

小形寄居蟹对干露·盐度的耐受能力及逃生行为研究

于海成¹, 王路平², 陈相堂³

(1. 大连海洋大学, 辽宁大连 116000; 2. 大连市现代农业生产发展服务中心, 辽宁大连 116000; 3. 烟台市海洋经济研究院, 山东烟台 264005)

摘要 研究了小形寄居蟹(*Pagurus minutus*)对干露、盐度的耐受能力及其在2种不同条件下的逃生行为策略。结果表明,小形寄居蟹对干露耐受能力较强,干露36 h内均能存活;在干露48 h时后死亡率随着干露时间的延长而增加,当干露至96 h时,则全部个体死亡。小形寄居蟹对盐度的耐受限度极大,在盐度0的淡水中可以短暂生存,当盐度为5~50时,所有个体均可存活72 h以上;当盐度达到55时,48 h后小形寄居蟹开始有个体死亡;当盐度升至65时,24 h后所有个体死亡。小形寄居蟹在螺壳被固定时均会出现弃壳逃生行为,在干燥组和水组中,大、小个体在12、24和36 h内逃生个体数量没有显著差异($P>0.05$);在潮湿组中,12、24和36 h逃生个体数量均有显著差异($P<0.05$)。当小形寄居蟹被砂子掩埋1 cm时,全部个体可以爬出;当掩埋深度达到3 cm时,30 min多数寄居蟹会抛弃螺壳爬到表面;当掩埋深度为6 cm时,30 min内只有少数寄居蟹可以抛弃螺壳并爬到表面。

关键词 小形寄居蟹;干露;盐度;耐受能力;逃生行为

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)07-0104-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.07.030



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Desiccation and Salinity Tolerance and Escape Behavior of *Pagurus minutus*

YU Hai-cheng¹, WANG Lu-ping², CHEN Xiang-tang³ (1. Dalian Ocean University, Dalian, Liaoning 116000; 2. Dalian Modern Agricultural Production Development Service Center, Dalian, Liaoning 116000; 3. Yantai Marine Economic Research Institute, Yantai, Shandong 264005)

Abstract The tolerance of *Pagurus minutus* to desiccation, salinity and escape strategies under two different conditions were studied. The results showed that the small hermit crab had a strong tolerance to dry dew and could survive within 36 h of dry dew. After 48 hours of dry dew, the mortality rate increased with the extension of dry dew time; when the dry dew reached 96 h, all individuals died. Small hermit crabs have a maximum tolerance to salinity. They can live for a short time in fresh water with a salinity of 0. When the salinity ranges from 5 to 50, all individuals can live for more than 72 h. When the salinity rose to 65, all individuals died 24 hours later. When the shell was fixed, small hermit crabs would abandon the shell and escape. In the dry group and the water group, there was no significant difference in the number of large and small individuals escaping within 12, 24 and 36 h ($P>0.05$). In the wet group, there were significant differences in the number of escape individuals at 12, 24 and 36 h ($P<0.05$). When small hermit crabs are buried 1 cm in sand, all individuals can crawl out. When the depth reached 3 cm, most hermit crabs would abandon the shell and climb to the surface for 30 min. When the depth was 6 cm, only a few hermit crabs could abandon the shell and climb to the surface within 30 minutes.

Key words *Pagurus minutus*; Desiccation; Salinity; Tolerance capacity; Escape behavior

小形寄居蟹(*Pagurus minutus*)分布于我国渤海、黄海、东海台湾西海岸和海南岛,生活于泥砂质潮间带并且延伸至河口区域^[1],隶属软甲纲十足目寄居蟹科寄居蟹属,是一种常见的小型寄居蟹类。由于潮间带环境复杂多变,生态幅较大,潮间带生物有很强的适应性和耐受性^[2],我国对潮间带生物生态因子耐受性研究有过相关报道^[3-6],但尚无潮间带寄居蟹的此类研究。笔者以小形寄居蟹为试验对象,研究其对干露和盐度的耐受性规律以及不同条件下该寄居蟹弃壳逃生的行为策略,以期对寄居蟹类的相关研究提供基础资料。

1 材料与方

1.1 试验材料 试验所用小形寄居蟹均采集自大连市金普新区七顶山沿海潮间带区。为保证试验的准确性,只选取其螺壳为单齿螺(*Monodonta labio*)的个体进行暂养。暂养池中为该地区自然海水,铺设3 cm细砂底,水温为(20±1)℃,连续充氧,并投喂对虾人工配合饵料。暂养24 h后进行试验。

试验所用细砂均采集于小形寄居蟹栖息地。所有个体在试验结束后均放回自然环境中。

1.2 试验方法

1.2.1 干露耐受性试验。试验分别设干露时间12、24、36、

48、60、72、84 h和96 h共8个处理组。每个处理组设置3个重复,每个重复10只小形寄居蟹。计算试验结束后各个处理组存活个体、活力下降个体和死亡个体所占比例。

1.2.2 盐度耐受性试验。使用淡水和该地区产自然海盐配制所需溶液盐度。根据预试验结果可知,小形寄居蟹在盐度10~50内均可存活72 h以上,分别设置盐度0、5、55、60、65共5个梯度水平。每个处理组设置3个重复,每个重复10只个体。记录实验开始后24、48、72 h的死亡个体数量。试验在40 cm×60 cm×20 cm的塑料容器中进行,试验过程中管理同暂养期。

1.2.3 被困逃生试验。将小形寄居蟹按重量分大、小2种不同规格,每种规格设3个处理组:在阳光直射并且干燥环境下干露(干燥组)、在潮湿避光环境下干露(潮湿组)和在充气的自然海水中(水中组)。所有寄居蟹的螺壳均被固定,使其无法移动,并保证壳口处不被遮挡。同时设置一个对照组:在充气的自然海水中且螺壳没有被固定。每个处理组设置3个重复,每个重复10只个体。记录试验开始后12、24、36 h从螺壳逃出的个体数量。

1.2.4 掩埋逃生试验。试验设置3个处理组,分别将小形寄居蟹掩埋至深度1、3和6 cm细砂中^[7],并保证螺壳壳口朝上^[8],每个处理组设置3个重复,每个重复10只个体。同

作者简介 于海成(1987—),男,山东烟台人,硕士研究生,研究方向:生态学。

收稿日期 2019-12-04

时,设置 1 个对照组,掩埋深度为 0 cm。记录 30 min 内爬到表面的个体数量和抛弃螺壳的个体数量。

1.3 活力状态鉴定 当个体表现出眼柄、触角和第三颚足附肢均不动,身体被解剖针触碰无反应时,则判定为已死亡^[6];当个体附肢可以活动,却无法移动时,则判定为活力下降;个体可以正常移动时,则判定为存活。

1.4 数据处理 使用 Excel 2013 软件对试验数据进行整理,使用 SPSS 20.0 统计软件对整理后数据进行单因素方差分析(ANOVA)和一般线性模型分析(GLM),并绘制图表。

2 结果与分析

2.1 干露耐受性试验 试验结果(图 1)显示,小形寄居蟹死亡率随着干露时间的延长而增加。小形寄居蟹对干露的耐受能力较强,在干露 36 h 以内均能存活;当干露 48 h 时开始出现活力下降和死亡的个体;当干露时长达 96 h 时,则全部个体死亡。

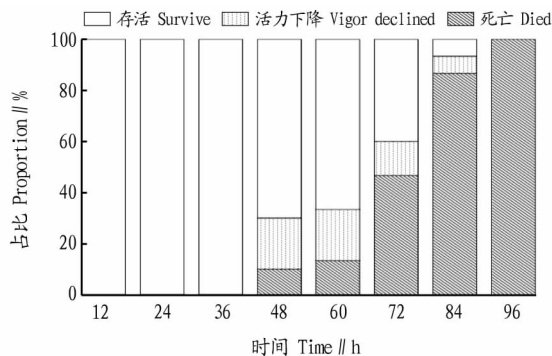


图 1 不同干露时间下小形寄居蟹的存活率

Fig. 1 Survival rate of *P. minutus* crabs at different time of desiccation

2.2 盐度耐受性试验 不同盐度下小形寄居蟹存活率如图 2 所示。从图 2 可以看出,小形寄居蟹对盐度的耐受能力很

强。它在盐度 0 的淡水中可以短暂生存,并随着时间延长而活力下降,48 h 后全部死亡;当盐度为 5~50 时,所有个体均可存活 72 h 以上;当盐度达到 55 时,48 h 后小形寄居蟹开始有个体死亡;当盐度升至 65 时,24 h 后所有个体死亡。

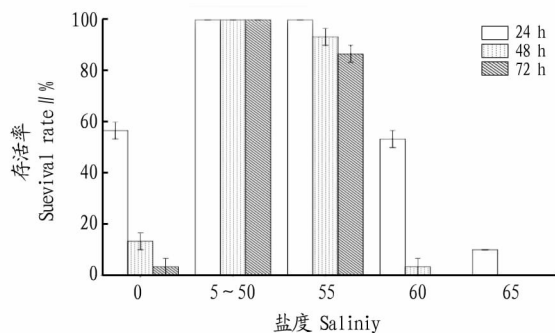


图 2 不同盐度下小形寄居蟹的存活率

Fig. 2 Survival rate in different salinity of *P. minutus*

2.3 被困逃生试验 在不同环境下,小形寄居蟹螺壳被困,其会出现弃壳逃生行为。不同条件下不同时间内平均逃生个体数如表 1 所示。由表 1 可知,在干燥组和水组中,大、小个体在 12、24 和 36 h 内逃生个体数量没有显著差异($P > 0.05$);在潮湿组中,12、24 和 36 h 逃生个体数量均有显著差异($P < 0.05$)。在较小个体的不同处理组组间差异性分析中,干燥组和水组 12 h 内逃出个体数量无显著差异($P > 0.05$),但与潮湿组有显著差异($P < 0.05$);干燥组、潮湿组和水组在 24 和 36 h 内的逃出个体数量均存在显著差异($P < 0.05$)。在较大个体的不同处理组组间差异性分析中,干燥组和水组 12 和 24 h 内逃出个体数量无显著差异($P > 0.05$),但与潮湿组有显著差异($P < 0.05$);潮湿组和水组 36 h 内逃出个体数量无显著差异($P > 0.05$),但与干燥组有显著差异($P < 0.05$)。

表 1 不同环境条件与体重下小形寄居蟹被困逃生情况

Table 1 Survival under different environmental conditions and body weight of *P. minutus*

处理组 Treatment group	规格 Size	重量 Weight//g	不同时间平均逃生数量 Average number of escaped crabs//只		
			12 h	24 h	36 h
干燥组 Drying group	小	1.42±0.24 b	2.00±1.00 a	8.33±0.58 a	8.33±0.58 a
	大	2.29±0.22 a	2.67±0.58 a	8.33±0.58 a	8.33±0.59 a
潮湿组 Wet group	小	1.53±0.25 b	4.67±0.58 a	5.67±0.58 a	6.01±0.00 a
	大	2.47±0.19 a	1.66±0.58 b	2.67±0.58 b	3.67±0.58 b
水中组 Underwater group	小	1.47±0.25 b	2.33±0.58 a	3.44±0.58 a	4.33±0.58 a
	大	2.31±0.26 a	2.33±0.59 a	3.67±0.58 a	3.67±0.58 a
对照组 Control group	小	1.44±0.23 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
	大	2.43±0.35 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($P < 0.05$)

2.4 掩埋逃生试验 不同掩埋深度下小形寄居蟹逃生情况如表 2 所示。由表 2 可知,当掩埋深度为 1 cm 时,全部小形寄居蟹可以爬出;当掩埋深度达 3 cm 时,30min 多数寄居蟹会抛弃螺壳爬到表面,而当掩埋深度为 6 cm 时,30min 内只有少数寄居蟹可以抛弃螺壳并爬到表面。

3 讨论与结论

潮间带作为陆地与海洋的交汇地带,潮汐和陆地等其他

因素对其有很大影响,由于温度、盐度、水分等生态因子变化剧烈,潮间带生物所处的生境也复杂多变^[2]。经过长期的进化,潮间带生物对变化急剧、复杂恶劣的环境均具有较强的生态适应性^[9]。作为潮间带区域的优势生物类群^[10],该研究发现小形寄居蟹对干露具有很强的耐受能力。小形寄居蟹不仅可在干露 36 h 内全部个体存活,在干露 48 h 时仍有存活个体,而将部分活力下降个体放回海水中,仍能够恢复

表2 不同掩埋深度下小形寄居蟹逃生情况

Table 2 Escape at different burial depths of *P. minutus*

掩埋深度 Burial depth cm	逃生数量 Escaped number (30 min)//只		
	有壳 With shell	无壳 Without shell	未爬出 Not climbed out
1	10.00±0.00 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c
3	2.33±0.58 b	7.00±1.00 a	0.67±0.58 b
6	0.00±0.00 c	1.00±1.00 b	9.00±1.00 a
0(对照组 Control group)	10.00±0.00 a	0.00±0.00 c	0.00±0.00 c

注:不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate a significant difference ($P<0.05$)

活力。这与其他潮间带生物对干露的耐受能力相似,如藤壶可以连续保持30 d都处于干燥和饥饿状态;石鳖在散失体内75%水分情况下仍可存活;海藻脱水60%~90%后仍可复活^[11]。究其原因,是其具有较强的防脱水保护机制。Young^[12]对3种不同栖息地寄居蟹的研究表明,生活在潮间带的寄居蟹比生活在水中的种类干露耐受性更强,可承受体内水分散失程度更大^[12];Herreid^[13]认为潮间带蟹类体内水分散失要远少于水中蟹类;Turra等^[14]研究了3种热带地区潮间带寄居蟹的干露耐受性,认为寄居蟹的大小比种类更重要。此外,螺壳也可以帮助寄居蟹减少水分的散失^[15]。

盐度是潮间带波动范围较大的生态因子,其在河口地区变化最明显^[2],这与季节变化、降雨、潮汐、蒸发和淡水汇入等密切相关,栖息于此区域的生物多为广盐性生物^[16],它们通过不同方式应对盐度变化,软体动物可以忍受体液的稀释,而甲壳类则有极强的渗透压调节能力。研究表明,天津厚蟹(*Helice tientsinensis*)在适宜的温度下,可以在盐度0~65下存活96 h^[6];生活于潮上带的*Armases miersii*幼蟹在盐度5~55下均可存活^[17];非洲南部河口的*Diogenes brevirostris*可适应盐度1.5~4.0的低盐度环境,并在12~27℃内不受影响^[18];蓝蟹幼蟹能生活在盐度0的淡水中9 d以上,其21 d时盐度半致死浓度可达66.5^[19]。小形寄居蟹生活于潮间带并延伸至河口区域,该研究中其盐度耐受范围很大,在(20±1)℃、盐度5~50下均可存活72 h以上,属于广盐性蟹类;在盐度0的淡水中24 h内死亡率为43.33%,这与其能够适应有淡水汇入的栖息环境相一致;在盐度55下仍可以存活48 h,说明其可以承受高盐度环境。潮间带寄居蟹类比潮下带寄居蟹类对盐度耐受能力更强^[12],此特点也允许它们既可以生活于海洋,也可以栖息于河口甚至淡水或半陆地环境。

寄居蟹通常居住在空的腹足类螺壳中,螺壳为寄居蟹提供一个小生境(microhabitat),降低了干燥和被捕食的风险^[15],具有重要的保护作用。当生命受到威胁时,寄居蟹会通过抛弃螺壳这种行为策略争取逃生机会,如遭遇被困或填埋^[8,20],并且在受捕食威胁环境中风险小的寄居蟹比风险大的寄居蟹更倾向于弃壳逃生^[21]。该研究比较了2种不同规格的小形寄居蟹在不同条件下遭遇被困时的弃壳逃生行为,结果显示当受到光照和干燥环境时,36 h内弃壳逃生的个体数量最多,而被困于水中的个体逃生数量最少,表明前者受到生命威胁程度更大;在12 h内小寄居蟹中潮湿组的弃壳逃生

个体数量最低,而在大寄居蟹中的潮湿组逃生数量最高,可能在最初的12 h体型较大的寄居蟹相比体型较小的寄居蟹受到威胁的风险更小,也更倾向于弃壳逃生;在3个不同处理组中,除潮湿组外,其他2组大、小个体之间均未呈现明显差异,这可能由于不同的处理条件对寄居蟹威胁程度不同导致,如干燥组环境过于严酷而水中组过于温和。

潮间带生物通常会被随潮汐周期运动的沙子掩埋^[22],风暴、洋流和强风等物理因素进一步增加掩埋的风险,而城市发展、填海造陆、清淤疏浚、工业和生活污水排放等人活动导致被泥沙掩埋的概率升高^[23]。此次砂埋试验中,当沙子掩埋1 cm时所有个体均不会抛弃螺壳;当掩埋深度达3 cm时,大部分寄居蟹会在短时间内抛弃螺壳并爬到表面,而当掩埋深度为6 cm时,只有极少数寄居蟹可以抛弃螺壳并爬到表面。这表明掩埋深度对其逃生影响很大,当遭遇泥沙掩埋,小形寄居蟹在无法携带螺壳共同逃生时,会更快做出弃壳逃生行为的生态策略。

参考文献

- [1] 韩源源. 中国海陆生寄居蟹科和寄居蟹科(甲壳动物亚门:异尾目)的系统分类学研究[D]. 临汾:山西师范大学,2017.
- [2] 沈国英,黄凌风,郭丰,等. 海洋生态学[M]. 3版. 北京:科学出版社,2010:209-213.
- [3] 郑岩,白海娟,王亚平. 单环刺螯对水温、盐度和pH的耐受性的研究[J]. 水产科学,2006,25(10):513-516.
- [4] 曾海洋,洪平,丁理法,等. 可口革囊星虫对温度、盐度的耐受性试验[J]. 水产科学,2006,25(8):422-423.
- [5] 许星鸿,阎斌伦,徐家涛. 日本蟳对几种环境因子的耐受性试验[C]//Proceedings of Conference on Environmental Pollution and Public Health (CEPPH 2012). 武汉:美国科研出版社,2012.
- [6] 徐敬明. 天津厚蟹对盐度和温度的耐受性[J]. 海洋学报:中文版,2014,36(2):93-98.
- [7] VALÉRE-RIVET M G, JUMA D, DUNBAR S G. Thermal tolerance of the hermit crab *Pagurus samuelis* subjected to shallow burial events[J]. Crustacean research, 2017, 46:65-82.
- [8] SHIVES J A, DUNBAR S G. Behavioral responses to burial in the hermit crab, *Pagurus samuelis*: Implications for the fossil record[J]. Journal of experimental marine biology and ecology, 2010, 388(1/2):33-38.
- [9] 安鑫龙,李豫红,闫莹. 中国潮间带生物研究新进展[J]. 河北渔业, 2004(6):17-18.
- [10] TURRA A, DENADAI M R. Desiccation tolerance of four sympatric tropical intertidal hermit crabs (Decapoda, Anomura) [J]. Marine and freshwater behaviour and physiology, 2001, 34(4):227-238.
- [11] 李太武. 海洋生物学[M]. 北京:海洋出版社,2013:192-193.
- [12] YOUNG A M. Temperature-salinity tolerances of three hermit crab species, *Clibanarius vittatus* (Bosc), *Pagurus Longicarpus* Say and *P. Pollicaris* Say (Crustacea: Decapoda; Anomura) [J]. Ophelia, 1980, 19(1):27-35.
- [13] HERREID C F II. Water loss of crabs from different habitats [J]. Comparative biochemistry and physiology, 1969, 28(2):829-839.
- [14] TURRA A, DENADAI M R. Desiccation tolerance of four sympatric tropical intertidal hermit crabs (Decapoda, Anomura) [J]. Marine behaviour and physiology, 2001, 34(4):227-238.
- [15] REESE E S. Behavioral adaptations of intertidal hermit crabs [J]. American zoologist, 1969, 9(2):343-355.
- [16] DORGELO J. Salt tolerance in Crustacea and the influence of temperature upon it [J]. Biological reviews, 1976, 51(3):255-290.
- [17] ANGER K. Salinity tolerance of the larvae and first juveniles of a semiterrestrial grapsid crab, *Armases miersii* (Rathbun) [J]. Journal of experimental marine biology and ecology, 1996, 202(2):205-223.
- [18] AVIS A M. Temperature and salinity tolerance of adult hermit crabs, *Diogenes brevirostris*, Stimpson (Crustacea: Decapoda: Anomura) [J]. Zoologica Africana journal of zoology, 1988, 23(4):351-355.

口摄食阶段,投喂丰年虫能保证较高的成活率,同时也能满足生长的营养需要。

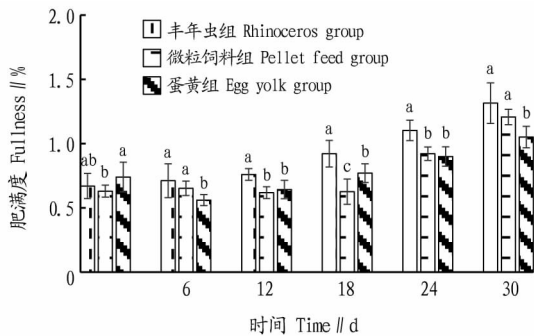
表 2 不同开口饵料对多鳞白甲鱼仔鱼全长的影响

Table 2 Effects of different initial baits on total length of *O. macrolepis* larva

组别 Group	时间 Time//d				
	6	12	18	24	30
丰年虫组 Rhinoceros group	15.22±0.86 a	17.79±0.95 a	21.68±1.05 a	23.69±1.63 a	25.78±1.42 a
微粒饲料组 Pellet feed group	14.77±0.74 ab	16.27±1.11 b	18.78±0.97 b	18.88±1.03 b	20.55±1.36 b
蛋黄组 Egg yolk group	14.44±1.19 b	16.09±1.13 b	17.55±0.83 c	17.66±1.01 c	19.33±1.88 c

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences ($P<0.05$)



注:同一时间各组间标有不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters at the same time indicated significant differences among different groups ($P<0.05$)

图 2 不同开口饵料下多鳞白甲鱼仔鱼肥满度

Fig. 2 Fullness of *O. macrolepis* larva under different initial baits

3.2 多鳞白甲鱼开口饵料的选择 饲料的可捕性(分布水层、游泳速度)、适口性、营养需要、相对丰度、规格等作为仔鱼对可食饲料种类的选择指标^[7,13,17]。多鳞白甲鱼作为杂食性鱼类的一种,在自然环境条件下,主要摄食水生昆虫等动物性天然饵料^[18]。在该研究中,各组多鳞白甲鱼仔鱼的成活率和生长都存在显著差异,其中丰年虫组最高,而蛋黄组最低。其可能原因主要有:一方面,丰年虫作为活性饵料,本身含有较为丰富的营养物质,同时在进入鱼体内之后,本身的消化酶能有效的刺激鱼体消化酶的分泌,从而更有效的促进鱼苗对食物进行消化和吸收,提高鱼类对食物的利用率,这与对胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)的研究结果^[19]类似;另一方面,丰年虫在放入淡水水体后,在有限时间内能够保证一定成活率,相比微粒饲料和蛋黄投入水中后容易散失,一旦时间过长鱼苗没有及时吃完,极易引起水质败坏,并且微粒饲料和蛋黄是处于静止状态,仔鱼与它们的相遇频率明显没有活饵料高,活性物质缺乏,投喂时间稍长便会出现营养不良^[7]。因此,笔者认为丰年虫更适宜作为多鳞白甲鱼仔鱼的开口饵料。

综上所述,丰年虫更利于多鳞白甲鱼仔鱼的摄食和生长,效果最为理想,对多鳞白甲鱼的养殖具有重要的借鉴作用。在生产实践中,若丰年虫不足,可将微粒饲料或者蛋黄替代丰年虫,但是投喂时间不宜过长。

参考文献

- 乐佩琦. 中国动物志:硬骨鱼纲 鲤形目 下卷[M]. 北京:科学出版社, 2000.
- 刘勇,周继武,吉红,等. 饲料蛋白水平对多鳞白甲鱼亲鱼生长、体组成与性腺的影响[J]. 饲料工业, 2016, 37(16): 20-26.
- 董武子,王涛,马力,等. 秦巴山区多鳞白甲鱼人工繁殖试验[J]. 畜牧兽医学报, 2016, 35(3): 27-30.
- 许涛清. 陕西省秦巴山区生物资源及其开发利用[J]. 自然资源, 1987(4): 96-100.
- 王开锋,张红星,杨兴中,等. 陕西长青自然保护区鱼类资源及其多样性[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2003, 31(S2): 5-9.
- 朱成德. 仔鱼的开口摄食期及其饵料综述[J]. 水生生物学报, 1986, 10(1): 86-95.
- 李松,李世元,夏银琼,等. 不同开口饵料对软刺裸裂尻仔鱼成活率和生长的影响[J]. 中国水产, 2016(9): 91-94.
- 陆专灵,赵忠添,侯树鉴,等. 开口饵料对泥鳅仔鱼成活率和生长的影响及其生长曲线拟合分析[J]. 南方农业学报, 2016, 47(8): 1411-1415.
- 殷名称. 鱼类早期生活史阶段的自然死亡[J]. 水生生物学报, 1996, 20(4): 363-372.
- 殷名称. 鱼类仔鱼期的摄食和生长[J]. 水产学报, 1995, 19(4): 335-342.
- 张涛,庄平,章龙珍,等. 不同开口饵料对西伯利亚鲟仔鱼生长存活和体成分的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(2): 358-362.
- 苏应兵,杨代勤. 不同开口饵料对泥鳅仔鱼成活率和生长的影响[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2010, 7(3): 37-39.
- 吴兴兵,杨德国,朱永久,等. 不同开口饵料对四川裂腹鱼仔鱼生长和成活率的影响[J]. 淡水渔业, 2014, 44(6): 9-12.
- 盖力强,杜春霞,高欣,等. 不同开口饵料对江鲢仔鱼生长及存活率的影响[J]. 河北渔业, 2008(8): 7-9.
- 周显青,牛翠娟,孙儒泳. 维生素 E 对中华鳖幼鳖生长、肝脏维生素 E 以及血清皮质醇含量的影响[J]. 动物学报, 2003, 49(1): 40-44.
- 李艳华,胡佳,桂庆平,等. 大鳞副泥鳅开口饵料研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 356-357.
- 强俊,李瑞伟,董晓慧,等. 罗非鱼开口饵料的初步研究[J]. 广东海洋大学学报, 2008, 28(6): 90-93.
- 刘勇. 多鳞白甲鱼后备亲鱼和一龄鱼种蛋白质需求研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2017.
- 叶建生,赵素珍,陈小江,等. 不同饵料对胭脂鱼生长和肠道消化酶活性的影响[J]. 水产科学, 2017, 36(1): 109-112.

(上接第 106 页)

- GUERIN J L, STICKLE W B. Effects of salinity gradients on the tolerance and bioenergetics of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) from waters of different environmental salinities[J]. Marine biology, 1992, 114(3): 391-396.
- TURRA A, GORMAN D. Subjective resource value and shell abandoning behavior in hermit crabs[J]. Journal of experimental marine biology and ecology, 2014, 452: 137-142.

- GORMAN D, SIKINGER C E, TURRA A. Spatial and temporal variation in the predation risk for hermit crabs in a subtropical bay[J]. Journal of experimental marine biology and ecology, 2015, 462: 98-104.
- GRANT J. The relative magnitude of biological and physical sediment reworking in an intertidal community[J]. Journal of marine research, 1983, 41(4): 673-689.
- AIROLDI L. The effects of sedimentation on rocky coast assemblages[J]. Oceanography and marine biology, 2003, 41: 161-236.