

我国对虾产业化养殖核心技术

——“中国对虾工厂化育苗技术的研究”攻关回眸

张乃禹

(中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

中图分类号: K206; N092; Q959.223

文献标识码: E

文章编号: 1000-3096(2012)11-0114-04

我国是世界海洋水产养殖大国, 也是对虾养殖强国。1987 年全国海水养殖产量达 110 万 t, 海带、对虾、贻贝、蛭蚌、蛤类等六大养殖品种产量创造了均居世界首位的记录(曾呈奎等, 2003)。2008 年和 2009 年我国渔业总产值分别为 5 520.6 亿元和 5 937.7 亿元, 其中海水养殖 1 263.3 亿元和 1 400.3 亿元(农业部渔业局, 2010)。对虾养殖是其支柱性产业, 同年全国对虾养殖总产量分别为 121.4 万 t 和 127.3 万 t (农业部渔业局, 2010), 其产值约为近 400 亿元, 分别为全国海水养殖总产值的 38%和 36%, 其中凡纳滨对虾(南美白对虾)*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)占了全国对虾总产的 85%以上。据联合国食品与粮农组织(FAO)统计, 2003 年和 2004 年我国凡纳滨对虾年产量分别为 52.65 万 t 和 63.68 万 t, 占了全球其总产量的 53.5%和 48.9% (FAO, 2011)。

我国对虾产业化养殖的核心技术是其产业化育苗。1980~1981 年“中国对虾工厂化育苗技术的研究”成功后, 在此基础上斑节对虾 *Penaeus monodon* Fabricius, 1798、日本囊对虾 *Marsupenaeus japonicus* (Bate, 1988)工厂化育苗也相继成功, 从而使我国对虾养殖实现了产业化生产并步入了快车道。1988~1992 年年产量稳定在 20 万 t, 占了全球其总产的 1/3。但好景不长在, 自 1993 年起我国养虾业在全国范围内暴发了“白斑病毒综合症”(WSSV), 陷于“防无措施, 治无良药, 大面积减产、绝产”的困境, 濒于崩溃的边缘, 不得不采取“少放苗、早收虾”下策, 连续数年年产不足 7 万 t。所幸, 中国科学院海洋研究所原所长刘瑞玉计划安排引进新品种、派张伟权于 1988 年和 1991 年带回抗病力强的凡纳滨对虾(张伟权, 1990; 张伟权等, 1993), 张乃禹等于 2000~2001 年突破了其工厂化育苗的关键技术, 实

现了凡纳滨对虾产业化育苗、养殖生产(张乃禹等, 2002)。2008 和 2009 年对虾养殖年产为我国养虾黄金年代(1988~1992 年)年产量的 6 倍。凡纳滨对虾工厂化育苗除亲虾交配技术与中国对虾截然不同外, 其他大致相同, 故该虾工厂化育苗也是在中国对虾工厂化育苗技术基础上发展起来的, 所以“中国对虾工厂化育苗技术的研究”对我国养虾产业的兴起、恢复与发展起了开创性作用。

“中国对虾工厂化育苗技术的研究”攻关已过去了 30 余年, 当年都有哪些单位参加? 核心技术怎么突破的? 是谁率先突破的? 本文作者是该项攻关参加者, 根据其档案材料、有关文献将其回溯、报告如下。

对虾现用学名为中国明对虾 *Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck, 1765), 其同物异名为: *Cancer chinensis* Osbeck, 1765; 中国对虾 *Penaeus (Fenneropenaeus) chinensis* (Osbeck, 1765); 东方对虾 *Penaeus orientalis* Kishinouye, 1918。中国明对虾主要分布在渤海、黄海和南海, 肉质鲜嫩, 是虾中珍品。世界对虾育苗研究始于 20 世纪 1935~1940 年代藤永元作“日本对虾的发育研究”和“日本对虾育苗”(Hudinaga, 1935; Hudinaga, 1942), 我国始于中国科学院海洋研究所刘瑞玉等 1959 年“对虾生活史的初步报告”(刘瑞玉等, 1959)(首次准确描述了中国对虾的幼体发育和幼体各阶段的形态特征)、吴尚懃等 1960 年中国对虾人工育苗实验首获成功(海洋所通讯员, 1960; 吴尚懃等, 1964) (为此中华人民共和国水产部在青岛召开了现场推广会(海洋所通讯员, 1960))及中华人民共和国水产部黄海水产研究所(现中国水产科学研究院黄海水产研究所)赵法箴 1965 年“对虾幼体发育形态”(赵法箴, 1965), 为我国对虾人工育苗奠定了理论基础。60 年代中后期日本橘高二郎、茂野帮彦等利用生态系育苗法实现了对虾工厂化育苗

生产(Kunihiko,1975; 茂野帮彦,1987)。此后我国许多水产科技单位进行了对虾工厂化育苗实验多年均未成功。所以 20 世纪 70 年代我国对虾养殖所需的虾苗全部捕自自然海区野生虾苗,不仅严重破坏了对虾资源而且数量不足,限制了对虾养殖的发展。为此 1980 年 2 月国家水产总局下达了“对虾工厂化育苗技术的研究”攻关项目,国家水产总局黄海水产研究所(现中国水产科学研究院黄海水产研究所)、中国科学院海洋研究所、山东海洋学院(现中国海洋大学)、山东省海水养殖研究所共同承担,自 1980 年开始至 1981 年胜利结束,于 1985 年获国家科技进步一等奖,中国科学院海洋研究所主要工作如下:

(一) 1980 年在国内最先突破了对虾工厂化育苗的关键技术、初步实现了工厂化育苗并受到国家水产总局的奖励

按照国家水产总局的安排,国家水产总局黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、山东海洋学院、山东省海水养殖研究所分别负责其协作单位山东省即墨县水产养殖公司、江苏省赣榆县水产养殖公司、山东省文登县水产养殖公司、山东省乳山县水产养殖公司的对虾育苗。中国科学院海洋研究所时任副所长刘瑞玉先生组织、领导并主持了本所承担的该项攻关课题,于 1980 年 4 月派张乃禹负责赣榆县水产养殖公司对虾育苗攻关工作。在此之前,1978 年中国科学院海洋研究所虾类实验生态组曾在该公司进行过对虾育苗,每当对虾无节幼体发育到蚤状期都全部死亡,致使育苗失败。1979 年连云港水产学校在该公司育苗也未幸免。20 世纪 70~80 年代全国对虾育苗采用日本的“生态系育苗”新技术(即在育苗池内施肥繁殖自然藻类,以此为对虾幼体提供单胞藻饵料,因此国内外在蚤状期都不主张换水(Kunihiko, 1975; 茂野帮彦, 1987)。赣榆县水产养殖公司有三个育苗场,下口对虾育苗场、海带育苗场(海带育苗池改建成对虾育苗池进行对虾育苗)均在海边,水质正常,海水 pH 值为 8.00~8.30。宋庄对虾育苗场离海较远(10 km),海水流经盐场三个大水库,故 pH 有所升高,1980 年该公司蓄水池 pH 8.5。由于育苗池内自然单胞藻(硅藻类)繁殖旺盛,池水 pH>8.8 致使对虾蚤状幼体濒于死亡。其中一个育苗池由于建造质量不佳,每天漏水 25%,为了保持水位不得不每天补充 25%海水。从而起到换水降 pH 效果,使池水 pH 降至在 8.60~8.64。结果该池幼体发育

正常,顺利变态为糠虾幼体,而其他育苗池水 pH 都在 8.8 以上,幼体身体粘满污物、不蜕皮、不变态、处于死亡边缘。作者由此得到启发,立即对这 6 个育苗池进行换水,从而各池幼体都相继转危为安,顺利变态为糠虾幼体和仔虾。而其他两个育苗场由于墨守成规,在蚤状幼体期不及时换水,致使对虾工厂化育苗均遭失败。日本是岛国,我国是临海国家且多是泥滩,故海水中营养盐比日本丰富,从而导致了虾生态系育苗池水中自然单胞藻繁殖过盛, pH 值过高(>8.8)致使幼体全部死亡。由此表明,不结合国情,照搬外国技术是该公司乃至全国 70~80 年代规模化育苗失败的根本原因,换水是降低池水 pH 值改善水质的有效措施。在此基础上经实验得出对虾育苗适宜理化条件:卵子和幼体发育期的最适水温分别为:卵子为 18~20℃;无节幼体 20~22℃;蚤状幼体 22~24℃;糠虾幼体 23~25℃。卵子和对虾幼体最适 pH 值是 7.8~8.65,盐度为 26~35 及幼体不同发育期的换水量、充气量、施肥、投饵等项技术参数(中国科学院海洋研究所虾类实验生态组等, 1982)。1980 年在国内首次育出大批量(2 426 万尾)虾苗(中国科学院海洋研究所虾类实验生态组等, 1982)。1980 年全国对虾育苗都在室外池进行,一年只能育一茬,也就是一年只有一次机会。该年正当全国大规模育苗攻关严重受挫、成功无望时,中国科学院海洋研究所在赣榆县育出大批量虾苗受到国家水产总局领导的高度重视,及时派了一位王处长专程来中国科学院海洋研究所代表国家水产总局领导向时任所长曾呈奎,副所长刘瑞玉、吴超元表示感谢,并奖励中国科学院海洋研究所虾类实验生态组 1 万元经费。这是对虾育苗攻关期间(1980~1981 年)唯一受到国家水产总局奖励的科研单位。

1980 年 6 月份国家水产总局在山东省胶南县召开了全国对虾工厂化育苗经验交流会,并安排中国科学院海洋研究所作了详细报告,对全国对虾工厂化育苗技术研究的成功起到了无可取代的作用。

(二)对虾工厂化育苗总量和单位水体育苗量居全国首位

1981 年江苏省赣榆县水产养殖公司宋庄对虾育苗场由于天旱,蓄水池海水 pH 在整个育苗期间(4 月 25 日~5 月底)始终较高(pH>8.80),特别是由于育苗池藻类的繁生, pH 值升高,使育苗难以进行,再用 1980 年通过换水降低 pH 的方法已不能解决问题,因

此降低海水 pH 值就成了亟待解决的问题。在走投无路时，作者想起曾呈奎所长利用 NaHCO_3 降低海水 pH 的提示(那是 1980 年 6 月份，曾呈奎所长听我汇报育苗工作时，问：“该公司多年育不出虾苗，你为什么能成功？”我答：“该公司育苗成败的关键限制因素是育苗池水 pH 值过高，我通过换水降低了 pH 值。”曾所长讲：“碳酸氢钠也可以降低海水 pH 值”。)，通过实验利用医用 NaHCO_3 100×10^{-6} 可将海水 pH 8.80 降到 8.60，满足了幼体适宜范围，使原不能用于育苗的海水也能成功地育出对虾苗 9400 万尾(张乃禹等，1984)。该公司三个对虾育苗场共计育出 2.88 亿尾对虾苗(中国科学院海洋研究所虾类实验生态组等，1982)。1981 年 7 月国家水产总局在烟台召开的全国对虾工厂化育苗经验交流会，安排中国科学院海洋研究所作了详细报告，对我国对虾工厂化育苗技术研究的成功与推广起到推波助澜的作用(两次报告内容详见中国科学院海洋研究所虾类实验生态组等，

1982；张乃禹等，1984)。1981 年四个攻关单位工厂化育苗都获得成功。“对虾工厂化育苗技术的研究”鉴定证书在成果推广与验证中写道：“我们的协作单位(包括：山东省即墨县、乳山县与文登县和江苏省赣榆县)，今年在育苗期间共生产出虾苗 5.1 亿尾。其中，即墨县生产虾苗 2 281 万尾；乳山县生产虾苗 9 307 万尾；文登县生产虾苗 10 735 万尾；赣榆县生产虾苗 28 766 万尾。”这一写法致使攻关单位与其协作单位不相对应、育苗时间含糊不清，令人误解突破时间为 1980 年。为此本文作者在此标明：5.1 亿尾虾苗是 1981 年育出的。四个攻关单位国家水产总局黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、山东海洋学院、山东省海水养殖研究所的相应协作单位分别是：即墨县、赣榆县、文登县、乳山县水产养殖公司，其中中国科学院海洋研究所负责的赣榆县水产养殖公司单位水体出苗量($4.15 \text{ 万尾}/\text{m}^3$)，总出苗量 28 766 万尾，均居全国首位，列表如下(表 1)。

表 1 1981 年各攻关单位与其协作单位的对虾工厂化育苗明细表

攻关单位	协作单位	育苗水体 (m^3)	单位水体出苗量 (万尾/ m^3)	总出苗量 (万尾)
国家水产总局黄海水产研究所	山东省即墨县水产养殖公司	1 019	2.24	2 281
中国科学院海洋研究所	江苏省赣榆县水产养殖公司	6 928	4.15	28 766
山东海洋学院	山东省文登县水产养殖公司	3 030	3.54	10 735
山东省海水养殖研究所	山东省乳山县水产养殖公司	2 488	3.24	9 307

注：根据“(Penaeus orientalis Kishinouye)工厂化育苗技术的研究”技术鉴定证书第 3, 16-17 页。研究试验单位：国家水产总局黄海水产研究所，中国科学院海洋研究所，山东海洋学院，山东省海水养殖研究所。组织鉴定单位：国家水产总局。鉴定日期：1982 年 3 月 27 日

1982 年该项目通过了国家水产总局的技术鉴定：“属国际先进水平”，1985 年获国家科技进步一等奖。中国对虾的养殖业、捕捞业曾有一段辉煌的历史，也有惨痛的教训。在对虾人工养殖中，采用“大排、大灌、多换水”的养虾模式代价太大了，引发了 1993 年虾病(WSSV)大爆发，自然海区对虾也遭到了感染，种质受到影响，致使其养殖业、捕捞业年产量迄今仍难以恢复。为保护环境，为养虾业健康持续发展，应推广“封闭式内循环生物净化、零排放”养虾模式。

致谢：作者在“对虾工厂化育苗技术的研究”攻关中得到时任所长曾呈奎、副所长刘瑞玉先生的启发指导，在此向已故的这两位恩师科学院院士致敬、致谢！

参考文献：

Hudinaga M. Studies on the development of *Penaeus ja-*

ponicaus Bate [J]. Rept Hayatomo Fishery Inst, 1935, 1(1): 77. (藤永元作. 车虾属(*Penaeus*)の研究, くるまゑび(*Penaeus japonicus* Bate) の発(I) [J]. 早稲水産研究所報告, 1935, 1(1): 77.

Hudinaga M. Reproduction, development and rearing of *Penaeus japonicus* Bate [J]. Japanese Journal of Zoology, 1942, 10(2): 305-393.

刘瑞玉, 吴尚勳, 蔡难儿. 对虾生活史的初步报告[C]. 1959 年全国胚胎学会论文集摘要汇集. 北京: 科学出版社, 1959: 15-17.

海洋所通讯员. 对虾人工育苗成功, 海洋所为我国水产养殖事业作出新贡献. 为及时推广成果, 迅速投入生产, 水产部在青岛召开现场会议[N]. 科学报, 1960 年 6 月 15 日(第一版).

吴尚勳, 姜康后, 童保福, 等. 对虾提早产卵和室内培育幼苗的研究[C]. 中国科学院海洋研究所. 海洋科学集刊(机密版)(01). 北京: 科学出版社, 1964: 180-190.

赵法箴. 对虾(*Penaeus orientalis*)幼体发育形态[M]. 北京: 农

业出版社, 1965:109.

Kunihiko Shigueno. Shrimp Culture in Japan[M]. Tokyo, Japan: Association for International Technical Promotion, 1975.

中国科学院海洋研究所虾类实验生态组、中国水产养殖公司江苏省赣榆县水产养殖公司,(执笔人张乃禹).对虾工厂化育苗技术的初步研究[J].海洋科学, 1982, 6: 1-3.

张乃禹, 孙桂枝. 碳酸氢钠在中国对虾人工育苗中降解海水 pH 的试验[J]. 海洋与湖沼, 1984, 15(3): 274-281.

茂野邦彦. 日本的对虾养殖[M]. 张乃禹, 林如杰译. 刘瑞玉校. 北京: 农业出版社, 1987: 3-54.

张伟权. 世界重要养殖品种——南美白对虾生物学简介[J]. 海洋科学, 1990, 3: 69-72.

张伟权, 于琳江, 童保福, 等. 南美白对虾全人工授精技术研究[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24,(3): 428-432.

张乃禹, 于琳江. 南美白对虾规模育苗技术研究[C]. 农业部渔业局.“九五”科技攻关计划渔业重点项目研究成果报告集. 北京: 农业部渔业局, 2002: 58-61.

曾呈奎, 徐鸿儒, 王春林. 中国海洋志[M]. 郑州: 大象出版社, 2003: 519-520.

农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 2-27.

FAO(Food and Agriculture Organization). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service[EB/OL]. 2011-01-01.<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/zh>