



筏式养殖虾夷扇贝“褐色沉积症”形成原因初步研究

于佐安, 李大成, 王庆志, 李华琳, 于笛,
刘项峰, 滕炜鸣, 王笑月, 周遵春*

(辽宁省海洋水产科学研究院, 辽宁省应用海洋生物技术开放实验室, 辽宁省水产分子生物学重点实验室,
大连市海产贝类种质资源创新利用重点实验室, 辽宁 大连 116023)

摘要: 为分析筏式养殖虾夷扇贝壳内侧褐色沉积症状形成机制, 讨论虾夷扇贝夏季大规模死亡和褐色沉积症状相关性。2017—2019年的3—10月开展流行病学调查, 调查虾夷扇贝褐色沉积症状发生过程和出现比例, 统计虾夷扇贝累积死亡率。设计防咬合扇贝养殖笼, 统计褐色沉积症扇贝出现比例。利用傅里叶红外光谱分析法分析褐色沉积物质成分, 讨论内在形成原因。结果显示, 防咬合扇贝养殖笼内养殖扇贝累积死亡率为87.6%, 褐色沉积症状出现比例为74.5%, 扇贝间咬合导致的损伤不是褐色沉积症出现的原因。褐色沉积物质红外光谱谱型与牛血清白蛋白粉末谱型一致, 且具备蛋白质特征峰酰胺I带和酰胺III带, 揭示贝壳内侧褐色沉积物质主要成分为蛋白质。虾夷扇贝褐色沉积症出现时间具有规律性, 6月中下旬出现症状后持续至8月, 与扇贝开始死亡时间吻合。2017—2019年褐色沉积症状比例为85.7%、1.54%和10.9%, 扇贝累积死亡率分别为90.4%、49.2%和48.16%, 揭示褐色沉积症状与筏式养殖虾夷扇贝夏季死亡具有相关性($r=0.992$), 其形成原因可能与病原感染相关。

关键词: 虾夷扇贝; 褐色沉积症; 筏式养殖; 流行病学

中图分类号: S 944.4⁺3

文献标志码: A

虾夷扇贝 (*Patinopecten yessoensis*) 是冷水性双壳贝类, 原产于日本北部及俄罗斯远东地区沿海海域^[1]。20世纪80年代, 辽宁省海洋水产科学研究院连续4次从日本引进亲贝至大连长海县海域开展养殖^[2], 伴随技术进步和产业发展, 虾夷扇贝筏式养殖规模逐渐扩大并在2007年达到顶峰, 成为当地海水养殖支柱产业。但2007年以后, 长海县海区筏式养殖2龄虾夷扇贝连续多年发生大规模死亡并持续至今, 每年经济损失约10亿元^[3]。流行病学调查结果显示, 濒死扇贝主要发病症状包括闭壳肌脓胞和贝壳内侧褐色沉积等^[4]。针对

虾夷扇贝脓胞症状, 滕炜鸣等^[4]和Liu等^[5]分别从虾夷扇贝闭壳肌脓胞中分离出查氏弧菌 (*Vibrio chagasii*) 和灿烂弧菌 (*V. splendidus*), 并认为是脓胞病的致病病原^[4-5]。但扇贝贝壳内侧褐色沉积症的形成原因尚没有明确结论。

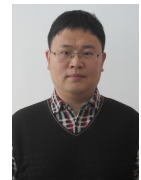
1972年, 日本岩手县和宫城县养殖虾夷扇贝出现大规模死亡并首次发现褐色沉积症状^[6]。1992年和2015年, Bower等^[7]和Meyer等^[8]相继发现加拿大不列颠哥伦比亚省养殖的虾夷扇贝出现死亡且贝壳内侧同样出现褐色沉积, 并认为扇贝互相咬合和机械碰撞造成外套膜损伤是主要形成原

收稿日期: 2020-09-23 修回日期: 2021-03-04

资助项目: 现代农业产业技术体系专项 (CARS-49); 辽宁省重点研发计划指导项目 (2018203005); 大连市科技创新基金 (2019J12SN60)

第一作者: 于佐安 (照片), 从事海水贝类病害防控及养殖模式研究, E-mail: abc2033864320@sohu.com

通信作者: 周遵春, 从事海水健康养殖模式及病害防控研究, E-mail: zunchunz@hotmail.com



因。但1996年 Lambert 等^[9]从法国布列塔尼地区的死亡欧洲大扇贝 (*Pecten maximus*) 贝壳内侧褐色沉积部位分离出一株灿烂弧菌, 认为病原菌是导致褐色沉积症状的主要原因。与褐色沉积症相似的症状在其他贝类中也有报道, 其中杂色蛤 (*Ruditapes philippinarum*) 褐环病 (BRD) 研究最为深入, 主要症状为褐色贝壳硬蛋白沉积在贝壳内侧, 研究发现致病菌为蛤弧菌 (*V. tapetis*)^[10]。由于国内外尚未对虾夷扇贝贝壳内侧褐色沉积症形成原因开展相关研究, 本研究通过流行病学调查、防咬合试验和光谱分析等方法进行初步探索, 探讨其形成原因及与夏季筏养2龄虾夷扇贝死亡相关性, 为深入研究发生机制奠定基础。

1 材料与方 法

1.1 流行病学调查

2017—2019年, 在长海县小长山岛镇英杰村海域逐年调查虾夷扇贝褐色沉积症发生过程、出现比例和扇贝存活情况。在养殖海区选择3家养殖企业的5笼扇贝固定观察并定期取样, 总计1500枚。3—5月, 每月取100枚虾夷扇贝, 解剖观察贝壳内侧褐色沉积症状, 统计出现比例; 6月中下旬—7月中下旬, 每10天取样1次, 总计4次, 每次解剖200枚存活扇贝, 观察不同时期贝壳内侧褐色沉积症状发生过程并统计出现比例; 10月取剩余400枚虾夷扇贝, 统计3—10月虾夷扇贝褐色沉积症状比例和累积死亡率。每次取样时测量养殖海区水温 (SBE56 温度计实时监测)、扇贝壳高。累积死亡率的分析处理参考 Geng^[11] 的方法。

1.2 防咬合实验

普通养殖网笼聚乙烯网盘直径35~40 cm, 每层养殖扇贝15~40枚。为避免扇贝互相咬合, 设计特殊养殖网笼 (图1), 聚乙烯网盘直径约12 cm, 每层装1枚扇贝。2017年3月, 将200枚平均壳高 (5.23±0.12) cm 的虾夷扇贝装进养殖笼, 总计5笼, 养成至2017年10月。调查统计虾夷扇贝壳高和累积死亡率, 解剖扇贝并观察贝壳内侧是否存在褐色沉积。

1.3 傅里叶红外光谱分析

从贝壳内侧刮取褐色沉积物质, 100℃烘箱干燥, 研磨成粉末制备成待测样品。同时以虾夷扇贝贝壳内侧珍珠层粉末、牛血清白蛋白粉末和



图1 防咬合养殖笼

Fig. 1 Cultivation cage for avoiding bite

几丁质粉末作为对照。分别取待测样品2 mg, 加入200 mg 溴化钾, 放入干燥箱中105℃处理3 h。另取200 mg 溴化钾放入干燥箱中105℃处理3 h。取出溴化钾压制成片, 400~400 cm⁻¹扫描采集参比背景光谱。样品与溴化钾压制成片, 扫描红外谱图。

2 结果

2.1 虾夷扇贝褐色沉积症流行病学调查结果

褐色沉积症状发生时间规律与扇贝死亡相关性 2017—2019年, 每年3—10月解剖虾夷扇贝, 观察褐色沉积症出现时间, 发现褐色沉积症具有典型规律性 (表1)。即每年3—5月一般不出现褐色沉积症状; 6月中下旬—7月初开始出现症状, 持续至8月。但不同年份症状增加比例有差异, 2018和2019年7月褐色沉积症状出现后, 症状比例未随时间变化而增加, 但2017年7月症状出现后比例快速增加, 在7月下旬—8月达到峰值; 9—10月褐色沉积症状每年出现比例均很低。

2017—2019年褐色沉积症比例和累积死亡率如表2所示, 褐色沉积症状比例分别为85.7%、1.54%和10.9%, 累积死亡率分别为90.4%、49.2%和48.16%, SPSS相关性分析r值为0.992, 表明虾夷扇贝褐色沉积症状与虾夷扇贝死亡密切相关。采样周期内虾夷扇贝壳高和海水水温变化如表3所示, 褐色沉积症出现时间一般在6月中下旬—7月初 (6月26日—7月5日), 海水水温约17℃, 这与虾夷扇贝开始死亡时海水水温相同^[12], 也说

表 1 2017—2019 年虾夷扇贝褐色沉积症数量统计

Tab. 1 Statistics of brown deposition syndrome in *P. yessoensis*

时间 time	2017		2018		2019	
	症状比例/% proportion of symptom	样品数量/枚 number of samples	症状比例/% proportion of symptom	样品数量/枚 number of samples	症状比例/% proportion of symptom	样品数量/枚 number of samples
3月 March	0.00	100	0.00	100	0.00	100
4月 April	0.00	100	0.00	100	0.00	100
5月 May	0.00	100	0.00	100	0.00	100
6月15日—25日 June 15-25	10.50	200	0.00	200	0.00	200
6月26日—7月5日 June 15-July 05	33.40	200	1.20	200	9.70	200
7月6日—15日 July 06-15	52.50	200	1.50	200	10.20	200
7月16日—25日 July 16-25	86.20	200	1.51	200	10.40	200
10月 October	85.70	400	1.54	400	10.90	400

表 2 2017—2019 年虾夷扇贝褐色沉积症比例和累积死亡率

Tab. 2 Statistics of proportion of brown deposition syndrome in *P. yessoensis* and cumulative mortality rate %

时间 time	褐色沉积症状比例 proportion of symptom	累积死亡率 cumulative mortality rate
2017	85.70	90.40
2018	1.54	49.20
2019	10.90	48.16

明虾夷扇贝褐色沉积症和扇贝死亡密切相关。

虾夷扇贝褐色沉积症特征 虾夷扇贝褐色

沉积主要分布在贝壳内侧, 沉积部位连接处外套膜颜色呈深黄或橘黄色, 与健康外套膜颜色显著不同 (图 2)。但虾夷扇贝沉积物刚形成阶段并非呈褐色, 经调查, 将褐色沉积症形成分为 4 个阶段, 第 1 阶段贝壳内侧出现沉积, 面积较小且薄, 呈浅黄色或黄色; 第 2 阶段贝壳内侧沉积向左右扩散, 仍然较薄但面积变大, 颜色加深; 第 3 阶段贝壳内侧沉积物质累积, 形成片状, 颜色进一步加深, 沉积部位外套膜已开始脱落; 第 4 阶段沉积物变成褐色, 外套膜脱落 (图版 I)。

表 3 2017—2019 年取样时虾夷扇贝壳高和海水水温

Tab. 3 Shell height of *P. yessoensis* and water temperature of sampled sites

时间 time	2017		2018		2019	
	平均壳高/cm average shell height	水温/°C temperature	平均壳高/cm average shell height	水温/°C temperature	平均壳高/cm average shell height	水温/°C temperature
3月 March	5.12±0.80	3.14	5.07±0.20	2.23	5.55±0.32	3.24
4月 April	5.79±0.31	7.42	5.41±0.25	5.35	6.05±0.33	6.50
5月 May	6.38±0.28	11.64	5.88±0.43	9.17	6.74±0.27	10.29
6月15日—25日 June 15-25	6.97±0.32	13.34	6.12±0.27	14.38	6.93±0.16	14.73
6月26日—7月5日 June 15-July 05	7.04±0.19	17.24	6.50±0.11	17.77	7.24±0.41	17.51
7月6日—15日 July 06-15	7.28±0.42	21.36	6.89±0.43	19.18	7.67±0.44	19.03
7月16日—25日 July 16-25	7.31±0.22	22.80	7.04±0.21	22.39	7.92±0.31	19.59
10月 October	7.92±0.33	18.12	7.45±0.21	18.40	8.13±0.51	18.79

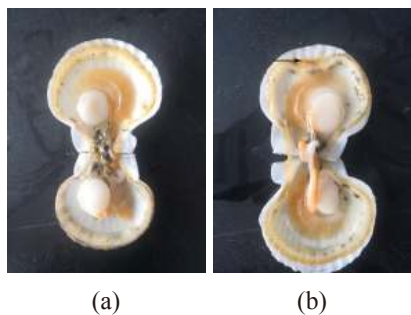


图 2 健康外套膜 (a) 和褐色沉积症外套膜 (b) (箭头所示)

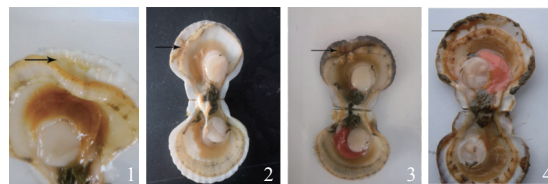
Fig. 2 Healthy mantle (a) and mantle with brown deposition syndrome (b) (arrow)

2.2 虾夷扇贝防咬合实验

统计 2017 年 3—10 月在防咬合养殖笼中养成虾夷扇贝壳高和累积死亡率, 解剖观察扇贝内侧有无褐色沉积症及比例, 结果显示 10 月虾夷扇贝平均壳高 (7.89±0.57) cm, 累积死亡率 87.6%, 褐色沉积出现比例达到 75.4%。养殖笼每层仅养殖 1 枚扇贝, 但仍然有较高比例褐色沉积症出现, 揭示扇贝互相咬合并不是褐色沉积产生的原因。

2.3 虾夷扇贝褐色沉积物红外光谱分析

褐色沉积物质粉末和对照组 (贝壳内侧珍珠



图版

1. 褐色沉积症第 1 阶段; 2. 褐色沉积症第 2 阶段; 3. 褐色沉积症第 3 阶段; 4. 褐色沉积症第 4 阶段; 箭头所指处代表褐色沉积物质发生部位

Plate

1. the first stage of brown deposition syndrome; 2. the second stage of brown deposition syndrome; 3. the third stage of brown deposition syndrome; 4. the fourth stage of brown deposition syndrome; arrow points at the position of brown deposition syndrome

层、牛血清白蛋白和几丁质) 红外光谱扫描结果如图 3~图 6 所示, 褐色沉积物扫描图与牛血清白蛋白粉末红外光谱谱型基本一致, 出现蛋白质特征峰酰胺 I 带 (1 600~1 700) 和酰胺 III 带 (1 200~1 300)。揭示褐色沉积物主要组成成分很可能为蛋白质。

3 讨论

3.1 褐色沉积症形成原因及主要组成成分

20 世纪 70 年代至今, 国外学者发现日本、加拿大等地养殖虾夷扇贝壳内侧均出现褐色沉

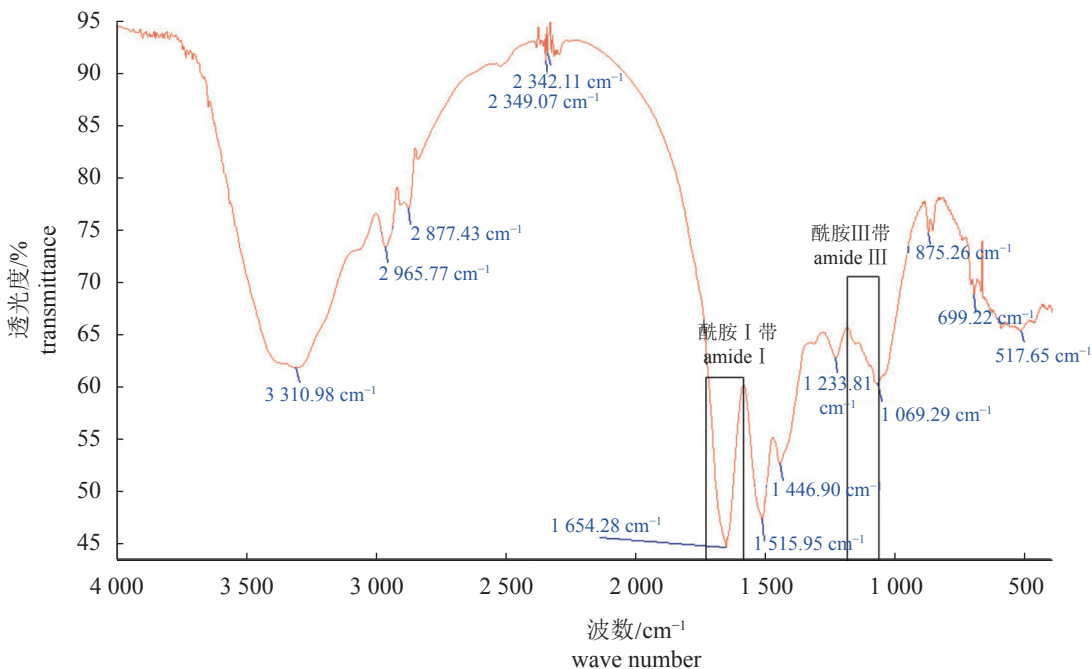


图 3 褐色沉积物 FTIR 分析图谱

方框表示酰胺 I 带和酰胺 III 带, 下同

Fig. 3 FTIR spectra of brown deposit

The boxes indicate the amide I and III region, the same below

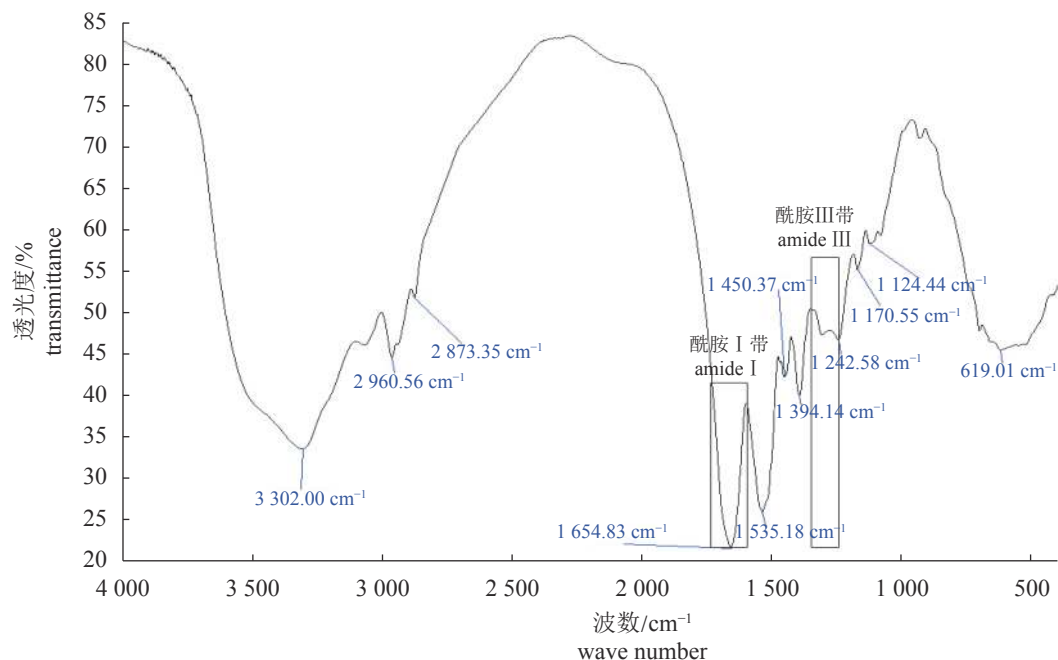


图 4 牛血清白蛋白 FTIR 分析图谱

Fig. 4 FTIR spectra of BSA

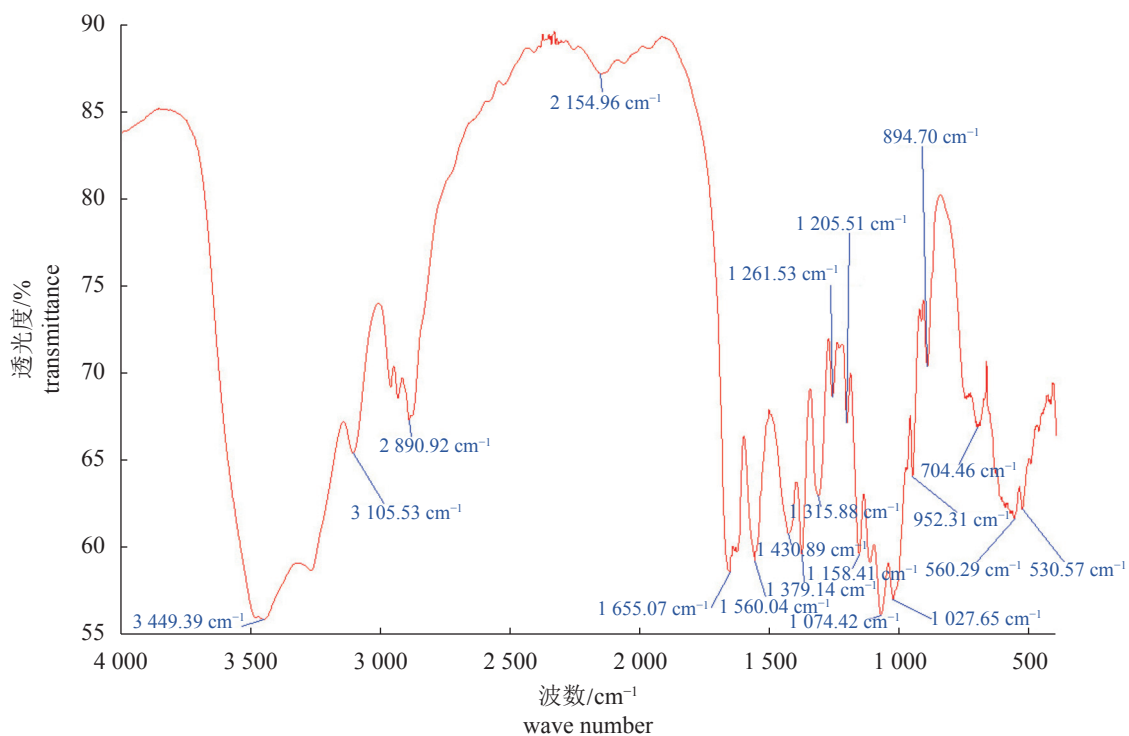


图 5 几丁质 FTIR 分析图谱

Fig. 5 FTIR spectra of chitin

积症, 并认为褐色沉积物主要为贝壳硬蛋白, 形成原因主要为机械损伤或扇贝互相咬合^[6-8]。1989年, Paillard 等^[13]首次报道杂色蛤贝壳内侧有褐色贝壳硬蛋白沉积物质, 经研究认为蛤弧菌是导致

该症状主要致病菌^[14]。1994年, Paillard 等^[15]对沉积物结构进一步分析, 发现褐色沉积物质包括角质层(贝壳硬蛋白)、有机纤维等。除虾夷扇贝、杂色蛤等, 硬壳蛤(*Mercenaria mercenaria*)、欧洲

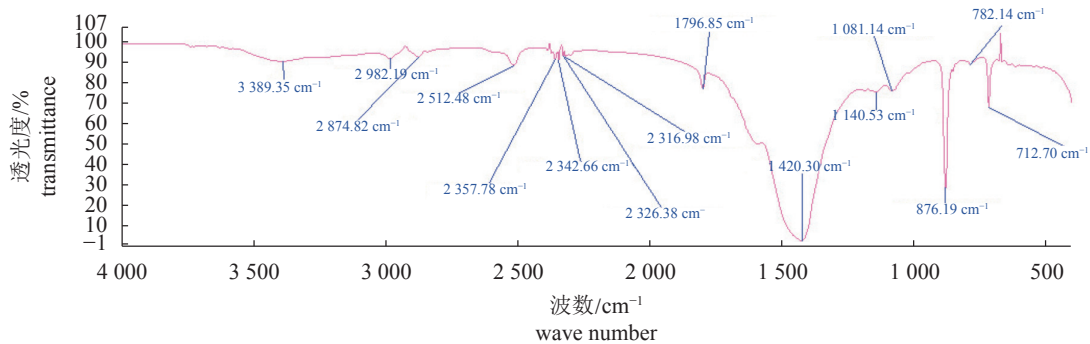


图6 珍珠层 FTIR 分析图谱

Fig. 6 FTIR spectra of nacreous layer

大扇贝、美洲牡蛎 (*Crassostrea virginica*)、鲍等也有相似症状报道^[16-20]。沉积物形成原因被认为是贝类自身防御行为而分泌产生。有研究发现寄生动物真菌 (fungi)、环节动物 (annelids)、吸虫 (tre-atodes) 等也会导致相似贝壳类疾病^[10]。

本研究通过红外光谱扫描,以牛血清白蛋白、几丁质和贝壳珍珠层为对照,发现虾夷扇贝贝壳内侧褐色沉积物质主要成分为蛋白质,可能为贝壳硬蛋白。同时发现褐色沉积症初期沉积物并非褐色,而是黄色,随着病症加剧,黄色沉积面积逐渐变大变厚,可能经氧化作用颜色变深,最后形成褐色片状物质沉积在贝壳内侧。褐色沉积症形成原因经研究目前可能有3种:贝壳间互相咬合及机械损伤;病原感染或寄生动物感染;贝类主动防御行为。通过防咬合养殖实验发现,单枚养殖扇贝同样出现褐色沉积症状,说明扇贝互相咬合并不是褐色沉积症形成原因。而机械损伤在扇贝养殖周期中始终存在,流行病学调查结果显示,症状发生有时间规律,每年出现比例有显著差异,机械损伤可能也不是褐色沉积症形成原因。因此,虾夷扇贝褐色沉积症形成原因可能是病原微生物感染或寄生虫感染导致贝壳生物矿化过程出现紊乱,也可能是外套膜受外来物刺激产生主动防御行为,产生分泌物。但根据对虾夷扇贝褐色沉积症逐年逐月连续观察,症状出现的时间具有规律性,与海水水温变化、虾夷扇贝同时期的死亡存在密切联系,病原微生物或寄生虫感染导致褐色沉积症形成的可能性更大。

3.2 褐色沉积症与虾夷扇贝大规模死亡的关系

典型症状是水产动物病害诊断最直观的依据之一。对虾头胸甲出现白斑是对虾白斑症病毒病典型症状^[21];杂色蛤外套膜和贝壳边缘之间沉积几层褐色环状物是褐色指环病典型症状^[22];刺参

溃烂;鲍腹足脓胞同样属于典型症状。这些症状与大规模死亡具有密切关系,同时也是致病病原鉴定柯氏法则重要判定依据。由于水产动物生活在环境相对复杂的水体中,一旦出现死亡现象,需要从水环境、种质、病原等角度多方面分析,而典型症状往往能起到事半功倍的作用,对于分析死亡原因具有意义。

2007年以来,长海县筏式养殖2龄虾夷扇贝连续出现大规模死亡。流行病学调查发现,濒死和死亡虾夷扇贝有闭壳肌脓胞、贝壳内侧褐色沉积等典型症状。当水温约17℃时,扇贝开始死亡,7—9月是扇贝死亡的高峰期^[3]。由于贝类互相咬合和机械损伤初始被认为是贝壳内侧褐色沉积形成的主要原因,因此相关研究更多地集中在闭壳肌脓胞,有学者从脓胞中分离鉴定查氏弧菌、灿烂弧菌等细菌并认为可能是致病菌。本研究通过3年流行病学发现,褐色沉积症出现的时间基本在6月中下旬—7月初,与虾夷扇贝大规模死亡开始时间基本一致;褐色沉积症出现比例和虾夷扇贝累积死亡率相关性较高,因此,褐色沉积症和虾夷扇贝大规模死亡应该有密切关系。下一步将通过病原分离鉴定、攻毒感染等技术手段进一步确定。由于褐色沉积症出现时间恰好处于1龄虾夷扇贝收获关键节点,而且该症状便于观察,严重时不需要解剖即可发现,出现症状的扇贝不会出现短时间内急性死亡。结合该症状和水温及扇贝大规模死亡的密切关系,褐色沉积症可以作为虾夷扇贝病害预警预报的关键指标之一。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 张明明, 赵文. 我国虾夷扇贝死亡原因的探讨及控制

- 对策[J]. *中国水产*, 2008(2): 65-66,74.
- Zhang M M, Zhao W. The way of control and the discussion of reason on scallop (*Patinopecten yessoensis*) mortality[J]. *China Fisheries*, 2008(2): 65-66,74 (in Chinese).
- [2] 马延祥, 项福椿. 从日本引进虾夷扇贝育苗和增殖试验成功[J]. *海洋开发*, 1987(1): 65.
- Ma Y X, Xiang F C. The experiment of seeding and culture of scallop (*Patinopecten yessoensis*) from Japan obtain success[J]. *Ocean Development*, 1987(1): 65 (in Chinese).
- [3] 于佐安, 李大成, 王笑月, 等. 长海县筏养虾夷扇贝大规模死亡原因探讨[J]. *水产科学*, 2019, 38(3): 420-427.
- Yu Z A, Li D C, Wang X Y, *et al.* Reason of massive mortality of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* in raft cultivation in coastal Changhai County[J]. *Fisheries Science*, 2019, 38(3): 420-427 (in Chinese).
- [4] 滕炜鸣, 李文姬, 张明, 等. 虾夷扇贝脓胞病病原的分离、鉴定与致病性[J]. *水产学报*, 2012, 36(6): 937-943.
- Teng W M, Li W J, Zhang M, *et al.* Isolation, identification and pathogenicity of *Vibrio chagasii* from *Patinopecten yessoensis*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(6): 937-943 (in Chinese).
- [5] Liu R, Qiu L M, Yu Z A, *et al.* Identification and characterisation of pathogenic *Vibrio splendidus* from Yesso scallop (*Patinopecten yessoensis*) cultured in a low temperature environment[J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 2013, 114(2): 144-150.
- [6] 李文姬, 谭克非. 日本解决虾夷扇贝大规模死亡的启示[J]. *水产科学*, 2009, 28(10): 609-612.
- LI W J, TAN K F. The inspiration on massive mortality of scallop *Patinopecten yessoensis* resolved by Japan[J]. *Fisheries Science*, 2009, 28(10): 609-612 (in Chinese).
- [7] Bower S M, Blackbourn J, Meyer G R, *et al.* Diseases of cultured Japanese scallops (*Patinopecten yessoensis*) in British Columbia, Canada[J]. *Aquaculture*, 1992, 107(2-3): 201-210.
- [8] Meyer G R, Lowe G J, Gilmore S R, *et al.* Disease and mortality among Yesso scallops *Patinopecten yessoensis* putatively caused by infection with *Francisella haliotica*[J]. *Diseases of Aquatic Organisms*, 2017, 125(1): 79-84.
- [9] Lambert C, Nicolas J L, Cilia V. *Vibrio splendidus*-related strain isolated from brown deposit in scallop (*Pecten maximus*) cultured in Brittany (France)[J]. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 1999, 19(3): 102-106.
- [10] Paillard C. A short-review of brown ring disease, a vibriosis affecting clams, *Ruditapes philippinarum* and *Ruditapes decussatus*[J]. *Aquatic Living Resources*, 2004, 17(4): 467-475.
- [11] 耿贯一. 流行病学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1979:5-22.
- Geng G Y. Epidemiology[M]. Beijing: People's Hygiene Press, 1979: 5-22 (in Chinese).
- [12] 于佐安, 李文姬, 张明, 等. 虾夷扇贝大规模死亡的流行病学研究及可能致病因子的探讨[J]. *中国海洋大学学报*, 2013, 43(6): 52-57.
- Yu Z A, Li W J, Zhang M, *et al.* Identification of possible pathogenic factors of massive mortality and its epidemiological investigation of cultured scallop (*Patinopecten yessoensis*)[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2013, 43(6): 52-57 (in Chinese).
- [13] Paillard C, Maes P. Pathogenic Origine pathogène de l' « anneau brun » chez *Tapes philippinarum* (Mollusque, bivalve) = origin of the "brown ring" in *Tapes philippinarum* (Mollusque, bivalve) [J]. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie III: Sciences de la Vie*, 1989, 309(3): 235-241.
- [14] Borrego J J, Castro D, Luque A, *et al.* *Vibrio tapetis* sp. nov., the causative agent of the brown ring disease affecting cultured clams[J]. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 1996, 46(2): 480-484.
- [15] Paillard C, Maes P. The brown ring disease in the manila clam, *Ruditapes philippinarum*: II. microscopic study of the brown ring syndrome[J]. *Journal of Invertebrate Pathology*, 1995, 65(2): 101-110.
- [16] Bricelj V M, Ford S E, Borrero F J, *et al.* Unexplained mortalities of hatchery-reared, juvenile oysters, *Crassostrea virginica* (Gmelin)[J]. *Journal of Shellfish Research*, 1992, 11(2): 331-347.
- [17] Philippe M, Paillard C. Effect du *Vibrio* P1, pathogene de *Ruditapes philippinarum*, sur d'autres especes de bivalves[J]. *Les Mollusques Marins. Biologie et Aquaculture*, 1992(14): 141-148.
- [18] Shepherd S A, Huchette S. Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*) X VIII. Ring formation in *H. scalaris*[J]. *Molluscan Research*, 1997, 18(2): 247-

- 252.
- [19] Marshall D J, Day R. Change in the rate of shell deposition and shell microstructure in response to shell borers in the abalone *Haliotis rubra*[J]. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 2001, 34(3): 189-195.
- [20] Shepherd S A, Triantafillos L. Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*) XVII. A chronology of *H. laevigata*[J]. *Molluscan Research*, 1997, 18(2): 233-245.
- [21] Buller N B. Bacteria from fish and other aquatic animals: a practical identification manual[M]. Cambridge: CABI Publishing, 2004.
- [22] 战文斌. 水产动物病害学 [M]. 第 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- Zhan W B. Diseases of aquatic animal[M]. 2nd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2011 (in Chinese).

Preliminary research on "brown deposition syndrome" of raft farmed scallop (*Patinopecten yessoensis*)

YU Zuoran, LI Dacheng, WANG Qingzhi, LI Hualin, YU Di, LIU Xiangfeng, TENG Weiming, WANG Xiaoyue, ZHOU Zunchun*

(Liaoning Marine Fisheries Research Institute, Liaoning Open Lab of Applied Marine Biology, Key Laboratory of Marine Fishery Molecular Biology of Liaoning Province, Dalian Key Laboratory of Genetic Resources for Marine Shellfish, Dalian 116023, China)

Abstract: The scallop (*Patinopecten yessoensis*) is one of the most important aquaculture species in China. The main cultured areas are distributed in Chang-Shan archipelagos of Liaoning. But since 2007, the raft culture scallops *P. yessoensis* disease outbreak has caused massive mortality in Changhai, Liaoning. The moribund scallops exhibited severe disease signs including brown deposit on the inner shell. So the cause of brown deposit symptom and the relationship with death of *P. yessoensis* were analyzed. The epidemiological investigation and experiment of avoiding bite were used for researching the preliminary cause and formation of brown deposition syndrome. The infrared spectroscopy scanning was also used for studying the components of brown deposit. The result show that the cumulative mortality of *P. yessoensis* cultured in aquaculture cage for avoiding bite was 87.60%, and the proportion of brown deposition syndrome was 74.50%. So biting or mechanical abrasion between scallops was not the cause of brown deposition syndrome; the FTIR spectra of brown deposit was consistent with the FTIR of BSA, and had protein characteristic peaks of amide I and amide III, and the main component of brown deposit was protein; the brown deposition syndrome often happened in mid late June and early July when the temperature of seawater was 17 °C. 2017–2019, the proportion of brown deposition syndrome was 85.7%, 1.54% and 10.9% respectively, and the cumulative mortality of *P. yessoensis* cultured in ordinary cage was 90.40%, 49.20% and 48.16%, and the proportion of brown deposition syndrome was significantly associated with the cumulative mortality of *P. yessoensis*. So pathogenic infection may be the cause of brown deposition syndrome, and it had relationship with the massive mortality of *P. yessoensis*.

Key words: *Patinopecten yeseoensis*; brown deposition syndrome; raft farming; epidemiology

Corresponding author: ZHOU Zunchun. E-mail: zunchunz@hotmail.com

Funding projects: China Agriculture Research System (CARS-49); Liaoning Province Key Research and Development Guidance Project (2018203005); Dalian Science and Technology Innovation Fund (2019J12SN60)