

澳古茨藻传粉生物学和繁育系统的初步研究^{*}

石耀华 郭友好^{**} 黄双全

(武汉大学生命科学院, 430072)

摘要 澳古茨藻(*Najas oguraensis* Miki) 是典型的水下水媒传粉植物。雄花在水粉释放前 2—4h 花梗迅速伸长, 突破膜质鞘状外被, 并且向外弯曲, 至花粉释放盛期几乎呈水平状态, 有利于释放后的花粉直接进入水流以求传播。花部组成与结构极为简化, 花粉中富含淀粉粒, 花粉落置柱头前常萌发出长的花粉管, 形成宜为柱头捕获的花粉管, 表现出对水下水媒传粉的高度适应。有性繁殖十分发达, 自交、异交和混交的结实率都在 85% 以上; 花粉/胚珠(P/O) 为 2690 ± 300 , 指示兼性自交的繁育系统。无性繁殖较弱, 仅以易长不定根的植株片段形式存在, 但仍对该种的扩散具有重要意义。作者对澳古茨藻的花生物学特征、传粉机制以及繁育系统进行了探讨, 对澳古茨藻表现出的许多沉水植物所特有的特征特性: 花被的简化、花粉外壁的简化作了解释, 讨论了繁育系统中自交与异交的关系。

关键词 澳古茨藻, 传粉生物学, 繁育系统

国内外从事植物进化生物学的学者普遍认为, 对植物繁育系统多样化及其作用模式和机制的研究是理解植物各类群进化的一个重要因素^[1]。繁育系统的转变可能来自影响有效传粉比率的环境变化^[2]。尽管水生境比陆生境更加稳定, 但水生境的特殊压力和植物自身生殖的需要, 仍迫使源于陆生被子植物的许多水生植物程度不同地朝着适水的传粉系统方向发展^[3], 或在繁育系统式样等方面作出适应性修饰^[1]。水生植物对其生存环境的成功适应, 以有效的水媒传粉机制的形成成为最终标志。这一观点已为当今研究者广为接受^[4,5]。Philbrick^[6]认为, 在各类水媒传粉植物中, 水下水媒传粉是最适于水生境的传粉系统, 但值得注意的是, 水下水媒传粉仅见于少数海水水生植物和淡水水生植物中。一种观点认为, 海水被子植物是从淡水植物演化来的^[4], 其水媒传粉系统因此可以逻辑地推论为由淡水植物的传粉方式演化而来。研究淡水植物的水媒传粉也成为理解植物水媒传粉的起源及其选择压力本质的关键^[5]。水媒传粉的研究工作已有不少, 但对海水植物的研究居多。存在水下水媒传粉的其它 6 属淡水被子植物中, 仅 *Althenix* 和 *Zannichellia* 两个属有过报道^[7,8]。茨藻属(*Najas*) 是典型水下水媒传粉的一年生单子叶植物, 除大茨藻

^{*} 国家自然科学基金资助课题(NSFC, No. 39570054)

^{**} 通讯联系人

1998-09-18收到, 1999-03-01修回

(*N. marina* L.) 雌雄异株外, 其余均为雌雄同株, 单性花。该属物种多达 30—50 种, 是沉水生植物中物种分化水平最高的一个属, 其余 17 属沉水水生植物中, 绝大多数的属少于 8 种。茨藻属的水下水媒传粉系统在解释其罕见的物种分化速率中扮演着必不可少的角色^[9], 此外, 了解茨藻属植物的传粉生物学和繁育系统, 将对进一步理解淡水植物和海水植物间的演化关系提供重要证据。

1 材料和方法

在武汉市江夏区的汤逊湖 (Tangxun Lake, 东经 114° 20', 北纬 30° 30')、斧头湖 (Futou Lake, 东经 114° 15', 北纬 30° 8') 观察了澳古茨藻自然居群花粉的释放、传播及一般生物学特征。随机取样统计雄花与雌花的比率, 并随机取材, 供室内研究用。所取材料移栽于武汉大学生命科学院网室水池中。

将花枝置于玻璃缸中, 在 Olympus 光学解剖镜下观察了花粉释放全过程, 并记录和拍照。

分六次随机取样统计雌雄花数。随机取 10 朵即将开放的雄花, 分别挤出花粉制成 1 mL 悬浮液, 用移液管移取 0.05 mL, 在 Olympus 光学显微镜下计数, 每花重复 5 次, 统计每朵花花粉量。雌花子房系单室单胚珠, 所以雄花与雌花的比率乘以单花统计花粉数, 即为花粉胚珠比 (P/O)。

取即将开放的雄花, 制成花粉悬浮液, 在自然散射光下于 Olympus 解剖镜下观察。用滴管吸取混合均匀的花粉悬浮液, 轻轻挤出使其悬于管下端, 再与盛满水的小烧杯的水面轻轻接触, 用秒表记录第一颗花粉粒抵达烧杯底所需的时间以及花粉集中抵达烧杯底的时段和最后一颗花粉抵达烧杯底部所需的时间。重复 40 次, 统计花粉沉降最快、最慢和集中沉降的时间。测量出烧杯高度, 以烧杯高度除以沉降时间, 即为自由沉降速率。

随机取即将开放的雄花 10 朵, 统计八十粒花粉的大小; 另取即将开放的雄花, FAA 固定, CO_2 临界点干燥, Hitachi X-650 扫描电镜观察花粉粒表面形态、拍照。将花粉用戊二醛、锇酸固定, 环氧树脂 (Epon 812) 包埋, LKB-V 切片机切片, Hitachi H-8100 透射电镜观察, 并拍照。

在 26—29℃ 条件下, 取即将开放、刚开放、花开后 2h、4h、7h 的花粉粒, 分别经柱头刺激数秒钟做萌发实验, 重复 4 次。统计各时段花粉萌发率, 得出花粉萌发率随时间推移的变化图。

基本繁育系统的检测设计四种处理: (1) 单株隔离; (2) 异株异花自然传粉。选 2 株植物, 将已受粉的雌花和着生雄花的枝顶部分去掉并做标记, 而对着为雄性供体的植株不作任何处理; (3) 完全去雄。将植株已受粉的雌花和枝顶去掉, 仅保留着生雌花的植株部分; (4) 多株混杂不去雄。四种处理的材料分别栽培于玻璃缸中, 一个月后统计标记植株的结实率。

2 结果

2.1 澳古茨藻的一般生物学特性

澳古茨藻雌雄同株异花, 一般雄花生于枝顶部数节, 雌花生于植株下部, 但常有雌雄

花生于相邻两节、雄花在上现象(图版 1:1)。

植株极脆而易断。在汤逊湖岸边断枝密集,深可及尺。7—9 月生长开花旺季,断枝节上很容易长出长长不定根,即使不长出,断枝仍然能够长期存活,并且可以抽出新枝、开花结实。雄花花粉的释放并不局限于某一时段,全天都有雄花开放,只是凌晨开放的雄花相对较多。

花部结构较为简化。雄花具单花被,外被顶端具 3—5 枚细齿的膜质鞘状外被,花药 4 室,长 \times 宽 = $(1.71 \pm 0.17) \times (0.57 \pm 0.05)$ mm。雌花无花被和膜质鞘状外被,长椭圆形,长 \times 宽 = $(2.76 \pm 0.23) \times (0.81 \pm 0.05)$ mm,花柱长 0.64 ± 0.05 mm,柱头长 0.49 ± 0.06 mm。柱头呈纤细二叉状或三叉状,延长,常由 3—5 层乳突状细胞构成,表面极不平展(图版 1:2)。

2.2 花粉释放机制

澳古茨藻雄花在开花前 2—4 h 内,原本肉眼难以观察到的花梗迅速伸长 1—2 mm,并且向外弯曲,从而使花药于侧顶突破膜质鞘状外被。单花花期约 1.5 h,突破膜质鞘状外被后,花被顶部开裂,花粉粒逐渐缓缓释放 15—30 min,每次 1—3 颗,随后停止 20—40 min,接着又缓缓释放约 30 min(图版 1:3),再后,有一个 2—5 min 的花粉释放高峰期,花粉释放如云状,与水平线将近成 45 度角(图版 1:4),类似于角果藻(*Zannichellia palustris* L.)^[8],此后 10 min 左右仍然有极少量的残余花粉断续释放。至此,除膜质鞘状外被外,整个雄花弯曲至将近 90 度,花药变得较为透明。裂开的花被顶部在花粉释放期间及其后,不断地反卷,最后近于 360 度。

2.3 性比和 P / O

六次统计结果表明,澳古茨藻雌雄花的数量比为 3.11 ± 0.54 (maxmun = 3.59, minimun = 2.22),单花花粉数 8360 ± 920 (max. = 9340, min. = 6280), P / O = 2690 ± 300 。

2.4 不同处理后的结实率

单株隔离实验结实率为 $86.0 \pm 7.2\%$,异株异花传粉结实率为 $86.4 \pm 6.8\%$,多株混杂,不去雄组合结实率为 $85.2 \pm 9.8\%$,而完全去雄条件下的结实率为 0,排除了无融合结籽,证实其种子是由传粉受精作用产生的。

2.5 花粉综合特征特性

花粉密度略大于水,在静水中自由沉降很慢,最大沉降速率为 0.85 ± 0.12 cm / min,绝大多数花粉的自由沉降速率处于 0.45 ± 0.10 cm / min 至 0.27 ± 0.03 cm / min 之间,沉降最为缓慢的速率为 0.04 ± 0.00 cm / min。花粉粒长椭圆形,大小为 $(57.84 \pm 7.29) \times (37.06 \pm 4.76)$ μ m。扫描电镜下观察,花粉粒表面具有皱波状纹饰(图版 1:5),不具远极单槽。透射电镜观察,可见澳古茨藻花粉粒中含有大量长椭圆形淀粉粒,花粉粒外壁极其简化,内壁相对较厚(图版 1:7)。

花粉于培养后 20—50 min 开始萌发。最适条件下,花梗已伸长的雄花的花粉萌发率高达 $82.1 \pm 4.4\%$;刚释放花粉的萌发率有一定提高,可达 $86.70 \pm 7.0\%$;两小时后,花粉萌发率为 $89.3 \pm 8.1\%$,达到最大值。此后,极少数花粉粒开始破裂,花粉萌发率迅速下降,释放 4 h 花粉的萌发率仅 $52.1 \pm 8.7\%$,花粉粒破裂较多,但多数花粉管仍然可以伸长(图版

1:6);至花粉释放后 7h,萌发率仅 $6.1 \pm 3.9\%$,而且很不稳定。简永兴等^[10]认为茨藻科植物花粉在营养缺乏的蒸馏水中易于萌发。本实验表明,澳古茨藻在蒸馏水中的萌发率小于 5%。

3 讨论

3.1 澳古茨藻对水下水媒传粉的高度适应

澳古茨藻是典型的水下水媒传粉植物,不但营养体适应了水下生长,而且,其雌雄花的组成、结构和功能也表现出对水媒传粉的高度适应性。

3.1.1 雄花对水下水媒传粉的适应 花被简化和丧失的现象广泛存在于风媒传粉植物和水媒传粉植物中。澳古茨藻雄花花被极度简化,与其典型水媒传粉机制存在明显的适应性。

水媒传粉物种花粉外壁的简化或丧失是被子植物中最能代表传粉类型和花粉结构有高度相关性的极少数性状之一^[11]。花粉外壁最根本的作用是保护陆生植物花粉雄配子体,防止花粉脱水干燥,不仅如此,陆生植物花粉外壁可能存在与遗传上孢子体自交不亲和现象有关的物质^[12]。Kress^[13]认为,花粉—柱头相互识别作用的最终选择点是花粉外壁,而不是花粉传递过程中的作用因子。在水生植物中,由于花粉外壁的这些物质可能不稳定或很快在水中被淋洗掉,因而在水媒传粉植物中保留花粉外壁的选择作用很小^[14]。澳古茨藻在花粉释放后 20—50min 内即已迅速萌发,长出较长的花粉管,花粉外壁与柱头的直接识别作用失去了存在的必要性。不过,澳古茨藻的结实率很高,花粉管不在柱头以外的部位长入植株体内,表明花粉管顶端和柱头表面细胞之间存在相互识别作用,即配子体识别作用。Knox & Heslop-Harrison^[15]认为花粉内壁是配子体识别物质存在的场所,水媒传粉植物可能存在与陆生植物相区别的相互识别机制—花粉配子体与柱头之间的相互识别。

澳古茨藻花粉是可湿性的,具有丰富的密度较大的淀粉粒,花粉密度比水略大,对于适应水下水媒传粉具有很重要的意义。花粉在水中自由沉降极其缓慢,自然条件下,风浪以及鱼类的影响不可避免,从而使花粉粒在花粉管破裂之前基本上悬浮于上层的水体中,大大提高了花粉的有效性。花粉表面仅有皱波状纹饰,没有突起,有利于花粉在水中漂动。雄花花期并不特别集中, P/O 高达 2690 ± 300 单花花期较长,而且澳古茨藻花粉粒在释放后 4h 花粉萌发率仍然保持在 50% 左右,有利于花粉全天的供给。Magnus^[16]等认为,茨藻的花粉粒从花药释放时已萌发出很长花粉管,但是,本实验并未发现一例类似现象。澳古茨藻花粉粒沉降速率极低,萌发启动较快,多数花粉粒在萌发出花粉管时花粉沉降距离不会太大, Magnus 等观察到的可能是沉降过程中花粉萌发表现出的假象。萌发出花粉管的花粉常常形成团状花粉筏(Search vehicle),以丝状花粉管缠绕的方式捕捉柱头(图版 1:8,9)扩大了搜寻直径,提高了花粉与柱头相遇的机会。这可能是澳古茨藻高结实率的原因之一。

花粉释放盛期,速率较大,其花药内部应有某种动力,可能是内部气泡扩张产生了一定的外推力,也不排除花被内壁表面细胞扩张、压缩花药内部空间而产生动力的可能性。

简永兴等认为澳古茨藻等茨藻科的七种植物花粉粒具远极单槽。扫描电镜观察表

明,不论是否经过 CO_2 临界点干燥,除了极少数花粉出现裂痕和明显下陷外,澳古茨藻并无远极单槽,黄双全等(待发表)在大茨藻中也观察到类似现象。简永兴观察到的可能是变形的花粉粒。

3.1.2 雌花对水下水媒传粉的适应 澳古茨藻雌花花被简化至完全丧失,避免了花被存在而形成的栅栏状障碍,水可以自由流动,有利于随水漂动的花粉与柱头相遇。陆生植物花被的存在及其颜色与其风媒或虫媒传粉机制相适应,对于水下水媒传粉植物,这种选择压力失去了存在的基础,不利于花粉捕捉柱头。花被的分化、发育与维持需要消耗植物许多物质和能量,这种毫无益处的物质、能量和信息负担可能形成一种选择压力,使得澳古茨藻在长期的演化过程中逐渐放弃花被的存在。柱头的延长、表面凸凹不平和纤细对于提高花粉粒捕捉柱头的机会和花粉管缠绕具有重要意义。

3.2 澳古茨藻的繁育系统

水生植物的无性繁殖十分有效和广泛,而且往往特化。相比之下,有性繁殖较为有限^[17],但是,澳古茨藻有性繁殖十分有效,结实率高达 85% 以上,在沉水植物中并不多见。

澳古茨藻混交、自交和异交结实率都很高,各组合间结实率差异不大,表现出对有性繁殖有很好的适应性。结合其花粉释放特征和植株间有一定程度彼此镶嵌生长的特性,自然条件下的结实可能源于自交和异交。其传粉机制,一方面,雄花在上雌花在下,相邻两节雄上雌下的情况较多,在空间分布上表现出对同株异花授粉的适应;另一方面,雄花在水粉释放时向外弯曲,释放盛期接近水平状,花粉不是垂直下沉,而是与水平线约成 45° 呈云状,有利于扩大花粉传播范围,在植株相邻、彼此间茎枝镶嵌的情况下,异交的可能性增大。澳古茨藻 P/O 为 2690 ± 300 ,根据 Cruden^[18]对陆生植物的研究,这一结果暗示澳古茨藻是兼性异交的,但是,Philbrick & Anderson 研究眼子菜属的结果则表明,这一 P/O 暗示澳古茨藻可能是兼性自交的,这表明, P/O 对于陆生植物与水生植物传粉生物学和繁育系统的意义可能存在一定程度差异。要定量了解澳古茨藻自交结实与异交结实比率,进一步进行亲代与子代的分子标记研究是很有必要的。

植物基于各生境因子的选择压力不同而表现出不同的平衡特征,或以自交为主,或以异交为主,远交之利(遗传多样性)和自交之利(对环境的适应)相互补充,使植物在长期进化中更具可塑性。专性自交和专性异交的物种在生境发生巨变时,极有可能因不适应新的生境而被淘汰,而维持自交和异交平衡,有利于植物对生境巨变迅速作出反应。澳古茨藻同时存在自交和异交,其自交和异交之间可能存在某种平衡,表现出对水生境的良好适应。这种平衡是澳古茨藻在长期演化中逐渐形成的动态平衡,能够依环境的改变而在一定范围内作出调整,不能把这种平衡绝对化,一成不变的绝对平衡是不存在的,必然在自然界的演化过程中被淘汰。

澳古茨藻虽然有性繁殖极其发达,但是,仍然存在断枝形式的无性繁殖,澳古茨藻一般生活在深水中,植株特别长,而且脆弱易断,在风浪、鱼类以及人类活动等外力冲击下,容易形成片段。这种断枝不会立即死亡,在生长旺季能很快在节上长出许多长的不定根,有利于遇到合适土壤基质时的定居^[17]。不论能否长出不定根,断枝都可长期存活,并抽出新枝,形成种籽,表明断枝能够直接从水中吸取矿质营养,也从侧面证实不定根产生主要不是适应吸收营养物质的需要,而是对其营养体传播定居的适应。在长期演化过程中有

性繁殖和无性繁殖逐渐形成了某种平衡。无性的营养繁殖对于其有性繁殖的继续完成、种子生产、种子传播以及澳古茨藻开拓新的生境和定居有十分重要的意义。

参 考 文 献

- [1] 郭友好、黄双全、陈家宽. 水生被子植物的繁育系统与进化. 水生生物学报, 1998, 22(1): 79—85
- [2] Wyatt R. Pollination-plant interaction and the evolution of breeding systems. In Leslie Real (ed): Pollination Biology. Orlando, Florida: Academic Press Inc, 1983, 51—86
- [3] Cook C D K. 世界水生植物. 王徽勤等译. 武汉: 武汉大学出版社, 1993
- [4] Hartog C Den. The Seagrasses of the World. Amsterdam: Noth-Holland Publ. Comp, 1970
- [5] Philbrick C T, Anderson G J. Implication of pollen / ovule ratios and pollen size for the reproductive biology of *Potamogeton* and autogamy in aquatic angiosperms. *Syst Bot*, 1987, 12: 98—105
- [6] Philbrick C T, Les D H. Evolution of aquatic angiosperm reproductive systems. *BioScience*, 1996, 46(11): 813—826
- [7] Cook C D K, Guo Y H. A controbution to the nature history of *Athenia filiformis* Petis (Zannichelliaceae). *Aquat Bot*, 1990, 38: 261—281
- [8] Guo You-hao, Sperry R, Cook C D K, et al., Pollination ecology of *Zannichellia palustris* L. *Aquat Bot*, 1990, 38: 341—356
- [9] Haynes R R. The Najadaceae in the Southeastern United States. *J. Arnold Ardor*, 1977, 58: 161—170
- [10] 简永兴、王徽勤. 湖北泽泻科、水鳖科、眼子菜科及茨藻科植物花粉形态研究. 武汉植物学研究, 1991, 9(1): 21—28
- [11] Philbrick C T, Osborn J M. Exine reduction in underwater flowering *Callitriche* (Callitrichaceae): Implications for the evolution of hydrophily. *Rhodora*, 1994, 96: 370—381
- [12] Howlett B J, Knox R B, Heslop-Harrison J. Pollen-wall proteins: release of the allergen antigen E from intine and extine sites in pollen grains of *Ragweed* and *Cosmos*. *J. Cell Sci*, 1973, 13: 603—619
- [13] Blackmore S, Ferguson IK (eds). Pollen and spores: form and function. London: Academic Press, 1986, 329—345
- [14] Les D H. Breeding systems, population structure, and evolution in hydrophilous angiosperms. *Ann M Bot Gard*, 1988a, 75: 819—835
- [15] Knox R B, Heslop-Harrison J. Pollen wall proteins: The fate of intine-held antigens on the stigma in compatible and incompatible pollinations of *Phalaris tuberosa* L. *J Cell Sci*, 1971, 9: 239—251
- [16] Magnus P. Beigrage zur Kenntniss der Guttung *Najas* L. Berlin, 1870
- [17] Grace J B. The adaptive significance of clonal reproduction in angiosperms: an aquatic perspective. *Aquat Bot*, 1993, 44: 159—180
- [18] Cruden R W. Pollen-ovule ratios: a conservation indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 1977, 31: 32—46

STUDIES ON POLLINATION BIOLOGY AND BREEDING SYSTEM IN *NAJAS OGURAENSIS*

Shi Yaohua, Guo Youhao and Huang Shuangquan

(School of Life Science, Wuhan University, 430072)

Abstract In this paper, the floral biological characters, pollination mechanism and breeding system of *Najas oguraensis* Miki were primarily studied. A typical submerged plant, the pollination of the species occurs totally in water. In 2—4 hours before the release of pollen, the pedicel of male flower grows rapidly and makes anther forced out of the membranous sheath and bends outward. As pollen released, the pedicel is almost horizontal, which is beneficial for the released pollen to be transferred by water current. In addition, the reduced structure of flower and abundant starch grains in pollen all shows that *N. oguraensis* Miki is highly adapted to hypohydrophily, and sexual reproduction in this species is considerably effective. In any case of geitonogamy and outcross, the ratio of seeds reproduction is over 85%. The ratio of pollen grains to ovules (p / o) is about 2690 ± 300 , which suggests a breeding system of facultative autogamy. Although asexual reproduction in *N. oguraensis* Miki is relatively poor and presents only in the form of fragments, it is believed very important for the dispersal of the species. Moreover some characteristics such as perianth reduction and exine reduction were explained rationally, and the relationship between geitonogamy and outcross in *N. oguraensis* Miki was discussed from the viewpoint of breeding system.

Key words *Najas oguraensis*, Pollination biology, Breeding system

澳古茨藻传粉生物学和繁育系统的初步研究	石耀华、郭友好、黄双全 (368)
---------------------------	-------------------

综 述

软壳克氏原螯虾在我国开发利用的前景	王卫民 (375)
-------------------------	-----------

研究简报

鳖、蛙及鲢免疫组织中两种不同淋巴细胞的分布	张奇亚、李正秋、罗晓春 (382)
非离子表面活性剂在模拟人工湿地处理系统中的净化	肖邦定、胡 凯、刘剑彤、丘昌强、陈珠金、黄 毅 (385)
花鲈水霉病及其病原的初步研究	李爱华、聂 品、卢全章 (388)
雨生红球藻培养基的改良	邱保胜、刘其芳 (391)

No.1

Heavy Metal Pollution in Sediments from the Three Gorge Reservoir Area	Xu Xiaoqing, Deng Guanqiang, Hui Jiayu, Zhang Xiaohua and Qiu Changqiang (10)
The Study for Sewage Treatment Efficiency of Channel-dyke and Broad Irrigation Systems	Liu Jiantong, Qiu Changqiang, Huang Yi, Chen Zhujin, Xiao Bangding and Xiao Zilan (17)
Isolation and Biological Characteristics of Photosynthetic Bacterium Strain H ₂	Li Qinsheng, Wei Xiang, Wang Ruoxue and Sun Xiaobai (23)
Studies on the Relationship of Organelles in Oocyte with Vitellogenesis of <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Wang Yufeng, Du Nanshan and Lai Wei (28)
Studies on Spermiogenesis of A Freshwater Crab <i>Sinopotamon yangtsekiense</i> (Crustacea Decapoda)	Wang Lan, Du Nanshan and Lai Wei (33)
The Effect of Rare Earth-element on <i>Brachionus calyciflorus</i> (Rotatoria: Monogononta) at Different Temperatures	Yang Jiaxin (40)
Sequence Analysis of rDNA 16S-23S Intergenic Spacer from <i>Microcystis aeruginosa</i> and <i>Microcystis wesenbergii</i> in Donghu Lake, China	Chen Yueqin, He Jiawan, Zhuang Li, Zeng Longmei and Qu Lianghu (46)
Estimation of the Turnover Time of Orthophosphate in Freshwater Microcosms	Ruan Jingrong (52)
Quantitative Analysis on the Main Sumerged Communities in Honghu Lake. 1. <i>Potamogeton maackianus</i> Community	Li Wei and Cheng Yu (58)
Outdoor Large-scale Cultivation of <i>Spirulina</i> spp. in Different Areas	Shen Yinwu, Zhu Jiaming, Zhu Yunzhi, Song Lirong and Liu Yongding (64)
A New Species of <i>Pseudorhabdochona</i> (Spirurida: Rhabdochonidae), with Discussing on the classification of the Genus	Wu Xudong (68)

Review

Evaluating the Effects of Stress on Aquatic Mammals in Captivity	Jiang Xinfu (69)
Advances in Studies on the Ecological Mechanism of the Formation and Hatching of Resting Eggs of Rotifers	Xi Yilong and Huang Xiangfei (73)

Short Communications

Histological and Ultrastructural Studies on the Pineal Complex in <i>Monopterus albus</i> Zuiew	Shi Qiong, Lin Haoran and Deng Baili (83)
Preliminary Report on Gonad Maturation Process and Artificial Propagation of the Chinese Sturgeon in Captivity ...	Yi Jifang, Liu Denghong, Tang Daming, Jiang Xin, Tian Jiayuan, Jiang Hua and Liu Yong (85)
State of Submersed Vegetation Resources in Lake Liangzi, Lake Niushan, and Lake Bao'an	Jin Gang (87)
New Taxa and New Records of Euglenophyta	Xie Shulian, Li Zhen and Ling Yuanjie (90)
Three New Records of Freshwater Cladophorales from China	Liu Guoxiang and Hu Zhengyu (93)

No.2

Experimental Studies on the Effects of Submersed Macrophytes on the Eutrophication of Lake Water Using Large-sized Enclosures	Dai Mang, Ni Leyi, Xie Ping, Wang Jian and Noriko Takamura (104)
Substitutional Effects of Four Lipotropic Agents on Lipid Accumulation in Grass Carp Liver	Cao Junming, Lin Ding, Xue Hua, Liu Yongjian, Guang Guoqiang, Tian Lixia and Mao Yongqing (111)