

伊乐藻与狐尾藻、苦草和金鱼藻的竞争研究

段德龙, 于金金, 杨 静, 胡倩如, 马 帅, 任韶霞, 马剑敏*
(河南师范大学 生命科学院, 河南 新乡 453007)

摘要: 在室外 2 m×2 m 的水池中同时种植伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻 4 种沉水植物, 观察其周年生长的长势、分布面积等情况, 以了解各自竞争力强弱。结果表明: 6-8 月时, 伊乐藻生长最快, 扩张能力最强, 从最开始的 1.08 m² 增长至 8 月份的 3.69 m², 其数量占 4 种沉水植物总数量的比例在 6 月份达到最高, 为 76.59%。7-9 月时, 狐尾藻有冠层位置的优势, 能够漂浮在水面上充分利用阳光, 面积增大至 2.34 m², 而其数量所占的比例仍在增加, 直到 10 月份达到最高 (48.99%); 而此时苦草具有中下层的生长优势, 伊乐藻由于不喜高温而退化, 处于劣势, 面积最低退至 1.26 m²。在秋冬至春季, 由于伊乐藻较强的耐寒能力, 面积增至 3.20 m², 使它在时空竞争中更早期地显示出优势, 直接影响到种间竞争的格局。从整体来看, 伊乐藻在与本土种的竞争中占据明显优势, 我国北方引种时要慎重。

关键词: 伊乐藻; 狐尾藻; 金鱼藻; 苦草; 竞争力

中图分类号: Q948.12⁺ 2.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)08-0149-05

Research on Competition of *Elodea nuttallii* with *Myriophyllum verticillatum*, *Vallisneria natans* and *Ceratophyllum demersum*

DUAN De-long, YU Jin-jin, YANG Jing, HU Qian-ru, MA Shuai, REN Shao-xia, MA Jian-min*
(College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: Four submerged macrophytes, *Elodea nuttallii*, *Myriophyllum verticillatum*, *Vallisneria natans* and *Ceratophyllum demersum*, were planted to observe the growth potentials and competitive abilities in outdoor 2 m×2 m pools. The areas of every species were 1.08 m². Results showed that from June to August, *Elodea nuttallii* grew fastest and its expansion ability was strongest. Its distribution area was 3.69 m² and the quantity proportion reached highest, 76.59% in June. From July to September, *Myriophyllum verticillatum* had the advantage of canopy position, and floated on the surface. It could make full use of sunshine and its area reached 2.34 m², while its quantity proportion still increased, and reached the highest of 48.99% in October. At this period, *Vallisneria natans* grew in the middle and lower layer of the water body, meanwhile *Elodea nuttallii* degenerated because of heat and the lowest area reduced to 1.26 m². In autumn, winter and spring, because *Elodea nuttallii* had strong chillness-tolerance, its area increased to 3.20 m², which made it possess competition advantage in time and space, and directly affected competition pattern among the four plants. Overall, *Elodea nuttallii* occupied a distinct advantage in competition with native species, which should be paid attention to when introduced in northern

收稿日期: 2011-02-12
基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07106-002-004); 河南师范大学大学生创新性实验计划; 河南师范大学(国家级)实验教学示范中心大学生创新性实验计划项目
作者简介: 段德龙(1988), 男, 河南新乡人, 在读本科生, 研究方向: 生态学。E-mail: 824949149@qq.com
* 通讯作者: 马剑敏(1964), 男, 河南偃师人, 教授, 主要从事水污染与水生态修复方面的研究。E-mail: mjm6495@sina.com
© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

China.
Key words: *Elodea nuttallii*; *Myriophyllum verticillatum*; *Vallisneria natans*; *Ceratophyllum demersum*; Competition ability

生物入侵是自然界一种普遍存在的现象。近代大部分生物入侵产生的最根本原因是人类的活动^[1]。伴随着全球一体化趋势的发展和步伐的加快,外来种所导致的生物入侵已成为一个世界性的生态和经济问题^[2]。外来入侵种的适应能力比较强,排挤其他物种的同时往往形成优势种群,间接使依赖于原有本地物种生存的其他物种种类和数量减少,最后导致生态系统的单一和退化,改变或破坏了当地的自然景观^[3]。生物入侵一旦暴发,其过程是不可逆的,很难治理。它对生物多样性、生态系统的稳定性,以及所有物种都赖以生存的自然界的平衡,造成了长期的威胁。我国现已成为生物入侵受害最严重的国家之一^[4]。

纽氏伊乐藻(*Elodea nuttallii*, 国内一般称其为伊乐藻)是水鳖科的沉水植物,雌雄异株,原产北美,于 20 世纪 80 年代初引入我国^[5]。它具有极强的入侵性,19–20 世纪被引入欧洲及其他国家,在法国、日本、瑞士、不列颠群岛等国家和地区一些受干扰较大的水体中很快取代其他物种,成为当地的优势种^[6–8]。伊乐藻的主要优点是:耐污性和无性繁殖能力强,易种易活,生长迅速,对污染水体的净化效果好,特别是它适合在水位较低、透明度较高的晚秋至次年早春期间种植,成活率较高,比其他本土种有较大优势。其作为养虾蟹池塘的水草时,易种易活,生长快,净化水质能力强,鱼和蟹喜食,为虾蟹的生长提供饵料和良好的生境,可提高虾蟹的品质,养殖农民喜欢使用它^[9–10]。

胡耀辉^[11]曾对伊乐藻、黑藻、微齿眼子菜和金鱼藻的竞争态势进行了研究,结果显示,伊乐藻在竞争中是优势种。许经伟等^[12]研究了伊乐藻和黑藻的长期竞争情况,发现伊乐藻优越的耐寒性以及营养体的越冬方式,使它在冬春时空竞争中拥有明显的优势,从而取代黑藻。目前,我国对水生植物入侵的研究仍比较薄弱,本研究开展伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻的长期竞争试验,进一步了解伊乐藻这一外来物种的入侵能力,为利用或控制伊乐藻提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻取自河南师范大

学实验基地长期室外培养的水缸中,试验开始前预先在室内扩大培养。

1.2 试验方法

2009 年 4 月,在 3 个 2 m × 2 m 的水池中填入约 30 cm 厚的泥土,再加入约 30 cm 深的地下水,曝气一段时间用于栽植各种植物。选取生长状态良好的伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻各 16 段,每段长约 15~20 cm,以图 1 的格局插植入泥土之中。每种植物植入 4 行 4 列,其间距约为 15 cm。每月定期观察 1~2 次,连续观察 4 个季节,记录各种植物的生长状况、分布范围、密度等指标。数据用 SPSS 16.0 和 Excel 2003 处理。

	伊乐藻	
狐尾藻		苦草
	金鱼藻	

图 1 伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻的种植格局

2 结果与分析

2.1 4 种沉水植物的生长状况

4 月至 8 月中旬:刚种植时,伊乐藻、狐尾藻、苦草表现出了极强的断枝繁殖能力,成活率几乎为 100%,而金鱼藻则大部分腐烂,几乎没有存活。6 月,清除腐烂的金鱼藻并每池补种 16 株,发现有丝状藻的污染,作出清理。其余 3 种植物均生长良好。伊乐藻在划定区域外稍有蔓延,部分与苦草穿插。苦草、狐尾藻较为集中地生长在划定区域,狐尾藻有种子漂浮于水面上。之后,伊乐藻向两侧及中间部分延伸,最远延伸至金鱼藻原来生长范围,但只有延伸的部分长势良好。狐尾藻形成明显的分层现象。苦草长势良好,分布范围向金鱼藻的范围和中间部分靠拢。池中中部狐尾藻、苦草和伊乐藻形成中间地带,三者共同生长。至 7 月中旬,金鱼藻已绝迹。8 月时,伊乐藻只有下半部分枝条略显绿色。狐尾藻部分枯黄,其下层伊乐藻退化,基本没有苦草生长的迹象。

9 月至 10 月下旬:9 月份,伊乐藻的覆盖区域和数量明显减少,呈现明显的退势;狐尾藻与苦草相比,在分布范围上略占优势,而苦草大部分呈绿色,数量有所减少。至 10 月中旬时,伊乐藻恢复生长,开始呈现出

绿色, 且又与狐尾藻交叉生长, 狐尾藻仍占据同先前相当的区域, 有退化的迹象, 漂浮的狐尾藻被丝状藻缠绕较为严重。苦草退化, 但叶片仍呈绿色, 没有死亡的迹象。水池中丝状藻腐烂较多, 水质变混浊。10 月下旬, 伊乐藻分布范围最广, 入侵到中部, 苦草部分的伊乐藻开始泛黄。狐尾藻大幅度减少, 退回到原先种植时的区域, 叶色大部分显得枯黄。由于池塘周围施工, 植物遭受了严重的人为破坏, 以狐尾藻最甚。苦草退化迹象明显, 集中分布在水池边缘, 且部分发黄。

11 月: 中旬时伊乐藻仍保有原来的面积, 狐尾藻遭受破坏的趋势略为缓和, 分布稍有扩散, 苦草退化严重。11 月下旬, 部分伊乐藻被浮冰覆盖, 其密度不高, 被丝状藻和狐尾藻覆盖的部分尤为明显。狐尾藻面积进一步减少, 由于施工的关系, 一些非试验人员在未经许可的情况下擅自拔除狐尾藻。苦草叶片开始呈现出褐色, 由于降温, 其表现出衰退现象。丝状藻已腐烂呈絮状沉于池底。

12 月至翌年 3 月: 由于降温, 池中结冰, 植物被冻于冰下, 无法观察和测量。至来年 2 月, 冰面开始融化, 植物基本上死亡, 只有少许断枝存活。待气温逐渐回升, 伊乐藻的断枝首先表现出生命力, 开始变绿, 呈现欲恢复状, 其他植物尚未表现出生命力, 没有恢复迹象。

可见, 伊乐藻在 4 种植物的竞争中明显占优势, 狐尾藻与苦草处于平行生长状态, 但狐尾藻生长略好于苦草, 而金鱼藻则在早期绝迹。

2.2 4 种沉水植物分布面积的比较

伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻 4 种沉水植物各月份的分布面积如图 2 所示。从总体上看, 伊乐藻 4—8 月份一直处于增长阶段, 且面积在 6—8 月处于优势, 从最开始的 1.08m^2 增长至 3.69m^2 。其原因是 4—5 月为刚刚栽植的时间, 四者的分布面积基本一致; 而春季气温较低, 较适宜伊乐藻生长, 故 6—7 月时伊乐藻生长最快, 并向四周扩展, 至 8 月达到顶峰。9 月伊乐藻面积突然下降至 1.26m^2 , 但 9—11 月总体仍表现增长趋势。其原因是 6—8 月期间温度日渐升高, 高温使伊乐藻停止生长并出现衰退, 至 9 月时面积变为最小; 但当炎热的天气过后, 伊乐藻又表现出旺盛的长势, 向四周扩散, 面积逐步恢复并再度达到最大。金鱼藻刚种植时同其他植物长势一样, 但 6 月时分布面积锐减, 至 7 月绝迹。狐尾藻整体呈现平稳的增长态势, 从最初 1.08m^2 增长至 8 月份的 2.34m^2 , 9 月份有所减少, 但 10 月份又恢复至 2.34m^2 ; 至 11 月份面积出现锐减, 其原因是由于周边施工被人部分挑出池子所致。苦草的面积状况从整体上看呈典型的抛物线状, 这比较符合其生长规律。

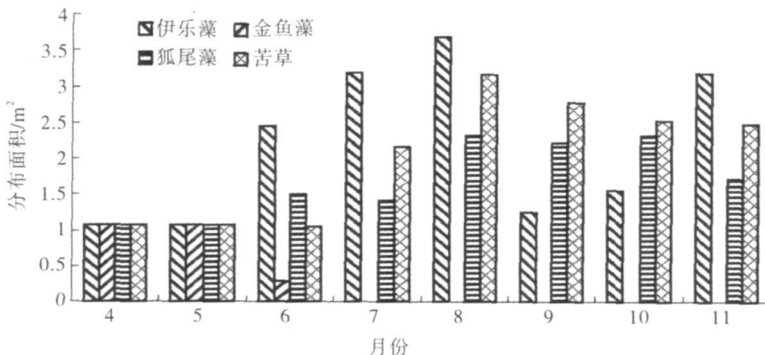


图 2 4 种沉水植物在池塘中的分布面积

2.3 4 种沉水植物总株数的比较

伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻 4 种植物各月份的总株数如图 3 所示。相对于其他三者的总数, 伊乐藻在 6—8 月份已处于绝对的优势。8 月时, 伊乐藻总株数达到 2 748 株, 而金鱼藻早已绝迹, 狐尾藻 990 株, 苦草 1 029 株, 它们在数量上远远落后于伊乐藻。至 9 月时, 由于正值酷暑天气, 而伊乐藻又经过 6—8 月份的炎热天气, 退化严重, 导致其数量急剧下降至 766 株, 到 10 月气温有所下降时才开始回升, 与其分布面积的变化状况相一致。金鱼藻在 6 月数量减少, 虽经人为补救, 但还是于 7 月份绝迹。

狐尾藻一直处于缓慢增长状态, 从 6 月的 648 株增长至 10 月的 1 503 株, 但 10 月底由于遭受人为破坏, 数量急剧减少。苦草的数量整体呈现抛物线趋势, 8 月份为抛物线顶端, 呈现出植物的一般生长规律。

2.4 4 种沉水植物所占总株数比例的比较

图 4 为伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻数量占池塘中 4 种植物总数量的比例。从整体上看, 虽然伊乐藻所占比例出现一定的波动性, 但在 1a 中大多数时间处于优势地位, 6 月份比例最高, 达到 76.59%, 而在 11 月份也占到 71.23%。狐尾藻所

占比从 4 月到 10 月呈波动上升趋势, 至 10 月达顶峰(从 25% 上升至 48.99%), 而 11 月由于遭到人为干扰和降温的双重影响, 致使其株数所占比例下降至 21.14%。6-8 月为苦草的生长旺盛期, 其扩

散面积和总株数都有较大的增长(图 2、图 3), 但所占总株数的比例增长缓慢(从 1.5% 增至 21.59%), 在天气转冷的 9-11 月, 其所占比例开始下降(从 19.44% 下降至 7.43%)。

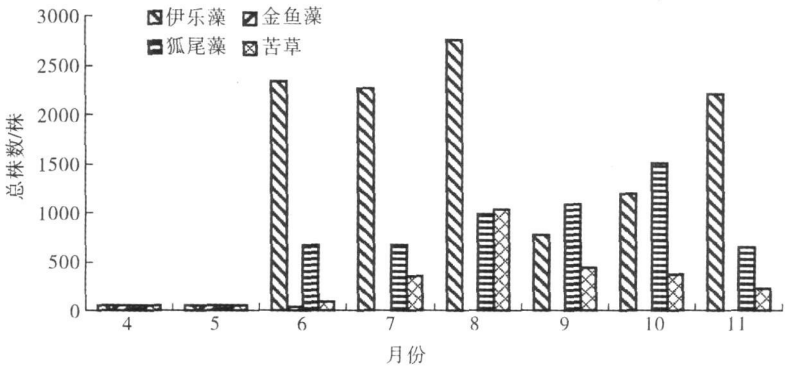


图 3 4 种沉水植物的总株数

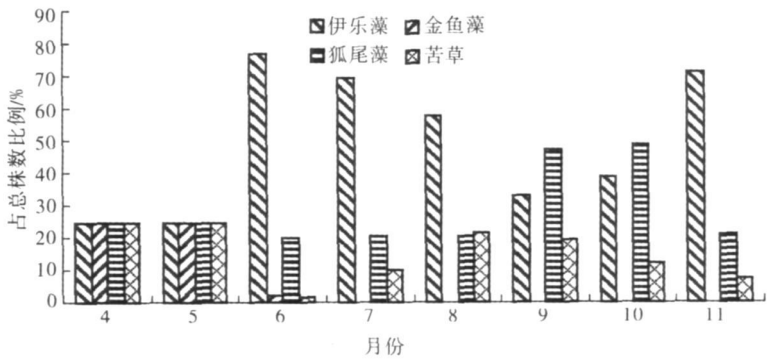


图 4 4 种沉水植物占植物总数量的比例

3 结论与讨论

从本试验 4 种植物的生活史来看, 6-8 月时, 伊乐藻繁殖能力最强, 能在较短的时间内建立自己的种群; 7-9 月时, 狐尾藻有冠层位置的优势, 能够漂浮在水面上充分利用阳光, 而此时苦草具有中下层的生长优势; 在秋冬至春季, 由于伊乐藻具有较强的耐寒能力以及其营养体的越冬生长, 使它在时空竞争中更早的显示出优势, 并直接影响到种间竞争的结局。

伊乐藻在我国长江流域及其以南的水体中, 往往不能度夏, 在 5 月底至 7 月间大量死亡, 仅有少数植株存留, 且其枝叶发黄, 生长停止, 进入休眠期, 至 10 月后再缓慢恢复生长, 12 月后生长大大加快, 至翌年 3-4 月时, 生长速度达到最快^[13-14]。它在夏季大量死亡的原因, 不仅仅是由于高温造成, 短期内, 伊乐藻的耐高温能力甚至好于金鱼藻, 但高温是诱发它夏季死亡的重要因素^[15]。这也是伊乐藻在我国南方水体中扩张受到限制的决定因素, 否则, 有可

能早已大暴发。本试验还有另外一种考虑, 就是要了解伊乐藻在黄河以北地区的水体中能否安全度夏, 因为这关系到它在我国北方的扩张力和入侵力。从试验观察来看, 伊乐藻在新乡地区基本可以度夏, 没有大规模死亡, 但在夏季的生长仍受到了明显的抑制, 生长速度大大下降。但从全年来看, 无论是分布面积还是总株数, 伊乐藻从整体上占优势, 这种夏季的抑制对其扩张的影响尚没有达到致命的限制, 在与狐尾藻、苦草、金鱼藻这 3 种常见的本土种的竞争中仍能占据明显优势, 这暗示在我国北方, 伊乐藻的入侵性可能会大于南方。因此, 在我国北方水体, 引种伊乐藻更要慎重。

总而言之, 要准确衡量物种的竞争能力, 必须了解植物的形态、生理、生活史及可能影响竞争能力的环境因素等, 充分掌握这些因素, 才能更准确地判断植物的竞争力。本试验仅是在较小规模上对自然环境的模拟研究, 只能初步了解伊乐藻、狐尾藻、苦草和金鱼藻的竞争能力, 具有一定的局限性, 而要全面地考查其竞争关系, 还需要进一步开展研究。 (下转第 155 页)

续表 1 13 种杀菌剂对小麦白粉病的防效

处理	有效用量/ (g/hm ²)	病指					防效/%
		1	2	3	4	平均	
15% 三唑酮 WP	270	3.15	1.89	1.53	2.21	2.20	60.8bcC
10% 苯醚甲环唑 WG	60	2.60	2.28	1.75	2.65	2.32	58.5cC
25% 戊唑醇 WP	150	3.43	2.16	1.73	2.28	2.40	57.1cC
30% 爱苗 EC	90	4.25	3.03	2.55	2.24	3.02	46.1dD
25% 噁菌酯 SC	150	4.68	2.25	2.53	3.86	3.33	40.5dD

3 结论与讨论

本试验中, 50% 噁菌酯干悬浮剂、7.5% 氟环唑乳油和 25% 丙环唑乳油对小麦白粉病均有很好的防治效果, 防效分别为 86.8%、85.1%、79.3%; 50% 禾瑞水分散粒剂、5% 烯炀菌胺乳油、12.5% 烯炀醇可湿性粉剂、15% 氯啉菌酯乳油等几种杀菌剂也有较好的防效, 均优于常规使用药剂 15% 三唑酮可湿性粉剂, 可作为防治小麦白粉病的药剂推广应用。其中, 氟环唑、丙环唑和烯炀醇是具有保护和治疗作用的三唑类内吸广谱杀菌剂, 对小麦锈病、白粉病、纹枯病、黑胚病等均有较好的防效。噁菌酯、烯炀菌胺、氯啉菌酯属于甲氧丙烯酸酯类杀菌剂, 此类杀菌剂具有广谱和活性高的特点, 可有效防治几乎所有小麦真菌病害, 并且又可控制对三唑类杀菌剂产生抗性的病原菌, 对非靶标生物和环境安全^[8]。在防治小麦白粉病时, 可将甲氧丙烯酸酯类杀菌剂与三唑类杀菌剂轮换使用, 以缓解病菌抗性逐年上升的趋势, 提高小麦白粉病的防治效果和延长药剂的使用寿命。

参考文献:

[1] 闫金龙, 畅志坚, 孙美荣, 等. 中间偃麦草抗小麦白粉病基因导入及其抗性评价[J]. 华北农学报, 2010, 25(3): 225-230.

[2] 詹海仙, 刘惠民, 畅志坚, 等. 小偃麦衍生品系 CH 7086 对白粉病抗性的遗传分析[J]. 山西农业科学, 2008, 36(3): 12-14.

[3] 段双科, 许育彬, 吴兴元. 小麦白粉病菌致病毒性和抗病基因及抗病育种研究进展[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(2): 83-86.

[4] 唐媛, 傅体华, 贾明娟. SSR 标记定位一个新的小麦白粉病抗性基因[J]. 华北农学报, 2008, 23(5): 127-130.

[5] 魏国荣, 韩青梅, 康振生. 三唑类杀菌剂 Folicur 与 Caramba 防治小麦白粉病研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 33(增刊): 41-43.

[6] 刘淑香, 杨军玉. 3 种杀菌剂防治小麦白粉病田间试验[J]. 现代农业科技, 2010(2): 178, 180.

[7] 马志强, 刘国容, 严乐恩. 小麦白粉菌对三唑酮抗性监测[J]. 植物保护学报, 1997, 24(3): 85-88.

[8] 司乃国, 刘君丽, 张宗俭, 等. 甲氧丙烯酸酯类杀菌剂的开发与应用[C] // 周明国. 中国植物病害化学防治研究(第 2 卷). 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

(上接第 152 页)

参考文献:

[1] Mooney H A, Cleland E E. The evolutionary impacts of invasive species[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2001, 98: 5446-5451.

[2] Perrings C, Williamson M, Dalmazzone S. The economics of biological invasions[M]. Cheltenham: Edward Elgar, 2000.

[3] 彭少麟, 向言词. 植物外来种入侵及其对生态系统的影响[J]. 生态学报, 1999, 19(4): 560-568.

[4] 徐汝梅, 叶万辉. 生物入侵——理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 250.

[5] 谷孝鸿, 陈开宁, 胡耀辉. 东太湖伊乐藻的营养繁殖及对渔业污水的净化[J]. 上海环境科学, 2002, 21(1): 43-45.

[6] Kuni H. Seasonal growth and profile structure development of *Elodea nuttallii* (Planch.) St. John in pond Ojagar Ike, Japan[J]. Aquatic Botany, 1984, 18: 239-247.

[7] Barrat Segretain M H. Invasive species in the Rhone River floodplain (France): replacement of *Elodea canadensis* Michx. by *E. nuttallii* St. John in two former river channels[J]. Archive Fur Hydrobiologie, 2001, 152: 237-251.

[8] Barrat Segretain M H, Elger A, Sagnes P, et al. Comparison of three life history traits of invasive *Elodea canadensis* Michx. and *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John[J]. Aquatic Botany, 2002, 74: 299-313.

[9] 陈晓兰, 杨华军. 虾蟹养殖中水草的选择[J]. 渔业致富指南, 2001(15): 41.

[10] 肖启东, 顾建新, 钱伟达. 养蟹池水草的种植与管理技巧[J]. 渔业致富指南, 2004(7): 38.

[11] 胡耀辉. 伊乐藻等几种沉水植物的生物量和生产量测定以及竞争态势试验[J]. 湖泊科学, 1996, 8(增刊): 366-370.

[12] 许经伟, 李伟, 刘贵华, 等. 两种沉水植物黑藻和伊乐藻的种间竞争[J]. 植物生态学报, 2007, 31(1): 83-92.

[13] 马剑敏, 贺锋, 成水平, 等. 武汉莲花湖水生植被重建的实践与启示[J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(5): 473-478.

[14] 马剑敏, 成水平, 贺锋, 等. 武汉月湖重建水生植被的实践与启示[J]. 水生生物学报, 2009, 33(2): 222-229.

[15] Ma J, Jin T, He F, et al. Responses of *Elodea nuttallii* and *Ceratophyllum demersum* to high temperature[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2009, 18(9): 1588-1596.