

文章编号: 1004-2490(2020)03-0296-08

西白令海夏季狭鳕肝脏异尖线虫感染特性研究

宁 静^{1,2}, 黄 开¹, 韦贝贝^{1,2}, 郑智泓¹, 贾明秀³, 朱国平^{1,2,4,5}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学极地研究中心, 上海 201306;
3. 中国水产有限公司, 北京 100160; 4. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室极地海洋
生态系统研究室, 上海 201306; 5. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 210306)

摘 要: 为探究狭鳕(*Gadus chalcogrammus*)肝脏内寄生虫的寄生特性,对2018年夏季采自西白令海域狭鳕肝脏内的异尖线虫(*Anisakis* sp.)进行收集统计,并探究其感染强度对狭鳕生长造成的影响。结果显示,狭鳕肝脏感染异尖线虫的感染率较高且感染强度较大,60尾狭鳕样本中共发现异尖线虫864条,93%的狭鳕肝脏被感染;异尖线虫感染强度随寄主体长、肝重的增加而增加,寄主肥满度与感染异尖线虫的强度不显著相关。研究结果为掌握狭鳕肝脏寄生虫的感染特性提供了基础信息,为进一步研究北太平洋重要鱼种与寄生虫之间的寄生关系提供了科学参考。

关键词: 狭鳕; 肝脏; 异尖线虫; 寄生虫

中图分类号: S 941.524 **文献标志码:** A

狭鳕(*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814),又称明太鱼,隶属于鳕形目(Gadiformes),鳕科(Gadidae),狭鳕属,为生活在海洋底层和深海中下层的冷水性鱼类,主要分布于北太平洋,也是北太平洋和白令海数量最多、最具商业价值的底层鱼类之一^[1],常以海洋中甲壳类、头足类、贝类以及小型鱼类为食^[2]。在白令海,狭鳕年产量达到100万t,产值达10亿美元^[3]。我国于2015年起在西白令海俄罗斯专属经济区水域内通过双边协议的形式开展狭鳕资源的开发,但全球约一半的狭鳕鱼片在中国市场加工。狭鳕不仅具有一定的商业重要性^[4],而且在白令海生态系统中扮演着捕食者和被捕食者的双重生态角色,也是北太平洋生态系统能量转移的关键生物^[5]。

异尖线虫(*Anisakis* sp.)是以海洋生物为主要宿主的寄生虫之一,成虫寄生于海洋哺乳动物、海洋鱼类及食鱼鸟类的胃肠道中,幼虫寄生于海洋鱼类、桡足类、头足类动物和一些甲壳类

动物及海洋软体动物体内^[6]。异尖线虫幼体被甲壳类吞食,并在其体内蜕皮成为三期幼虫,被鱼类及软体动物摄食后移行至肌肉、肠系膜、肝脏、胃幽门盲囊等部位,直到被海栖哺乳类及其他终末宿主捕食后,在其胃内发育成成虫^[7]。人类可因摄食有异尖线虫第三期幼虫的海产品而患异尖线虫病^[8]。

寄生异尖线虫的鱼类多达数百种。我国近海的鱼类,如带鱼(*Trichiurus lepturus*)、大黄鱼(*Larimichthys crocea*)、小黄鱼(*L. polyactis*)等均具有较高的感染性;异尖线虫对宿主无特异性,但杂食性鱼类感染程度更高^[7]。据估计,狭鳕的内脏占其总重的9%~32%^[9],而肝脏是内脏的主要器官,其质量和脂质含量受季节、性成熟度和营养状况等因素的影响^[10]。由于肝脏富含多种营养素,也是异尖线虫寄生较多的场所之一。迄今为止,千岛群岛北部东岸^[11]、库页岛北部海岸^[11]、北海道东部沿海^[12]和东朝鲜湾^[13]等海域

收稿日期: 2019-10-17

基金项目: 自然资源部极地办协同创新平台建设项目;国家重点研发计划项目(2018YFC1406801)及国家自然科学基金项目(41776185)配套项目

作者简介: 宁 静(1995—),女,硕士研究生,主要从事海洋生物学研究。E-mail: ningjing928@126.com

通信作者: 朱国平,教授。E-mail: gpzhu@shou.edu.cn

均有关于狭鳕寄生虫的报道,但国际上对西白令海狭鳕感染异尖线虫的研究仍较为有限。我国关于狭鳕寄生虫的研究相对较少,杨玉祥和林成志^[14]曾在狭鳕中发现异尖线虫幼体。2010年,李萍和吴跃双^[15]对狭鳕感染异尖线虫的情况进行了调查。总的来讲,这些研究只是对狭鳕感染异尖线虫情况进行了简单的描述,而目前也未见国内学者对狭鳕肝脏寄生的异尖线虫进行专门研究。此外,异尖线虫还可作为研究海洋鱼类种群的生物标记^[16]。为此,本研究通过对狭鳕肝部寄生的异尖线虫感染情况进行调查,为初步掌握肝脏寄生虫感染特性提供参考,为进一步研究北太平洋重要鱼种的寄主-寄生关系提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 样本来源

狭鳕样本由大型拖网船“新宇一号”采集于西白令海水域,采集时间为2018年8月至9月,取样站点如图1所示,采集的样本于-20℃冷冻保存,待运回实验室后开展进一步的分析。

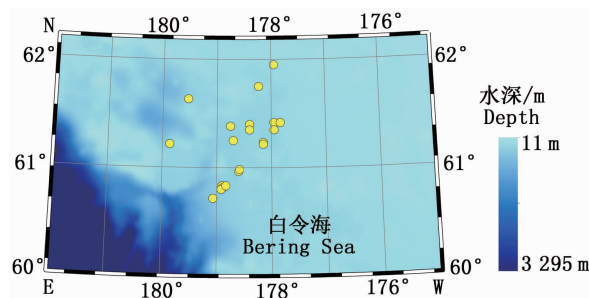


图1 西白令海及调查站位(圆点)

Fig.1 Western Bering Sea and sampling locations (solid circles)

1.2 实验方法

1.2.1 样本处理

样本带回实验室后解冻,测量体长(L)、体质量(W)等生物学数据,体长精确到0.1 cm,体质量精确到0.1 g。测量好基础数据后,用解剖刀和镊子取肝脏,收集虫体并计数。

狭鳕性成熟度可以通过对性腺的宏观观察、性腺体指数(GSI)和组织学方法予以确定。本研究中雌性性成熟度根据卵巢中出现最晚时相的卵母细胞^[17]以及排卵卵泡出现与否^[18]判断狭鳕卵巢的发育阶段;雄性则通过观察性腺特征并与STAHL^[19]对不同阶段精巢的描述相比较确定狭

鳕精巢的发育阶段。

肥满度指数,也称身体状况指数,在生物学研究中用来表示动物的生理或营养状况的形态生理指数^[20]。一般认为,动物个体的生理或营养状况与其体内储存的能量物质存在正相关关系,且体内储存的能量物质与体质量呈正相关^[21]。本研究采用经典的Fulton状态指数 K 表示肥满度 F , K 为在近似地认为动物体长增长和体质量增加均匀速的情况下得出。

如果近似地认为动物的体质量随体长增加而均匀增长,则体质量与体长的关系为:

$$W = aL^3,$$

肥满度公式也以此为依据建立:

$$K = \frac{1000W}{L^3},$$

其中, W 为体质量, L 为体长。

1.2.2 虫体处理及鉴定

将收集的异尖线虫虫体用生理盐水洗净,放入70%乙醇隔水加热至70℃左右固定,待虫体伸直固定后,将其置甘油透明液中使其透明,待乙醇挥发后,将虫体放在载玻片上,置于显微镜下进一步观察虫体结构,测量虫体体长(AL;精确到0.01 mm)。根据《鱼类寄生虫与寄生虫病》^[22]鉴定种类。

1.3 寄生虫感染程度分析

按照以下公式计算感染率、平均感染强度及鱼体肥满度^[23]:

感染率 = (被寄生虫感染的宿主数/所检查的所有宿主数) × 100% ;

平均感染强度 = (检查到的寄生虫总数/所检查宿主总数) × 100% ;

感染率指标用于说明感染寄生虫的鱼类样本占总样本的比例,感染强度指标用于说明平均每尾鱼感染寄生虫的个数,肥满度是反映鱼类肥瘦程度和生长情况的指标。

1.4 数据处理

狭鳕体长-体质量关系采用幂函数表示,并用单因素方差分析检验两者拟合程度。线性关系采用单因子方差分析(ANOVA)检验显著性。采用Shapiro-Wilk检验分析样本总体是否符合正态分布;如为正态,则采用t检验(两个样本总体)或单因子方差分析(3个或以上样本总体);如为非正态,则采用非参数检验。显著性水平为 $P =$

0.05。

2 结果与分析

2.1 异尖线虫特征及感染情况

本次检出的寄生虫种类初步鉴定为蛔目 (Asodris) 蛔亚目 (Asearidina) 异尖科 (Anisakidae) 异尖线虫属幼体。体长 11.51 ~ 35.14 mm, 平均为 (24.72 ± 3.00) mm, 体宽为 0.08 ~ 0.91 mm, 平均为 (0.42 ± 0.15) mm。其主要特征是呈黄白色长圆筒形, 半透明, 两端钝圆, 较细, 口唇还未发育完全。

60 尾狭鳕样本中, 肝脏感染异尖线虫的样本为 56 尾, 感染率为 93%。共收集异尖线虫 864 条, 其中 19 尾雄性狭鳕中 16 尾受到感染, 感染率为 84%; 41 尾雌性狭鳕中 40 尾感染, 感染率为 98% (表 1)。

2.2 狭鳕生长指标

狭鳕样本体长范围为 21.7 ~ 63.5 cm, 平均体长为 (37.95 ± 7.23) cm; 体质量范围为 96.8 ~ 2 023.8 g, 平均体质量为 (585.21 ± 332.41) g。体长-体质量关系为 $W = 0.012 9L^{2.921 4}$ ($R^2 = 0.966 1, n = 60, P < 0.001$) (图 2)。

2.3 肝部感染异尖线虫的狭鳕体长变化

60 尾狭鳕肝脏样本共感染了 864 条异尖线虫; 感染寄生虫数量最多的狭鳕样本为体长 51.4 cm, 共检查出 95 条异尖线虫。异尖线虫的数量随着狭鳕体长的增加呈现线性增加 ($R^2 = 0.307 7, P < 0.001, F = 25.78$) (图 3)。

2.4 狭鳕肥满度与异尖线虫平均感染强度

93% 的狭鳕个体寄生异尖线虫数量均低于 50 条, 且对应的狭鳕样本的肥满度主要集中在 0.7 ~ 0.9 之间。通过统计分析去除两个异常值后, 对狭鳕肥满度与寄生虫数量进行线性回归分析, 结果显示二者间负相关水平较弱 ($R^2 = 0.061 2, P = 0.06 > 0.05$) (图 4)。

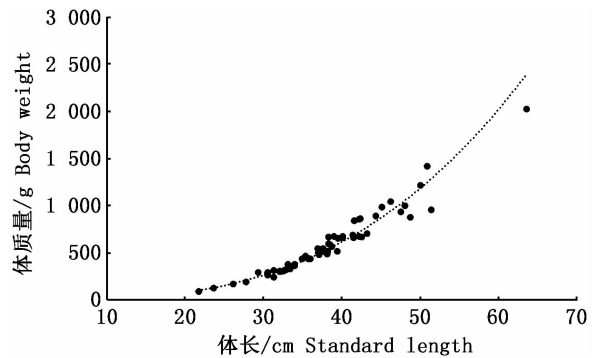


图 2 狭鳕体长-体质量关系
Fig. 2 Length-weight relationship of *Gadus chalcogrammus*

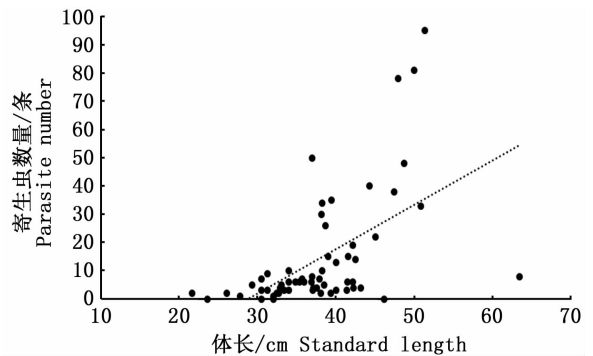


图 3 狭鳕体长与异尖线虫数量之间关系
Fig. 3 Relationships between *Anisakis* sp. number and standard length of *Gadus chalcogrammus*

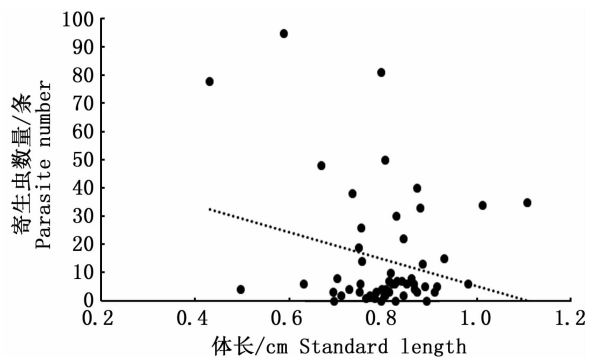


图 4 狭鳕肥满度与异尖线虫数量关系
Fig. 4 Relationships between *Anisakis* sp. number and fatness of *Gadus chalcogrammus*

表 1 狭鳕肝脏异尖线虫感染情况

Tab. 1 Infection of *Anisakis* sp. to *Gadus chalcogrammus*

性别 Sex	检查尾数/尾 Fish number	感染尾数/尾 Infected fish number	感染率/% Infection rate	采虫数/条 <i>Anisakis</i> sp. number
♂	19	16	84.2	160
♀	41	40	97.6	704
合计 Total	60	56	93.3	864

2.5 狭鳕性成熟度等级与肝部异尖线虫感染程度关系

雌、雄狭鳕个体的性成熟度均处于Ⅱ~Ⅴ期,并以Ⅲ期为主。性成熟度为Ⅱ期和Ⅳ期的狭鳕对异尖线虫的感染强度较高,Ⅱ期个体平均感染强度为 (21 ± 27) 条·尾⁻¹,Ⅳ期个体平均感染强度为 (18 ± 26) 条·尾⁻¹,而Ⅴ期感染强度较低,仅为 (6 ± 6) 条·尾⁻¹。狭鳕个体感染异尖线虫的平均强度随性成熟度等级增大而逐渐降低,但由图5中Ⅱ和Ⅲ期个体的异常值可以说明,性成熟度较低的个体也会出现感染强度异常高的状况(图5)。狭鳕性腺组织的营养水平可以用能量密度表示,能量密度随着性腺的发育呈现增长的趋势,并在Ⅳ期左右达到最大值^[24],图5显示性成熟度为Ⅳ期的样本异尖线虫感染强度最大,可以推断与性腺能量密度较大有关。

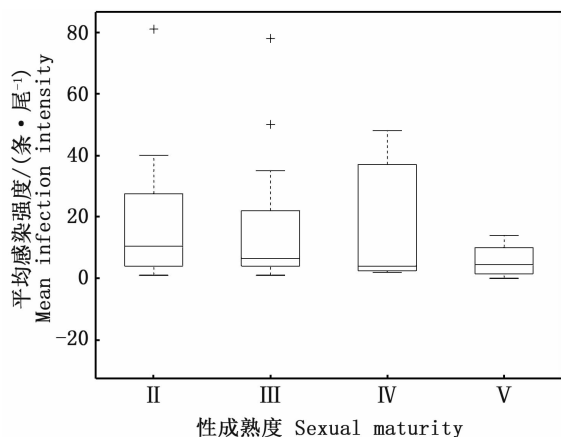


图5 狭鳕性成熟度与异尖线虫数量之间的关系

Fig.5 Relationships between *Anisakid* sp. number and sexual maturity of *Gadus chalcogrammus*

注:“+”代表异常值

note: “+” signifies outlier

2.6 狭鳕肝重与异尖线虫感染程度之间的关系

随着肝脏质量的增加,异尖线虫数量也增加。肝重与异尖线虫数量之间呈线性关系,其线性回归方程为 $y = 0.3893x + 0.0595$ ($R^2 = 0.2382$, $n = 60$, $F = 18.18$, $P < 0.001$)。

3 讨论

3.1 异尖线虫特征

本研究检出的异尖线虫主要特征与孙世正和何毅勋^[25]所描述的异尖线虫Ⅰ型幼体相符合。

狭鳕及其他鳕科鱼类如太平洋鳕(*G.*

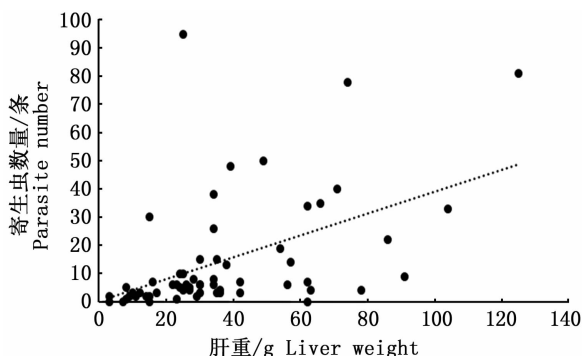


图6 狭鳕肝重与异尖线虫数量之间的关系

Fig.6 Relationships between *Anisakid* sp. number and liver weight of *Gadus chalcogrammus*

macrocephalus)、大西洋鳕(*G. morhua*)、牙鳕(*Merlangius merlangus*)等,为异尖线虫合适的中间宿主或转续宿主之一。异尖线虫以海洋浮游植物或半浮游甲壳类动物为第一中间宿主,鱼类为中间宿主或转续宿主,第一中间宿主可以被包括头足类动物和鱼类在内的中间宿主或转续宿主捕食,寄生虫以此转移到下一个寄主体内继续发育。线虫幼虫在宿主的全身内,包括肌肉组织、各种内脏器官或肠系膜上均可寄生,但成年线虫通常寄生在最终宿主的消化道中^[26]。宿主受感染器官的损害状况与组织中线虫的数量成正比^[26]。通过观察发现,本研究中狭鳕样本受异尖线虫感染的器官主要为肝脏,而其他学者的研究发现,异尖线虫在狭鳕的体腔、胃、肝脏和肠系膜中均普遍存在。NURHIDAYAT等^[13]表示,东中国海韩国水域狭鳕肝脏寄生的异尖线虫比例达到70%。

3.2 狭鳕体长与异尖线虫感染强度的关系

本研究中,狭鳕体长与肝脏感染异尖线虫的数量呈显著的线性关系。这说明,感染狭鳕肝脏寄生异尖线虫的数量与鱼类体长密切相关,即随着狭鳕体长的增加,肝部寄生异尖线虫数量也越高,且当狭鳕体长大于37 cm时,其肝脏寄生异尖线虫的数量呈现明显的增加趋势(图3)。由此,宿主体型在狭鳕寄生异尖线虫方面发挥重要的作用。事实上,在许多海洋鱼类中,异尖线虫感染率均随寄主体长增加而呈线性增加的趋势^[27-28]。SASAKI^[29]指出,在体长30 cm以上的鱼类中,异尖线虫对狭鳕的感染率高于较小个体的鱼类。GRABDA^[30]对由前苏联进口到波兰的狭鳕产品进行了寄生虫检验,结果发现了11种

寄生虫;该研究还注意到,未感染寄生虫的鱼类比例随着寄主体型的增加而下降,但其并没有列出寄生虫的种类。ARTHUR 等^[31]发现,随着狭鳕体型的增加,其肌肉组织中的 *Nybelinia surmenicola* 和 *Anisakis simplex* 的累积能力也明显增强。一般来说,寄主的体长与线虫数量之间的正相关关系被认为是重复感染寄生虫的累积效应^[32]。由于寄主在其整个生活史中均处于感染阶段,大多数感染海洋鱼类的寄生虫幼虫可能随着寄主年龄的增长而不断积累^[32]。

3.3 狭鳕肥满度与异尖线虫感染强度

一般情况下,由于某些环境条件或自身情况影响,鱼类体质量并非严格随着体长增加而均匀增加,在公式 $W = aL^b$ 中的 b 值不一定等于 3。相同的营养状况下,当 $b > 3$ 时,体长越大的个体, K 越大;当 $b < 3$ 时,体长越大的个体, K 越小^[33]。本研究中狭鳕样本的体长-体质量关系为 $W = 0.0129L^{2.9214}$,即 $b < 3$,因此表明肥满度随体长的增加而降低,这说明体长增长速度比体质量快,随着狭鳕体长的增加,体型越来越细长。据此,狭鳕肝脏中异尖线虫的感染强度随体长的增加而增加,而狭鳕的肥满度随着感染强度的增加有下降的趋势。

寄生虫会给寄主带来危害,而肥满度是反映寄生虫对寄主受害程度的指标之一^[34],但目前国内关于寄生虫与肥满度的研究较少。李云等^[35]对鳔等吸虫 (*Isoparorchis hypselobagri*) 与瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*) 肥满度的关系进行了研究,结果显示鳔等吸虫的寄生引起瓦氏黄颡鱼肥满度显著下降。温安祥^[34]比较了感染寄生虫和未感染寄生虫的几种黄鳝的肥满度,显示两者无显著性差异。由于寄主和寄生虫的不同,寄主肥满度和感染强度之间的关系也可能会发生相应的变化^[36]。虽然从统计上来看,可能由于样本较少的原因导致本研究中异尖线虫的感染度与狭鳕的肥满度相关性并不显著,这在一定程度上表明了寄主的生长不仅与寄生虫有关,其他因素如食物、气候及鱼体自身差异也会引起狭鳕肥满度的变化^[37]。

3.4 狭鳕肝脏与异尖线虫感染强度

本研究中,狭鳕肝脏内及表面检测出大量异尖线虫,且异尖线虫数量与肝重之间呈显著正相关(图6);大于 100 g 的肝脏中,异尖线虫的数量

显著增加。MLADINEO 和 POLIJAK^[38]也在欧洲无须鳕 (*Merluccius merluccius*) (64.5%) 和牙鳕 (63.7%) 的肝脏中发现了较高的异尖线虫感染率。相比其他内脏器官,肝脏的体积更大,且富含脂肪,这也导致异尖线虫幼虫较易进入到肝脏组织中,并以肝脏组织为食^[39]。鳕鱼肝脏中寄生线虫对其肝脏的大小和质量、肝脏脂肪质量、鱼体总重量和肥满度等均会产生一定的影响,且这些影响与线虫的数量和大小有关^[39]。虽然受感染鳕鱼肝重的变化、脂肪含量的下降及组织病理学变化等研究均有所进展^[31, 39],但引起这些变化的机制尚不清楚,仍需要进行进一步研究。

此外,寄生虫可以为了解寄主鱼的生物学信息提供参考,如寄主的摄食、迁徙、繁殖、生活史等,这些信息使寄生虫成为海洋鱼类重要的生物标签。已有学者将异尖线虫作为研究海洋鱼类种群的生物标签^[16],本研究也可为了了解西白令海狭鳕的生物学提供基础数据。

致谢:感谢中国水产有限公司及拖网渔船“新宇一号”轮船长及全体船员协助收集并提供样品。感谢刘慧为本文中站位等绘制提供的帮助。

参考文献:

- [1] UCHIYAMA T, MUETER F J, KRUSE G H, et al. Multispecies biomass dynamics models reveal effects of ocean temperature on predation of juvenile pollock in the eastern Bering Sea [J]. Fisheries Oceanography, 2020, 29(1): 10–22.
- [2] PARK H J, PARK T H, CHUNGIL L, et al. Ontogenetic shifts in diet and trophic position of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western East Sea (Japan Sea) revealed by stable isotope and stomach content analyses [J]. Fisheries Research, 2018(204): 297–304.
- [3] HOLTCAMP W. Marine science: The tiniest catch [J]. Nature, 2010, 468(7320): 26–27.
- [4] 林倩倩, 朱国平. 北极阿拉斯加水域鱼类生态特征及其重要性评价 [J]. 水产学报, 2019, 43(7): 1581–1592.
- [5] LIN Q Q, ZHU G P. Ecological characteristics and importance evaluation of fish species in the Arctic Alaska [J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(7): 1581–1592.
- [5] NISHIMURA A. Geographical differences in early

- growth of walleye pollock *Theragra chalcogramma*, estimated by back-calculation of otolith daily growth increments [J]. Marine Biology, 1988, 97(4): 459–465.
- [6] 郑洋妹. 海鱼异尖线虫分子检测和鉴定技术的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- ZHENG Y M. Studies on the identification method of Anisakid nematodes in marine fish [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2010.
- [7] 罗朝科. 海鱼与异尖线虫病 [J]. 畜牧与兽医, 2003, 35(12): 40–43.
- LUO C K. Marine fish and anisakiasis [J]. Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2003, 35(12): 40–43.
- [8] NIEUWENHUIZEN N E, LOPATA A L. *Anisakis* – A food-borne parasite that triggers allergic host defences [J]. International Journal for Parasitology, 2013, 43(12-13): 1047–1057.
- [9] BABBITT J K. Intrinsic quality and species of North Pacific fish [M]// KELLER S. Proceedings of the international conference on fish by-products. Anchorage, Alaska: Alaska Sea Grant College Program, University of Alaska Fairbanks, 1990: 39–43.
- [10] OLIVEIRA A C M, BECHTEL P J. Protein and lipid composition of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) livers [J]. Journal of Aquatic Food Product Technology, 2006, 15(3): 5–19.
- [11] POLTEV Y N, FAIZULIN D R. Infestation of walleye pollock with the parasitic copepod *Haemobaphes diceraus* Wilson, 1917 (Copepoda: Pennellidae) in waters of Sakhalin and the Kuril Islands [J]. Russian Journal of Marine Biology, 2013, 39(1): 76–79.
- [12] KATAKURA S, SAKURAI Y, YOSHIDA H, et al. Influence of the parasitic copepod *Haemobaphes diceraus* and *Clavella perfida* on growth and maturity of walleye pollock *Theragra chalcogramma* [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 2004, 70(3): 324–332.
- [13] NURHIDAYAT S W, NAM U H, KIM J H. Occurrence of Anisakid nematodes in walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) caught off the East Sea of Korea: Their molecular identification and biological implication [J]. Ocean Science Journal, 2018, 53(4): 679–689.
- [14] 杨玉祥, 林成志. 进口铜色纹狭鳕寄生虫的调查 [J]. 中国国境卫生检疫杂志, 1989(4): 250–252.
- YANG Y X, LIN C Z. Investigation of imported pollock parasites [J]. Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine, 1989(4): 250–252.
- [15] 李 萍, 吴跃双. 冷冻铜色纹狭鳕异尖线虫感染情况调查 [J]. 吉林畜牧兽医, 2010, 31(6): 11–12.
- LI P, WU Y S. Investigation on frozen *Theragra chalcogrammas* infected by *Anisakis* sp. [J]. Jilin Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2010, 31(6): 11–12.
- [16] MATTIUCCI S, CIMMARUTA R. Frame of a holistic approach for stock identification of selected Mediterranean Sea fish species [J]. Parasitology, 2015, 142(1): 90–108.
- [17] WEST G. Methods of assessing ovarian development in fishes: A review [J]. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, 1990, 41(2): 199–222.
- [18] HINCKLEY S. The reproductive biology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Bering Sea, with reference to spawning stock structure [J]. Fishery Bulletin, 1987, 85(3): 481–498.
- [19] STAHL J P. Maturation of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the eastern Bering Sea in relation to temporal and spatial factors [D]. Alaska, USA: University of Alaska Fairbanks, 2004.
- [20] 夏武平, 孙崇潞. 红背鲷肥满度的研究 [J]. 动物学报, 1963, 15(1): 34–44.
- XIA W P, SUN C L. Study on fatness of *Clethrionomys rutilus* Pallas [J]. Acta Zoologica Sinica, 1963, 15(1): 34–44.
- [21] SCHULTE-HOSTEDDE A I, ZINNER B, HICKLING M G J. Restitution of mass-size residuals: Validating body condition indices [J]. Ecology, 2005, 86(1): 155–163.
- [22] 张剑英. 鱼类寄生虫与寄生虫病 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- ZHANG J Y. Fish parasites and parasitic diseases [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [23] 陈启鏊. 鱼病调查手册. 第2版 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1987.
- CHEN Q L. Fish disease survey manual. 2nd ed [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1987.
- [24] 黄 开, 韦贝贝, 朱国平. 西白令海夏季狭鳕性腺组织能量密度的影响因素分析 [J/OL]. 大连海洋大学学报, 2020, [2020–04–26]. <https://doi.org/10.11958/1673-1328.2020.04.001>.

- org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2019-198.
- HUANG K, WEI B B, ZHU G P. Effect of factors on energy density for gonadal tissue of Alaska pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the Western Bering Sea during summer [J/OL]. Journal of Dalian Ocean University, 2020, [2020-04-26]. <https://doi.org/10.16535/j.cnki.dlhyxb.2019-198>.
- [25] 孙世正, 何毅勋. 异尖线虫和异尖线虫病 [J]. 国际医学寄生虫病杂志, 1985, 3: 97-102.
- SUN S Z, HE Y X. *Anisakis* and anisakiasis [J]. International Journal of Medical Parasitic Diseases, 1985, 3: 97-102.
- [26] MARGOLIS L. Nematode diseases of marine fishes [J]. American Fisheries Society Special Publication, 1970, 5(1): 190-208.
- [27] ABATTOUY N, VALERO A, BENAJIBA M H, et al. *Anisakis simplex* s. l. parasitization in mackerel (*Scomber japonicus*) caught in the North of Morocco — Prevalence and analysis of risk factors [J]. International Journal of Food Microbiology, 2011, 150(2-3): 136-139.
- [28] DAVEY J T. The incidence of *Anisakis* sp. larvae (Nematoda: Ascaridata) in the commercially exploited stocks of herring (*Clupea harengus* L. 1758) (Pisces: Clupeidae) in British and adjacent waters [J]. Journal of Fish Biology, 2010, 4(4): 535-554.
- [29] SASAKI M. Survey of parasites of the Alaska pollock, *Theragra chalcogramma* [J]. Journal of the Hokkaido Fisheries Experimental Station, 1973, 30(9): 14-34.
- [30] GRABDA J. Studies on parasitisation and consumability of Alaska pollack, *Theragra chalcogramma* (Pall.) [J]. Acta Ichthyologica Et Piscatoria, 1977, 7(2): 15-34.
- [31] ARTHUR J R, MARGOLIS L, WHITAKER D J, et al. A quantitative study of economically important parasites of walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) from British Columbian waters and effects of postmortem handling on their abundance in the musculature [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1982, 39(5): 710-726.
- [32] MLADINEO I, POLJAK V. Ecology and genetic structure of zoonotic *Anisakis* spp. from Adriatic commercial fish species [J]. Applied & Environmental Microbiology, 2014, 80(4): 1281-1290.
- [33] 戴强, 戴建洪, 李成, 等. 关于肥满度指数的讨论 [J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(5): 715-718.
- DAI Q, DAI J H, LI C, et al. Discussion on relative fatness [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2006, 12(5): 715-718.
- [34] 温安祥. 几种寄生虫在黄鲢体内寄生的研究 [J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(1): 43-46.
- WEN A X. Study on parasites in ricefield eels [J]. Journal of Sichuan Agricultural University, 2003, 21(1): 43-46.
- [35] 李云, 叶勤, 王云花, 等. 鳃等睾吸虫对宿主瓦氏黄颡鱼的影响 [J]. 动物学杂志, 2002, 37(4): 41-43.
- LI Y, YE Q, WANG Y H, et al. The influence of *Isoparorchis hypselobagri* on its host, *Pelteobagrus vachelli* [J]. Chinese Journal of Zoology, 2002, 37(4): 41-43.
- [36] 蔡星, 肖海溶, 林伟强, 等. 斑鳊寄生河鲈锚首虫的种群动态 [J]. 寄生虫与医学昆虫学报, 2014, 21(3): 149-154.
- CAI X, XIAO H R, LIN W Q, et al. Population dynamics of *Ancyrocephalus mogurndae* from golden mandarin fish *Siniperca scherzeri* (Steindachner) in south China [J]. Acta Parasitologica et Medica Entomologica Sinica, 2014, 21(3): 149-154.
- [37] 姜巨峰, 王玉佩, 李春艳, 等. 3种优质淡水鱼类的含肉率·肥满度及肌肉营养成分的分析 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(26): 14478-14480.
- JIANG J F, WANG Y P, LI C Y, et al. Analysis of the flesh content, fatness and nutrient component in the muscle of 3 species of good-quality freshwater fishes [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(26): 14478-14480.
- [38] MLADINEO I, POLJAK V. Ecology and genetic structure of zoonotic *Anisakis* spp. from Adriatic commercial fish species [J]. Applied and Environmental Microbiology, 2014, 80(4): 1281-1290.
- [39] CHENG T C. The natural history of anisakiasis in animals [J]. Journal of Milk and Food Technology, 1976, 39(1): 32-46.

Parasitic characteristics of *Anisakis* sp. in the liver of *Gadus chalcogrammus* in the Western Bering Sea during summer

NING Jing^{1,2}, HUANG Kai¹, WEI Beibei^{1,2}, ZHENG Zhihong^{1,2}, JIA Mingxiu³, ZHU Guoping^{1,2,4,5}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Center for Polar Research, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. China National Fisheries Corp., Beijing 100160, China; 4. Polar Marine Ecosystem Lab, Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 5. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China)

Abstract: Walleye pollock *Gadus chalcogrammus* plays a primary ecological role in the North Pacific ecosystem and is also an important commercial fish species in this region. It feeds on a variety of fishes, copepods and cephalopods can be an intermediate/paratenic host of some helminthes. *Anisakis* sp. is a common parasite in *Gadus chalcogrammus*, however limited studies are concerned on it in the Western Bering Sea. In order to explore the parasitic characteristics of parasites in the liver of *Gadus chalcogrammus*, this study collected and counted the *Anisakis* sp. extracted from the liver of *Gadus chalcogrammus* in the Western Bering Sea in summer 2018, calculated the infection rate, infection intensity and fatness, and investigated the influence of its infection intensity on the growth of *Gadus chalcogrammus*. The detected *Anisakis* sp. were yellowish-white, cylindrical, translucent, with immature lips. The infection rate and the infection intensity of *Anisakis* sp. were high in *Gadus chalcogrammus*. A total of 864 *Anisakis* sp. were found in 60 individuals, and 93% of livers of the samples were infected. The mean intensity of *Anisakis* sp. infection decreased with the increasing of the sexual maturity stage of *Gadus chalcogrammus*. There was a significant correlation between the infection intensity and the host's body length and liver weight. The number of *Anisakis* sp. increased gradually with the increasing of body length. The number of *Anisakis* sp. increased gradually with the increasing of liver weight. There was no significant correlation between the host fatness and the infection intensity. This suggests that host growth is related to not only the parasite, but to other factors such as food, climate, and differences in fish body can also cause changes in the fatness of fish. This study provides basic information for understanding the infection characteristics of *Anisakis* sp. in *Gadus chalcogrammus*, and provides scientific reference for further study on the parasitic relationship between important fish species and parasites in the North Pacific Ocean.

Keywords: *Gadus chalcogrammus*; liver; *Anisakis* sp.; parasite