (15 cm ×35 cm)中加入 5 L 水及含 FeSO₄ 的复合肥混合液。选取长势基本一致的水葫芦植株 (每株总叶片数约为 23)称重后放入桶中,每桶 4 株,然后分别接入莲缢管蚜成虫 1、5、10、20、50 头,以不接莲缢管蚜的处理为对照。在试验第 15 天与第 25 天调查记录水葫芦株高、鲜重,并观察各处理蚜虫发生情况。试验进行到第 40 天时,将植株取出,观察水葫芦植株根、茎、叶的生长情况,分别测定各处理整株、茎叶和根的鲜重与干重 (60℃ 烘箱中烘干)。每个处理重复 4 次。

(2)莲缢管蚜成虫对水葫芦生长的影响

试验在直径 1.5 m、深 1 m 的水池中进行,水深

约 0.2 m,定期加入复合肥 (N P K 为 15 15 15),使水中 N、P 保持在 5~10 mg·L⁻¹。选取长势基本一致的水葫芦 10 株 (每株总叶片数约为 16),称重后放入池中,在每株水葫芦上接入莲缢管蚜成虫 30 头。在试验的第 4、8、10、14、19、24、30 天调查水葫芦植株的新抽芽数、叶片数和枯萎叶片数,并在试验的第 10 天与第 30 天分别测定水葫芦鲜重。

(3)不同生育期莲缢管蚜对水葫芦生长的影响

选取长势基本一致的水葫芦幼苗 (每株总叶片数约为 4)称重后放入加有 100 mL 水的矿泉水瓶 (5 cm ×13 cm)中,每瓶放入 1 株,用孔径 0.15 mm 纱网扎口。试验设 4 组,分别接入莲缢管蚜若虫 1 头、成虫 1 头和成虫 3 头,以不接虫为对照。接虫 40 d 后调查记录植株鲜重和干重。每个处理重复 20 次。

1.3 数据处理

用单因素方差分析或独立样本 *t* 检验各试验组间水葫芦植株生物量的差异,采用统计软件 SPSS 13.0 进行数据分析,显著性检验水平为 *P* = 0.05。

2 结果与分析

2.1 不同密度莲缢管蚜对水葫芦生长的影响

由表 1 可知,试验 15 d 后,莲缢管蚜密度较低时 (1、5、10 头·株⁻¹)其对水葫芦生长影响不大,当莲缢管蚜密度大于 20 头·株⁻¹时,水葫芦鲜重显著低于对照。试验 40 d 后,莲缢管蚜高密度 (20、50 头·株⁻¹)处理水葫芦鲜重与对照相比差异显著。不同接虫密度处理的水葫芦整株干重显著低于对照,叶片和根干重也显著低于对照。由此推测,水葫芦受到莲缢管蚜侵害后,植株对干物质的积累能力减弱。

表 1 不同密度莲缢管蚜对水葫芦鲜重和干物质积累的影响

Table 1 Effect of *Rhopalosiphum nymphaeae* different in density on fresh weight and dry matter accumulation of water hyacinth

蚜虫密度 / (头·株 ⁻¹)	不同试验时间水葫芦整株鲜重 /g				试验 40 d 水葫芦干重 /g		
	初始	15 d	25 d	40 d	整株	叶片	根
0 (CK)	38.4 ±1.4 a	98.0 ±4.6 bc	180.4 ±35.6 a	185.0 ±1.3 a	8.96 ±0.31 a	6.69 ±0.34 a	2.28 ±0.10 a
1	38.2 ±0.9 a	104.6 ±5.7 abc	144.9 ±5.6 b	112.1 ±7.0 cd	5.41 ±0.11 b	4.09 ±0.13 bc	1.32 ±0.05 bc
5	40.2 ±2.1 a	117.9 ±10.5 a	154.0 ±4.1 b	118.9 ±5.3 bc	5.19 ±0.32 bc	3.70 ±0.24 bcd	1.48 ±0.22 b
10	43.6 ±4.4 a	114.0 ±5.7 ab	160.8 ±12.2 ab	140.8 ±16.1 b	5.90 ±0.99 b	4.41 ±0.75 b	1.50 ±0.25 b
20	38.8 ±3.8 a	93.4 ±3.5 c	107.8 ±9.7 c	91.5 ±8.7 de	3.83 ±0.25 cd	2.96 ±0.13 cd	0.88 ±0.15 cd
50	40.7 ±1.4 a	74.3 ±4.3 d	85.8 ±7.5 c	82.1 ±9.5 e	3.45 ±0.64 d	2.75 ±0.56 d	0.70 ±0.12 d

数据为平均值 ±标准差,同一列内标注不同英文小写字母表示差异显著 (LSD 法多重比较, *P* = 0.05)。

从图 1、图 2 可以看出,受高密度莲缢管蚜为害后,水葫芦叶片的长宽变化不大,略有影响,但 50

头·株⁻¹莲缢管蚜处理水葫芦植株的总叶片数仅为对照的 45%,去除枯萎叶片数后仅为对照的 27%,

平均根长为对照的 49%,表现出显著的生长抑制。

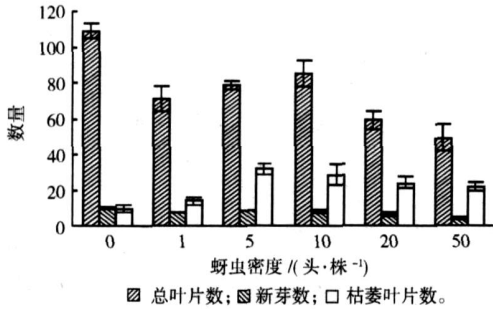


图 1 不同密度莲缢管蚜对水葫芦叶片数的影响

Fig 1 Effect of Rhopalosiphum nymphaeae different in density on number of water hyacinth leaves

蚜虫在水葫芦上生长良好,试验 15 d 后,各处理莲缢管蚜虫口达 50 ~ 450 头·株⁻¹,增长 9 ~ 50 倍。种群增长倍数与接虫密度密切相关,密度低时种群增长速度较快;试验 25 d 后,蚜虫密度为 1、5 头·株⁻¹处理的虫口分别达 110 和 380 头·株⁻¹,但 20 头·株⁻¹及以上高密度处理的虫口增长相对缓慢,产生有翅蚜;试验 40 d 后,可能受饲养空间及寄主营养的限制,各处理虫口基本趋同,达 450 ~ 700 头·株⁻¹,产生较多的有翅蚜。

2.2 莲缢管蚜成虫对水葫芦生长的影响

莲缢管蚜成虫对水葫芦生长的影响见表 2。表

表 2 水池饲养试验莲缢管蚜对水葫芦植株鲜重和新芽抽出数的影响

Table 2 Effect of pond-raised Rhopalosiphum nymphaeae on fresh weight of water hyacinth and number of their sprouts

蚜虫密度 / (头·株 ⁻¹)	不同试验时间水葫芦整株鲜重 /g			不同试验时间水葫芦新芽数 株 ⁻¹		
	初始	10 d	30 d	10 d	20 d	30 d
0 (CK)	20.4 ±1.7	33.2 ±1.7	199.8 ±12.5	8.0 ±0.5	14.1 ±0.5	51.5 ±1.7
30	20.4 ±1.5	50.8 ±3.8	63.1 ±4.6	2.3 ±0.4	5.7 ±0.2	11.5 ±0.5

数据为平均值 ±标准差。

由图 3 可知,试验 30 d 后与对照植株相比,接入莲缢管蚜成虫的水葫芦植株新抽叶片、新芽等生长均受到抑制,平均每株叶片总数为对照组的 32%,新抽叶片数为对照组的 20%,新芽数为对照

2 表明,蚜虫密度为 30 头·株⁻¹的水葫芦植株在试验 10 d 后整株鲜重和对照组差异显著 ($t=4.239$, $df=18$, $P<0.0001$),试验 30 d 后,差异更加明显。在相同的生长期,接入莲缢管蚜的水葫芦植株鲜重显著低于对照。试验 10 d 后,接虫水葫芦植株新芽数和对照组差异显著 ($t=9.544$, $df=18$, $P<0.0001$),试验 30 d 后,接虫水葫芦平均新芽数为 11.5 株⁻¹,而对照新芽数为 51.5 株⁻¹,2 者之间差异依然显著 ($t=2.478$, $df=18$, $P<0.0001$)。可见莲缢管蚜对水葫芦植株生长有抑制作用,且随着时间的推移,抑制作用更加明显。

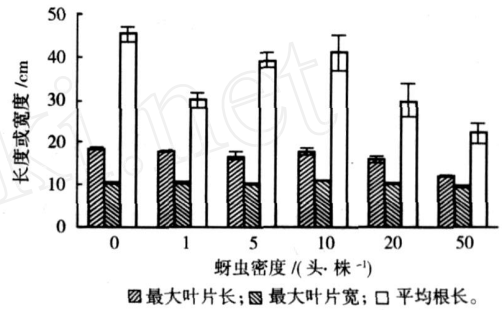


图 2 不同密度莲缢管蚜对水葫芦叶片长度、宽度和根长的影响

Fig 2 Effect of Rhopalosiphum nymphaeae different in density on length and width of the leaves and length of the roots of water hyacinth

组的 20%,而枯萎叶片数是对照组的 1.3 倍。莲缢管蚜成虫可以明显抑制水葫芦新抽芽,试验 24 d 后对照组新芽数为接虫处理组的 5.2 倍,试验 30 d 后,对照组新芽数为接虫组的 8.5 倍。

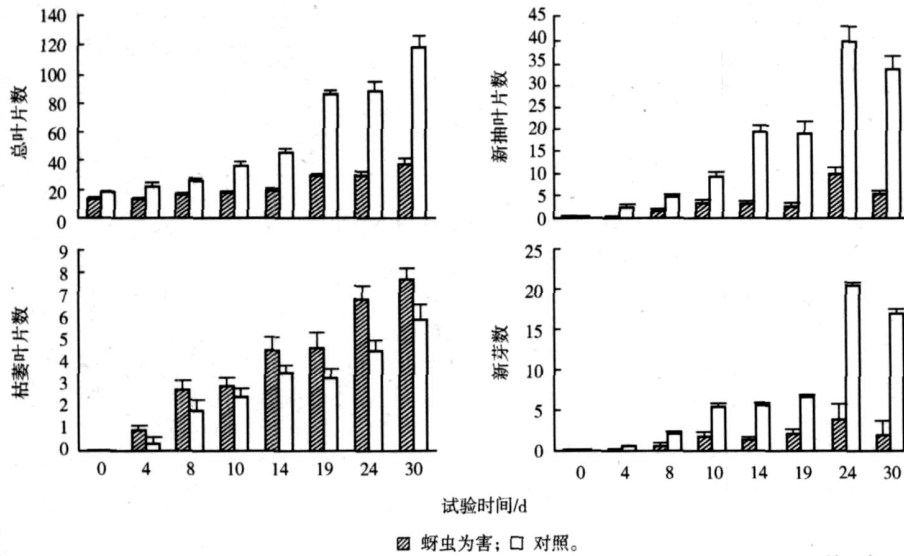


图 3 莲缢管蚜对水葫芦植株生长的影响

Fig 3 Effect of Rhopalosiphum nymphaeae on growth of water hyacinth

2.3 不同生育期莲缢管蚜对水葫芦幼苗生长的影响

由表 3 可见,试验 40 d 后,接 3 头成虫处理的水葫芦整株平均鲜重是对照的 85.0%;接 1 头若虫处理水葫芦的整株平均鲜重为对照的 93.5%,可见

低密度若虫对水葫芦生长的抑制作用不明显。低密度不同生育期的莲缢管蚜对水葫芦根和叶片干重的影响并不显著,各处理植株对干物质的积累能力也没有明显差异。

表 3 试验 40 d 后不同生育期莲缢管蚜对水葫芦幼苗生长的影响

Table 3 Effect of Rhopalosiphum nymphaeae different in growth stage on growth of water hyacinth seedlings on D 40

蚜虫密度 / (头·株 ⁻¹)	鲜重 /g		干重 /g		
	初始	整株	整株	叶片	根
0(CK)	2.1 ± 0.5 a	10.7 ± 0.7 a	0.45 ± 0.03 a	0.36 ± 0.03 a	0.10 ± 0.01 ab
1(若虫)	2.2 ± 0.5 a	10.0 ± 0.7 a	0.48 ± 0.04 a	0.36 ± 0.03 a	0.12 ± 0.01 a
1(成虫)	2.6 ± 0.6 a	9.2 ± 0.6 a	0.47 ± 0.03 a	0.37 ± 0.02 a	0.10 ± 0.01 ab
3(成虫)	2.6 ± 0.6 a	9.1 ± 0.8 a	0.40 ± 0.04 a	0.32 ± 0.03 a	0.08 ± 0.01 b

数据为平均值 ± 标准差,同一列不同英文小写字母表示差异显著 (LSD法多重比较, P < 0.05)。

3 结论与讨论

(1)水葫芦原产于南美洲亚马逊河流域,由于天敌的协同作用,在原产地并没有对环境造成危害^[8]。自 20 世纪引入中国后,由于水葫芦生长快速,加上缺少天敌的控制作用,随着作猪饲料利用数量的降低其种群迅速扩张,严重威胁我国水域的安全,对生态系统造成严重破坏,导致本地种群数量下降和遗传多样性丧失。同时,水葫芦又逐步适应了中国的地理气候条件逐渐成为归化物种,以它为寄主植物取食为害水葫芦的“天敌物种”大大增加。

(2)2004—2005 年,对浙江省杭州市和嘉兴市的调查中发现了多种能够取食或为害水葫芦的物种:如短额负蝗 (*Atractonopha sinensis*)、中华蚱蜢 (*Acrida chinensis*)、中华稻蝗 (*Oxya chinensis*)、斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*)、莲缢管蚜 (*Rhopalosiphum nymphaeae*)以及 1 种叶螨、1 种扁螺和 2 种未知的病原菌,尤以斜纹夜蛾和莲缢管蚜为优势种。由于捕食者的作用,水葫芦的危害在某种程度上受到了制约。

(3)莲缢管蚜为我国莲、慈姑等水生植物生产中的重要害虫,分布广泛。试验表明,莲缢管蚜成虫

可明显抑制水葫芦新芽的抽出,使其新芽数一直保持在较低水平;高密度 (>20 头·株⁻¹)莲缢管蚜对水葫芦的生长抑制显著,且会显著影响水葫芦对干物质的积累。莲缢管蚜是水葫芦的潜在天敌,其在水葫芦的控制在水葫芦适应了中国的地理气候条件后逐步成为归化物种的过程中可能具有重要作用。

(4)虽然莲缢管蚜对水葫芦有一定的抑制作用,但由于其食性广泛,很可能会危及其他生物或经济作物,甚至造成二次虫害。例如,莲缢管蚜除为害莲、水葫芦外,还可取食梅花、桃花、慈姑、浮萍、眼子菜等;并且一年可发生多代^[11-12]。水葫芦在气温较高的 4—5 月开始发生,与莲、睡莲等生长期有重叠,当莲缢管蚜取食水葫芦时,也可能会为害共同存在或是相邻水域的莲等水生植物。莲缢管蚜为非专食性昆虫,当水葫芦植株水上部分至整株枯萎后,很可能转而取食附近水面或岸边其他植物,因此莲缢管蚜作为水葫芦天敌控制水葫芦的可能性不大。但是莲缢管蚜是取食水葫芦的 1 种昆虫,在自然系统中对水葫芦产生的抑制作用值得进一步深入研究。

致谢:承蒙中国水稻研究所张志涛研究员审阅并修改全文,特此致谢。

参考文献:

- [1] GROOTE H D, AJUNU O, ATTIGNON S, *et al* Economic Impact of Biological Control of Water Hyacinth in Southern Benin [J]. *Ecological Economics*, 2003, 45 (3): 105 - 117.
- [2] 胡新军,张古忍.水葫芦及其自然天敌 [J]. *昆虫天敌*, 2005, 27 (1): 32 - 36.
- [3] 万方浩,郑小波,郭建英,等.重要农林外来入侵物种的生物学与控制 [M]. 北京:科学出版社, 2005: 695.
- [4] COLLIER S J. Biological Control of Water Hyacinth, *Eichhornia crassipes* (Pontederiaceae), in South Africa [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1991, 37 (1/2/3): 207 - 217.
- [5] 江洪涛,张红梅.国内外水葫芦防治研究综述 [J]. *中国农业科技导报*, 2003, 5 (3): 72 - 73.
- [6] JIMÉNEZ M M, BALANDRA M A. Integrated Control of *Eichhornia crassipes* by Using Insects and Plant Pathogens in Mexico [J]. *Crop Protection*, 2007, 22 (8): 1234 - 1238.
- [7] CENTER T D, DRAY F A, JUBNSKY G P, *et al* Water Hyacinth Weevils (*Neochetina eichhorniae* and *N. bnuchi*) Inhibit Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Colony Development [J]. *Biological Control*, 1999, 15 (1): 39 - 50.
- [8] STANLEY J N, JULIEN M. The Host Range of *Ecritotarsus cartarinensis* (Heteroptera: Miridae), a Potential Agent for the Biological Control of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) [J]. *Biological Control*, 1999, 14 (3): 134 - 140.
- [9] 胡新军,张古忍.水葫芦及其自然天敌 [J]. *昆虫天敌*, 2005, 27 (1): 32 - 36.
- [10] GAO L, LIB. A Potential Native Natural Enemy of Invasive Aquatic Weed—Water Hyacinth [J]. *Biological Invasions*, 2006, 8 (8): 1689 - 1692.
- [11] 张广学.中国经济昆虫志(同翅目,蚜虫类):第 25 分册 [M]. 北京:科学出版社, 1983: 251 - 253.
- [12] 罗天相.莲藕主要害虫的初步调查与防治 [J]. *湖北植保*, 2005, 3 (3): 14 - 15.
- [13] 作者简介:董原(1984—),女,安徽合肥人,硕士,从事外来入侵生物风险预警与防控技术研究。
- [14] (上接第 54 页)
Chemistry, 2004, 89 (1/2/3/4): 289 - 311.
- [15] SCHEFFER M. Ecology of Shallow Lakes [M]. 2nd Version. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2002: 31 - 48.
- [16] WETZ M S, WHEELER P A. Release of Dissolved Organic Matter by Coastal Diatoms [J]. *Limnology and Oceanography*, 2007, 52 (2): 798 - 807.
- [17] NGUYEN M L, WESTERHOFF P, BAKER L, *et al* Characteristics and Reactivity of Algae-Produced Dissolved Organic Carbon [J]. *Journal of Environmental Engineering*, 2005, 131 (11): 1574 - 1582.
- [18] WU F, TANOUE E. Isolation and Partial Characterization of Dissolved Copper-Complexing Ligands in Streamwaters [J]. *Environmental Science & Technology*, 2001, 35 (18): 3646 - 3652.
- [19] LEENHEER J A, CROUE J P. Characterizing Aquatic Dissolved Organic Matter [J]. *Environmental Science & Technology*, 2003, 37 (1): 18 - 26.
- [20] CHEN W, WESTERHOFF P, LEENHEER J, *et al* Fluorescence Excitation-Emission Matrix Regional Integration to Quantify Spectra for Dissolved Organic Matter [J]. *Environmental Science & Technology*, 2003, 37 (24): 5701 - 5710.
- [21] WU F C, KOTHAWALA D N, EVANS R D, *et al* Relationship Between DOC Concentration, Molecular Size and Fluorescence Properties of DOM in a Stream [J]. *Applied Geochemistry*, 2007, 22 (8): 1659 - 1667.
- [22] 作者简介:杨帆(1984—),男,浙江宁波人,硕士生,主要从事浅水湖泊生态学及生态修复方面的研究。