

增氧与投饵对海蜇足囊萌发的影响

游奎¹, 马彩华¹, 王绍军^{1,2}, 高天翔¹, 李俊磊¹, 王晓雯¹

(1. 中国海洋大学, 海水养殖教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 山东省海洋捕捞生产管理站, 山东 烟台 264001)

摘要: 对久置海蜇(*Rhopilema esculentum* Kishinouye)螅状体足囊在不同培养条件下的萌发状况进行了为期1个星期的连续观察。结果表明, 海蜇进行横裂生殖苗种生产后的附着基, 弃置3个月后其上的足囊仍然具有萌发能力。这些足囊在投饵并充气增氧、仅充气增氧不投饵、仅投饵不充气增氧3种情况下的萌发率分别为69.08%、48.83%、34.90%, 充气增氧情况下的足囊萌发率显著高于不充气增氧的情况($P < 0.01$), 投饵情况下的足囊萌发率高于不投饵的情况。结果说明, 足囊作为海蜇度过不良环境条件的一种有效策略, 其萌发与否在海蜇足囊繁殖过程中更为重要。在溶解氧含量并不成为限制因素的情况下, 充气增氧所带来的涡旋水流刺激是促进海蜇足囊萌发更主要的因素, 可能和所投喂饵料的体外分泌物一样成为食物丰歉程度的一种信号, 进而促进或诱发海蜇足囊的萌发。本研究旨在探讨提高海蜇足囊前发率的有效手段, 为提高海蜇苗种培育效率提供基础依据。[中国水产科学, 2010, 17(6): 1352–1357]

关键词: 增氧; 投饵; 海蜇; 足囊萌发

中图分类号: S96

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2010)06-1352-06

某些水母类在东南亚地区是广受欢迎的海鲜食品^[1-3], 海蜇(*Rhopilema esculentum* Kishinouye)是其中最主要的食用水母种类, 在中国也一直是重要的渔业捕捞对象之一。中国是世界上唯一进行水母类增养殖的国家^[3]。由于海蜇具有重要的渔业经济价值和增养殖前景, 国内关于海蜇生物学的研究相对多于国外。但与鱼、虾、贝、藻等传统的海洋经济生物相比, 有关海蜇方面的报道尚比较缺乏。与其他较高等渔业经济动物有所不同, 海蜇具有独特的世代交替生活史和无性繁殖能力^[4], 其中, 无性繁殖方式包括横裂生殖和足囊生殖2种形式, 横裂生殖是指海蜇螅状幼体通过裂节的方式产生碟状幼体, 是海蜇生活史中必须的阶段, 也是获得海蜇商品苗种的生产方式, 相关研究较多^[5-10]。而足囊生殖是指海蜇螅状幼体通过产生足囊并萌发成新螅状体的无性繁殖

方式, 并不是海蜇生活史中所必须经历的阶段, 因此对于海蜇苗种生产而言, 其重要性较次于横裂生殖。但通过足囊生殖, 海蜇螅状幼体数量可以得到一定程度的扩增, 在生产中可以起到事半功倍的效果, 而关于海蜇足囊生殖的研究却相对较少^[11-14], 并主要集中在营养水平、温度、盐度及光照条件等因素对海蜇足囊生殖的影响方面, 有关增氧及投饵对海蜇足囊萌发影响方面的报道尚鲜见。本研究着重研究海蜇足囊生殖第二阶段—足囊萌发及其影响因素, 以探讨分析提高足囊萌发率的有效手段。

1 材料与方法

1.1 材料来源

实验于2009年8月在中国海洋大学乳山教学实习基地(山东省海渔水产良种引进开发中心)完

收稿日期: 2009-10-19; 修订日期: 2010-04-03.

基金项目: 国家自然科学基金项目(30800841; 30910103045); 国家 863 计划项目(2009AA09Z401); 海洋公益性行业科研专项资助项目(2009050192).

作者简介: 游奎(1977-), 男, 讲师, 博士, 主要从事渔业资源、海洋资源与环境方面的研究. E-mail: ykmch@ouc.edu.cn

成, 所用材料为当年春季海蜇苗种生产完毕后废弃波纹板附着基上的足囊。该批附着基上的足囊为 2009 年以前通过有性繁殖所得到的螳状幼体苗种产生, 不是当年秋季新培育的螳状体及其足囊。所用附着基在春季 5 月份横裂生殖完毕后弃置于一黑暗车间水泥池中, 基本不进行换水、充气、投饵等管理操作, 水质环境条件恶劣, 附着基上螳状体苗种数量稀少, 以足囊为主。足囊数量众多, 呈排状分布, 一排足囊一般为一个螳状幼体所形成。

1.2 实验设计

选取上述附着基中足囊较多者, 剪切为 100 cm² 左右的小片, 其中一些小片附着基一端剪出一条缝隙, 相互组合成十字形。将前述附着基小片上的螳状幼体用镊子全部锉掉, 仅留下足囊, 并统计每片附着基上足囊的排数。然后将组合好的附着基置于 16 cm×16 cm×35 cm 的玻璃缸中培养。分成 2 种处理, 1 种是在投喂饵料的情况下分为增氧组和不增氧组; 另 1 种是在增氧的情况下分为投喂组和不投喂组, 每个实验组包括 3 片附着基的重复实验, 以分别比较研究增氧及投饵与否对海蜇足囊萌发的影响。

1.3 饲养条件和数据处理

实验投喂饵料为刚孵化的卤虫无节幼体, 投

喂数量为足囊数量的数十倍。增氧充气为中等大小的气泡, 不呈剧烈翻滚沸腾状。所有处理每 2 天全部换水 1 次, 所用海水经沉淀、沙滤及 300 目网袋过滤, 水温为自然温度, 变动在 24~28℃, pH 8.0 左右, 盐度 23~29。每 2 天检查统计一次各小片附着基上萌发出螳状幼体的数量, 足囊萌发率定义为每片附着基上萌发出螳状幼体数量与其上原始足囊排数的比值, 所得数据以 SPSS16.0 软件采用独立样品 *t* 检验分析其差异。

2 结果与分析

2.1 增氧对足囊萌发的影响

研究发现, 充气增氧条件下, 海蜇足囊萌发率为(69.08 ± 7.14)%; 而不充气增氧条件下, 海蜇足囊萌发率为(34.90 ± 8.19)% (图 1)。经统计分析表明, 2 种情况下的足囊萌发率存在着显著的差异(*P*<0.01), 充气增氧可以显著提高海蜇足囊的萌发率。

2.2 投饵对足囊萌发的影响

不投喂饵料的情况下, 海蜇足囊萌发率为(48.83 ± 9.23)%; 投喂饵料的情况下, 海蜇足囊萌发率为(69.08 ± 7.14)%, 具体情况如图 2 所示。统计分析表明, 投喂饵料情况下足囊萌发率较高, 但两种情况下的足囊萌发率没有显著的差异(*P*>0.05)。

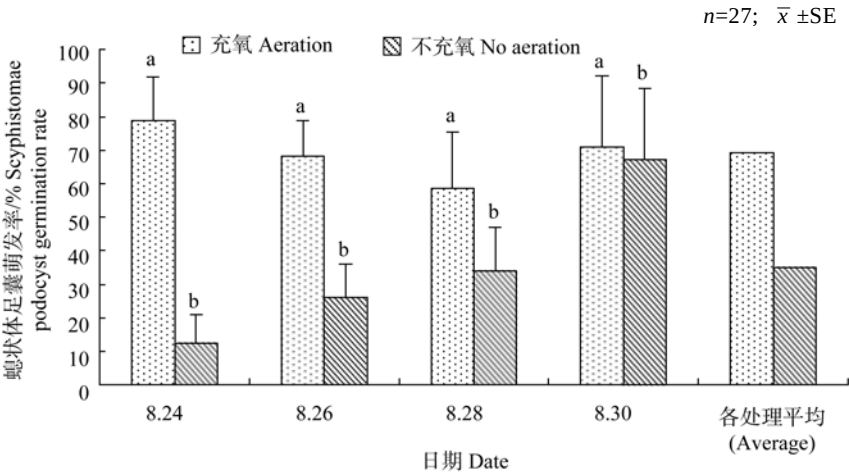


图 1 增氧与否对海蜇足囊萌发率的影响
不同柱标表示两组间同日数据差异显著(*P*<0.05).

Fig. 1 Effects of aeration on podocyst germination of jellyfish *R. esculentum*
Values with different letters mean significant difference between the two groups in the same day (*P*<0.05).

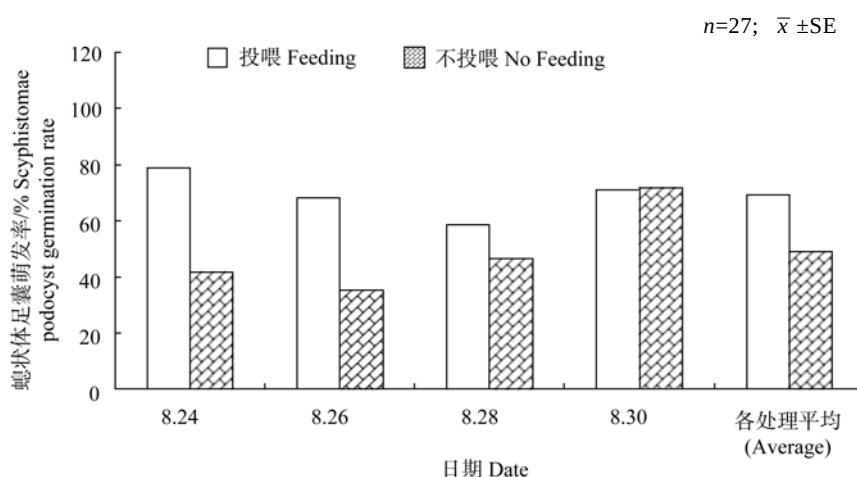


图 2 投饵与否对海蜇足囊萌发率的影响

Fig. 2 Effects of feeding on podocyst germination of jellyfish *R. esculentum*

3 讨论

3.1 足囊萌发是海蜇足囊繁殖过程中更主要的阶段

海蜇螅状幼体足囊繁殖实际上包括 2 个阶段, 第 1 个阶段是由螅状幼体移位后形成足囊; 第 2 个阶段是形成的足囊萌发成为新的螅状体。据已有的研究结果, 每个阶段各需要 2~8 d 的时间^[11-13]。只有当亲代螅状体形成的足囊萌发成子代螅状体的过程完成后, 海蜇足囊生殖才算有效地完成, 如果仅形成足囊而不萌发, 则没有实际意义。海蜇螅状幼体形成足囊的比率通常较高, 条件适宜时螅状体普遍会形成足囊^[4,13], 有时候亲代螅状体可以产生 20~30 个足囊^[4,15-16], 甚至足囊萌发出的新螅状体可以继续产生三代螅状体^[4]。但是, 一般海蜇螅状体产生足囊的数量并不是很高, 1 个螅状体通常会形成 5~10 个足囊^[16-17]; 营养条件好的情况下平均 1 个螅状体可以产生 7.4 个足囊^[11]。因此, 相对而言, 众多的足囊是否能够成活及萌发显得更为重要。

有研究认为, 如果足囊在 7 d 内不萌发, 则会随时间的延长逐渐失去萌发能力^[11,18]; 也有研究认为, 足囊可以在低温下越冬 2~3 个月^[13]。因此, 关于足囊的寿命及存活时限仍存争议。本研究中也未能精确定所用足囊形成时间。但根据缺乏

营养时螅状体基本不形成足囊的研究结论^[11], 本实验中的足囊应当是春季螅状体横裂生殖时期或其以前所形成的。因为在当年春季 5 月横裂生殖完毕后该批附着基弃置无投饵、换水、充气等管理操作。至本实验开始时期, 实验所用足囊已经存活了 3 个月以上。故作者不赞同“海蜇足囊 7 d 不萌发则失去萌发能力或死亡”的观点, 但至于海蜇足囊能存活多久尚需要更深入的研究分析。据“足囊可以抵御外界恶劣环境条件”的普遍观点^[13,19], 推测海蜇足囊存活时限可能数以年计, 但需进一步严格的实验研究证实。曾有学者提出“以足囊脱离附着基为判断其死亡的标准”^[11,13]。作者认为该标准值得商榷, 足囊脱离附着基后必然已经死亡, 但并不意味着没有脱离附着基的足囊就一定存活。实际上, 没有脱离附着基的足囊是否死亡或存活是难以判断的, 因为海蜇足囊存活时限可能相当长, 即使没有萌发的足囊可能仍存活。但那些没有萌发却仍然存活的足囊对于实验或生产而言已经失去了实际意义, 可以忽略不计。因此, 建议“以足囊是否能够萌发”作为海蜇足囊保持活力的标准。

没有萌发的足囊也可能并未死亡, 但实验或生产期间它们至少不具有萌发的活力, 因此, 足囊萌发率更能体现足囊实际意义上的活力。

3.2 食物丰歉程度是诱发海蜇足囊萌发的重要因素

文献[11–13]报道, 海蜇螅状体形成足囊的基本条件为: 温度 10℃以上、盐度 8~32 和螅状体营养充足, 并认为温度是影响海蜇足囊繁殖的关键因子, 适宜的温度、盐度及黑暗条件有利于足囊的萌发, 营养条件好的亲代螅状体所形成足囊的萌发率也较高, 足囊萌发率最高为 28.6%~43.3%。另有研究^[4,16]表明, 足囊的萌发率并不高, 已报道的不同数据分别为 28.6%^[11]、3.33%~43.33%^[12–13]、30%~80%^[15]、30%左右^[17]等, 波动较大。本研究所得足囊萌发率在 9.09%~93.19%, 与前述结果类似, 同样也呈较大范围的波动, 所有处理足囊萌发率平均为 57.51%, 萌发率也不是很高。以适宜条件下平均每个螅状体可形成足囊数 1.4~7.4 个计^[11,13], 足囊萌发率以 30%计^[17], 通过足囊繁殖海蜇螅状幼体数量可增加 0.5~2.2 倍。如果能提高足囊的萌发率, 通过足囊生殖海蜇螅状体种群数量扩增是相当可观的。因此, 本研究中, 盐度 23~29, 温度为 24~28℃, 并供给以充足的饵料, 基本模拟了前述的足囊萌发适宜条件, 并发现充气增氧能显著提高海蜇足囊萌发率($P<0.01$), 投饵情况下足囊萌发率也高于不投饵的情况。充气增氧操作提高了实验水体中溶解氧含量, 则有可能是溶解氧含量升高促进了海蜇足囊的萌发。为此, 作者在实验中采用碘量滴定法分别监测了实验玻璃缸及足囊附着基弃置池水体中的溶解氧含量, 其值分别为 7.81 mg/L 和 5.16 mg/L, 表明实验玻璃缸中较高的溶解氧含量促进了足囊的萌发。实际上, 海蜇螅状体是一种耗氧量很低的动物, 其耗氧率为 2.66 mg/(h·g)干重, 窒息点低于 0.10 mg/(h·g)^[20], 而足囊作为螅状体的一种类似休眠体, 其耗氧率应该更低。本实验中以足囊为主陈旧附着基弃置池久不换水, 其溶解氧含量仍高达 5.16 mg/(h·g), 符合渔业水质标准, 表明足囊的耗氧率确实很低, 同时也说明本实验中溶解氧含量不应当是限制或者促进足囊萌发的因素。应当注意到, 充气增氧虽然提高了溶解氧含量, 同时也带来了涡旋水流扰动的刺激, 已有研究认为

充气增氧所带来的水体搅动刺激同样可以促进海蜇的横裂生殖^[6], 因此, 推测充气增氧所带来的水流扰动刺激是显著提高足囊萌发率的主要原因。

虽然有研究表明, 亲代螅状体的营养水平关系到所形成足囊的萌发率^[11], 但足囊显然是不会摄食的。理论上, 投饵与否应不会影响到足囊的萌发率。但本研究表明, 投饵的情况下足囊萌发率要高于不投饵的情况, 尽管这种差异尚未达到显著程度, 也许更加严格的实验可以证实这种差异。已有研究认为, 每一个足囊都具备同样的萌发机制, 可能受多种因素的制约, 或者需要某种化学因子的刺激才能萌发^[11], 足囊萌发可能是通过活化足囊内某些酶来完成的^[12]。在前述研究的基础上, 作者推测, 尽管足囊不会摄食, 但所投喂的卤虫无节幼体的某些体外分泌物可能会刺激或诱发足囊的萌发, 进而启动海蜇足囊萌发的生理过程, 具体是何种化学物质尚需进一步的研究。

有研究认为, 海蜇足囊繁殖需要良好环境条件的诱导, 即适宜的环境条件是海蜇足囊繁殖的基础^[11–13], 但这些研究并不否认海蜇足囊具有抵御不良环境条件的能力, 足囊是海蜇度过不良环境条件的一种策略。本研究中, 陈旧附着基上足囊弃置池中的温度、盐度、溶氧等理化水质条件符合前人所述的海蜇足囊繁殖的基本要求, 但这些弃置附着基上的足囊却很少萌发, 螅状体稀少, 除久不换水水质恶化外, 久不投饵食物缺乏也是一个重要的因素。事实上, 前述充气增氧所带来的水流扰动刺激, 亦可视作为食物丰富时期浮游动物游动所产生水流刺激的一种模拟。也就是说, 条件适宜的情况下, 休眠的足囊可能具有如下本领, 即通过水流扰动刺激或食物化学物质信号刺激等因素而感知食物的丰歉程度, 并进而启动其相应的萌发机制。综上, 本研究认为, 足囊可以抵御不良的环境条件, 是海蜇度过不良环境条件一种有效策略, 当环境条件适宜、食物丰富时期, 海蜇足囊则可以萌发并继续其生活史。

4 结论

只有足囊萌发成新一代的螅状体后, 海蜇足

囊繁殖的过程才算有效地完成,而仅仅关注螅状体形成足囊的过程是不够的。在海蜇的足囊生殖过程中,足囊萌发的阶段比足囊形成的阶段更为重要。水质理化环境条件适宜时,充气增氧可以显著提高海蜇足囊的萌发率($P<0.01$);水体溶解氧含量高低并不是促进海蜇足囊萌发的直接因素,充气增氧所带来的涡旋水流扰动刺激可能是促进足囊萌发的主要原因,这种水流扰动刺激可视为海蜇螅状体浮游动物饵料游动的一种模拟刺激方式;投饵情况下海蜇足囊的萌发率高于不投饵的情况,尽管海蜇足囊不摄食饵料,但投喂饵料的体外分泌物可能有利于海蜇足囊的萌发。

因此,水质理化环境条件适宜时,饵料丰歉程度可能是诱发海蜇足囊萌发的一个有效信号,海蜇足囊具体的萌发机制尚需更深入的研究证实。

参考文献:

- [1] Peggy Hsieh Y-H., Rudloe J. Potential of utilizing jellyfish as food in Western countries [J]. Trends in Food Sci Techn, 1994, 5(7): 225-229.
- [2] Peggy Hsieh Y-H., Leong J F-M. Rudloe, Jellyfish as food [J]. Hydrobiologia, 2001, 451: 11-17.
- [3] You K, Ma C-H, Gao H-W, et al. Research on the jellyfish (*Rhopilema esculentum* Kishinouye) and associated aquaculture techniques in China: current status [J]. Aqu Internat, 2007, 15: 479-488.
- [4] 丁耕芜, 陈介康. 海蜇生活史[J]. 水产学报, 1981, 5(2): 90-102.
- [5] 陈介康, 丁耕芜. 温度对海蜇横裂生殖的影响[J]. 动物学报, 1983, 29(3): 195-206.
- [6] 陈介康, 丁耕芜. 海蜇横裂生殖季节规律[J]. 水产学报, 1984, 8(1): 55-67.
- [7] 陈介康, 丁耕芜, 刘春洋, 等. 营养条件对海蜇横裂生殖的影响[J]. 水产学报, 1985, 9(4): 321-329.
- [8] 张鑫磊, 成永旭, 陈四清, 等. 温度对海蜇横裂生殖和早期生长的影响[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(2): 182-185.
- [9] 刘春洋, 王文波, 周泓, 等. 四种大型水母横裂生殖的差异与其种群数量变动的初探[J]. 水产科学, 2008, 27(11): 592-595.
- [10] 于守团, 刘清信. 不同环境对海蜇螅状幼体足囊繁殖和横裂生殖影响的研究[J]. 齐鲁渔业, 2008, 25(1): 4-8.
- [11] 郭平. 营养条件对海蜇螅状体形成足囊及足囊萌发的影响[J]. 水产学报, 1990, 14(3): 206-211.
- [12] 蒋双, 鲁男, 陈介康. 温度、盐度和光照对海蜇足囊萌发的影响[J]. 水产科学, 1993, 12(9): 1-4.
- [13] 鲁男, 蒋双, 陈介康. 温度、盐度和光照对海蜇足囊繁殖的影响[J]. 水产科学, 1997, 16(1): 3-8.
- [14] 吴颖, 李圣法, 严利平, 等. 温度·盐度对海蜇无性生殖的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(24): 11414-11418.
- [15] 黄鸣夏, 胡杰, 王永顺, 等. 杭州湾海蜇生殖习性的研究[J]. 水产学报, 1985, 9(3): 239-246.
- [16] 王永顺, 黄鸣夏, 孙忠, 等. 海蜇的人工工厂化育苗[J]. 水产学报, 1991, 15(4): 322-327.
- [17] 王绪峨, 宋向军, 马建新, 等. 莱州湾海蜇人工育苗技术的研究[J]. 齐鲁渔业, 1995, 12(6): 19-23.
- [18] 姜连新, 叶昌臣, 谭克非, 等. 海蜇的研究[M]. 第 1 版. 北京: 海洋出版社, 2007: 42-81.
- [19] Cargo D. Notes on the biology of the sea nettle, *Chrysaora quinquecirrha*, in Chesapeake Bay [J]. Chesap Sci, 1966, 7: 95-100.
- [20] 陈炜, 蒋双. 海蜇螅状幼体和碟状幼体窒息点和耗氧量的初步测定[J]. 水产科学, 1995, 14(2): 14-16.

Effects of aeration and feeding on podocyst germination of jellyfish, *Rhopilema esculentum* Kishinouye

YOU Kui¹, MA Caihua¹, WANG Shaojun^{1,2}, GAO Tiangxiang¹, LI Junlei¹, WANG Xiaowen¹

(1. Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Shandong Marine Fishing and Production Management Station, Yantai 264001, China)

Abstract: When the podocyst on polyparia of *Rhopilema esculentum* were abandoned three months after strobilation, these podocysts can still germinate. These podocyst were treated in three conditions, including feeding and aeration, and only aeration, only feeding. The rate of podocyst germination were 69.08%, 48.83% and 34.90%, respectively. According to the results, aeration significantly promoted the podocyst germination of *R. esculentum*, and the rate of podocyst germination with feeding was higher than that of no feeding group. As a strategy to *R. esculentum* for passing through adverse conditions, podocysts germination was more important to the asexual reproduction progress by podocyst. When dissolved oxygen content was not the limiting factor for the podocyst germination in this experiment, turbulence current by aeration eight be the main factor to promote prodocyst germination, which was the same as the turbulence current made by zooplankton to some extent. Although the prodocyst of *R. esculentum* can not eat any food, some secretions in vitro by food may be a motivator to induce the prodocyst germination of *R. esculentum*, which is same as the turbulence current by aeration. The mechanism of prodocyst germination of *R. esculentum* needs further researches.[Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(6): 1352–1357]

Key words: aeration; feeding; podocyst germination; *Rhopilema esculentum* Kishinouye

~~~~~

## 2011 年部分生物、农林类学术期刊联合征订表(2)

| 刊物名称      | 邮发代号   | 刊期  | 年价(元) | 网址                                    | E-mail                   |
|-----------|--------|-----|-------|---------------------------------------|--------------------------|
| 生物技术通讯    | 82-196 | 双月刊 | 150   | http://swtx.chinajournal.net.cn       | swtx@263.net             |
| 微生物学报     | 2-504  | 月 刊 | 660   | http://journals.im.ac.cn/actamicrocn/ | actamicro@im.ac.cn       |
| 微生物学通报    | 2-817  | 月 刊 | 576   | http://journals.im.ac.cn/wswxtbcn     | tongbao@im.ac.cn         |
| 武汉植物学研究   | 38-103 | 双月刊 | 180   | http://whzwxxyj.cn                    | editor@rose.whiob.ac.cn  |
| 畜牧兽医学报    | 82-453 | 月 刊 | 360   | www.xmsyxb.com                        | xmsyxb@263.net           |
| 遗传        | 2-810  | 月 刊 | 600   | www.chinagene.cn                      | yczz@genetics.ac.cn      |
| 遗传学报      | 2-819  | 月 刊 | 600   | www.jgenetgenomics.org                | jgg@genetics.ac.cn       |
| 云南植物 k 研究 | 64-11  | 双月刊 | 150   | http://journal.kib.ac.cn              | bianji@mail.kib.ac.cn    |
| 植物遗传资源学报  | 82-643 | 双月刊 | 120   | www.zwyczy.cn                         | zwyczyxb2003@163.com     |
| 植物学报      | 2-967  | 双月刊 | 480   | www.chinbullbotany.com                | cbb@ibcas.ac.cn          |
| 中国实验动物学报  | 2-748  | 双月刊 | 120   | www.calas.org.cn                      | A67761337@126.com        |
| 中国生态农业学报  | 82-973 | 双月刊 | 210   | www.ecoagri.ac.cn                     | editor@sjziam.ac.cn      |
| 中国生物工程杂志  | 82-673 | 月 刊 | 960   | www.biotech.ac.cn                     | biotech@mail.las.ac.cn   |
| 中国水产科学    | 18-250 | 双月刊 | 180   | www.fishscichina.com                  | zgsckx@cafs.ac.cn        |
| 中国水稻科学    | 32-94  | 双月刊 | 120   | www.ricesci.cn                        | cjrs@263.net             |
| 作物学报      | 82-336 | 月 刊 | 600   | www.chinacrops.org/zwx                | xbzw@chinajournal.net.cn |

