

杨文杰, 朱国平, 胡桂森, 等. 南极磷虾的适温效应试验[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(2): 235–238.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.076

南极磷虾的适温效应试验

杨文杰¹, 朱国平^{1,2,3,4}, 胡桂森¹, 刘子俊¹, 许柳雄^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 国家远洋渔业工程技术研究中心/上海海洋大学, 上海 201306;

3. 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室/上海海洋大学, 上海 201306; 4. 远洋渔业协同创新中心, 上海 201306)

摘要:水温是影响南极磷虾种群分布及个体行为的重要因素。对南极磷虾进行船上暂养试验, 采用渐变式、急变式 2 种温控方式, 分析南极磷虾对海水温度变化的适应性。结果表明: 南极磷虾的适宜临界海水温度为 7 ℃ 左右, 临界海水温度为 14 ℃ 左右。南极磷虾对温度的变化具有一定的适应能力, 但适应范围有限。

关键词: 南极磷虾; 海水温度; 适应性

中图分类号: S917 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0235-03

南极磷虾是栖息于南极水域的磷虾种类的统称, 通常所指的南极磷虾为南极大磷虾, 以下简称南极磷虾, 属于甲壳类浮游动物。南极磷虾生活环境复杂多变, 数量极其丰富, 是目前地球上资源量最大的单种生物之一^[1]。研究表明, 目前地球上南极磷虾生物量超过 5 亿 t, 且分布区域广泛^[2-3]。南极磷虾作为南大洋生态系统中的关键种, 在整个南大洋生态系统中起着承上启下的重要作用^[4]。近年来, 由于受到全球气候变化、人类活动的影响, 南极半岛的磷虾数量明显减少^[5]。1900 年以来, 全球温度上升了 2 ℃, 气候变化对南极海域产生了深远的影响^[2]。温度上升导致南极磷虾主产地——南极半岛海冰冰期及厚度明显减少。冬季海冰可以为南极磷虾提供觅食栖息、躲避敌害的场所, 因此海冰的减少会对南极磷虾种群的生存生长产生很大影响^[5]。温度异常不仅直接影响磷虾的生长生存, 还会导致浮游藻类种类发生改变, 适合南极磷虾摄食的藻类大量减少, 致使南极磷虾数量下降^[6-7]。海水温度是海洋生物生活环境中最基本、最重要的因素之一^[7]。温度变化对南极磷虾的生理、生长、分布都会产生影响^[8-9]。很多学者研究过温度对南极磷虾的生长、蜕壳、孵化的影响, 但关于南极磷虾对温度的适应性研究比较少^[10-11]。未来南大洋海水温度有继续升高的可能。笔者开展南极磷虾对海水温度变化的适应性试验, 旨在为研究南极磷虾的越冬机制、种群分布提供基础信息。

1 材料与方法

1.1 磷虾取样方法

收稿日期: 2014-08-14

基金项目: 国家科技支撑计划(编号: 2013BAD13B03); 国家“863”计划(编号: 2012AA092302); 国家海洋局极地科学重点实验室开放基金(编号: KP201210); 南极海洋生物资源开发与利用项目(编号: D-8003-09-0158); 上海海洋大学“海鸥计划”(编号: B-5003-11-0023)。

作者简介: 杨文杰(1989—), 男, 河南商丘人, 硕士研究生, 主要从事南极海洋生物学研究。E-mail: jaywenyang123@163.com。

通信作者: 许柳雄, 教授, 主要研究方向为渔具渔法、金枪鱼渔业技术。E-mail: lxxu@shou.edu.cn。

试验所用南极磷虾活体取自上海开创公司大型拖网船“开利轮”四片式 832 型中层拖网, 采集时间为 2014 年 3 月 10 日, 取样地点为南奥克尼群岛水域, 采样时海水温度为 -0.2 ℃。将活体磷虾暂养于 300 L 水槽中(图 1), 暂养水体为现场采集的自然海水(水温为 -0.2 ~ 0.5 ℃), 暂养室内平均温度为 2 ℃, 光照度为 90 ~ 150 lx(与所在海域自然光照度基本相符), 暂养期间不投饵料, 每 8 h 换水 1 次, 每次换水 2/3, 并将水底的死虾、虾壳、粪便等从底部排水口排出。24 h 之后, 取活性较强的个体进行适应性试验。试验在容积为 50 L 的水箱中进行(图 2), 水箱装有水循环、过滤、充氧三合一的循环泵系统, 为防止循环泵系统对试验结果产生影响, 循环泵系统每 3 h 打开 1 次, 每次打开时间为 0.5 h。采取 2 种方式改变试验温度: (1) 急变式, 将暂养于水槽内的磷虾活体直接放入不同水温的 6 个恒温试验水箱中, 各试验水箱水温相差 3 ℃, 恒温条件下观察磷虾个体的行为变化; (2) 渐变式, 向与暂养水槽温度相同的试验水箱中放入南极磷虾活体, 在设定好的时间间隔下逐步改变试验水箱中的水温, 观察磷虾的行为变化。



图1 南极磷虾暂养水槽

试验期间, 利用电子温度计对暂养室进行实时监测。通过调节室温维持环境温度, 并用温海水或冰海水进行微调节。预试验结果表明, 这种温度调节方式能够提供试验所需的温度。对不同水温下磷虾的行为状态进行定时观察并记录, 磷虾的状态划分为 4 种: 正常游动(N)、间歇性横卧(时而游动时而横卧)(I)、横卧(仅腹肢摆动)(L)、休克或死亡(D)^[11]。

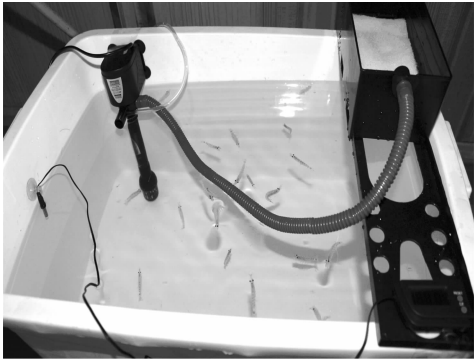


图2 南极磷虾试验水箱

1.2 急变式试验组

取 6 个容积为 50 L 的试验水箱,依次编号为 1、2、3、4、5、6。向各水箱内分别注入 40 L 海水,将水温依次设定为 0、3、6、9、12、15 ℃。从暂养水槽中取出 120 尾活力较好的磷虾个体,平均分为 6 组,依次编号为 1、2、3、4、5、6,测量各组磷虾体长。将活体磷虾放入盛有冷海水的 10 cm×20 cm 的水平托盘中,用游标卡尺测量磷虾伸直时眼前端至尾节末端的长度,作为磷虾全长,每尾磷虾测量 3 次,取平均值。测量结果显示,每组磷虾体长依次为(42.21±5.03)、(41.56±4.28)、(43.59±4.85)、(40.78±4.03)、(42.31±4.37)、(41.74±4.92) mm,各组磷虾个体无显著差异(Kolmogorov-Smirnov 检验, $\chi^2=4.823,P=0.567>0.05$)。把各组磷虾放入与其编号相同的水箱内进行恒温培养。恒温期间箱内水温变化控制在±0.1 ℃,光照度平均为 95.6 lx,氧气充足,不投食。现象不明显时每隔 2 h 或更长时间对磷虾的状态观察记录 1 次,每次观察时间为 5 min,现象变化明显的每隔 1.0 h 或 0.5 h 观察记录 1 次。

1.3 渐变式试验组

从暂养水槽中取 20 尾活力较好的磷虾个体,体长为(41.80±5.02) mm,体质量为(0.51±0.21) g,放入盛有 40 L 自然海水的 50 L 试验水箱内(箱内水温为 0 ℃),恒温培养 1 h(恒温期间箱内水温变化±0.1 ℃,下同)后记录试验个体状态。调节海水温度,使其升高 2 ℃,继续恒温培养 1 h,记录箱内磷虾个体状态。重复上述 2 ℃升温、恒温、记录过程,直至磷虾个体活动异常,此温度即为磷虾适宜临界水温。此后,水温每次升高 1 ℃,直至磷虾个体出现死亡或休克,磷虾个体持续休克或死亡的水温即为磷虾的临界水温。确定磷虾的临界水温后,取出磷虾,放于新鲜的冷海水中,观察并记录磷虾个体的恢复情况。

2 结果与分析

2.1 急变式试验组

该试验共进行了 6 组,除第 6 组外,其他 5 组均进行了 24 h。由表 1 可知,水温为 0、3 ℃的试验组短时间内出现不适现象的试验个体极少,24 h 内状态较为稳定;水温为 6 ℃的试验组中,试验个体 4 h 后开始出现不适现象,出现不适现象的试验个体数缓慢增加,但不适情况并未出现统计学上的明显加重;水温为 9 ℃的试验组中,2 h 内便有试验个体出现不适现象,随着时间的延长,出现不适现象的个体数量增加缓

慢,且情况有所缓解;水温为 12 ℃的试验组内,试验个体很快出现不适现象,且情况比较严重,8 h 内情况没有明显变化,8 h 之后,休克或死亡个体数量快速增加;水温为 15 ℃的试验组内,0.5 h 内所有试验个体均出现不适现象,25% 的个体休克或死亡,且休克或死亡个体数量在 1 h 之内过半,随后出现休克或死亡的个体数量持续增加,6 h 内虾几乎全部休克或死亡。

表 1 急变式试验组试验结果

组别	温度 (℃)	时间 (h)	个体数量(尾)			
			N	I	L	D
1	0	2~22	20			
		24	19	1		
2	3	2~22	20			
		24	17	3		
3	6	2	20			
		4	19	1		
		6	18	2		
		8	18	2		
		10	17	3		
		12	16	3	1	
		24	11	6	3	
		2	16	3	1	
4	9	4	15	3	2	
		6~10	12	4	4	
		12	7	8	5	
		24	4	10	5	1
5	12	2	5	8	6	1
		4	5	6	5	4
		6	5	6	5	4
		8	3	7	7	4
		10		5	9	6
		12		3	9	8
		24		1	5	14
6	15	0.5		4	11	5
		1		4	5	11
		2		2	3	15
		3		1	4	15
		4			4	16
		5			3	17
		6			1	19
		7				20

2.2 渐变式试验组

该组试验共进行了 11 h,水温范围为 0~14 ℃。由表 2 可知,当水温为 0~6 ℃时,试验个体均能正常游动;当水温达到 7 ℃时,试验个体开始出现间歇性横卧现象;当水温达到 8 ℃时,出现不适现象的个体数开始增加,但 1 h 内并没有明显加重;当温度达 9 ℃时,试验个体的不适情况有所加重,开始出现横卧现象;当水温达到 13 ℃时,试验个体中出现不适现象的比重持续增加,但仍没有出现休克或死亡现象;当温度达到 13 ℃时,开始出现休克或死亡现象,但 1 h 内不适现象并未明显加重;当温度达到 14 ℃的时候,休克或死亡个体数量持续增加,且没有正常游动的个体。试验结束时,将 9 尾休克或死亡的个体立刻放入 0.1 ℃冷海水中,1 h 之后有 5 尾恢复活力开始游动,有 2 尾仅腹肢摆动。

表 2 渐变式试验组试验结果

温度 (℃)	试验时间 (h)	个体数量(尾)			
		N	I	L	D
0	0	20			
2	1	20			
4	2	20			
6	3	20			
7	4	19	1		
8	5	17	3		
9	6	15	4	1	
10	7	13	4	3	
11	8	5	10	5	
12	9	2	12	6	
13	10	2	10	7	1
14	11		8	3	9

无论是在急变式试验组还是渐变式试验组,当水温为 1~6℃ 时,试验个体基本能保持活力并能正常游动,且 24 h 内出现不适现象的个体数所占比例较小;在渐变式试验组中,当水温为 7℃ 时,有少数个体偶尔出现间歇性横卧现象,但 1 h 之内出现不适现象的个体数量比较稳定;渐变式试验组中,当水温达到 8℃ 时,出现不适现象的个体数开始增加,但 1 h 内并没有明显加重,当水温为 9℃ 时,试验个体的不适情况开始严重,出现不适现象的试验个体数开始增加,但仍可以长时间存活。由此可知,南极磷虾成熟个体的适宜临界海水温度为 7℃ 左右。当水温为 12℃ 时,渐变式试验组中未出现休克或死亡现象,急变式试验组 2 h 内才出现 1 尾休克或死亡个体,8 h 内休克或死亡个体数量较为稳定,说明 12℃ 尚未达到磷虾个体的适宜临界水温;当水温从 13℃ 变为 14℃ 时,休克或死亡个体数量在短时间内持续增加,且试验结束时大部分休克或死亡个体能够恢复活力,再结合急变式试验组中试验个体在 15℃ 海水中休克或死亡现象非常明显,可以初步认为南极磷虾个体的临界水温为 14℃ 左右。

3 结论与讨论

温度是影响磷虾生存生长最重要的环境因素之一^[7]。Poleck 等和 Brown 等均曾利用水槽试验研究温度对南极磷虾蜕壳、生长、成熟的影响^[10-11]。目前关于南极磷虾对海水温度的适应性试验还比较少。Aarset 等研究表明,南极磷虾对低温的可承受临界温度为 -9℃^[12]。李莹春等、徐鹏翔等对南极磷虾对温度的耐受性及其行为进行了试验,但由于试验条件有限,并没有系统地设定温度的变化范围,仅对南极磷虾对温度的耐受性进行了初步探讨^[13-14]。本试验采用 2 种升温方式进行多组试验,探讨了南极磷虾对温度变化的适应能力,结果表明,南极磷虾的适宜临界温度为 7℃ 左右,临界温度为 14℃ 左右。此外,当温度在 0~6℃ 变化时,无论温度发生突然变化或是逐渐变化,南极磷虾成熟个体均能够很快适应温度变化,说明当温度在磷虾临界适宜温度以下时磷虾对温度具有较强的适应能力。当温度在 7~14℃ 内时,磷虾状态变化较快,随后趋于稳定,说明南极磷虾成熟个体对稍高温度的变化具有一定的忍耐力;当温度达到临界温度时,南极磷虾成熟个体出现不适状态的情况在短时间内变化剧烈,说明临界温度是磷虾可承受的极限温度。南极磷虾作为南大洋生

物链中的关键生物,对温度变化具有一定的适应能力,但是适应范围比较窄。

由于缺乏对南极磷虾活体的暂养经验,本试验在方法设计、试验条件上依然存在不足之处。本试验中试验对象均为成熟个体,缺少对未成熟个体的观察,不能代表各年龄段的磷虾对温度的适应性。本试验仅对磷虾短期内对温度的适应性进行了测试,并不能说明较高温度下磷虾可以长期存活、生长。此外,由于受试验设备、场地空间所限,试验个体数量偏少,且对温度微调、控制方面还不够完善,导致试验过程中温度的变化范围跨度较大,试验结果可能与实际情况存在偏差。国外对于南极磷虾的水槽试验研究开始较早,由于海上条件有限,目前关于南极磷虾的水槽试验大多是将南极磷虾运回陆地上的实验室内完成^[10-11,15-16]。我国学者关于南极磷虾资源研究较少,在南极磷虾的基础生物学研究方面经验欠缺,再者我国距南极路途遥远,因此积极探索南极磷虾海上暂养试验方法显得尤为重要。本试验初步验证了海上暂养磷虾的可操作性,为今后开展南极磷虾长期暂养提供了宝贵经验,如活体磷虾采集方法、暂养设备完善以及暂养环境控制等。因此,为了能够更好地了解南极磷虾对温度变化的适应能力,今后应进一步完善试验条件,以便更好地开发养护南极磷虾资源。

致谢:感谢上海开创渔业公司“开利轮”船长、政委、各位船员以及中国水产科学研究院东海水产研究所周斌在试验过程中给予的帮助。

参考文献:

[1] 朱国平. 南极磷虾种群生物学研究进展 I. 年龄、生长与死亡[J]. 水生生物学报,2011,35(5):862-868.

[2] 孙松,刘永芹. 南极磷虾与南大洋生态系统[J]. 自然杂志,2009,31(2):88-90,104.

[3] Siegel V. Distribution and population dynamics of *Euphausia superba*: summary of recent findings [J]. Polar Biology,2005,29:1-22.

[4] Alonzo S H, Mangel M. Survival strategies and growth of krill: avoiding predators in space and time [J]. Marine Ecology Progress Series,2001,209:203-217.

[5] Kawaguchi S, Nicol S, Press A J. Direct effects of climate change on the Antarctic krill fishery [J]. Fisheries Management and Ecology, 2009,16(5):424-427.

[6] Atkinson A, Siegel V, Pakhomov E, et al. Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean [J]. Nature, 2004,432(713):100-103.

[7] Flores H, Atkinson A, Kawaguchi S, et al. Impact of climate change on Antarctic krill [J]. Marine Ecology Progress Series,2012,458:1-19.

[8] Lee C I, Pakhomov E A, Atkinson A, et al. Long-term relationships between the marine environment, krill and salps in the Southern Ocean [J]. Marine Biology,2010(ID 410129):118.

[9] Atkinson A, Siegel V, Pakhomov E A, et al. Oceanic circumpolar habitats of Antarctic krill [J]. Marine Ecology Progress Series,2008,362:1-23.

[10] Poleck T P, Denys C J. Effect of temperature on the molting, growth and maturation of the Antarctic krill *Euphausia superba* (Crustacea: Euphausiacea) under laboratory conditions [J]. Marine Biology, 1982,70(3):255-265.

崔瑞勤,陈科力,徐 雷. 基于组培快繁技术的白及种子萌发和幼苗形态观察[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):238-240.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.077

基于组培快繁技术的白及种子萌发和幼苗形态观察

崔瑞勤,陈科力,徐 雷

(湖北中医药大学药学院,湖北武汉 430065)

摘要:为掌握白及实生苗培育过程中的生长发育特点,采用种子组培快繁技术育苗,并对该过程进行动态观察。在 1/2MS + 1.0 mg/L NAA 培养基中进行种子萌发及丛生芽诱导,7 d 后种子膨大成为淡黄色球状体,21 d 后种子突破种皮开始萌发,30 d 后开始形成原球茎,40 d 后原球茎进一步膨大、颜色逐渐转绿,部分诱导出愈伤组织,2 个月后原球茎基部出现绒毛状,愈伤组织分化大量丛生芽。丛生芽在 1/2MS + 1.0 mg/L NAA + 2.0 g/L 活性炭 + 1.0 mg/L GA₃ 培养基中进行生根诱导培养,约 40 d 即可培养出 3~5 条幼根,此后白及幼苗快速生长,即可进行炼苗移栽。

关键词:白及;种子;组培快繁技术;萌发;幼苗形态;观察

中图分类号: S567.23+9.04

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2015)02-0238-03

白及[*Bletilla striata* (Thunb.) Reichb. f.] 为兰科白及属多年生草本植物,是我国的野生资源,主要分布区域北起江苏、河南,南至台湾,东起浙江,西至西藏东南部。贵州的东部、西部、南部,广西的西北、西南山区是野生白及资源的集中分布地及药材产出中心^[1]。当前,贵州、云南、广西、安徽、浙江、江西、湖北、四川等地均有白及人工栽培,以贵州、安徽、广西三地栽培量大质优^[2]。白及干燥块茎可供药用,具收敛止血、消生肌的功效,用于咯血、吐血、外伤出血、疮疡肿毒、皮肤皲裂等症^[3]。白及在我国具有悠久的药用历史,始载于《神农本草经》,距今已有 2 000 多年历史,是我国民间的传统中药,现代研究表明白及主要活性成分为联苕类、二萜菲,并含联菲类、其他含菲化合物以及甾类、萜类、酯类、醚类等化合物,具有止血、抗菌、抗肿瘤、促进伤口愈合、促进血管内皮细胞黏附生长以及保护黏膜等药理作用^[4-5]。

白及不仅具有较高的药用价值,同时还具有较强的观赏性,也是我国现代医药工业和化妆品工业的重要原材料,由于白及应用广泛,近年来市场需求量不断增大,在繁殖受限、人工栽培量不足背景下,其野生资源遭到大量采挖,伴随供需

矛盾的不断凸显,白及的价格逐年攀升。目前我国白及资源十分短缺,大量地肆意采挖致使白及野生资源急剧减少,自然生境遭到严重破坏,由于其濒危稀缺,被国家列为重点保护的野生药用植物之一。

当前白及大规模人工栽培显得尤为迫切,尽管白及生长过程中能大量产生种子,但种子极细小、质轻且构造简单无胚乳,不具备自然萌发所需的足够养分,自然条件下与相适应的真菌共生,由真菌提供其营养才有可能发芽且萌发率较低,所以采用种子繁殖培育实生苗进行栽培较困难。目前,白及栽培主要采用块茎分离繁殖的方式,大量消耗经济部位用于繁殖,繁殖系数低,难以适应规模化种植的需要,不能满足市场需求^[6]。同时,由于营养繁殖的后代源自母株的营养体的个体发育并非基于遗传意义上的重新开始,而是母体生长的延续,所以这种单一繁殖方式长期使用必然引起品种退化,导致产量下降、品质变劣、病虫害加重、适应性变差等诸多问题。所以,生产中适当采用种子繁殖尤为必要。

采用无菌播种方式进行白及种子组培快繁以获得实生苗,在培养基中配制白及种子萌发所需的全部养分,种子萌发率高,而且通常 1 枚白及蒴果中种子数量高达数十万,所以繁殖系数极大,而且以种子进行繁殖有利于引种驯化以及优良品种选育。所以,本试验采用组织培养技术培育白及实生苗,对白及种子的萌发、丛生芽的诱导、生根定植、移栽等环节展开跟踪观察,以期对白及大规模种子组培快繁育苗积累生产基础。

收稿日期:2014-04-24

基金项目:国家扶持中药材生产建设项目。

作者简介:崔瑞勤(1991—),女,硕士研究生,从事中药资源及其品质研究。E-mail:18995629089@163.com。

通信作者:徐 雷,博士研究生,讲师,从事中药资源及其品质研究。E-mail:wuhanxulei@163.com。

[11] Brown M, Kawaguchi S, Candy S, et al. Temperature effects on the growth and maturation of Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. Deep - Sea Research Part II - Topical Studies in Oceanography, 2010, 57(7/8): 672-682.

[12] Aarset A V, Torres J J. Cold resistance and metabolic responses to salinity variations in the amphipod *Eusirus antarcticus* and the krill *Euphausia superba* [J]. Polar Biology, 1989, 9: 491-497.

[13] 李莹春, 朱国平, 孟 涛, 等. 人工条件下南极磷虾的温度耐受性试验观察[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(9): 204-206.

[14] 徐鹏翔, 李莹春, 朱国平, 等. 光照条件下南极磷虾行为初步研究[J]. 水产学报, 2012, 36(2): 300-305.

[15] King R, Nicol S, Cramp P, et al. Krill maintenance and experimentation at the Australian Antarctic Division [J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 2003, 36: 271-283.

[16] Kawaguchi S, King R, Meijers R, et al. An experimental aquarium for observing the schooling behaviour of Antarctic krill (*Euphausia superba*) [J]. Deep - Sea Research Part II - Topical Studies in Oceanography, 2010, 57(7/8): 683-692.