





**دانشگاه آزاد اسلامی**

**واحد علوم و تحقیقات**

**رساله دکتری رشته بیولوژی دریا (Ph.D)**

**موضوع:**

**نقش انگل های گرمی دستگاه گوارش کیلکا ماهیان به عنوان نشانگر زیستی در**

**سنجش فلزات سنگین (سرب و کادمیوم)**

**استادان راهنما:**

دکتر شهلا جمیلی

دکتر معصومه ملک

**استادان مشاور:**

دکتر سید محمد باقر نبوی

دکتر عباسعلی مطلبی

**نگارنده:**

راضیه قیومی

سال تحصیلی ۱۳۸۸-۱۳۸۷

سپاس خداوندی را که در پیمودن این مسیر یاریم داد.

بر خود واجب می‌دانم مراتب قدردانی و تشکر خویش را از همه عزیزانی که در پیشبرد تحقیق حاضر نقش داشتند، بیان نمایم:

سرکار خانم دکتر جمیلی و سرکار خانم دکتر ملک که افتخار شاگردی ایشان را داشتم و در روند انجام این تحقیق نقش بسیار مهمی را ایفا نمودند و همواره از راهنمایی‌ها و مساعدت‌های ارزنده ایشان استفاده کردم.

جناب آقای دکتر نبوی که همکاری فراوانی مبذول داشتند و با مساعدت‌های خود همواره مرا حمایت نمودند.

جناب آقای دکتر مطلبی که در پیشبرد این تحقیق نقش بسیار مهمی داشتند و نهایت همکاری را مبذول داشتند.

جناب آقای دکتر جاوید که با اندیشه مثبت و راهنمایی‌های موثرشان همواره در جهت رفع مشکلات اقدام نمودند.

جناب آقایان دکتر موبدی، دکتر ماشینچیان و دکتر پورنگ که داوری این رساله را به عهده داشتند. از رئیس محترم دانشکده جناب آقای دکتر عباسپور، مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر فاطمی، سرکار خانم مهندس سعیدی و سایر همکاران ایشان نهایت تشکر را دارم.

همچنین مراتب قدردانی خویش را از جناب آقایان مهندس صدیقی و مهندس نیکوییان از معاونت محیط زیست دریایی، جناب آقایان دکتر رضانی و مهندس عقلمندی از موسسه تحقیقات شیلات، همکاران محترم موزه تاریخ طبیعی لندن دکتر Harris و دکتر Bray جهت تایید شناسایی نمونه‌ها، دوستان عزیزم وجیهه اسکندری‌راد و شیرین بداعی، دکتر گلستانی نسب، مهندس ابراهیمی و کلیه دوستان در بخش جانور شناسی و آنالیز دستگاهی پردیس علوم و آزمایشگاه کرم‌شناسی و سیستماتیک کرم‌های انگلی دانشکده بهداشت دانشگاه تهران، به خصوص جناب آقای دکتر موبدی، استاد گرامی و بسیار ارجمند، بیان می‌نمایم. همچنین از همه افرادی که بر دانش جریان یافته در این رساله افزوده‌اند، قدردانی می‌نمایم.

"این رساله با حمایت مالی معاونت محیط زیست دریایی انجام شده است"

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم  
به پاس زحمات بی دریغشان

و

خواهران و برادر عزیزم

۱۴	چکیده
۱۵	مقدمه
۱۸	کلیات
۱۹	۱-۱- مفاهیم اساسی در علم انگل شناسی
۱۹	۱-۱-۱- اکولوژی انگلی (Parasite Ecology)
۲۰	۱-۱-۱-۱- مفاهیم کمی در اکولوژی انگلی
۲۱	۱-۲- تکامل انگلی شدن (Evolution of Parasitism)
۲۲	۱-۲- نقش انگل ها به عنوان نشانگر آلودگی های محیطی:
۳۲	۱-۳- ویژگیهای غیر زیستی و زیستی دریای خزر:
۳۳	۱-۴- خانواده شگ ماهیان Clupeidae:
۳۴	۱-۴-۱- جنس <i>Clupeonella</i> Kessler, 1877:
۳۴	۱-۴-۱-۱- کیلکای معمولی <i>Clupeonella cultriventris</i> (Nordmann, 1840)
۳۶	۱-۴-۱-۲- کیلکای آنچوی <i>Clupeonella engrauliformis</i> (Borodin, 1904)
۳۷	۱-۴-۱-۳- کیلکای چشم درشت <i>Clupeonella grimmi</i> Kessler, 1877
۳۸	۱-۴-۲- وضعیت ذخایر کیلکا ماهیان در دریای خزر
۳۸	۱-۵- مطالعات انجام شده در خصوص آلودگی انگلی کیلکا ماهیان
۴۰	۱-۵-۱- شاخه کرم های پهن (Platyhelminthes (Flatworms)
۴۰	۱-۵-۱-۱- رده Trematoda Rudolphi, 1808
۴۱	۱-۵-۱-۱- زیر رده Digenea Craus, 1863
۴۲	۱-۵-۱-۱-۱- خانواده Faustulidae Poche, 1926
۴۲	Baccigerinae Yamaguti, 1958
۴۲	Pentagramminae Yamaguti, 1958
۴۳	جنس <i>Pronoprymna</i> Poche, 1926
۴۳	گونه <i>Pronoprymna ventricosa</i> (Rud., 1819)
	<i>Pseudopentagramma symmetricum</i> (Chulkova, 1939) Yamaguti, 1971
۴۳	
۴۴	۱-۵-۲- شاخه کرمهای لوله‌ای Nematelminthes

- ۴۴ ..... Nematoda (Roundworms) Rudolphi, 1808 رده کرم های گرد ۳-۵-۱
- ۴۵ ..... Ascaridida Skrjabin et Schulz, 1940 راسته ۱-۱-۲-۵-۱
- ۴۵ ..... Anisakidae Railliet et Henry, 1912 خانواده ۱-۱-۲-۵-۱
- ۴۵ ..... *Contracaecum* Railliet and Henry, 1912 جنس
- ۴۶ ..... *Anisakis* Dujardin, 1845 جنس
- ۴۶ ..... *Raphidascaris* Railliet and Henry, 1915 جنس
- ۴۶ ..... Acanthocephala (Thorney-Headed Worms) شاخه خاربرسران ۳-۵-۱
- ۴۸ ..... Palaeacanthocephala رده ۱-۳-۵-۱
- ۴۸ ..... Polymorphida Petrochenko, 1956 راسته ۱-۱-۳-۵-۱
- ۴۸ ..... Polymorphidae Meyer, 1931 خانواده ۱-۱-۱-۳-۵-۱
- ۴۸ ..... *Corynosoma* Luhe, 1904 جنس
- ۴۸ ..... *Corynosoma strumosum* (Rud., 1802) گونه
- ۴۹ ..... ۶-۱- استانداردهای جهانی فلزات سنگین برای آبریان
- ۵۰ ..... مواد و روش ها
- ۵۱ ..... ۱-۲- نمونه برداری
- ۵۷ ..... ۲-۲- ترسیم و شناسایی نمونه های انگلی
- ۵۷ ..... ۳-۲- آماده سازی نمونه ها برای سنجش میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم
- ۵۸ ..... ۴-۲- محاسبه شاخصهای اکولوژیک
- ۵۸ ..... ۱-۴-۲- شاخص تنوع گونه‌های شانون (Shannon diversity index)
- ۵۹ ..... ۲-۴-۲- شاخص یکنواختی (Equitability)
- ۵۹ ..... ۳-۴-۲- شاخص غالبیت (Dominance index)
- ۵۹ ..... ۴-۴-۲- شاخص شباهت سورنسون (Sorenson similarity indices)
- ۶۰ ..... ۵-۴-۲- شاخص میزان ویژگی (Specificity index)
- ۶۰ ..... ۵-۲- محاسبه فاکتور های رشد
- ۶۱ ..... ۶-۲- آنالیز آماری داده ها
- ۶۲ ..... نتایج
- ۶۳ ..... ۱-۳- نتایج حاصله از مطالعات انگلشناسی
- ۶۳ ..... ۱-۱-۳- گونه های انگلی یافت شده از دستگاه گوارش کیلکا ماهیان
- ۷۰ ..... ۲-۳- نتایج حاصله از بررسی اکولوژیک آلودگی کیلکا ماهیان به انگلهای کرمی دستگاه گوارش

- ۳-۲-۱- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک گونه های ماهی ..... ۷۰
- ۳-۲-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک جنسیت ..... ۷۷
- ۳-۲-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک گروه های طولی ..... ۷۹
- ۳-۲-۳-۱- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک گروه های طولی ..... ۷۹
- ۳-۲-۳-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای آنچوی به تفکیک گروه های طولی ..... ۸۲
- ۳-۲-۳-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه های طولی ..... ۸۴
- ۳-۲-۴- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک فصل ..... ۸۸
- ۳-۲-۴-۱- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک فصل ..... ۸۸
- ۳-۲-۴-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای آنچوی به تفکیک فصل ..... ۹۲
- ۳-۲-۴-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک فصل ..... ۹۴
- ۳-۲-۵- محاسبه شاخصهای اکولوژیک در کیلکا ماهیان ..... ۹۶
- ۳-۲-۶- نتایج حاصله از مطالعه فاکتورهای رشد کیلکا ماهیان ..... ۹۸
- ۳-۳-۱- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگلها و بافتهای میزبان ..... ۱۰۳
- ۳-۳-۱- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگلها و بافتهای میزبان به تفکیک گونه های ماهی ..... ۱۰۳
- ۳-۳-۲- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگلها و بافتهای میزبان به تفکیک جنسیت ..... ۱۰۵
- ۳-۳-۳- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافتهای کیلکا ماهیان سالم و آلوده ..... ۱۰۸
- ۳-۳-۴- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگلها و بافتهای میزبان به تفکیک فصل ..... ۱۱۲
- ۳-۳-۵- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نمونه آب، انگلها و بافتهای میزبان ..... ۱۱۷
- بحث و نتیجهگیری ..... ۱۲۱
- ۴-۱- مقایسه درصد و میانگین شدت آلودگی انگلی در گونه های مختلف کیلکا ماهیان ..... ۱۲۲
- ۴-۲- ارتباط آلودگی انگلی با جنسیت میزبان ..... ۱۲۶
- ۴-۳- ارتباط آلودگی انگلی با اندازه میزبان ..... ۱۲۷
- ۴-۴- ارتباط آلودگی انگلی با فصل ..... ۱۲۷
- ۴-۵- بررسی شاخصهای اکولوژیک در کیلکا ماهیان ..... ۱۲۸
- ۴-۶- بررسی همبستگی بین انگل ها و شاخص های مختلف رشد در کیلکا ماهیان ..... ۱۳۰
- ۶-۷- بررسی و مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگلها و بافتهای میزبان ..... ۱۳۰

۱۳۴ ..... ۶-۸- پیشنهادات

۱۳۵ ..... منابع



۱۰	جدول ۱-۱. تاثیر انواع آلاینده‌ها بر تاکسون‌های انگلی مختلف
۲۶	جدول ۲-۲. درصد و شدت آلودگی انگل‌های کیلکا ماهیان در مطالعه شمسی (۱۳۷۴)
۳۶	جدول ۳-۱. حداکثر غلظت مجاز و بحرانی فلزات سنگین در آبزیان دریایی
۵۹	جدول ۱-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) در کیلکا ماهیان به تفکیک گونه
۶۵	جدول ۲-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) در کیلکا ماهیان به تفکیک جنسیت
۶۷	جدول ۳-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای معمولی <i>C. cultriventris</i> به تفکیک گروه‌های طولی
۷۰	جدول ۴-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای آنچوی <i>C. engrauliformis</i> به تفکیک گروه‌های طولی
۷۲	جدول ۵-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای چشم درشت <i>C. grimmi</i> به تفکیک گروه‌های طولی
۷۷	جدول ۶-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای معمولی <i>C. cultriventris</i> به تفکیک فصل
۸۰	جدول ۷-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای آنچوی <i>C. engrauliformis</i> به تفکیک فصل
۸۲	جدول ۸-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm SE$ ) انگل‌ها در کیلکای چشم درشت <i>C. grimmi</i> به تفکیک فصل
۸۴	جدول ۹-۳. شاخص‌های اکولوژیک تنوع، یکنواختی، غنای گونه‌ای، غالبیت، شباهت کیفی و شباهت کمی انگل‌های کیلکا ماهیان
۸۴	جدول ۱۰-۳. شاخص میزبان ویژگی بر حسب فراوانی و شدت آلودگی انگلی در کیلکا ماهیان
۸۶	جدول ۱۱-۳. میانگین ( $\pm SE$ ) طول، وزن و شاخص‌های رشد کیلکا ماهیان به تفکیک گونه
۸۷	جدول ۱۲-۳. همبستگی بین فراوانی انگل‌ها و شاخص‌های رشد در ماهی کیلکای معمولی
۸۸	جدول ۱۳-۳. همبستگی بین فراوانی انگل‌ها و شاخص‌های رشد در ماهی کیلکای آنچوی
۸۹	جدول ۱۴-۳. همبستگی بین فراوانی انگل‌ها و شاخص‌های رشد در ماهی کیلکای چشم درشت
۹۱	جدول ۱۵-۳. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm SE$ ) در انگل <i>P. ventricosa</i> ، <i>C. strumosum</i> و بافت‌های میزبان به تفکیک گونه ماهی

- جدول ۳-۱۶. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در انگل *C. strumosum* و *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان به تفکیک جنسیت  
۹۳
- جدول ۳-۱۷. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در بافت‌های کیلکا ماهیان سالم و آلوده  
۹۶
- جدول ۳-۱۸. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های کیلکای چشم درشت به تفکیک فصل  
۱۰۱

- شکل ۳-۷. درصد آلودگی انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۰
- شکل ۳-۸. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۰
- شکل ۳-۹. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت آلوده ۶۱
- شکل ۳-۱۰. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۱
- شکل ۳-۱۱. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۲
- شکل ۳-۱۲. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت آلوده ۶۲
- شکل ۳-۱۳. درصد آلودگی انگل *Contracaecum sp.* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۳
- شکل ۳-۱۴. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *Contracaecum sp.* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت ۶۳
- شکل ۳-۱۵. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک گروه‌های طولی ۶۸
- شکل ۳-۱۶. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک گروه‌های طولی ۶۸
- شکل ۳-۱۷. درصد آلودگی انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی ۷۳
- شکل ۳-۱۸. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی ۷۳
- شکل ۳-۱۹. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت آلوده به تفکیک گروه‌های طولی ۷۴
- شکل ۳-۲۰. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی ۷۴
- شکل ۳-۲۱. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک فصل ۷۸

- شکل ۳-۲۲. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک فصل  
۷۸
- شکل ۳-۲۳. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی آلوده به تفکیک فصل  
۷۹
- شکل ۳-۲۴. میانگین غلظت کادمیوم ( $\pm$ SE) (ppm) در بافت‌های کیلکای معمولی سالم و آلوده  
۹۸
- شکل ۳-۲۵. میانگین غلظت سرب ( $\pm$ SE) (ppm) در بافت‌های مختلف کیلکای چشم درشت و انگل *C. strumosum* به تفکیک فصل  
۱۰۲
- شکل ۳-۲۶. میانگین غلظت کادمیوم ( $\pm$ SE) (ppm) در بافت‌های مختلف کیلکای چشم درشت و انگل *C. strumosum* به تفکیک فصل  
۱۰۳
- شکل ۳-۲۷. میانگین غلظت سرب ( $\pm$ SE) (ppm) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های میزبان (*C. grimmi*)  
۱۰۶
- شکل ۳-۲۸. میانگین غلظت کادمیوم ( $\pm$ SE) (ppm) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های میزبان (*C. grimmi*)  
۱۰۶
- شکل ۳-۲۹. میانگین غلظت سرب ( $\pm$ SE) (ppm) در انگل *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان (*C. cultriventris*)  
۱۰۷
- شکل ۳-۳۰. میانگین غلظت کادمیوم ( $\pm$ SE) (ppm) در انگل *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان (*C. cultriventris*)  
۱۰۷

- شکل ۱-۱. کیلکای معمولی *Clupeonella cultriventris* ۲۲
- شکل ۱-۲. کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliformis* Borodin, 1904 ۲۳
- شکل ۱-۳. کیلکای چشم درشت *Clupeonella grimmi* Kessler, 1877 ۲۴
- شکل ۱-۴. تصویر یک نمونه دیژن بالغ ۲۸
- شکل ۱-۵. تصویر شماتیک نر و ماده یک *Palaeacanthocephala* ۳۴
- شکل ۱-۲. منطقه نمونه برداری ۴۰
- شکل ۲-۲. صیدگاه بابلسر ۴۰
- شکل ۲-۳. ایستگاه تحقیقات شیلاتی و اکولوژی دریای خزر - خیرود ۴۱
- شکل ۲-۴. شناور صیادی کیلکا ۴۱
- شکل ۲-۵. کیلکا ماهیان دریای خزر ۴۲
- شکل ۲-۶. توزین و تعیین طول ماهی ها و ثبت اطلاعات در فرم های مخصوص ۴۳
- شکل ۲-۷. تشریح ماهی ها (کیلکای نر چشم درشت، آلودگی شدید به *Corynosoma strumosum*) ۴۳
- شکل ۳-۱. ترسیم انگل *Corynosoma strumosum* جدا شده از کیلکای چشم درشت ۵۱
- شکل ۳-۲. تصویر میکروسکوپی انگل *Corynosoma strumosum* جدا شده از کیلکای چشم درشت (x۱۰) ۵۲
- شکل ۳-۳. ترسیم انگل *Pronoprymna ventricosa* جدا شده از کیلکای معمولی. ۵۳
- شکل ۳-۴. تصویر میکروسکوپی انگل *Pronoprymna ventricosa* جدا شده از کیلکای معمولی (x۴۰). ۵۴
- شکل ۳-۵. ترسیم لارو انگل *Contracaecum* sp. جدا شده از کیلکای معمولی. ۵۵
- شکل ۳-۶. تصویر میکروسکوپی لارو انگل *Contracaecum* sp. جدا شده از کیلکای معمولی (x۴۰). ۵۶
- شکل ۴-۱. تصویر شماتیک نحوه جذب، انتقال و دفع فلزات سنگین در ماهی و آکانتوسفال ۱۱۹

## چکیده

در مطالعه حاضر ۳۹۸ قطعه ماهی کیلکا از سه گونه کیلکای معمولی *Clupeonella cultriventris* (n=۱۷۰)، کیلکای آنچوی *C. engrauliformis* (n=۹۲) و کیلکای چشم درشت *C. grimmi* (n=۱۳۶) مربوط به صیدگاه بابلسر، از نظر آلودگی انگل‌های کرمی دستگاه گوارش مورد بررسی قرار گرفتند. در این بررسی پنج گونه انگلی یافت شده عبارتند از: *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala)، *Pronoprymna ventricosa* (Trematoda)، *Contracaecum* sp. (Nematoda)، *Anisakis* sp. (Nematoda) و *Raphidascaris* sp. از بین انگل‌های فوق، *P. ventricosa* و *C. strumosum* بیشترین شدت و درصد آلودگی را دارا می‌باشند. درصد آلودگی و شدت آلودگی به انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به طور معنی داری بیشتر از آنچوی است. درصد آلودگی و شدت آلودگی به انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به طور معنی داری بیشتر از آنچوی است. در این مطالعه ارتباط شدت و درصد آلودگی با جنسیت، گروه‌های طولی و فصل و همچنین تاثیر انگل‌ها روی فاکتورهای رشد میزبان بررسی شد. شاخص‌های اکولوژیک تنوع گونه‌ای، یکنواختی، تشابه کیفی و کمی، غنای گونه ای، غالبیت و شاخص میزبان ویژگی، محاسبه و در سه میزبان مقایسه شد. همچنین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی کیلکا ماهیان و انگل‌های *C. strumosum* و *P. ventricosa* اندازه‌گیری و مقایسه گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد جذب سرب و کادمیوم در انگل‌های *C. strumosum* و *P. ventricosa* کیلکا ماهیان به طور معنی داری بیشتر از بافت‌های کلیه، کبد، روده، غدد جنسی و عضله می‌باشد. ارتباط غلظت فلزات سرب و کادمیوم با جنسیت، ماهیان سالم و آلوده و فصل نیز بررسی گردید. میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل‌ها و بافت‌های میزبان به تفکیک جنسیت، اختلاف معنی داری نشان نمی‌دهد. همچنین به جز میزان سرب در عضله و کادمیوم در کلیه، کبد و روده ماهیان کیلکای معمولی سالم که به طور معنی داری بیش از ماهیان آلوده به انگل *P. ventricosa* است، در بقیه موارد اختلاف معنی داری بین میانگین غلظت سرب در بافت‌های مختلف ماهیان سالم و آلوده وجود ندارد. بعلاوه تغییراتی که در میزان جذب سرب و کادمیوم در فصول مختلف دیده می‌شود، نشان‌دهنده تغییرات قابل توجیهی نمی‌باشد.

## مقدمه

طی دو دهه اخیر مطالعاتی در زمینه استفاده از انگل های ماهیان به عنوان نشانگر زیستی فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی صورت گرفته است و مشخص گردیده که میزان تجمع فلزات سنگین در انگل ها به مراتب بیش از بافت های میزبان می باشد ( Siddall and Sures, 1998; MacKenzie, 1999; Sures and Sidall, 1999; Sures *et al.*, 1999; Sures, 2001; Williams and Mackenzie, 2003; Sures, 2004; Sures, 2005). در ایران تنها در دانشگاه تهران اخیراً مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است که در این خصوص می توان به مطالعه (Malek *et al.*, 2007) روی انگل های کوسه ماهیان اشاره نمود.

تحقیقات نشان می دهد استفاده از بیواندیکاتورهایی که نسبت به تغییرات محیطی حساسیت ویژه ای دارند و سریع تر واکنش نشان می دهند جهت پایش میزان آلاینده ها بسیار مناسب می باشند، بدین ترتیب انگل ها به عنوان بهترین بیواندیکاتور معرفی شده اند (Williams & Mackenzie, 2003). همچنین به علت اهمیت نقش انگل ها در میان جوامع جانوری از قبیل جایگاه آنها در زنجیره غذایی، نشانگرهای زیستی مفیدی می باشند (Sures, 2004).

با توجه به تعداد و تنوع زیاد انگل ها، سازگاری آنها در میزبان ها و محیط های مختلف بسیار متفاوت بوده و همچنین حساسیت این موجودات نسبت به تغییرات جزئی محیط هم بسیار زیاد می باشد، لذا به عنوان یک بیواندیکاتور مناسب جهت بررسی میزان فلزات سنگین در محیط محسوب می گردند (Sures *et al.*, 1999).

امروزه توسعه صنعت، کشاورزی و شهرنشینی در حاشیه دریای خزر و همچنین بهره برداری و استخراج نفت و کاربردهای ترانزیتی بوسیله کشتیهای باربری و عوامل دیگر، باعث شده است که سالیانه حجم زیادی از مواد آلاینده از جمله فلزات سنگین وارد این اکوسیستم گردد و حیات گونه های مختلف آبزیان را با خطر

مواجه سازد. بعلاوه فلزات سنگین تاثیرات زیادی در سلامت و بهداشت انسان دارند و جزء آلاینده های غیر قابل تجزیه توسط میکروارگانسیم ها محسوب می شوند. بنابراین بررسی میزان فلزات سنگین در دریای خزر از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

دریای خزر زیستگاه بسیاری از ماهیان اقتصادی و با ارزش می باشد که از آن جمله می توان به کیلکا ماهیان اشاره نمود. کیلکاها ماهیانی کوچک هستند که به صورت گله ای زندگی کرده و چون به عنوان مصرف کننده ثانویه در زنجیره غذایی قرار می گیرند، از جمعیت زیادی برخوردار می باشند و به دلیل تغذیه سایر آبزیان خصوصاً فک خزری و ماهیان خاویاری از آنها، اهمیت زیادی دارند. در سالهای اخیر به دلیل افزایش میزان آلاینده ها و همچنین ورود شانه دار مهاجم و رقابت غذایی آن با کیلکا ماهیان، جمعیت این ماهیان به شدت کاهش یافته است (Aladin and Plotnikov, 2004; UNEP, 2006). علاوه بر این در ایران اخیراً کیلکاها بیش از گذشته مورد تغذیه انسان قرار گرفته اند و در تهیه سوسیس و کالباس، کنسرو، غذای ماهی و طیور و... از آنها استفاده می شود.

کیلکا ماهیان از خانواده شگ ماهیان *Clupeidae* می باشند و سه گونه از آنها در دریای خزر شناسایی شده که عبارتند از:

کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis* (Borodin, 1904)

کیلکای چشم درشت (*Clupeonella grimmi* Kessler, 1877)

کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840)

با توجه به گسترش روزافزون میزان آلاینده های فلزات سنگین در دریای خزر و اثرات منفی آنها بر زنجیره غذایی و سلامت انسان، لزوم شناسایی بیواندیکاتوری که بتواند به موقع شرایط نامساعد محیطی را قبل از تحت تاثیر قرار گرفتن سایر موجودات هشدار دهد، جهت پایش مداوم تاثیر فلزات سنگین بر موجودات دریایی، بسیار ضروری است. بدینوسیله می توان تدابیر ویژه ای جهت پیشگیری از توسعه آلودگی در محیط اتخاذ نمود.

همچنین با توجه به اینکه در سالیان اخیر کاهش شدیدی در بهره برداری از ذخایر کیلکا ماهیان به وجود آمده و این شرایط را به ورود شانه دار مهاجم دریای خزر و رقابت غذایی آن با کیلکاها نسبت می دهند، نتایج حاصل از این مطالعه می تواند در ارزیابی این شرایط جدید مؤثر باشد و منجر به ارائه نظرات دقیق-



تری گردد. علیرغم اهمیت روزافزون کیلکاماهیان در زنجیره غذایی و جایگاه خاصی که در اقتصاد غذایی دارند، مطالعات محدودی در مورد انگل‌های آنها صورت گرفته است. لذا بررسی‌های جامع و نگرش‌های جدید انگل‌شناسی در خصوص این ماهیان لازم است. مطالعه شمسی (۱۳۷۴) تنها مطالعه‌ای می‌باشد که در خصوص انگل‌های کیلکاماهیان در ایران انجام گردیده است. بنابراین انجام این مطالعه با توجه به اینکه برای اولین بار است در کشور اجرا می‌گردد، نه تنها می‌تواند به محققان مربوطه در ارزیابی‌ها و ارائه نظرات کمک نماید، بلکه سر آغاز راهی نوین در خصوص استفاده از بیواندیکاتورهای مؤثر در پایش آلاینده های محیط‌های آبی می‌باشد.

اهداف مطالعه حاضر عبارتند از:

الف) شناسایی گونه‌های انگلی در سه گونه کیلکا

ب) تعیین تغییرات شدت و درصد آلودگی انگلی در ارتباط با گونه، جنسیت، گروه‌های طولی میزبان و فصل نمونه برداری

د) تعیین شاخص‌های اکولوژیک غنای گونه ای (Species richness)، تنوع گونه‌ای شانون (Shannon diversity index)، یکنواختی (Equitability)، غالبیت (Dominance index)، تشابه کیفی و کمی (Qualitative and quantitative similarity indices)، میزبان ویژگی (Specificity index)

انگل‌ها در سه گونه میزبان

ه) بررسی اثرات احتمالی انگل روی فاکتورهای رشد ماهیان

و) مقایسه میزان تجمع فلزات سنگین بین گونه های انگلی کیلکا ماهیان و بافت‌های مختلف بدن ماهی ها شامل کبد، روده، کلیه، عضله و غدد جنسی

کلیات

## ۱-۱- مفاهیم اساسی در علم انگل شناسی

### ۱-۱-۱- اکولوژی انگلی (Parasite Ecology)

هر موجود زنده جهت برخی از فراورده ها و فرایندهای اساسی، به طور تغییر ناپذیری به محیط زیست خود و به موجودات زنده دیگر وابسته است. این وابستگی ها مورد توجه علم اکولوژی می باشد. اکولوژی از دو واژه یونانی ikos (خانه) و logos (علم) برگرفته شده است. در واقع علم اکولوژی به مطالعه روابط بین موجودات زنده با محیط زنده و غیر زنده اطرافشان می پردازد. یکی از شاخه های علم اکولوژی، اکولوژی انگلی می باشد که نسبت به سایر شاخه های این علم از قدمت کمتری برخوردار بوده و از دهه ۹۰ به عنوان مبحثی جدید در کتاب های اکولوژی وارد شده است. اکولوژی انگلی به مطالعه انتشار و فراوانی انگل ها و تاثیرات متقابل انگل و میزبان می پردازد و دارای اهمیت بسزایی است (Williams and Jone, 1994; Roberts and Janovy, 1996; Poulin, 1998).

باید توجه داشت که در این علم، محیط زیست اصلی یک انگل همان بدن میزبان است که به نام Microenvironment (Microhabitat) شناخته می شود. این واژه اولین بار توسط Rohde (1982) بکار برده شد. ولی محیط دومی نیز برای هر انگل در نظر گرفته شده است که در واقع همان محیط زیست میزبان یا Macroenvironment (Macrohabitat) می باشد (Rohde and Rohde, 2005; Bush et al., 2001).

بر اساس یکی از تعاریف قابل قبول، انگل موجودی است که داخل یا بر روی بدن موجود دیگری زندگی می کند، از آن تغذیه نموده و تا اندازه ای با آن موجود سازگاری های ساختاری نشان می دهد و در مواردی به آن موجود آسیب می رساند. البته تفسیر این تعریف بسیار مختلف است (Poulin, 1998). یک انگل در شرایط معین ممکن است به صورت همسفره، همزیست و یا شکارچی دیده شود. در هر حال از آنجائیکه

در بیشتر موارد اطلاعات ما از انگل‌ها بسیار ناچیز است، نمی‌توان به شکل واضحی در خصوص ارتباط انگل و میزبان اظهار نظر نمود (Rohde, 2005).

سیکل زندگی انگل‌ها انواع مختلفی را شامل می‌شود. انگل‌های دارای سیکل زندگی مستقیم (direct life cycle) فقط یک میزبان دارند، درحالی‌که انگل‌های دارای سیکل زندگی غیرمستقیم (indirect life cycle) چندین میزبان دارند. همچنین میزبان‌ها نیز انواع مختلفی دارند. میزبان نهایی یا قطعی (definitive or final host)، میزبانی است که انگل مرحله بلوغ جنسی خود را در آن می‌گذراند. میزبان حد واسط (intermediate host)، میزبانی است که انگل برخی مراحل تکاملی خود را در آن سپری می‌کند و میزبان حامل (paratentic or transport host)، میزبانی است که انگل هیچ یک از مراحل تکاملی خود را در آن نمی‌گذراند و اشکال لاروی در آن قرار می‌گیرند (Rohde, 2005).

#### ۱-۱-۱-۱- مفاهیم کمی در اکولوژی انگلی

فرو جمعیت (Infrapopulation): شامل مجموع تمامی افراد یک گونه خاص انگلی در بدن یک فرد میزبان می‌باشد.

فرا جمعیت (Suprapopulation): شامل تمامی افراد یک گونه انگل در یک اکوسیستم، بدون توجه به مراحل مختلف زندگی آن انگل می‌باشد.

شدت آلودگی (Intensity): شامل تعداد افراد یک گونه خاص انگلی در یک میزبان آلوده می‌باشد.

میانگین شدت آلودگی (Mean abundance): شامل میانگین تعداد انگل در ماهیان مورد بررسی می‌باشد.

میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده (Mean intensity): شامل میانگین تعداد انگل در ماهیان آلوده می‌باشد.

درصد آلودگی (Prevalence): بخشی از افراد یک گونه میزبان که با گونه خاصی از انگل آلوده شده‌اند و معمولاً به درصد بیان می‌شود. (گاهی به جای این واژه به اشتباه از واژه Incidence استفاده می‌شود. Incidence از تقسیم افراد آلوده جدید بر افراد سالم در یک مدت زمان مشخص به دست می‌آید) (Roberts and Janovy, 1996).

تراکم آلودگی (Density): تعداد افراد انگلی خاص در یک عضو میزبان یا در یک نمونه بافت آلوده میزبان می باشد (Williams and Jone, 1994).

### ۱-۱-۲- تکامل انگلی شدن (Evolution of Parasitism)

شواهد فسیلی نشان می دهد که منشا انگل ها به چندین میلیون سال قبل مربوط می شود و انگلی شدن، به صورت مستقل و در تاکسون های جانوری مختلفی ایجاد شده است. در ابتدا زندگی انگلی از ارتباط بین دو موجود آزادی با اندازه های خیلی متفاوت آغاز گردیده است. طی این ارتباط موجود کوچکتر صدمه ای به موجود بزرگتر نرسانده و موجود بزرگتر هم از موجود کوچکتر تغذیه نمی کرد. این ارتباط تا مدت ها بدون اینکه این دو موجود آسیب شدیدی به یکدیگر برسانند، برقرار بوده و در واقع فرصتی بوده است تا این دو موجود در جهت بهبود وضعیت خود پیشرفت نمایند. اما این ارتباط تنها یکی از جنبه های ضروری در سازش پذیری با زندگی انگلی است. یکی از عوامل بسیار مهم در ایجاد شیوه زندگی انگلی، پیش-سازش پذیری است. موجود پیش سازش یافته به منظور بقا، تغذیه و تولید مثل بر روی میزبان سازگاری هایی را پیدا کرده است. علاوه بر آن توانایی تولید مثل آن از موجود آزادی بیشتر است. بنابر این به مرور زمان این موجود نسبت به خویشاوندان آزادی خود برتری بیشتری یافته و در نتیجه انتخاب طبیعی باقی می ماند (Poulin, 1998).

با تکامل همزمان انگل و میزبان بیماری زایی انگل نیز کاهش می یابد (اسلامی، ۱۳۷۶؛ Poulin, 1998). با توجه به اینکه جمعیتی از انگل ها که به سمت افزایش بیماری زایی پیش می روند، باعث از بین رفتن جمعیت میزبان و در نهایت انقراض خود می گردند، کاهش بیماری زایی انگل رویدادی منطقی به نظر می رسد (Poulin, 1998).

در خصوص تکامل زندگی انگلی اغلب این دیدگاه مطرح می شود که انگل ها طی روند تکامل، سیر نزولی در پیش گرفته اند. این یک برداشت نادرست از مقایسه انگل و میزبان است. بدیهی است که انگل ها از نظر مورفولوژیکی پیچیدگی میزبانان را ندارند و برخی اندام ها مثل اندام های حسی شان تحلیل رفته و بعضی اعمال از قبیل هضم غذا و جابجایی به میزبان واگذار شده است، زیرا تاثیر بسزایی در زندگی انگلی نداشته اند. اما سایر اندام ها تحت تاثیر انتخاب پیشرفت نموده اند. همچنین مطالعات ژنتیکی نشان می دهد ژنوم

انگل‌ها معمولاً بزرگتر و پیچیده‌تر از نزدیکان آزادی‌شان است. شاید بتوان گفت که این پیچیدگی در بین مراحل مختلف سیکل زندگی انگل تقسیم شده است. به هر حال انگل‌ها از جانوران آزادی ساده‌تر نیستند بلکه برای زندگی متفاوتی تخصص یافته‌اند (Poulin, 1998). همچنین چرخه‌های زندگی ساده و مستقیم انگل‌ها طی روند تکاملی و تحت تاثیر فشارهای انتخابی، به چرخه‌های پیچیده دو و یا چند میزبان تغییر یافتند. در واقع انگل مجبور بوده است به منظور یافتن میزبان‌های جدید و افزایش کارایی انتقال، میزبان‌های دیگری را به میزبان اول اضافه نماید (Poulin, 1998).

## ۱-۲- نقش انگل‌ها به عنوان نشانگر آلودگی‌های محیطی:

با توجه به روند رو به رشد فعالیت‌های صنعتی در حاشیه دریاها و همچنین بهره‌برداری و استخراج نفت و کاربردهای ترانزیتی بوسیله کشتیهای باربری و عوامل دیگر، حجم زیادی از آلاینده‌ها بطور مداوم وارد محیط می‌شوند. برای اولین بار McIntyre and Pearce (1980) و Thulin (1986) نیاز به نشانگرهای بیولوژیکی حساس جهت پایش اثرات آلودگی در اکوسیستم‌های دریایی را عنوان نمودند (MacKenzie *et al.*, 1995).

به دنبال آن توجه بسیاری از محققان در ایجاد سیستم‌های پایش محیط زیست دریایی بوده است. در این سیستم‌ها از موجودات حساس نسبت به آلاینده‌های شیمیایی بعنوان نشانگرهای زیستی (biological indicator) استفاده میشود. این نشانگرها خیلی سریع نسبت به تغییرات ایجاد شده در محیط زیست خود واکنش داده و می‌توان با بررسی دقیق این موجودات قبل از اینکه آلاینده‌ها صدمات شدیدی به سایر موجودات که از حساسیت پائین تری برخوردارند وارد نمایند، به تغییرات ایجاد شده در اکوسیستم پی برد (Mackenzie *et al.*, 1995; Sures *et al.* 1999).

در واقع طی بررسی اثرات زیست محیطی، بعضی موجودات با حضور یا عدم حضور خود در محیط و همچنین تواناییشان در جذب مواد سمی، اطلاعات ارزشمندی در خصوص وضعیت شیمیایی محیط به ما می‌دهند. بی‌مهرگان آزادی خصوصاً دوکفه‌ای‌ها به صورت معمول برای مقاصد بالا به کار برده می‌شوند. به طور کلی این موجودات تحت عنوان موجودات نگهبان (sentinel organisms) معرفی می‌گردند. این موجودات در همه جا یافت می‌شوند، غیر متحرک و دارای طول عمر زیاد بوده و

علاوه بر این که نسبت به آلودگی مقاومت زیادی دارند، توانایی تجمع مقادیر زیادی از مواد سمی را هم دارند. این موجودات مقادیری از آلاینده‌های زیست محیطی را نشان می‌دهند که این مقادیر در محیط طی یک روز یا یک سال بسیار متغیرند و از اینرو نمی‌توان به طور مستقیم میزان در دسترس بودن آنها را مشخص نمود (Sures *et al.*, 1999).

در محیط‌های دریایی، آلودگی به دلیل پیچیدگی، اثرات مختلفی را در انگل‌ها نشان می‌دهد (Sures, 2005). این اثرات ممکن است به صورت تغییراتی که انگل بر فیزیولوژی یا رفتار میزبان می‌گذارد و یا به صورت تغییرات در میزان آلودگی انگلی یا تجمع آلاینده‌ها در انگل، مشاهده گردد (Sures, 2004).

در مواردی ممکن است آلودگی در محیط‌های آبی منجر به افزایش آلودگی انگل‌های داخلی شود (جدول ۱-۱). برای مثال این شرایط زمانی که آلودگی به غنی شدن محیط‌های آبی کمک نماید، به علت وفور میزبان‌های واسطه بی‌مهره، مشاهده می‌گردد. هرچند بیشتر آلاینده‌ها باعث کاهش آلودگی انگلی در دامنه وسیعی از انگل‌ها (دیژن‌ها، سستودها و آکانتوسفال‌ها) که سیکل زندگی پیچیده‌ای دارند، می‌گردند (Sures, 2005).

جدول ۱-۱. تاثیر انواع آلاینده‌ها بر تاقسون‌های انگلی مختلف (اقتباس از Sures, 2005).

Type of pollution	Parasite taxa					
	Ciliophora	Monogenea	Digenea	Cestoda	Nematoda	Acanthocephala
Eutrophication	+	+	+	+	+	+
Thermal effluent	+	+/-	-	=	+	+/-
Pulp-mill effluent	+	+/-	+/-	n	+/-	n
Crude oil	+	+	-	n	+	-
Industrial effluent	+	+/-	-	-	+/-	+/-
Sewage sludge	+	=	+/-	+	=	-
Acid precipitation	n	-	-	-	n	+
Heavy metals	n	n	-	-	n	-

The symbols represent the direction of the effects on parasite abundance: +, increase; -, decrease; =, no effect, n, no data available).

در سال های اخیر تعداد مقالاتی که نقش انگل ها را به عنوان نشانگرهایی که در خصوص اثرات فعالیت های انسان بر محیط زیست اطلاعاتی را در اختیار ما می گذارند، افزایش یافته است (Sures, 2004) و از دهه ۸۰ به بعد تلاش هایی در جهت معرفی انگل های ماهی ها بعنوان نشانگرهای زیستی جهت پایش اکوسیستم های آبی صورت گرفته است (Mackenzie et al., 1995). انگل ها روش های بسیار متفاوتی در پاسخ به آلودگی های محیطی دارند و این مسئله برای اکولوژیست ها بسیار جالب توجه بوده است (Lafferty, 1997; Sures et al., 1999).

آلودگی محیطی می تواند تاثیر مثبت یا منفی بر درصد و شدت آلودگی انگلی داشته باشد. همچنین تاثیر آلودگی محیطی بر گونه های مختلف انگل و در مراحل مختلف چرخه زندگی متفاوت است (Mackenzie, 1999; Sures, 2004).

با استناد به Mackenzie (1999) سه دلیل عمده برای استفاده از انگل ها به عنوان نشانگرهای زیستی وجود دارد که عبارتند از:

الف) بیشتر بودن تعداد گونه های انگلی نسبت به گونه های آزادزی.

ب) انگل ها در پاسخ به تغییرات محیطی متفاوت عمل می کنند و در واقع برخی از انگلها حساس و برخی دیگر مقاومند. در نتیجه استفاده از انگل ها به عنوان یک روش حساس برای تخمین سطح آلودگی به خصوص در سطوح پایین آلودگی ضروری است.

ج) از آنجایی که انگلهایی که چرخه زندگی پیچیده ای دارند، با محیط های متنوعی در ارتباط هستند، بنابر این می توان از آنها به عنوان نشانگرهای زیستی موثری استفاده نمود.

در این راستا گزارشات متعددی در خصوص جذب و تجمع فلزات سنگین در انگل ها موجود است که بیشتر این مطالعات با استفاده از انگل های کرمی ماهی ها انجام شده است.

Sures و Taraschewski در سال ۱۹۹۵ غلظت کادمیوم را در دو گونه آکانتوسفال بالغ *Pomphorhynchus laevis* و *Acanthocephalus lucii* که به ترتیب در ماهی *Leuciscus cephalus* و ماهی *Perca fluviatilis* یافت شدند، با بافت های مختلف میزبان هایشان (عضله، کبد و روده) مقایسه نمودند. همچنین کادمیوم و سرب در لارو *A. lucii* را با میزبان واسط سخت پوستش *Asellus aquaticus* مقایسه نمودند. میزان کادمیوم در هر دو گونه آکانتوسفال بالغ چندین برابر بیش از بافت های میزبان هایشان بود. ولی میزان کادمیوم در لارو آکانتوسفال *A. lucii* کمتر از میزبان سخت پوست



بوده و غلظت کادمیوم در مرحله لاروی این آکانتوسفال حدود ۱۸۰ برابر کمتر از کرم بالغ بود. به نظر محققین تجمع فلزات سنگین در آکانتوسفال‌های بالغ روده ماهی مشاهده می‌شود و در لاروهای هموسل میزبان سخت‌پوست، مقدار کمتری از فلزات موجود است.

Sures و Siddal در سال ۱۹۹۸، میزان جذب فلز سرب در *cystachanthus* انگل *Pomphorhynchus laevis* در میزبان واسط آمفی‌پود *Gammarus pulex* و انگل‌های بالغ در ماهی *Leucisus cephalus* را اندازه‌گیری و با میزان جذب در کبد، روده و عضله میزبان‌ها مقایسه نمودند. نتایج آنها نشان داد که تجمع قابل ملاحظه سرب در آکانتوسفال بالغ موجود در روده میزبان صورت می‌گیرد و در *cystachanthus* هموسل میزبان واسط تجمع به میزان کمتری مشاهده گردید. بنابراین محیط زیست اصلی انگل (*Microhabitat*) در جذب فلزات اهمیت بیشتری نسبت به مراحل نمو دارد و از اینرو آکانتوسفال‌های بالغ خیلی سریع نسبت به تغییرات محیط میزبان واکنش نشان می‌دهند.

Sures و همکاران در سال ۱۹۹۹ در یک مقاله مروری بیان نمودند، میزان تجمع فلزات در آکانتوسفال‌ها و سستودها در مقایسه با دوکفه‌ای *Dreissena polymorpha*، به مراتب بیشتر است. همچنین در خصوص نماتودهای ماهی تا این زمان فقط یک تحقیق وجود دارد که در آن نیز میزان تجمع سرب در بافت عضله میزبان مارماهی بیش از نماتود کیسه‌شنا *Anguillicola crassus* بوده است، ولی در خصوص نماتودهای دستگاه گوارش ماهی اطلاعاتی موجود نیست. آنها همچنین عنوان نموده‌اند که اطلاعات زیادی جهت مقایسه میزان تجمع بین انگل‌های ماهیان آب شیرین و دریایی وجود ندارد و مطالعات اندکی که در این خصوص موجود است نشان می‌دهد، ممکن است میزان در دسترس بودن فلزات سنگین در محیط‌های دریایی و آب شیرین با هم متفاوت باشد، ولی نوع انگل فاکتور بسیار مهمی در میزان تجمع است. همچنین میزان جذب در قسمت‌های مختلف بدن انگل‌ها نیز متفاوت است. تحقیقات نشان می‌دهد پروگلوئیدهای انتهایی سستودها و قلاب‌های آکانتوسفال‌ها دارای مقادیر بیشتری از سرب بوده‌اند.

Sures و Siddal در سال ۱۹۹۹ ماهی *L. cephalus* را در آزمایشگاه به آکانتوسفال *P. laevis* آلوده نموده و در معرض مقادیر مشخصی سرب قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که تجمع سرب در آکانتوسفال‌های روده به صورت معنی‌داری بیشتر از عضله، کبد و روده میزبان بوده و حدود ۱۰۰۰ برابر بیش از مقداری بود که در معرض آن قرار گرفته بودند. همچنین میزان سرب در روده میزبان‌های آلوده به صورت معنی‌داری کمتر از میزبان‌های سالم بود. آنها نشان دادند که اضافه نمودن ۱٪ صفرای مارماهی به محلول

سرب باعث افزایش جذب سرب توسط انگل می‌شود. بنابراین آکانتوسفال *P. laevis* سربی که در روده میزبان به صفر متصل است را جذب نموده و بنابراین جذب آن را از دیواره روده میزبان کاهش می‌دهد. بنابراین می‌تواند یکی از اثرات سودمند حضور انگل برای میزبان باشد.

Sures و همکاران در سال ۲۰۰۰ غلظت عناصر سرب، کادمیوم، باریوم، مس، آهن، منیزیم، منگنز، نیکل، سلنیوم و استرونیوم را در آرکی آکانتوسفال *Macracanthorhynchus hirudinaceus* با بافت‌های کبد، عضله، کلیه و روده میزبان نهایی خوک مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که تجمع اکثر فلزات در انگل بیش از بافت‌های مختلف میزبان بود. مقادیر سرب در انگل به ترتیب ۸۵، ۸۵، ۵۶ و ۲۴ برابر بیش از عضله، کبد، کلیه و روده میزبان و مقادیر کادمیوم ۳۲ برابر بیش از کبد و ۵ برابر بیش از کلیه میزبان بوده است. همچنین توزیع سرب در بدن آکانتوسفال در غدد سیمانی <بیضه‌ها> لیمنسی <تخم‌ها و در مورد کادمیوم در لیمنسی <بیضه‌ها> غدد سیمانی <تخم‌ها است. بنابراین فرضیه دفع عناصر سمی از طریق پوسته تخم-هایشان در این انگل صدق نمی‌کند. همچنین نه تنها آکانتوسفال‌های ماهی‌ها بلکه آکانتوسفال‌های پستانداران نیز می‌توانند فلزات را جذب و تجمع نمایند. البته به دلیل اینکه مسیر دفع فلزات در پستانداران کلیه و در ماهی‌ها روده است، میزان جذب در پالآکانتوسفال‌ها بیشتر از آرکی آکانتوسفال‌ها می‌باشد.

Scheef و همکارانش در سال ۲۰۰۰، موش را در آزمایشگاه به آکانتوسفال *Moniliformis moniliformis* آلوده و به آنها محلول حاوی کادمیوم خوراندند. سپس تجمع کادمیوم در انگل روده و بافت‌های مختلف میزبان را تعیین نمودند. غلظت متوسط کادمیوم در انگل به ترتیب ۲۰، ۲۳ و ۱۱۹ برابر بیش از کلیه، کبد و روده میزبان بود. میزان تجمع کادمیوم در کرم‌های ماده بیش از نرها بود ولی هیچ ارتباطی بین وزن کرم‌ها و غلظت کادمیوم مشاهده نشد. این مطالعه نیز نشان داد که آرکی آکانتوسفال‌های پستانداران هم مانند پالآکانتوسفال‌های ماهی‌ها قادرند کادمیوم را انباشته نمایند، ولی میزان تجمع آنها کمتر است.

Barus و همکاران در سال ۲۰۰۱ غلظت سرب و کادمیوم را در نماتود *Contraecum rudolphi* و میزبان پرنده آن *Phalacrocorax carbo* اندازه‌گیری و مقایسه نمودند. نتایج آنها نشان داده است که در بیشتر موارد غلظت فلزات سنگین در کبد و عضله میزبان بیش از انگل بوده است. به نظر آنها همانگونه که Sures و همکارانش (۱۹۹۹) مطرح نموده‌اند و نتایج آنها نشان می‌دهد، نقش نماتود‌های پستانداران و

پرنندگان در مطالعات محیطی در مقابل ارزش بالقوه انگل‌های ماهی‌ها در پایش فلزات سنگین در محیط‌های آبی بسیار محدود است.

Sures و Siddall در سال ۲۰۰۱ تجمع سرب در پالاکانتوسفال بالغ *Pomphorhynchus laevis* موجود در رود ماهی *Leuciscus cephalus* را با نمونه‌های موجود در حفره بدنی ماهی *Carassius auratus* مقایسه و نقش محیط زندگی اصلی انگل را در جذب فلزات بررسی نمودند. ماهی‌ها در آزمایشگاه به انگل آلوده و حدود سه هفته تحت تاثیر غلظت مشخصی از سرب قرار گرفتند. آکانتوسفال‌های موجود در رود *L. cephalus* به سرعت مقادیر زیادی از سرب را جذب و تغلیظ نمودند. این غلظت به طور معنی‌داری بیش از عضله، کبد و روده میزبان بود و بیش از ۷۳۰ برابر از مقداری که در معرض آن قرار گرفته بودند بالاتر بود. در مقابل آکانتوسفال‌های موجود در حفره بدنی ماهی *C. auratus* سرب را تغلیظ نکردند. نتایج آنها نشان می‌دهد تجمع فلزات در آکانتوسفال‌هایی که در روده میزبان زندگی می‌کنند، صورت می‌گیرد.

Sures (۲۰۰۱) در یک مقاله مروری به کاربرد انگل‌ها به عنوان نشانگرهای زیستی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی پرداخت. او خاطر نشان کرد بی‌مهرگان آزادزی بویژه دوکفه‌ای‌ها به صورت معمول در اکوسیستم‌های آبی به منظور پایش غلظت‌های فلزات بکار می‌روند. ولی انگل‌های خاصی بویژه آکانتوسفال‌های رود ماهی می‌توانند فلزات سنگین را در غلظت‌های بسیار بیشتر از بافت‌های میزبان و محیط تغلیظ نمایند. مقایسه ظرفیت تجمع فلزات بین آکانتوسفال *Acanthocephalus lucii* و دوکفه‌ای

*D. polymorpha* که در اروپا به صورت معمول به عنوان نشانگر استفاده می‌شود، نشان داد که غلظت فلزات در انگل به صورت معنی‌داری بیشتر از دوکفه‌ای است. همچنین غلظت‌های بالای فلزات سنگین در آکانتوسفال‌های بالغ مشاهده می‌شود، در حالیکه مراحل لاروی در میزبان‌های واسط تمایل کمی به انباشتن فلزات نشان می‌دهند. تعدادی از مطالعات نشان می‌دهند که تجمع سرب در آکانتوسفال‌ها و در میزبان نهایی در زمان مشخصی روی می‌دهد. این بررسی‌ها نشان می‌دهد غلظت‌های بسیار بالای فلزات در آکانتوسفال‌های رود ماهی در نتیجه یک فرایند کند و آرام ایجاد نشده‌اند بلکه نتیجه یک جذب سریع تا رسیدن به یک وضعیت پایدار است. بنابراین غلظت‌های فلزات در آکانتوسفال‌های بالغ یک پاسخ سریع به تغییرات محیط میزبان است.

Pascual و Abollo در سال ۲۰۰۳ تجمع فلزات سنگین در نماتود بالغ و لارو (*Anisakis* (L3) را با میزبان‌های حامل آن از ماهیان و سرپایان و میزبان نهایی آن از پستانداران دریایی مقایسه نمودند. آنها نشان دادند میانگین غلظت فلزات سرب، کادمیوم، مس و روی چندین برابر در انگل بیش از بافت‌های روده، کبد و عضله میزبان‌ها بود. همچنین میانگین غلظت کادمیوم، مس و روی در انگل بالغ و سرب در لارو بیشتر بود. به نظر آنها تجمع فلزات در این نماتود به الگوهای نمو و سیکل زندگی و سپس به محیط زندگی اصلی بستگی دارد.

Palikova و Barus در سال ۲۰۰۳ مقدار جیوه را در نماتود *Anguillicola crassus* و میزبان نهایی اش *Anguilla anguilla* اندازه‌گیری نمودند. نماتودهای کیسه شنا دارای کمترین میزان جیوه در مقایسه با میزان آن در کبد و عضله میزبان بودند.

Sures در سال ۲۰۰۴ مقاله مروری و کاملی در خصوص نقش انگل‌ها در پایش آلودگی محیطی ارائه نموده است. در این مقاله به روش‌های مختلف تاثیر انگل‌ها بر فیزیولوژی و رفتار میزبان و ظهور علائم مثبت یا منفی اشاره و لیستی از انگل‌ها و میزان تجمع فلزات سنگین در آنها ارائه شده است. در این مقاله نه تنها به روش‌های مختلف پاسخ انگل‌ها به آلودگی ناشی از فعالیت بشر را اشاره شده، بلکه خلاصه‌ای از فعالیت‌هایی که تا کنون انجام شده و لزوم ادامه این فعالیت‌ها را به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد.

Torres و همکاران در سال ۲۰۰۴ غلظت سرب و کادمیوم را در سستود *Gallegoides arfaai* و میزبان جونده‌اش *Apodemus sylvaticus* مقایسه نمودند. میزان کادمیوم در سستود در همه موارد کمتر از بافت‌های میزبان بود. درحالی‌که میزان سرب در *G. arfaai*، ۶، ۲۰ و ۲۴ برابر بیش از کلیه، کبد و عضله میزبان بود.

Kir و Tekin Ozan در سال ۲۰۰۵ تجمع فلزات سنگین را در بافت‌های عضله، کبد و آبشش ماهی *Tinca tinca* و انگل سستود حفره عمومی آن (*Ligula intestinalis* (plerocercoids) اندازه‌گیری و مقادیر فلزات سنگین موجود در آب و رسوب نیز مقایسه نمودند. فقط چهار فلز مس، روی، آهن و منگنز اندازه‌گیری شد چون مقدار فلزات سرب، کادمیوم و کروم پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بود، مقدار چهار فلز مذکور در سستود ۳۷/۴-۱/۶ برابر بیشتر از بافت‌های عضله، کبد و آبشش میزبان بود. نتایج آنها همبستگی مثبتی برای میزان فلز مس و همبستگی منفی برای میزان فلزات آهن، روی و منگنز را بین انگل و آب نشان داد. همچنین همبستگی مثبت برای میزان فلزات روی و مس و همبستگی منفی برای میزان فلزات

آهن و منگنز بین انگل و رسوب مشاهده نمودند. به نظر آنها سستوها برای نشان دادن مقادیر واقعی آلودگی در محیط‌های آبی اطلاعات قابل اطمینان‌تری را ارائه می‌نمایند.

Santiago و Abollo در سال ۲۰۰۵ بیان نمودند که نماتودهای *Anisakid* (مانند *Anisakis simplex s. l*) که بطور گسترده‌ای در دریاها وجود دارند و میزبان‌های مختلفی را آلوده می‌نمایند، می‌توانند به عنوان علایمی بکار روند که نشان‌دهنده مناطق آلوده به فلزات سنگین است. این انگل‌ها می‌توانند فلزات سنگین را در سطوح بالاتر از میزبان‌های حامل (ماهیان و سرپایان) و میزبان‌های نهایی (پستانداران دریایی) انباشته نمایند که در تحقیقات قبلی خود این مسئله را نشان دادند. البته میزان تجمع فلزات سنگین در آنها به مراتب کمتر از آکانتوسفال‌های ماهیان آب شیرین است، ولی این میزان برای نشان دادن تجمع زیستی بالا، کافی است. نماتودهای بزرگ به عنوان نشانگر تجمع فلزات سنگین نسبت به سایر نشانگرها مزایایی را دارند شامل: تحمل مقادیر زیاد آلودگی، سهولت دسترسی و شناسایی و مشخص نمودن دامنه پراکنش فلزات نسبت به محل انتشار آلودگی، از اینرو می‌توان از آنها به عنوان علایم نشان‌دهنده بخش‌های دارای آلودگی فلزات سنگین، استفاده نمود.

Retief و همکاران در سال ۲۰۰۶ میزان جذب فلزات سنگین سستود *Bothriocephalus acheilognathi* و بافت‌های عضله، کبد و نخاع ماهی *Labeobarbus kimberleyensis* را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج آنها نشان داد که سستوها برای ۸ عنصر (لیتیوم، برلیوم، منگنز، سلیوم، جیوه، تالیوم، سرب و اورانیوم) از ۲۳ عنصر (آرسنیک، باریوم، برلیوم، کادمیوم، کروم، کبالت، قلع، تلوریم، تالیوم، اورانیوم، مس، آهن، جیوه، لیتیوم، منگنز، مولیبدن، نیکل، سرب، انتیموان، سلیوم، تیتانیوم، وانادیوم و روی) بیشترین جذب و برای ۷ عنصر (کروم، آهن، روی، مولیبدن، کادمیوم، قلع و باریوم) پس از گروه اول جذب بالا داشتند. بنابراین می‌توان از این سستود به عنوان نشانگر استفاده نمود.

Barus و همکارانش در سال ۲۰۰۷ غلظت‌های شش فلز کروم، مس، سرب، کادمیوم، نیکل و روی را در نماتود بالغ *Philometra ovate* حفره بدن ماهی *Gobio gobio* و نمونه‌های عضله ماهیان آلوده و سالم بررسی نمودند. غلظت فلزات سنگین در انگل به طور معنی‌داری بیش از بافت عضله میزبان بود. همچنین میزان فلزات سنگین بین عضله ماهیان سالم و آلوده تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. آنها بیان نمودند که *P. ovate* را می‌توان به عنوان نشانگر حساسی در اکوسیستم‌های آب شیرین استفاده نمود.

Malek و همکاران در سال ۲۰۰۷ غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم را در کوسه *Carcharhinus dussumieri* و سستوهای *Anthobothrium sp.* و *Paraorigmatobothrium sp.* اندازه‌گیری و مقایسه نمودند. نتایج آنها نشان داد غلظت فلزات سرب و کادمیوم در هر دو گونه انگل چندین برابر بیشتر از بافت‌های مختلف میزبان (کبد، روده، عضله و غدد جنسی) بوده است. در این مطالعه غلظت کادمیوم و سرب در انگل *Anthobothrium sp.* ۲۷۸ به ترتیب و ۳۳۲ برابر و در انگل *Paraorigmatobothrium sp.* ۴۵۵ و ۴۳۸ برابر بیشتر از عضله میزبان بود.

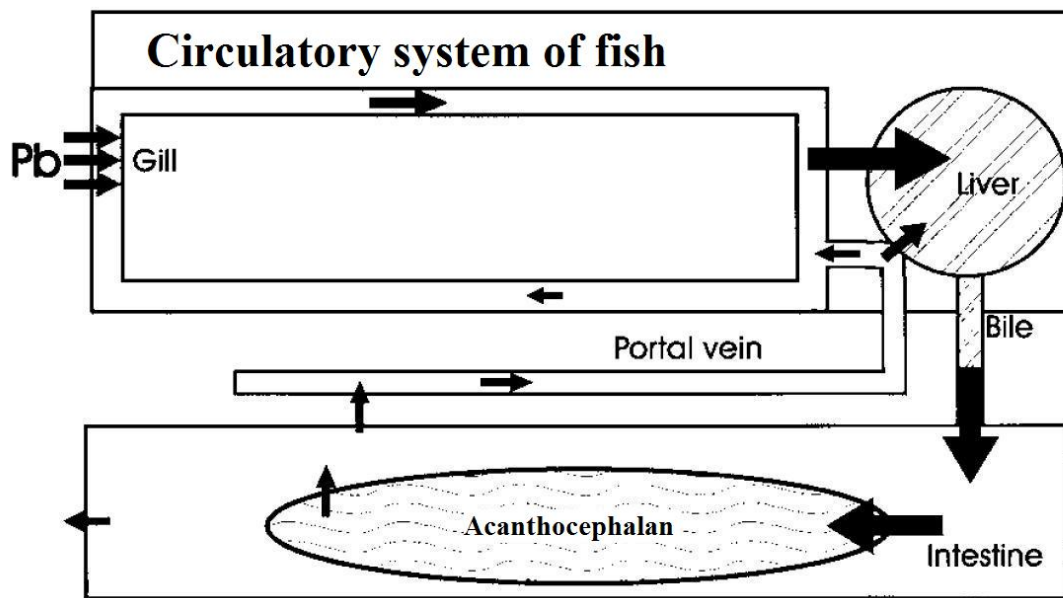
اگرچه برخی دیگر از موجودات از قبیل صدف‌های دوکفه‌ای (*Zebra mussel*) و برخی از بی مهرگان آزادی نیز قادر به جذب فلزات سنگین می باشند، اما قدرت جذب آنها به مراتب کمتر از انگل هاست، ضمن اینکه انگل‌ها فلزات را بسیار زودتر از محیط اطرافشان تغلیظ می نمایند که این مسئله برای سنجش فلزات بوسیله دستگاه در محدوده قابل تشخیص دستگاه، بسیار حایز اهمیت است. همچنین توانایی انگل‌ها در جذب فلزات سنگین خصوصاً در مناطقی که امکان دسترسی به آنها مشکل است نیز بسیار اهمیت دارد. البته صدف‌ها و بی مهرگان آزادی دارای مزایایی نیز می باشند، از جمله کم تحرکی و ثبات مکانی که در تعیین آلودگی در مناطقی با وسعت کم، بسیار ارزشمند هستند (Sures, 2004).

پدیده جذب فلزات به موقعیت و مکان انگل در بدن میزبان نیز وابسته است زیرا بیشترین غلظت فلزات در انگل‌هایی که در روده زیست می نمایند مشاهده می شود. همچنین به عنوان یک الگوی کلی نماتودها نشانگرهای مناسبی نیستند، در حالیکه سستودها و خصوصاً آکانتوسفال‌ها ظرفیت تجمع بالایی دارند. در مورد ترما تودها اطلاعات کافی در دسترس نیست (Sures, 2004). تنها مطالعه‌ای که در مورد ترما تودها گزارش شده است در خصوص *Fasciola hepatica* مجرای صفراوی احشام می‌باشد. جذب سرب در این انگل بیش از ۱۷۲ و ۱۱۵ برابر بیشتر از به ترتیب عضله و کبد میزبان بوده است (Sures, 2001). همچنین تحقیقات معدودی در زمینه جذب فلزات سنگین توسط نماتودها انجام گرفته که فقط در برخی موارد نماتودها جذب بالا نشان داده‌اند که این مقادیر هم به مراتب کمتر از جذب آکانتوسفال‌ها بوده است.

(Barus et al., 2001; Barus et al., 2007; Palikova & Barus, 2003; Pascual & Abollo, 2003; Pascual & Abollo, 2005;)

شکل ۴-۱ نظریه‌ای که در خصوص جذب بالای فلزات سنگین توسط آکانتوسفال‌های ماهی ارائه شده است را به صورت ساده‌ای نشان می‌دهد. یون‌های سرب از طریق جریان آب وارد آبشش‌ها و با عبور از غشای

سلول‌های آبششی، وارد جریان خون می‌شوند. پس از اینکه به غشای اریتروسیت‌ها متصل گردیدند، توسط گردش خون به کبد منتقل می‌شوند. در کبد مقدار زیادی سرب از خون حذف شده و توسط صفرا به روده دفع می‌شود. صفرا حاوی استروئیدهای است که به همراه یون‌های فلزات سنگین، کمپلکس‌های ارگانومتالیک را تشکیل داده و از طریق مجرای صفراوی وارد روده کوچک می‌شوند. در روده کوچک این کمپلکس‌ها بوسیله دیواره روده بازجذب شده و مجدداً وارد چرخه کبد-روده می‌گردد و یا از طریق مدفوع ماهی دفع می‌گردد. تولید صفرا بوسیله میزبان برای آکانتوسفال‌ها اهمیت زیادی دارد. زیرا این کرم‌ها توانایی سنتز کلسترول و اسید چرب را ندارند. بنابراین کمپلکس ارگانومتالیک به همراه نمک‌های صفراوی توسط انگل جذب می‌گردد. این انگل‌ها قادرند چرخه کبد-روده را مختل و یا کاملاً قطع نمایند (Sures, 2001).



شکل ۱-۱. تصویر شماتیک نحوه جذب، انتقال و دفع فلزات سنگین در ماهی و آکانتوسفال (اقتباس از Sures, 2001)

بنابراین در اکوسیستم‌های آبی با استفاده از اطلاعات زیست محیطی دقیق حاصل از پایش انگل‌های ماهیان، می‌توان مدیریت صحیحی را در جهت حفظ آن برنامه‌ریزی نمود. همچنین پیش از آنکه افزایش آلاینده‌ها و حضور مداوم و طولانی مدت آنها در محیط منجر به بروز صدمات زیست محیطی جبران‌ناپذیری گردد، تدابیر موثری در جهت بهبود وضعیت زیست محیطی اتخاذ نمود.

لازم به ذکر است استفاده از انگل ها هنوز برای اکوتاکسیکولوژیست ها مثل استفاده از دوکفه ای ها معمول نیست و لازم است تمامی افرادی که در این زمینه فعالیت می نمایند تلاش بیشتری در زمینه معرفی انگل ها به عنوان نشانگر زیستی نمایند. به هر حال به نظر می رسد در آینده ای نه چندان دور علوم زیست محیطی و انگل شناسی ارتباط زیادی با یکدیگر یافته و منافع بسیاری برای هم داشته باشند.

### ۱-۳- ویژگی های غیر زیستی و زیستی دریای خزر:

دریای خزر بزرگترین پیکره آبی داخل خشکی جهان بوده و سطح آب آن حدود ۲۷ متر پایین تر از میانگین سطح آب دریاهاى آزاد می باشد. میانگین شوری آب خزر یک سوم شوری آب دریاها و اقیانوس ها است و از آب های لب شور محسوب می گردد. دریای خزر به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم شده است. ناحیه شمالی کم عمق ترین بخش خزر بوده و متوسط عمق آن ۶ متر است. بنابراین با وجود اینکه حدود ۲۹٪ از مساحت خزر را به خود اختصاص داده است، تنها ۱٪ از کل حجم آب خزر را شامل می شود. ناحیه میانی با عمق متوسط ۱۷۵ متر، ۳۶٪ مساحت و حجم خزر را شامل می گردد. خزر جنوبی با متوسط عمق ۳۰۰ متر، ۶۴٪ کل حجم آب و ۳۵٪ مساحت خزر را به خود اختصاص داده است (Aladin and Plotnikov, 2004; Mamaev, 2004).

یکی از مهمترین ویژگی های دریای خزر تغییرات تراز آب این دریا است که تاثیر بسیار مشهودی در تنوع زیستی مناطق کم عمق دارد. همچنین عوامل زیر تاثیر عمده ای بر تنوع زیستی خزر دارند: میزان جریان ورودی رودخانه ها، اثرات بیابانزایی بر زیستگاه های ساحلی مانند تالاب ها، تغییرات زیستگاهی، صید بی رویه و قاچاق، آلودگی و معرفی گونه های غیربومی (Mamaev, 2004).

دریای خزر و نواحی ساحلی آن از نظر تنوع زیستی یکی از ارزشمندترین اکوسیستم های جهان می باشند. یکی از مهمترین ویژگی های تنوع زیستی دریای خزر اندمیسیم بسیار بالای آن است. تعداد گونه های اندمیک در خزر میانی بیش از دو منطقه دیگر است. نمایندگان زیادی از بیشتر گروه های اصلی موجودات زنده روی زمین، در دریای خزر زندگی نموده و خزر با داشتن زیستگاه های متنوعی مانند رودخانه ها و تالاب های پهناور و تولید بسیار بالا، این تنوع زیستی غنی را حمایت می نماید. در واقع تنوع بیوتوپ ها و شرایط زیستی و غیر زیستی خزر یک خصوصیت ویژه آن می باشد



(Aladin and Plotnikov, 2004; Mamaev, 2004). تنوع زیستی و زیستگاهی در خزر شمالی بیش از دو بخش دیگر است. این مسئله به علت وجود رودخانه‌های بزرگی مانند ولگا و اورال در شمال خزر که منشأ ورود مقادیر متنابهی از مواد غذایی و ایجاد مناطق وسیع تداخل فون آب شیرین و دریا گردیده‌اند، می‌باشد (Aladin and Plotnikov, 2004; Mamaev, 2004). دریای خزر شامل حدود ۴۵۰ گونه فیتوپلانکتون، ۳۱۵ گونه زئوپلانکتون، ۶۴ گونه فیتوبتوز، ۳۷۹ گونه زئوبتوز، ۱۲۶-۷۶ گونه و زیرگونه ماهی، ۴۶۶ گونه پرنده و تنها یک گونه پستاندار می‌باشد (UNEP, 2006; Mamaev, 2004). حدود ۴۶٪ از این گونه‌ها بومی دریای خزر و بقیه شامل گونه‌های دریاهای مجاور و آب‌های شیرین، گونه‌های آتلانتیک - مدیترانه و گونه‌های قطبی (arctic) می‌باشند (Aladin and Plotnikov, 2004). معرفی گونه‌های غیر بومی به صورت عمدی و غیر عمدی در دریای خزر همواره روی داده و از اوایل قرن بیستم معرفی گونه‌های غیر بومی افزایش یافته است. معرفی گونه‌ها به صورت عمدی تاثیر زیادی بر تنوع زیستی خزر داشته است. برای مثال بین سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۷۰ حداقل ۹ گونه ماهی به صورت عمدی و به منظور اهداف اقتصادی به خزر معرفی شده‌اند. گونه مهاجمی مانند *Mnemiopsis leidyi* به صورت غیر عمدی و از طریق آب توازن از دریای سیاه به دریای خزر وارد شد (CEP, 2002; Mamaev, 2004). شانه‌دار مهاجم از زئوپلانکتون‌ها تغذیه نموده و رقابت غذایی با ماهیان پلانکتون‌خوار خصوصاً کیلکاماهیان دارد و عقیده بر این است این جانور ممکن است باعث از بین رفتن ذخایر کیلکاماهیان گردد (Aladin and Plotnikov, 2004).

#### ۱-۴- خانواده شگ ماهیان Clupeidae :

این خانواده حدود ۲۱۴ گونه در سراسر جهان دارد که از این تعداد ۸ گونه در دریای خزر و فقط ۱ گونه در خلیج فارس وجود دارد (Coad, 2008). در دریای خزر اعضای این خانواده از فون ماهیان باستانی محسوب شده و از درجه آندمیسم بالایی برخوردارند (مجنونیان و همکاران، ۱۳۸۴). شکم این ماهیان از طرفین برآمده و یا فشرده و معمولاً در سطح شکمی اره مانند است. اغلب آنها خط جانبی ندارند. فلس‌های بدن از نوع سیکلوئید و نقره‌ای بوده و براحتی جدا می‌شوند. دهان معمولاً انتهایی بوده و آرواره‌ها با هم برابرند. دندان‌ها کوچک و یا بدون دندان هستند اما خارهای آبششی به منظور غربال نمودن پلانکتون‌ها، بلند

و تعدادشان زیاد می‌باشد. باله دمی دو شاخه است. اعضای این خانواده اغلب در گله‌های بزرگ و در آب-های سطحی دریاها زیست و از پلانکتون‌ها تغذیه می‌کنند. این خانواده دارای دو جنس کیلکا *Clupeonella* Kessler, 1877 و شگ ماهی *Alosa* Linck, 1790 است (Coad, 2008).

#### ۱-۴-۱- جنس *Clupeonella* Kessler, 1877 :

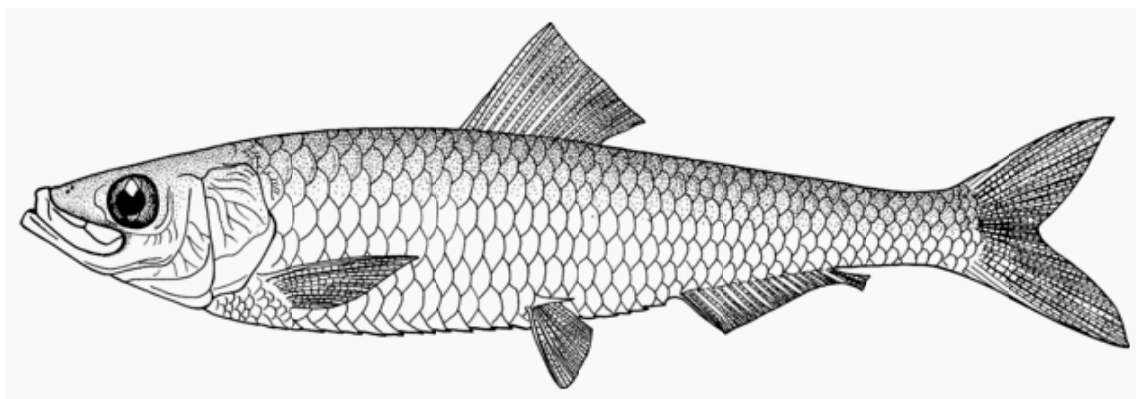
اعضای این جنس شامل ۴ گونه در دریای سیاه و ۳ گونه در دریای خزر می‌باشد. جنس *Clupeonella* از جنس هم زیستگاه (sympatric) خود *Alosa* بواسطه مشخصات زیر تفکیک می‌گردد: سائز کوچکتر، دهان کوچک و بدون دندان، فاقد بریدگی در وسط آرواره بالایی، پلک چشم کوچک یا ابتدایی و به صورت غشای چربی، عدم وجود لکه روی پهلوها، عدم وجود فلس‌های کشیده در ساقه باله دمی و وجود دو شعاع بلندتر در انتهای باله مخرجی (Coad, 2008).

گونه‌های این جنس دریازیند یا در آب شیرین زندگی می‌نمایند و یا بین این دو محیط مهاجرت می‌کنند. تخم‌ها پلاژیک هستند. نام فارسی آنها کیلکا (*kilka*) است و استفاده از نام انگلیسی *sprat* با استناد به Berg, 1948-1949 صحیح نمی‌باشد. جنس *Clupeonella* در حال حاضر، در حوزه دریای خزر دارای ۳ گونه به شرح زیر می‌باشد (Coad, 2008).

#### ۱-۴-۱-۱- کیلکای معمولی (*Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840))

بدن نسبتاً بلند بوده و ارتفاع آن ۲۷-۲۱ درصد طول استاندارد می‌باشد. سر کوتاه و پهن بوده و پهنای داخلی حلقه چشم، ۱۷/۵ درصد طول سر است. سطح شکمی دارای کیل و نوک باله‌های سینه‌ای تیز شده است (شکل ۱-۱). باله پشتی دارای ۳-۴ شعاع غیر منشعب و ۱۱-۱۴ شعاع منشعب است و باله مخرجی ۳-۱ شعاع غیر منشعب و ۱۴-۱۹ شعاع منشعب دارد. تعداد فلس‌ها در ردیف‌های جانبی بدن ۴۲-۵۵ عدد و تعداد خارهای آبششی ۴۱-۶۲ عدد است. تعداد مهره‌های ستون فقرات ۴۴-۴۰ عدد است که در مقایسه با کیلکای آنچوی (۴۴-۴۷) و کیلکای چشم درشت (۴۸-۴۶) کمتر است. این مسئله احتمالاً به این علت است که دم‌ای بیشتر آب باعث تکامل و نمو سریعتر لارو کیلکای معمولی می‌گردد. طول استاندارد تا ۱۴/۵ سانتی متر و وزن تا ۱۹ گرم می‌رسد. پشت بدن به رنگ آبی-سبز یا سبز روشن، پهلوها نقره‌ای و شکم

نقره‌ای-سفید یا طلایی-زرد است. پراکنش آن در دریای سیاه و خزر و برخی از رودخانه‌ها و حوضه‌های آبی مجاور آن است. زیستگاه این گونه در دریای خزر نواحی ساحلی با عمق کمتر از ۱۰۰ متر است. دامنه تحمل دمایی آن زیاد و برای بالغین  $27/6-2/6^{\circ}\text{C}$  بوده و حتی بیشتر و کمتر از این دماها نیز گزارش گردیده است. دامنه تحمل شوری این گونه نیز بالاست و در آب‌های شیرین تا آب‌های خیلی شور (تا ۳۶‰) مشاهده شده‌اند. جمعیت‌هایی که در جنوب خزر زندگی می‌کنند نسبت به آنها که در شمال و مرکز هستند، شوری بیشتری را تحمل می‌نمایند. در جنوب دریای خزر گله‌های بزرگی از آن در عمق ۲۵-۲۰ متر و در فاصله ۲-۰/۵ متری ساحل یافت می‌شوند. با افزایش دما به اعماق پایین‌تری می‌روند و در پاییز که دما کاهش می‌یابد تا عمق حدود ۸ متری بالا می‌آیند و در زمستان به اعماق می‌روند، حدود ۳۰-۴۰ متر، جایگاه دمای آب بیش از آب‌های سطحی است. کیلکای معمولی بیشترین پراکنش را در بین کیلکا ماهیان در دریای خزر دارد و به همراه دو گونه دیگر فراوانترین ماهیان دریای خزرند. فراوانی نسبی این گونه پس از ورود شانه‌دار مهاجم *M. leidy* در مقایسه با دو گونه دیگر بیش از ۱۰٪ افزایش یافته است. غذای اصلی آن پلانکتون‌ها هستند و در بین پلانکتون‌ها Copepods غالبند. اما جیره غذایی‌شان شامل Cladocera، لارو *Balanus* sp. و لارو دوکفه‌ای‌هاست. غذای این گونه نسبت به دو گونه دیگر متنوع‌تر است. فعالیت تغذیه‌ای آنها در طول فصل زمستان و در دوره تولید مثل کمتر از تابستان و پاییز است. در قسمت جنوبی دریای خزر، تخم‌ریزی در اواسط دی ماه شروع شده و تا دهه اول تیر ماه ادامه دارد. حداکثر تخم‌ریزی آنها در دهه دوم فروردین تا آخر دهه اول خرداد است. در حال حاضر این گونه از نظر معیارهای IUCN در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern) قرار دارد (Coad, 2008).



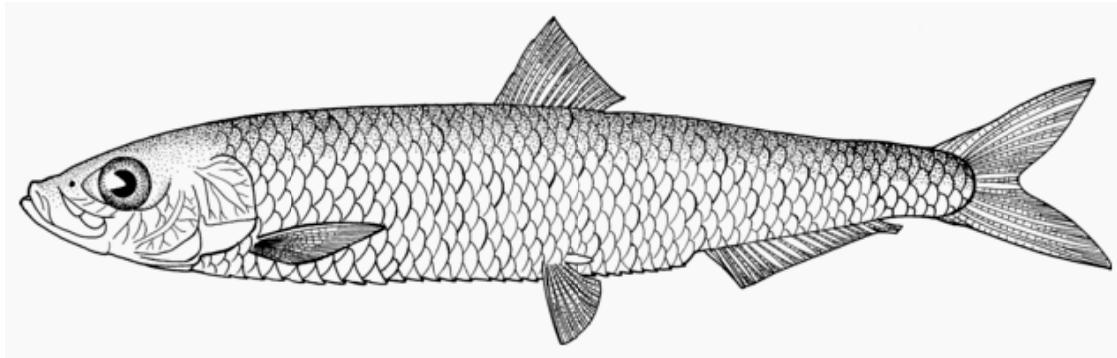
شکل ۱-۲. کیلکای معمولی *Clupeonella cultriventris* (اقتباس از Coad, 2008)

### ۱-۴-۲- کیلکای آنچوی (*Clupeonella engrauliformis* (Borodin, 1904))

بدن کشیده و ارتفاع آن ۱۹-۱۶ درصد طول استاندارد است. سر کوتاه و پهن بوده، پهنای قسمت داخلی حدقه چشم ۱۸/۵-۱۶ درصد طول سر محسوب می شود. سطح شکمی بدن گرد و نوک باله‌های سینه‌ای تیز است (شکل ۱-۲). باله پشتی دارای ۳ شعاع غیر منشعب و ۱۴-۱۲ شعاع منشعب و باله مخرجی دارای ۳ شعاع غیر منشعب و ۱۹-۱۵ شعاع منشعب است. تعداد فلس‌ها در ردیف‌های جانبی بدن ۴۹-۴۵ عدد و تعداد خارهای آبششی ۶۷-۵۶ عدد است. تعداد مهره‌های ستون فقرات ۴۷-۴۴ عدد است. پشت بدن و سر آبی تیره مایل به بنفش، سبز یا کمی زیتونی است. این رنگ‌ها در ماهی مرده روشن‌تر یا تیره‌تر می‌شوند. طول استاندارد تا ۱۵/۵ سانتی متر می‌رسد. این گونه بومی دریای خزر می‌باشد و پراکنش آن در قسمت‌های مرکزی و جنوبی دریای خزر است. گله‌های بزرگی از این نوع کیلکا در مناطقی که عمق آب از ۳۰ متر بیشتر است، مشاهده می‌گردد. آنچنانکه برآورد شده است، بیشترین تعداد از کیلکاماهیان، حدود ۷۷٪ را به خود اختصاص می‌دهند. معمولاً در قسمت‌های بالاتر آب دیده می‌شوند ولی تا ۱۲۰ متر پایین می‌روند. در بهار به سطح نزدیک می‌شوند اما در اواخر تابستان تا عمق حدود ۷۰ متر پائین می‌روند. از مناطق نزدیک ساحل، ورودی‌ها و آب‌هایی با شوری کمتر از ۸‰ دوری می‌کنند. آنها می‌توانند شوری بین ۸-۱۴‰ را تحمل نمایند ولی بیشترین جمعیت‌ها در شوری ۱۲-۱۰‰ یافت می‌شوند. در زمستان تعداد زیادی از این کیلکا در بخش‌های جنوبی دیده می‌شود. کیلکای آنچوی یک دوره زمستان‌خوابی در خزر جنوبی، یک مهاجرت بهار به خزر مرکزی، یک دوره تغذیه در قسمت‌های مرکزی و جنوبی و یک مهاجرت پیش از تخم‌ریزی به خزر جنوبی دارد. غذای اصلی آن پلانکتون‌ها هستند و در بین پلانکتون‌ها *Copepods* غالبند. اما جیره غذایی‌شان شامل *Cladocera*، لارو *Balanus sp.* و لارو دوکفه‌ای‌هاست. غذای این گونه در مقایسه با دو گونه دیگر اختصاصی‌تر است و برخلاف کیلکای معمولی این گونه در طول دوره زمستان نیز به تغذیه خود ادامه می‌دهد (Coad, 2008).

تخم‌ریزی معمولاً از اواخر خرداد تا اواخر آبان و در اعماق بیش از ۲۰-۱۰ متری صورت گرفته و منطقه تخم‌ریزی بسیار گسترده است. بیشترین شدت تخم‌ریزی در پاییز و در عمق ۲۰۰-۵۰ متری است. بنابراین

نمولارو در فصول سرد سال رخ می‌دهد (Prikhod'ko, 1981). در حال حاضر این گونه نیز از نظر معیارهای IUCN در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern) قرار دارد (Coad, 2008).

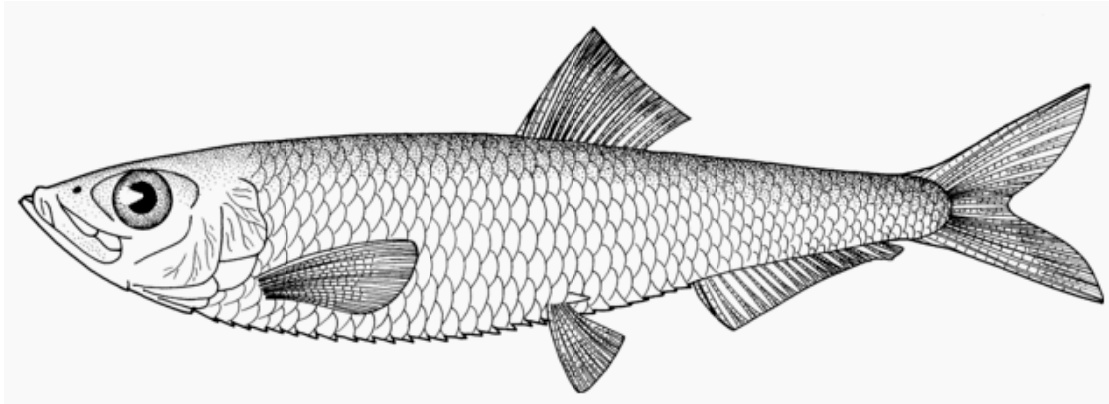


شکل ۱-۳. کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliformis* Borodin, 1904 (اقتباس از Coad, 2008)

#### ۱-۴-۱-۳- کیلکای چشم درشت *Clupeonella grimmi* Kessler, 1877

بدن نسبتاً استوانه‌ای و ارتفاع آن ۱۷-۲۲ درصد طول استاندارد است. سر طویل و باریک می‌باشد و پهنای قسمت داخلی حلقه چشم ۱۳-۱۵ درصد طول سر است. کیل سطح شکمی بسیار تیز و انتهای باله سینه‌ای گرد می‌باشد (شکل ۱-۳). باله پشتی دارای ۳-۴ شعاع غیرمنشعب و ۱۳-۱۵ شعاع منشعب و باله مخرجی دارای ۳ شعاع غیرمنشعب و ۱۴-۲۱ شعاع منشعب است. تعداد مهره‌ها ۴۶-۴۸ عدد و تعداد خارهای آبششی ۴۲-۵۱ عدد هستند. کیلکای چشم درشت برای زندگی در آب‌های عمیق‌تر سازش یافته است و همانگونه که اسمش نشان می‌دهد چشمان بزرگش دارای سلول‌های استوانه‌ای بیشتر و شبکه ضعیف‌تری بوده و بدنش شفافتر از دو گونه دیگر است. پشت بدن و بالای سرش تیره رنگ است. طول استاندارد به ۱۴/۵ سانتی‌متر می‌رسد. پراکنش آن در جنوب خزر و اندمیک دریای خزر است. نسبت به کیلکای آنچوی در قسمت‌های دورتر از ساحل و در عمق بیش از ۷۰-۵۰ متر زندگی نموده و تا عمق ۴۵۰ متر پایین می‌رود و هرگز وارد آب شیرین و یا مناطقی با شوری پایین نمی‌گردد. در بهار یک مهاجرت به قسمت مرکزی دارد و پاییز مجدداً به جنوب برمی‌گردد. غذای اصلی آن را انواع زئوپلانکتون‌های موجود در بخش‌های عمیق آب بویژه *Mysids* و همچنین نوزاد ماهی تشکیل می‌دهد و نسبت به دو گونه دیگر تنوع غذایی کمتری دارد. دوره تخمگذاری طولانی و از دی‌ماه تا اواخر مهر طول می‌کشد، اما بیشترین شدت آن در بهار و پاییز

است. در حال حاضر این گونه نیز از نظر معیارهای IUCN در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern) قرار دارد (Coad, 2008).



شکل ۱-۴. کیلکای چشم درشت *Clupeonella grimmi* Kessler, 1877 (اقتباس از Coad, 2008)

#### ۱-۴-۲- وضعیت ذخایر کیلکا ماهیان در دریای خزر

کیلکا ماهیان عامل بسیار با اهمیتی در ادامه حیات خزر هستند. این ماهیان کوچک بخش زیادی از جیره غذایی فک دریای خزر و ماهی‌های خاویاری را تشکیل می‌دهند و به دنبال کاهش ذخایر کیلکاماهیان، ذخایر آنها نیز کاهش یافته است (Coad, 2008).

با استناد به Fazli (2007)، بیومس کیلکای آنچوی بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ از ۱۸۵۰۰۰ میلیون تن به ۸۳۲۰ میلیون تن و بیومس کیلکای چشم درشت بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ از ۵۲۰۰۰ میلیون تن به ۵۹۰۰ میلیون تن کاهش یافت. ولی بیومس کیلکای معمولی طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۲ از ۱۶۰۰۰ میلیون تن به ۴۰۰۰۰ میلیون تن افزایش و مجدداً در سال ۲۰۰۴ به حدود ۲۸۰۰۰ میلیون تن کاهش یافت.

#### ۱-۵- مطالعات انجام شده در خصوص آلودگی انگلی کیلکا ماهیان

کیلکا ماهیان بصورت گله ای زندگی کرده و جمعیت زیادی از ماهیان دریای خزر را به خود اختصاص می‌دهند. اخیراً این ماهیان بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گرفته اند. با چشم انداز گسترده اهمیت روزافزون دریای خزر ضروری است تمامی ابعاد تنوع زیستی آن مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. علیرغم اهمیت کیلکا ماهیان متأسفانه مطالعات در مورد انگل‌های آنها بسیار محدود و پراکنده است و لازم است

بررسی های جامع و نگرش های جدید انگل شناسی در مورد این ماهی ها صورت گیرد. در حال حاضر اطلاعات زیادی در مورد انگل های کیلکا ماهیان دریای خزر موجود نمی باشد. مطالعات اندکی توسط محققین روسی بر روی کیلکای معمولی صورت گرفته است، ولی به دلیل اینکه این منابع روسی هستند، دسترسی و استفاده از آنها به راحتی امکان پذیر نیست. تنها مطالعه موجود در سواحل جنوبی دریای خزر توسط شمسی (۱۳۷۴) انجام شده است (جدول ۲-۲).

انگل	میزبان	تحقیق شمسی	
		درصد آلودگی Prevalence (%)	میانگین شدت آلودگی Mean abundance
<i>C. strumosum</i>	<i>C. cultriventris</i>	۴/۳	۳/۲۷
	<i>C. engrauliformis</i>	۱۵/۲	۸/۶
	<i>C. grimmi</i>	۹۱/۲	۱۸/۶
<i>P. ventricosa</i>	<i>C. cultriventris</i>	۵۵	۴۳/۸
	<i>C. engrauliformis</i>	۷۷/۱	۵۵
	<i>C. grimmi</i>	۱۶/۷	۱۲
<i>Contracaecum</i> sp.	<i>C. cultriventris</i>	۸/۶	۱
	<i>C. engrauliformis</i>	۱/۳	۱
	<i>C. grimmi</i>	۱/۴	۱
<i>Anisakis</i> sp.	<i>C. grimmi</i>	۱	۱
	<i>C. cultriventris</i>	۰/۲	۱
<i>Bunocotyle</i> <i>cingulata</i>	<i>C. cultriventris</i>	۴/۸	۱
	<i>C. engrauliformis</i>	۴/۶	۱/۵
	<i>C. grimmi</i>	۳/۸	۱/۴۷
<i>Eustrongyloides</i> <i>extius</i>	<i>C. grimmi</i>	۰/۲	۲
<i>Bucephalus</i> sp.	<i>C. cultriventris</i>	۰/۲	۱

جدول ۲-۲. درصد و شدت آلودگی انگل های کیلکا ماهیان در مطالعه شمسی (۱۳۷۴)

### ۱-۵-۱- شاخه کرم های پهن (Platyhelminthes (Flatworms)

از سطح پشتی به شکمی پهن شده اند، تقارن دو طرفی دارند. نواری شکل یا بیضوی هستند، اندازه آنها از میکروسکوپی تا بیش از ۳۰ متر می رسد. فاقد حفره عمومی اند، بدن توسط کوتیکول خارجی پوشیده شده، فواصل بین اندام های داخلی بوسیله بافت متصل کننده یا پارانشیم پر شده است. دستگاه گوارش ابتدایی است و فاقد مخرج و روده بزرگ (کرم های نواری Tapeworms فاقد دستگاه گوارش)، فاقد دستگاه تنفس و دستگاه گردش خون، تنفس از طریق پوست، دستگاه دفعی پروتوزوئیدی یا سلول های شعله ای که دارای یک یا دو کانال منشعب است که کوچکترین انشعابات به سلول های شعله ای منتهی می شوند، سیستم عصبی شامل یک جفت عقده مغزی و رشته های عصبی طولی که این رشته ها بوسیله رابط های عصبی با هم ارتباط دارند. معمولاً هرمافرودیتند و دارای تولید مثل جنسی، دستگاه تولید مثل دارای ساختار بسیار پیچیده و غدد و بخش های فرعی می باشد (اسلامی، ۱۳۷۶؛ Markevich, 1963; Roberts & Janovy, 1996; Bykhovskaya-Pavlovskaya et al., 1964).

### ۱-۱-۵-۱- رده Trematoda Rudolphi, 1808

انگل های دائمی هستند که معمولاً در اندام های داخلی به سر می برند. مراحل لاروی در نرم تنان و مراحل بلوغ جنسی در مهره داران دیده می شود. در نرم تنان انگل بافت ها بوده و در مهره داران انگل روده اند ولی ممکن است در بسیاری از قسمت های دیگر بدن مهره داران نیز دیده شوند. بالغین جنسی معمولاً دو اندام چسبنده (بادکش ها یا ساختارهای بادکش مانند) دارند ولی بعضی اوقات دارای یک عدد و ندرتاً بدون بادکش هستند. پوشش سینسیتیال اطراف بدن دارای خارها و پاپیلاهای پوششی و یا فاقد آنها است. دهان معمولاً درون بادکش قدامی، دارای حلق یا فاقد آن، روده معمولاً دو شاخه بوده و گاهی به همراه آن یک سکوم منفرد دیده می شود. سکوم ها معمولاً کور اما در مواردی به مخرجی در دیواره بدن یا به یک کیسه دفعی ختم می شوند. معمولاً هرمافرودیت و بندرت دو جنسی، تعداد بیضه یکی یا بیشتر و معمولاً دو عدد است. معمولاً تمامی یا بخشی از دستگاه تناسلی انتهایی نر در کیسه ماهیچه ای بنام Cirrus sac (اگر فقط لوله نر را احاطه کند) یا Sinus sac (اگر انتهای لوله هرمافرودیت را احاطه کند) قرار می گیرد. معمولاً لوله های تناسلی نر و ماده به یک منفذ تناسلی مشترک ختم می شوند. معمولاً دارای یک تخمدان، بخش



ذخیره اسپرم، غده مهلیز، مجرای Ootype می‌باشند. دستگاه انتقال منی (Laurer's canal) نیز وجود دارد. تخم‌ها در رحم ذخیره می‌شوند و لاروهای مژه‌دار (میراسیدیوم) درون آنها تکوین پیدا می‌کنند. وتیلاریا در اشکال مختلف، از فولیکولار گرفته تا یک توده فشرده دیده می‌شود. یک منفذ دفعی انتهایی در بالغین جنسی و یک کیسه دفعی که معمولاً کیسه‌ای به شکل I، V یا Y است نیز وجود دارد (Gibson *et al.*, 2002).

#### ۱-۱-۱-۵-۱- زیر رده **Digenea Craus, 1863**

یکی از بزرگترین گروه‌های ترماتودها هستند که بیش از ۲۵۰۰ جنس دارد. معمولاً دو نسل غیر جنسی در میزبان بی‌مهره و یک نسل جنسی در میزبان مهره‌دار دیده می‌شود (Gibson *et al.*, 2002). دارای بدن متقارن، طویل یا بیضوی شکل بوده، با توجه به سن و حالت انقباضی بدن به طور معمول بین ۰/۱-۳ mm طول دارند. معمولاً هرمافرودیتند. بدن از کوتیکول پوشیده شده و در برخی گونه‌ها دارای زوائد و برجستگی‌های کتنوئیدی هستند. دو بادکش قدامی (دهانی) و شکمی (برخی گونه‌ها فاقد آن هستند). اغلب روده دو قسمتی، بدن غیر بندبند، پهن و یا دوکی شکل بوده و انگل داخلی هستند (شکل ۱-۴) (جلالی جعفری، ۱۳۷۷).

بالغین جنسی، انگل همه گروه‌های مهره‌داران بوده و به ندرت در بی‌مهرگان دیده می‌شوند. معمولاً در روده یا سایر حفرات بدن و در مواردی در رگهای خونی یا سایر بافت‌ها وجود دارند و بندرت انگل خارجی در زیر فلس ماهی هستند (Gibson *et al.*, 2002).



منی دو قسمتی، بزرگ. ناحیه متسع ماهیچه ای و بسیار گسترده به نام Pars Prostatica (به عنوان ضمیمه کیسه Cirrus) ظاهراً وجود ندارد و یا کوچک است. مجرای دفع منی کوتاه و باریک. سوراخ تناسلی در قسمت میانی یا پایین تر از قسمت میانی و در قسمت خلفی ناحیه جلویی بدن. تخمدان تخم مرغی شکل چند قسمتی شده، بین یا پشت ناحیه بیضه‌ای. مجرای Laurer به شکل بلند دیده می‌شود و در انتها یا نزدیک به انتهای ناحیه پستی. حفره مربوط به منی و رحم وجود ندارد. رحم تقریباً بطور کامل در ناحیه پشت بیضه است، بزرگ و به حفره تناسلی در قسمت پایه کیسه Cirrus باز می‌شود. تعداد تخم‌ها زیاد، کوچک و سرپوش دارند. فولیکول‌های زرده به صورت خوشه‌ای و فقط در دو محدوده دیده می‌شوند، این محدوده‌ها متقارنند و در قسمت جانبی جلوی بدن یا ناحیه عقبی بدن قرار دارند، لوله‌های زرده پهن و واضحند. وزیکول‌های ترشحی تقریباً V شکل که شاخه‌های آن به ناحیه جلویی بدن می‌رسد. انگل روده و معده ماهیان استخوانی در دریا و آب‌های لب‌شور هستند (Bray and Gibson, 1980).

**جنس *Pronoprymna* Poche, 1926**

***Pentagramma* Chulkova, 1939**

***Pseudopentagramma* Yamaguti, 1971**

بدن کوچک و دوکی شکل دارند و سطح بدن صاف است. کیسه Cirrus باریک و کشیده با دیواره نازک. کیسه منی داخلی و دارای دو قسمت می‌باشد. Pars Prostatica کوتاه و توسط تعداد کمی سلول‌های غده‌ای احاطه شده است. مجرای خروج منی کوتاه. Cirrus معمولاً وجود ندارد. تخمدان در قسمت میانی بدن و پشت بیضه و سه لوب نامنظم دارد. مجرای Laurer در بخش پستی و نزدیک به قسمت خلفی بدن. فولیکول‌های زرده به صورت دو توده متراکم و متقارن در دو طرف بدن دیده می‌شود، گاهی ممکن است به صورت پراکنده باشند و در قسمت‌های جانبی بدن یا درست در پشت بادکش شکمی قرار دارد. انگل روده، سکوم و معده ماهیان استخوانی دریایی هستند (Bray and Gibson, 1980).

**گونه *Pronoprymna ventricosa* (Rud., 1819)**

***Pseudopentagramma symmetricum* (Chulkova, 1939) Yamaguti, 1971**

بدن کشیده و خیلی کوچک دارند که سلول‌های غدد جلدی در هر طرف بدن امتداد یافته اند. بادکش دهانی تحتانی است، حلق کوچک و مری اندازه متوسطی دارد. روده کور باریک است و قسمت خلفی آن از

انتهای بدن فاصله کمی دارد. بادکش شکمی کوچکتر از بادکش دهانی است و تقریباً در یک سوم ابتدایی بدن قرار می گیرد. بیضه ها تقریباً قرینه اند و در یک سوم میانی بدن درست در وسط روده کور قرار می گیرند. کیسه Cirrus در قسمت پشتی - قدامی بادکش شکمی قرار می گیرد. سوراخ تناسلی در محل دو شاخه شدن روده قرار می گیرد. غدد وتیلوژن فشرده شده اند و تقریباً شبیه کلیه و بزرگند که بین بادکش شکمی و بیضه ها در هر طرف بدن قرار می گیرند. رحم کاملاً عقب بدن را اشغال نموده است. تخم ها کوچکند. انگل ماهیان دریایی است (Yamaguti, 1958). این انگل با نام *P. symmetrica* توسط شمسی (۱۳۷۴) از کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت گزارش گردیده است. اطلاعاتی در خصوص تاریخچه و چرخه زندگی این انگل در دسترس نیست. به نظر می رسد این انگل بین شگ ماهیان رایج است و بین ماهیان دیگر کمتر مشاهده می شود (Bray and Gibson, 1980).

#### ۱-۵-۲- شاخه کرم های لوله ای *Nemathelminthes*

بدنی بدون بند و استوانه ای دارند. فاقد سیستم های گردش خون و تنفس بوده، جنس نر و ماده از هم جدا هستند. سه قسمت قدامی (اکتودرمی)، میانی (اندودرمی) و خلفی در روده وجود دارد. از ۶ رده این شاخه، ۴ رده زندگی انگلی دارند که ۲ رده آن انگل ماهیان آب شیرین هستند. (جلالی جعفری، ۱۳۷۷)

#### ۱-۵-۳- رده کرم های گرد *Nematoda* (Roundworms) Rudolphi, 1808

بدن آنها معمولاً نخعی شکل و باریک یا دوکی شکل که در دو انتها باریک شده است. اندازه آنها از یک میلیمتر تا بیش از یک متر متغیر است. جدار بدن از خارج به داخل شامل پوست (کوتیکول)، زیر پوست (هیپودرم) و لایه ماهیچه ای (طولی) است. اکثراً دستگاه گوارش کامل شامل دهان، حفره دهانی، مری، روده میانی، روده خلفی و مخرج است. دستگاه عصبی شامل تعدادی غده عصبی می باشد که بوسیله طناب های عصبی به یکدیگر متصلند و حلقه عصبی دور مری را تشکیل می دهند. از این مرکز شش عصب به سمت جلو و عقب بدن خارج می شود. دستگاه تنفس و گردش خون ندارند، اندام های حسی شامل برجستگی های کوچک جلدی در اطراف دهان، لبها، حلقه عصبی و ناحیه خلفی است. سیستم دفعی شامل دو لوله باریک در طرفین بدن است که توسط یک مجرای عرضی در قسمت قدامی بدن به یکدیگر متصل و بوسیله

سوراخ کوچکی در سطح شکمی به بیرون باز می شود. به طور عمده جنس ها از هم جدا، جنس ماده معمولاً بزرگتر از نر و نرها در انتهای خلفی دارای آرایش های خاصی هستند (اسلامی، ۱۳۷۶؛ Markevich, 1963; Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964; Roberts and Janovy, 1996) نماتودها برای تکمیل دوره زندگی خود ۵ مرحله (L1, L2, L3, L4 و انگل بالغ) را پشت سر گذاشته که هر مرحله با یک پوست اندازی همراه است. مراحل بعدی رشد لاروی در بدن میزبان واسط رخ می دهد و در صورتی که ماهی میزبان نهایی باشد، انگل در بدن ماهی بالغ می شود. اما در صورتی که ماهی میزبان واسط باشد، لارو نماتود از جدار روده عبور کرده و به یکی از اعضای حفره بطنی یا عضلات مهاجرت و در آنجا کیسه دار می شود. این مرحله از چرخه زندگی انگل، ممکن است طولانی شود. کیست انگلی با خورده شدن ماهی واسط توسط ماهی دوم به ماهی دوم انتقال یافته و مجدداً کیست دار می شود و چرخه زندگی در نهایت در بدن ماهی، پرنده یا پستانداری که ماهی آلوده را استفاده کند، کامل می شود. اشکال بالغ یا لاروی این انگل ها در روده، کبد، محوطه بطنی، عضلات، عروق خونی، آبشش و کیسه هوای ماهیان زندگی می کنند (جلالی جعفری، ۱۳۷۷)

#### ۱-۵-۲-۱-۱- راسته *Ascaridida* Skrjabin et Schulz, 1940

#### ۱-۵-۲-۱-۱- خانواده *Anisakidae* Railliet et Henry, 1912

مری در انتهای خلفی، شکمچه ای استوانه ای یا مستطیلی دارد. ممکن است ضمیمه ای از آن جدا شده و به طرف عقب کرم امتداد یابد. روده کور روده ای یا موجود است و یا وجود ندارد. انگل پستانداران، پرندهگان، خزندگان و ماهی هاست (اسلامی، ۱۳۷۶). جنس های مهم این خانواده عبارتند از:

*Porrocaecum*, *Raphidascaris*, *Contraceacum*, *Anisakis*

(Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964; Markevich, 1963; Moravec, 1993)

#### جنس *Contraceacum* Railliet and Henry, 1912

دهان با ۶ لب احاطه شده است. روده همراه با دو روده کورکه در مرز بین مری و روده میانی وجود دارد مشاهده میشود. روده کور مری بلندتر و روده کور روده کوتاهتر است. نر به طول ۳۲-۴۵ میلیمتر و طول ماده ۶۴-۲۴ میلیمتر است. تخمهایش کروی و قطر ۵۲-۵۰ میکرون است. کرم بالغ در پیش معده اردک، غاز،

قو و تعداد زیادی از طیور آبزی زندگی میکند (Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964).  
لارو این انگل توسط شمسی (۱۳۷۴) از کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت گزارش شده است.

### جنس *Anisakis Dujardin, 1845*

مری شامل بخش ماهیچه ای قدامی و بخش غده ای خلفی می باشد. سه لب اطراف دهان را احاطه نموده است. کرم بالغ در معده و روده پستانداران ماهیخوار دریایی، ماهیان دریایی و پرندگان ماهیخوار زندگی میکنند. نوزاد آن در میزبانهای واسط (ماهی، انسان، پاروپایان) به طول ۲۰ میلیمتر و عرض ۰/۴ میلیمتر است و در انتهای قدامی یک دندان دارد. روده کور روده ای ندارد، ولی شکمچه مری موجود و استوانه ای است. منفذ تناسلی نزدیک انتهای قدامی است (اسلامی، ۱۳۷۶؛  
(Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964).

لارو این انگل توسط شمسی (۱۳۷۴) از کیلکای معمولی و چشم درشت گزارش گردیده است.

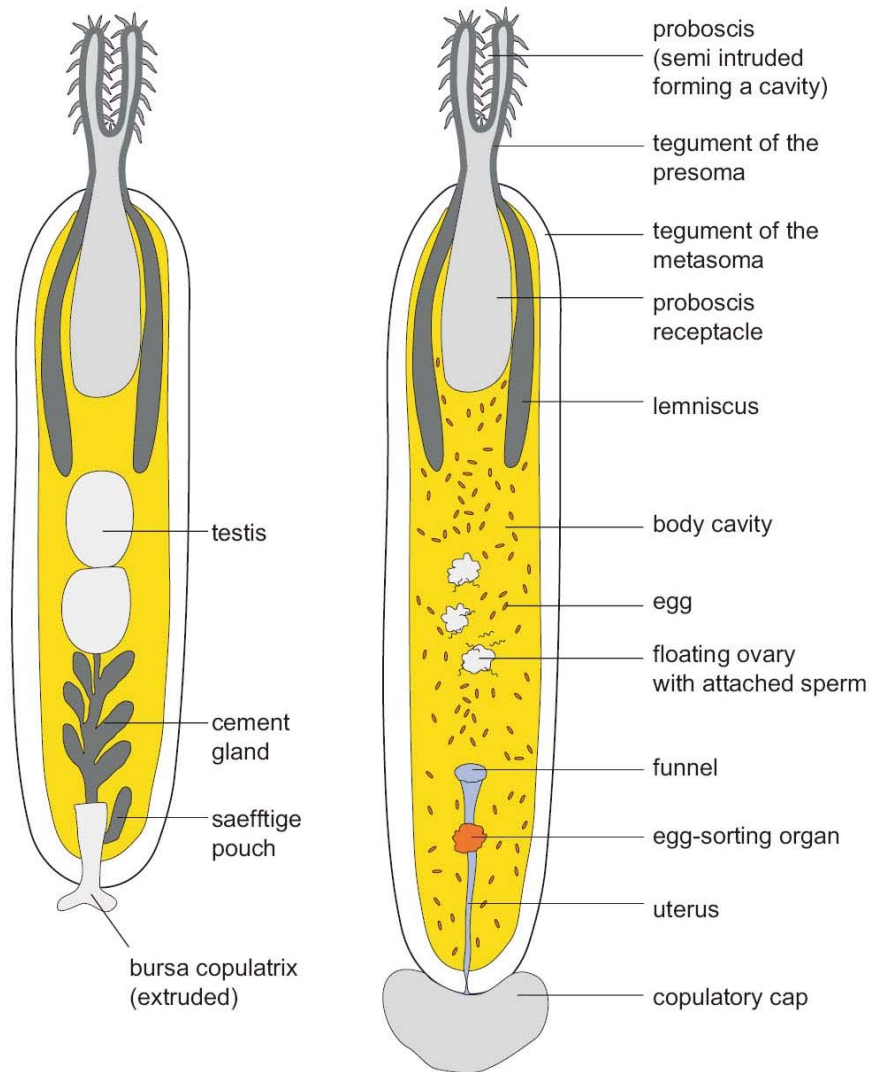
### جنس *Raphidascaris Ralliet and Henry, 1915*

از مری یک کیسه سکومی مستقیم به سمت عقب خارج میشود، فاقد سکوم روده ای، دهان با سه لب احاطه شده است (Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964).

### ۱-۵-۳- شاخه خاربرسران (*Acanthocephala* (Thorney-Headed Worms))

استوانه ای شکل، بدن از دو قسمت *Presoma* شامل خرطوم و قسمت های وابسته و تنه تشکیل شده است (شکل ۱-۵). پوشش بدن کوتیکول، خرطوم گرد یا استوانه ای و مجهز به چند ردیف قلاب های طولی و عرضی می باشد. این عضو که جهت تثبیت بکار میرود، می تواند در کیسه مخصوصی جمع شود. تعداد و شکل خارها در تاکسونومی آکانتوسفالها اهمیت دارد. یک جفت اندام کشیده و آویزان در طرفین کیسه خرطوم به نام *Lemnisci* مایع اطراف خرطوم را ترشح می نماید. فاقد دستگاه گوارش و گردش خون، دستگاه عصبی شامل یک عقده در غلاف خرطوم که رشته های عصبی از آن خارج می شوند. جنس ها از هم جدا و اکثراً ماده ها بزرگتر از نرها است. ماده ها دارای یک تخمدان و نرها دارای یک جفت بیضه

است. در انتهای بدن نرها کیسه جفتگیری وجود دارد که خارج یا داخل بدن قرار می گیرد (اسلامی، ۱۳۷۶؛  
 (Markevich, 1963; Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964; Roberts and Janovy, 1996



شکل ۱-۶. تصویر شماتیک نر و ماده یک Palaeacanthocephala ( اقتباس از Taraschewski, 2005 )

۱-۳-۵-۱ رده *Palaeacanthocephala*

۱-۳-۵-۱-۱ راسته *Polymorphida Petrochenko, 1956*

۱-۳-۵-۱-۱-۱ خانواده *Polymorphidae Meyer, 1931*

بدن کم و بیش خاردار، در مرحله بلوغ اغلب انگل پرندهگانی که به نحوی با آب در ارتباطند و پستانداران دریایی می‌باشند. بعضی جنس‌ها در مراحل لاروی در ماهیان آب شیرین دیده می‌شوند (Bykhovskaya-Pavlovskaya et al., 1964).

جنس *Corynosoma Luhe, 1904*

بدن کوچک، بخش پیشین بدن پهن و پوشیده از خار است که خارها، در بخش شکمی نسبت به بخش پشتی بیشتر مشاهده می‌شوند. خرطوم استوانه‌ای شکل و در قسمت میانی پهن می‌شود. دارای ۶ غده سیمانی گلابی شکل است. از این جنس سه گونه انگل از ماهیان آب شیرین گزارش شده‌اند (Bykhovskaya-Bavlovskaya et al., 1964).

گونه *Corynosoma strumosum (Rud., 1802)*

خرطوم دارای ۱۸ ردیف طولی خار که تعداد خارها در هر ردیف بین ۱۰-۱۲ عدد است. در بین خار برسران کرم‌های نسبتاً کوچکی هستند، ۶-۵ تا ۹ میلیمتر، نر و ماده هم اندازه‌اند. قسمت قدامی بدن پهتتر، پوشیده از خار که خارها بیشتر در سطح شکمی توسعه یافته‌اند و در قسمتهای انتهایی پشت دیده نمی‌شوند. نرها در اطراف سوراخ تناسلی خار دارند. خرطوم تقریباً استوانه‌ای شکل است و یک سوم پایینی آن نسبتاً پهن می‌شود و دوباره در قسمت پایه باریک می‌شود و خارهای ششم یا پنجم و ششم و یا ششم و هفتم آن حجیم‌تر و بزرگترین خارها هستند. غلاف خرطوم از بخش پهن شده بدن جلوتر نمی‌رود. Lemnisci تا حدی کوتاهتر از غلاف خرطوم است. فرم بالغ انگل پستانداران دریایی و گاهی در ماهیان ماهیخوار دیده می‌شود. در مرحله لاروی در سلوم آمفی پودهای جنس *Pontoporeia* (میزبان حد واسط) و سلوم و ماهیچه‌ها و اندامهای داخلی انواع گونه‌های ماهی دریایی و آب شیرین که به دهانه رودها رفت و آمد می‌کنند (به عنوان میزبان‌های حامل) مشاهده می‌شوند (Bykhovskaya-Pavlovskaya et al., 1964). آمفی-پودهای جنس *Pontoporeia* که با اسم مترادف *Monoporeia Bousfield, 1989* شناخته می‌شوند،



بومی دریای خزر بوده و در عمق ۷۰-۱۵۰ متر در آب‌های ایران گزارش شده‌اند (Stock et al. 1998). این انگل توسط شمسی (۱۳۷۴) از کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت گزارش شده است.

## ۱-۶- استانداردهای جهانی فلزات سنگین برای آبزیان

مقادیر مجاز فلزات سنگین سرب و کادمیوم در غذای دریایی و مقادیر بحرانی برای حیات ماهیان، در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

جدول ۱-۳. حداکثر غلظت مجاز و بحرانی فلزات سنگین در آبزیان دریایی

منبع	Pb	Cd	
Biney & Ameyibor, 1992; Madany et al., 1996	-	۰/۲	WHO <sup>1</sup> (ماکزیمم مقدار مجاز برای تغذیه انسان در غذاهای دریایی، $\mu\text{g/g wet weight}$ )
Maher, 1986; Darmono & Denton, 1990	۱/۵	۰/۰۵	NHMRC <sup>2</sup> (ماکزیمم مقدار مجاز برای تغذیه انسان در غذاهای دریایی، $\mu\text{g/g wet weight}$ )
لالوئی، ۱۳۸۰	۲۵	۵	استاندارد غلظت عناصر سنگین (ppm) برای حفظ حیات ماهیان دریایی
لالوئی، ۱۳۸۰	-	۵	غلظت بحرانی آمریکا
لالوئی، ۱۳۸۰	۲۵	۲/۵	غلظت بحرانی اروپا

<sup>1</sup> World Health Organization

<sup>2</sup> Australian National Health and Medical Research Council

# مواد و روش ها

## ۲-۱- نمونه برداری

نمونه برداری کیلکا ماهیان در جنوب دریای خزر با استفاده از شناورهای صیادی کیلکا (شکل ۲-۳) انجام شد. صید ماهیان کیلکا توسط شرکت های تعاونی صیادی و در زمان هایی که ممنوعیت صید وجود ندارد، انجام می شود. معمولاً حدود یک ماه در اواسط فصل بهار و یک ماه در اواسط فصل پاییز ممنوعیت صید وجود دارد. محل نمونه برداری کیلکاماهیان از بین سه صیدگاه موجود (بندر انزلی، بابلسر و بندر امیرآباد)، صیدگاه بابلسر (شکل ۲-۱ و ۲-۲) در نظر گرفته شد.

در این مطالعه طی پنج فصل پاییز و زمستان سال ۱۳۸۵، بهار، تابستان و پاییز ۱۳۸۶، ۳۹۸ قطعه ماهی کیلکا از سه گونه کیلکای معمولی *Clupeonella cultriventris* (n=۱۷۰)، کیلکای آنچوی *Clupeonella engrauliformis* (n=۹۲) و کیلکای چشم درشت *Clupeonella grimmeri* (n=۱۳۶) مربوط به صیدگاه بابلسر، از نظر آلودگی انگلی مورد بررسی قرار گرفتند. در شکل ۲-۵ سه گونه ماهی کیلکای مورد بررسی نشان داده شده است.

جهت انتخاب سه گونه ماهی بخشی از صید به صورت تصادفی جدا شده و بعد از انتقال ماهی ها به آزمایشگاه ایستگاه تحقیقاتی خیرود وابسته به موسسه تحقیقات شیلات ایران (شکل ۲-۳)، ابتدا وزن و طول کل هر ماهی اندازه گیری و در فرم های مخصوصی ثبت (شکل ۲-۶) و سپس ماهی تشریح شده (شکل ۲-۷)، جنسیت و رسیدگی جنسی تعیین شد. در مرحله بعد دستگاه گوارش ماهی به دقت جدا شد و از نظر آلودگی به انگل های کرمی به وسیله میکروسکوپ و استریومیکروسکوپ بررسی گردید. تعداد انگل های مشابه ابتدا شمارش و ثبت شده و تعدادی از آنها جهت رنگ آمیزی، ترسیم، عکسبرداری و شناسایی

دقیق جدا شده و بین دو لام قرار داده و سپس به دقت با استفاده از نخ بسته و در ظروف حاوی فرمالین ۴٪ قرار داده شدند.

به منظور بررسی میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم (Cd, Pb) در انگل ها و بافت های مختلف ماهی، انگل های جدا شده از هر ماهی و بافت های عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و روده هر ماهی، در ظروف مجزا و دردار، به دو روش فیکس در فرمالین ۴٪ و فریز نگهداری شدند. به علت اینکه بیشتر مطالعات محققین با استفاده از دو فلز سرب و کادمیوم بوده است، به منظور مقایسه نتایج این فلزات انتخاب شدند. همچنین به منظور مقایسه نتایج حاصل از سنجش میزان فلزات در انگل و میزبان با محیط در هر فصل نمونه برداری با همکاری صیادان از محل صید، نمونه آب نیز گرفته می شد. با توجه به اینکه این بررسی نیاز به دقت زیادی دارد، لازم است وسایل مورد استفاده کاملاً تمیز و ظروف قبلاً اسیدشویی شده باشند.

در نهایت کلیه نمونه ها اعم از بافت های ماهی و انگل ها جهت انجام مطالعات بعدی به آزمایشگاه جانورشناسی دانشگاه تهران منتقل شدند.



شکل ۲-۱. منطقه نمونه برداری



شکل ۲-۲. صیدگاه بابلسر



شکل ۲-۳. ایستگاه تحقیقات شیلاتی و اکولوژی دریای خزر - خیرود



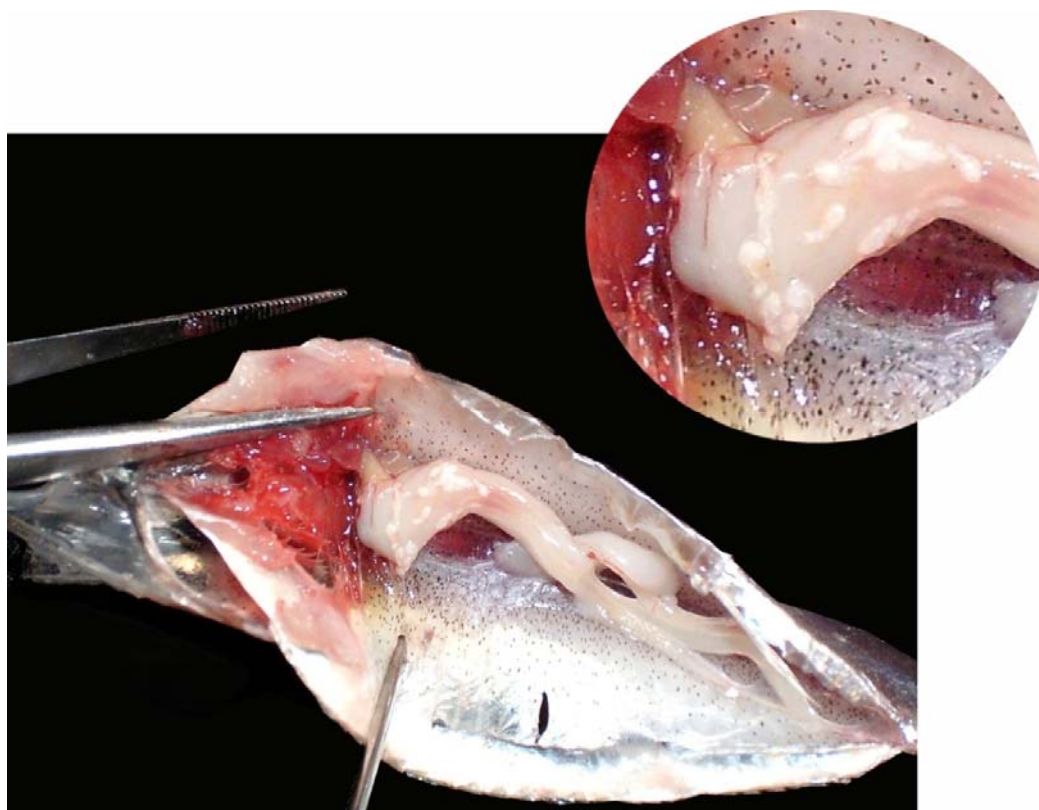
شکل ۲-۴. شناور صیادی کیلکا



شکل ۲-۵. کیلکا ماهیان دریای خزر



شکل ۲-۶. توزین و تعیین طول ماهی ها و ثبت اطلاعات در فرم های مخصوص



شکل ۲-۷. تشریح ماهی ها (کیلکای نر چشم درشت، آلودگی شدید به *Corynosoma strumosum*)



## ۲-۲- ترسیم و شناسایی نمونه های انگلی

جهت ترسیم نمونه های انگلی نمونه‌ها را از بین دو لام خارج نموده و پس از شستشو، به مدت حدود ۴۸ ساعت در لاکتوفنل رنگی قرار داده شدند. پس از شفاف شدن و رنگ گرفتن نمونه، ترسیم آنها با استفاده از استریومیکروسکوپ یا میکروسکوپ مجهز به لوله ترسیم (Camera Lucida) در آزمایشگاه کرم شناسی و سیستماتیک کرم های انگلی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران صورت گرفت. پس از ترسیم، نمونه ها شستشو و با الکل ۷۰ آبیگیری شدند، سپس با استفاده از چسب کانادا بالزام بیسن لام و لام مل مونته شده شدند و با استفاده از کلیدهای موجود (Bykhovskaya-Pavlovskaya *et al.*, 1964; Markevich, 1963; Moravec, 1993; Yamaguti, 1958) شناسایی گردیدند. سپس به منظور تایید شناسایی، نمونه‌ها به موزه تاریخ طبیعی لندن ارسال گردید.

## ۲-۳- آماده سازی نمونه ها برای سنجش میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم

بافت های عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و روده ۱۴۰ قطعه ماهی کیلکای چشم درشت، آنچوی و معمولی و انگل های آکانتوسفال و ترماتود آنها از فرمالین خارج شده و پس از مدتی که سطح بافت کمی خشک شد، به دقت با ترازوی دیجیتال توزین شدند. با توجه به اندازه کوچک بافت‌ها و انگل‌ها میزان فلزات سنگین بر اساس وزن تر محاسبه گردید. پس از توزین، بافت‌ها و انگل‌ها به ظروف شیشه ای که با اسید نیتریک شستشو داده شده اند، منتقل گردیده و ۳ ml اسید نیتریک ۶۵٪ و ۳ ml اسید پرکلریک ۷۵٪ (Merck) به آنها اضافه شد. سپس به منظور تسریع عمل هضم حدود دو ساعت تحت دمای  $70^{\circ}\text{C}$  قرار داده شدند. جهت جداسازی چربی از محلول حاصل از هضم از کلروفرم استفاده گردید. به این صورت که محلول را داخل قیف جداکننده ریخته و ۶ ml کلروفرم به آن اضافه نموده و در قیف را بسته و برای چند دقیقه به خوبی مخلوط نموده تا چربی‌ها و مواد آلی به خوبی در حلال حل شوند. سپس قیف را بر روی گیره ثابت نموده تا پس از چند دقیقه دو فاز تشکیل شود. با توجه به اینکه چگالی کلروفرم بیشتر از اسید می باشد، فاز آلی لایه زیرین و فاز آبی حاوی فلزات محلول، لایه فوقانی را تشکیل می-

دهند. لایه زیرین را دور ریخته و لایه فوقانی نگهداشته می شود. با استفاده از آب مقطر حجم همه محلول ها را به ۱۰ ml رسانده و سپس با استفاده از دستگاه Inductively Coupled Plasma-OES Vista MPX (Varian, Inc.) مستقر در دانشگاه شیمی تجزیه دانشگاه تهران، مقادیر هریک از فلزات سنگین سرب و کادمیم تعیین شد (Malek et al., 2007).

## ۲-۴- محاسبه شاخص های اکولوژیک

شاخص های اکولوژیک غنای گونه ای (Species richness)، تنوع گونه ای شانون (Shannon diversity index)، یکنواختی (Equitability)، غالبیت (Dominance index) و تشابه کیفی و کمی (Qualitative and quantitative Sorenson similarity indices) بر اساس Magurran (۱۹۹۶) محاسبه شد. همچنین شاخص میزبان ویژگی (Specificity index) بر اساس Rohde (۱۹۹۳) جهت بررسی میزان اختصاصی بودن میزبان برای هر گونه انگل محاسبه گردید (فرمول های ۱-۲ الی ۱۰-۲).

### ۲-۴-۱- شاخص تنوع گونه ای شانون (Shannon diversity index)

$$H = -\sum P_i \ln P_i \quad (1-2)$$

$P_i$ : فراوانی  $i$ امین گونه انگلی تقسیم بر مجموع فراوانی انگل ها (N)

به منظور بررسی تفاوت در شاخص تنوع شانون از فرمول های زیر استفاده می گردد:

$$VarH = \frac{\sum P_i (\ln P_i)^2 - (\sum P_i \ln P_i)^2}{N} + \frac{S-1}{2N^2} \quad (2-2)$$

S: تعداد گونه های انگلی

$$t \text{ test} = \frac{H_1 - H_2}{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^{1/2}} \quad (3-2)$$

$$df = \frac{(\text{Var}H_1 + \text{Var}H_2)^2}{(\text{Var}H_1)^2/N_1 + (\text{Var}H_2)^2/N_2} \quad (4-2)$$

$N_1$ : مجموع فراوانی انگل در ماهی گونه a

$N_2$ : مجموع فراوانی انگل در ماهی گونه b

۲-۴-۲- شاخص یکنواختی (Equitability)

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (۵-۲)$$

۲-۴-۳- شاخص غالبیت (Dominance index)

$$D = \frac{N_{\max}}{N} \quad (۶-۲)$$

$N_{\max}$ : فراوانی گونه غالب

۲-۴-۴- شاخص شباهت سورنسون (Sorenson similarity indices)

الف) شاخص شباهت کیفی (Qualitative similarity index):

$$C_s = \frac{2J}{(a+b)} \quad (۷-۲)$$

$J$ : تعداد گونه‌های انگلی مشترک در دو گونه ماهی

$a$ : تعداد گونه‌های انگلی ماهی گونه a

$b$ : تعداد گونه‌های انگلی ماهی گونه b

ب) شاخص شباهت کمی (Quantitative similarity index):

$$C_N = \frac{2J_N}{(a_N + b_N)} \quad (۸-۲)$$

$J_N$ : مجموع کمترین فراوانی گونه‌های انگل در دو گونه ماهی

$a_N$ : مجموع فراوانی گونه‌های انگل در ماهی گونه a

$b_N$ : مجموع فراوانی گونه‌های انگل در ماهی گونه b

## ۲-۴-۵- شاخص میزبان ویژگی (Specificity index)

این شاخص به منظور بررسی میزان اختصاصی بودن میزبان برای هر گونه انگلی محاسبه گردید.

الف) بر اساس شدت آلودگی:

$$\text{Specificity}_{(\text{density})} = \frac{\sum \left( \frac{\text{تعداد انگل}}{\text{رتبه انگل} \times \text{تعداد کل ماهی}} \right)}{\sum \left( \frac{\text{تعداد انگل}}{\text{تعداد کل ماهی}} \right)} \quad (۹-۲)$$

ب) بر اساس فراوانی ماهیان آلوده:

$$\text{Specificity}_{(\text{frequency})} = \frac{\sum \left( \frac{\text{تعداد ماهی آلوده}}{\text{رتبه ماهی از نظر آلودگی} \times \text{تعداد کل ماهی}} \right)}{\sum \left( \frac{\text{تعداد ماهی آلوده}}{\text{تعداد کل ماهی}} \right)} \quad (۱۰-۲)$$

## ۲-۵- محاسبه فاکتورهای رشد

جهت بررسی ارتباط انگل‌ها با فاکتورهای رشد میزبان از قبیل: Condition Factor (CF), Gutted

Condition Factor (GCF), Gonadosomatic Index (GSI) و Hepatosomatic Index

(HSI) به صورت زیر محاسبه شدند (فرمول‌های ۲-۱۱ الی ۲-۱۴):

$$CF = \frac{\text{weight}}{\text{Length}^3} \times 100 \quad (۱۱-۲)$$

$$GCF = \frac{\text{gutted weight}}{\text{Length}^3} \times 100 \quad (۱۲-۲)$$

$$GSI = \frac{\text{gonad weight}}{\text{weight}} \times 100 \quad (۱۳-۲)$$

$$HSI = \frac{\text{liver weight}}{\text{gutted weight}} \times 100 \quad (۱۴-۲)$$

## ۲-۶- آنالیز آماری داده ها

پس از ثبت کلیه اطلاعات مربوط به ماهی ها و انگل ها، داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS 15 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. جهت بررسی ارتباط بین شدت و درصد آلودگی با طول میزبان با استفاده از فراوانی تجمعی، گروه های طولی میزبانها مشخص شدند. تغییرات درصد آلودگی (Prevalence)، میانگین شدت آلودگی (Mean abundance) و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده (Mean intensity) در ارتباط با گونه، جنسیت، گروه های طولی میزبان و فصل نمونه برداری بر اساس Busch *et al.* (۱۹۹۷) محاسبه شدند.

برای مقایسه درصد آلودگی در گونه ها، جنسیت و گروه های طولی مختلف از آزمون Chi-square استفاده شد. در بررسی نرمال بودن داده ها از تست های Kolmogorov- Smirnov و Shapiro-Wilk استفاده گردید و در صورت نرمال بودن داده ها جهت بررسی اختلاف معنی داری بین میانگین گروه های مستقل، اختلاف بین دو گروه از t-test و برای بیش از دو گروه One-way Anova استفاده شد. اما در صورتیکه داده ها نرمال نبودند، تست های Kruskal-Wallis برای بررسی اختلاف معنی داری برای بیش از دو گروه و تست Mann-Whitney *U* برای دو گروه استفاده گردید.

برای داده های فلزات سنگین نیز تست ها به صورت بالا استفاده شدند. ضمن اینکه به منظور مقایسه میانگین میزان فلزات سنگین در بافت های مختلف با توجه به اینکه متغیرهای مورد مقایسه مستقل نبودند، از تست Wilcoxon استفاده شد.

نتایج

### ۳-۱- نتایج حاصله از مطالعات انگل‌شناسی

#### ۳-۱-۱- گونه‌های انگلی یافت شده از دستگاه گوارش کیلکا ماهیان

در این مطالعه از تعداد ۳۹۸ قطعه ماهی کیلکا شامل کیلکای معمولی *Clupeonella cultriventris* (n=۱۷۰)، کیلکای آنچوی *C. engrauliformis* (n=۹۲) و کیلکای چشم درشت *C. grimmi* (n=۱۳۶)، دو گونه و سه جنس انگل کرمی یافت شد. پس از ارسال نمونه‌ها به موزه تاریخ طبیعی لندن شناسایی مورد تایید قرار گرفت. این گونه‌ها عبارتند از:

*Corynosoma strumosum* (Rud, 1802) (Acanthocephala)

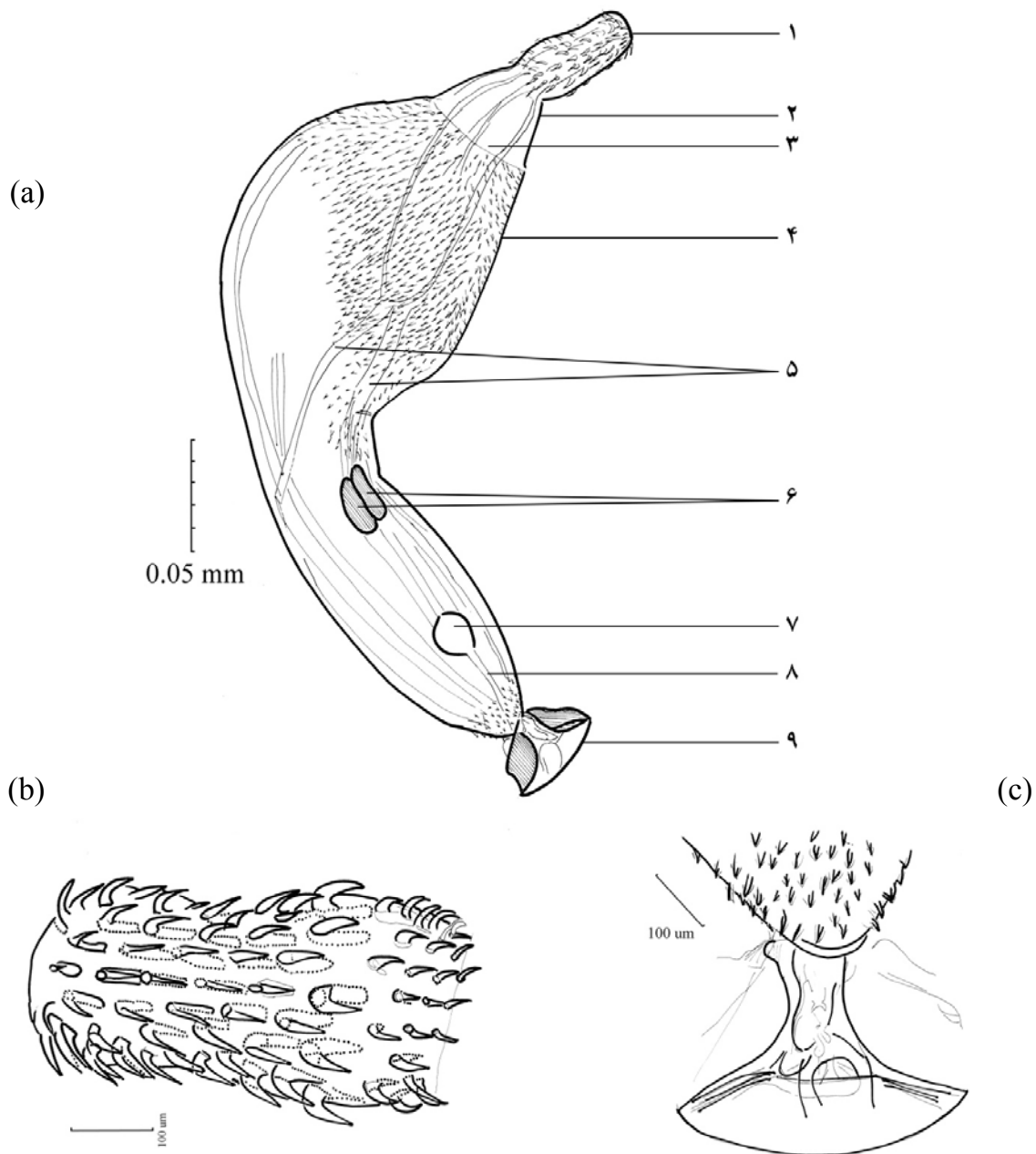
*Pronoprymna ventricosa* (Rud, 1819) (Trematoda)

*Contracaecum* sp. Railliet and Henry, 1912 larva - L3 (Nematoda)

*Anisakis* sp. Dujardin, 1845 larva (Nematoda)

*Raphidascaris* sp. Railliet and Henry, 1915 larva (Nematoda)

در اشکال ۱-۳ الی ۳-۶ ترسیم و جزئیات انگل‌های *C. strumosum*، *P. ventricosa* و *Contracaecum* sp. نشان داده شده است.



شکل ۳-۱. ترسیم انگل *Corynosoma strumosum* جدا شده از کیلکای چشم درشت

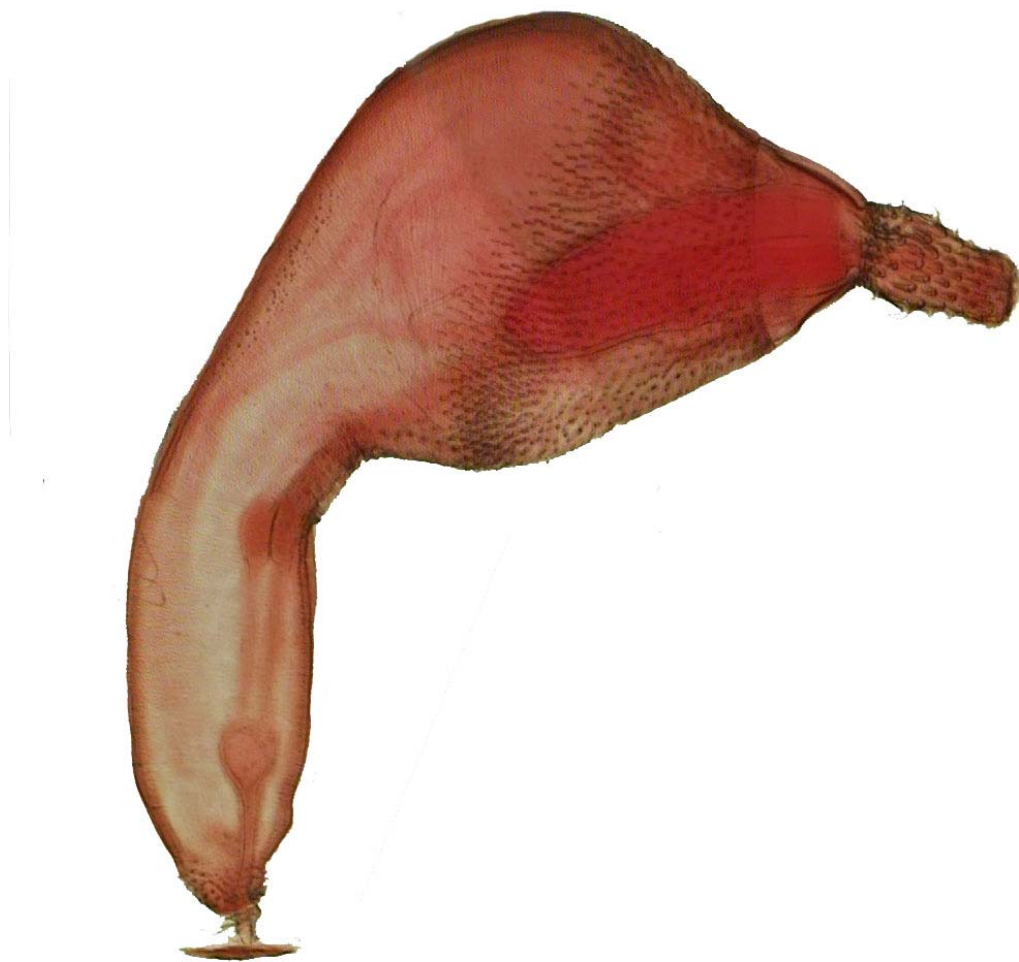
(a) نمای کامل بدن: ۱. خرطوم، ۲. گردن، ۳. جایگاه خرطوم، ۴. تنه، ۵. ماهیچه‌های نگهدارنده،

۶. بیضه‌ها، ۷. غده سیمانی، ۸. مجرای غده سیمانی، ۹. کیسه جفتگیری

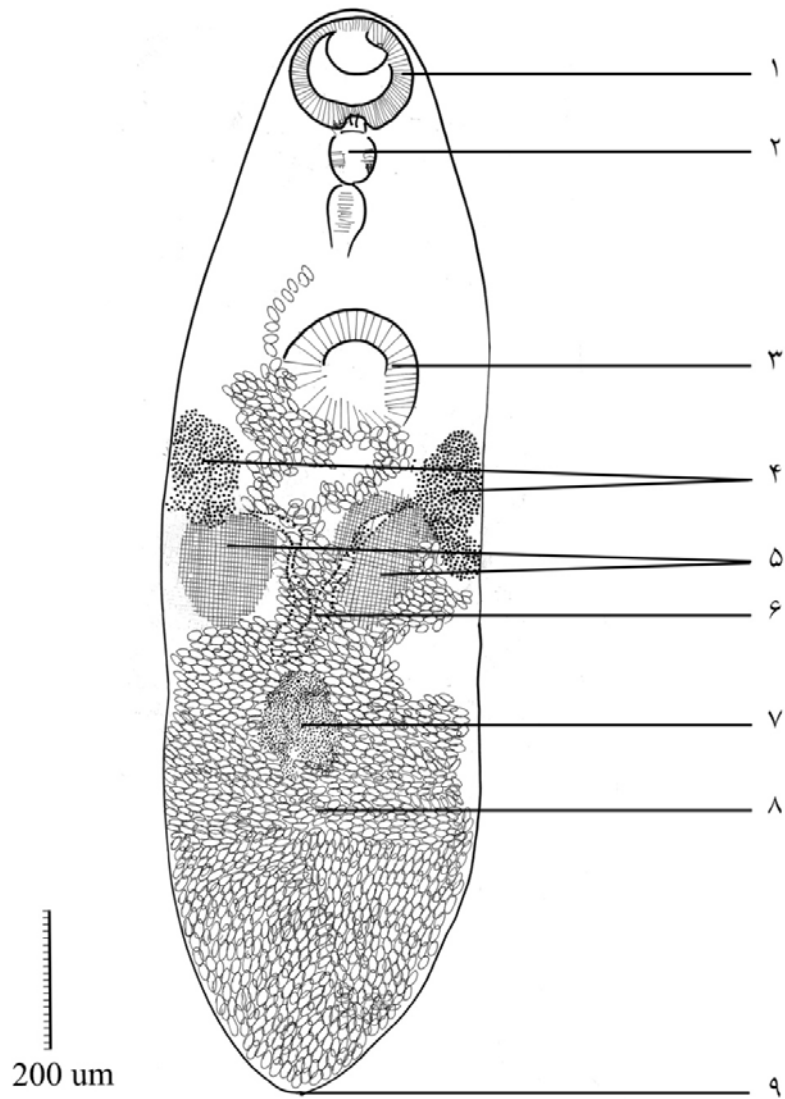
(b) نمای خرطوم و قلاب‌های آن

(c) نمای کیسه جفتگیری فنجان مانند





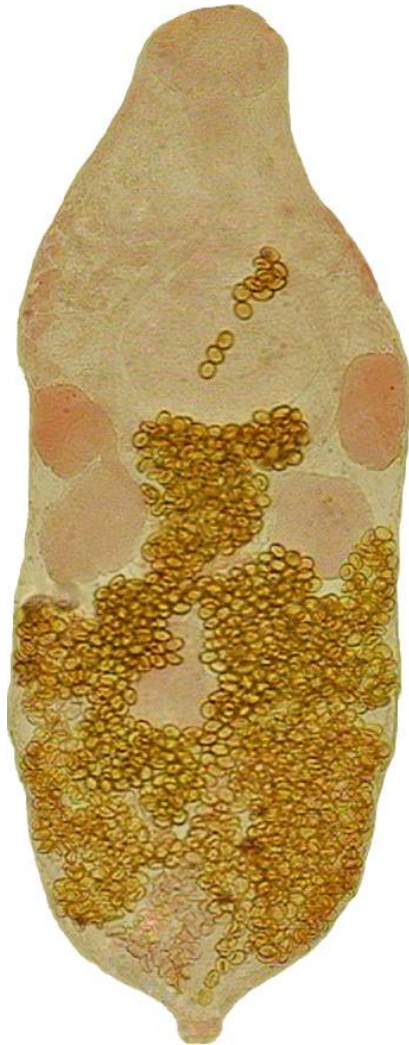
شکل ۳-۲. تصویر میکروسکوپی انگل *Corynosoma strumosum* جدا شده از کیلکای چشم درشت (×۱۰)



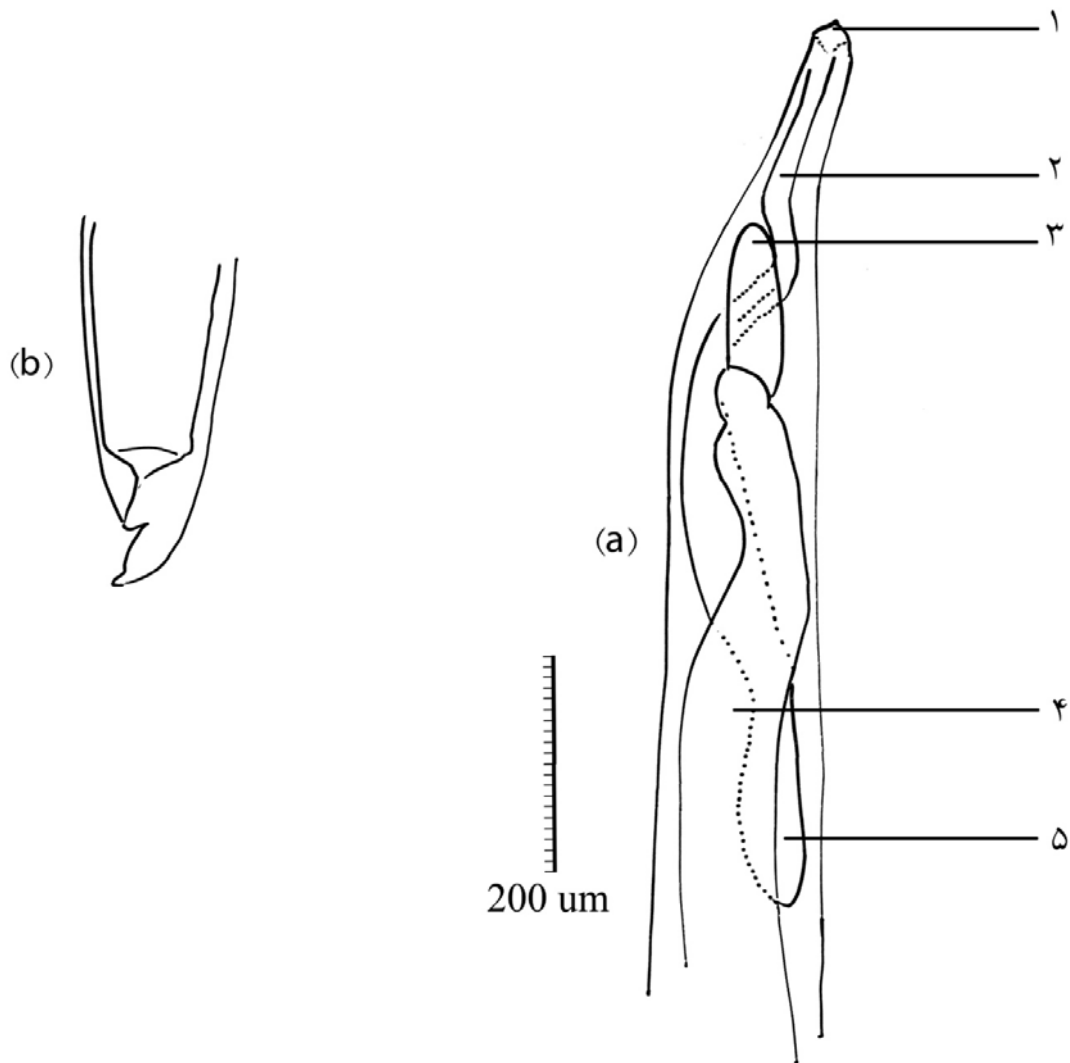
شکل ۳-۳. ترسیم انگل *Pronoprymna ventricosa* جدا شده از کیلکای معمولی.

۱. بادکش دهانی، ۲. حلق، ۳. بادکش شکمی، ۴. غدد و تیلوژن، ۵. بیضه‌ها، ۶. مجرای غدد

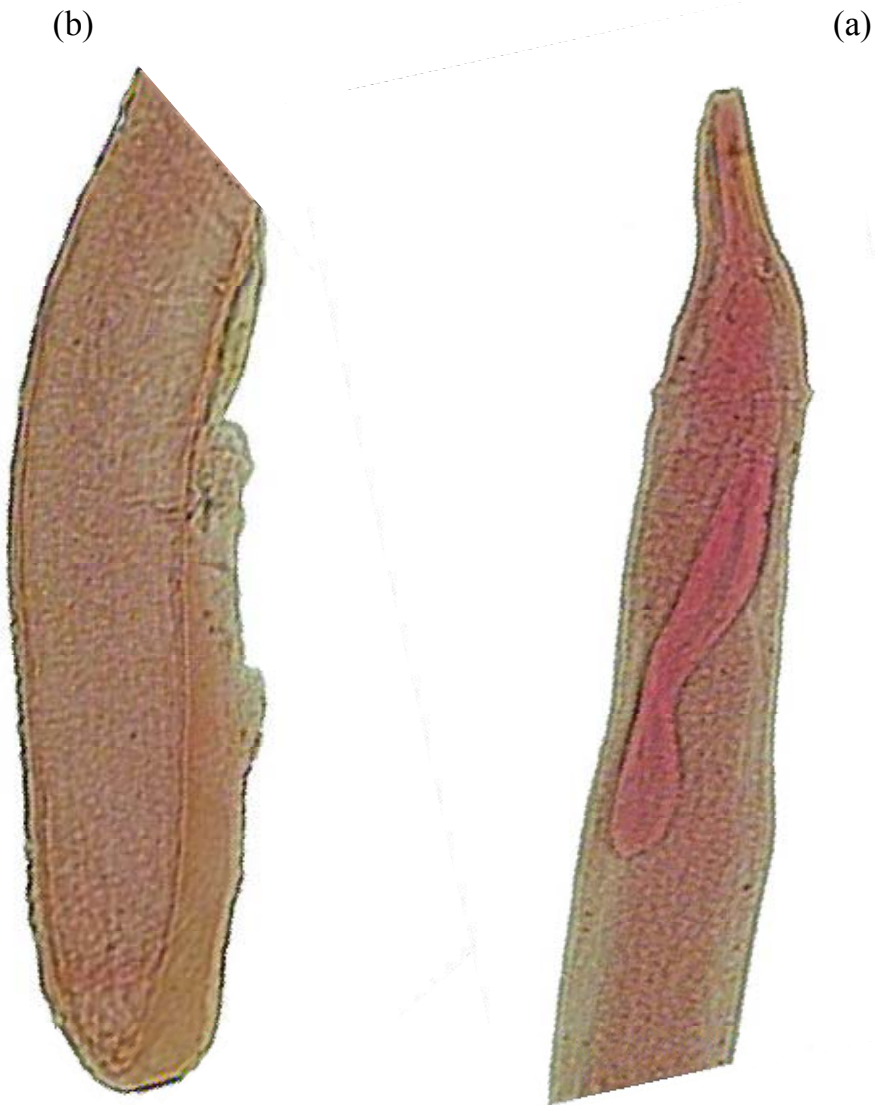
و تیلوژن، ۷. تخمدان، ۸. رحم حاوی تخم، ۹. منفذ دفعی



شکل ۳-۴. تصویر میکروسکوپی انگل *Pronoprymna ventricosa* جدا شده از کیلکای معمولی (×۴۰).



شکل ۳-۵. ترسیم لاروانگل *Contracaecum sp.* جدا شده از کیلکای معمولی.  
 (a) نمای انتهای قدامی: ۱. دهان، ۲. مری، ۳. روده کور روده‌ای، ۴. روده، ۵. روده کور مری  
 (b) نمای انتهای خلفی



شکل ۳-۶. تصویر میکروسکوپی لارو انگل *Contracaecum* sp. جدا شده از کیلکای معمولی (۴۰×).  
(a) انتهای قدامی. (b) انتهای خلفی.

### ۲-۳- نتایج حاصله از بررسی اکولوژیک آلودگی کیلکا ماهیان به انگل‌های کرمی دستگاه

#### گوارش

با توجه به نتایج تست‌های Kolmogorov- Smirnov و Shapiro-Wilk توزیع داده‌ها نرمال نمی‌باشد، لذا برای آنالیز آماری داده‌ها از تست‌های ناپارامتریک استفاده گردید.

#### ۱-۲-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک گونه‌های ماهی

درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی، کیلکای آنچوی و کیلکای چشم درشت در جدول ۱-۳ نشان داده شده است.

درصد آلودگی انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به طور معنی داری بیشتر از آنچوی است ( $p < 0/0005$  و  $\chi^2 = 145/51$ ) (شکل ۷-۳). همچنین نتایج تست *Mann-Whitney U* نشان داد، میانگین شدت آلودگی ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 821/5$ ) و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 393/5$ ) در کیلکای چشم درشت به طور معنی داری بیشتر از آنچوی می‌باشد (شکل ۸-۳ و ۹-۳).

درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به طور معنی داری بیشتر از آنچوی است ( $p < 0/0005$  و  $\chi^2 = 302/95$ ) (شکل ۱۰-۳). همچنین نتایج تست *Mann-Whitney U* نشان داد، میانگین شدت آلودگی ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 4610/5$ ) انگل مذکور و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 190/5$ ) در کیلکای معمولی به طور معنی داری بیشتر از آنچوی می‌باشد (شکل ۱۱-۳ و ۱۲-۳).

درصد آلودگی *Contracaecum sp.* در کیلکای معمولی به طور معنی داری بیشتر از چشم درشت است ( $p = 0/043$  و  $\chi^2 = 4/11$ ) (شکل ۱۳-۳). همچنین نتایج تست *Mann-Whitney U* نشان داد، میانگین شدت آلودگی ( $p = 0/007$  و  $Mann-Whitney U = 10606$ ) انگل مذکور در کیلکای معمولی بیش از چشم درشت است (شکل ۱۴-۳)، ولی میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده تفاوت معنی داری نشان نمی‌دهد.

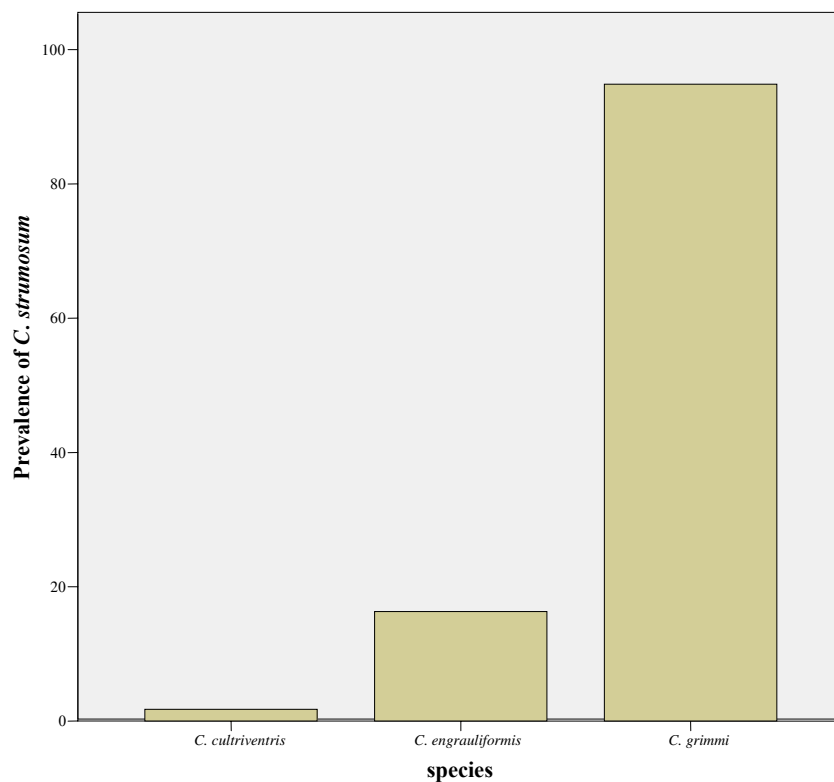
با توجه به اینکه درصد و شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به انگل *P. ventricosa*، همچنین کیلکای معمولی به انگل *C. strumosum* و کلیه ماهیان به انگل های *Anisakis sp.* و *Raphidascaris sp.* بسیار پایین است و تعداد کمی از ماهیان به این انگل ها آلوده هستند، در این موارد آنالیز آماری قابل انجام نمی باشد. در سایر موارد نیز در صورتی که آلودگی به یک انگل خاص در گونه ای از میزبان پایین بود، آنالیز آماری انجام نشد.

جدول ۳-۱. درصد و میانگین شدت آلودگی (±SE) در کیلکا ماهیان به تفکیک گونه

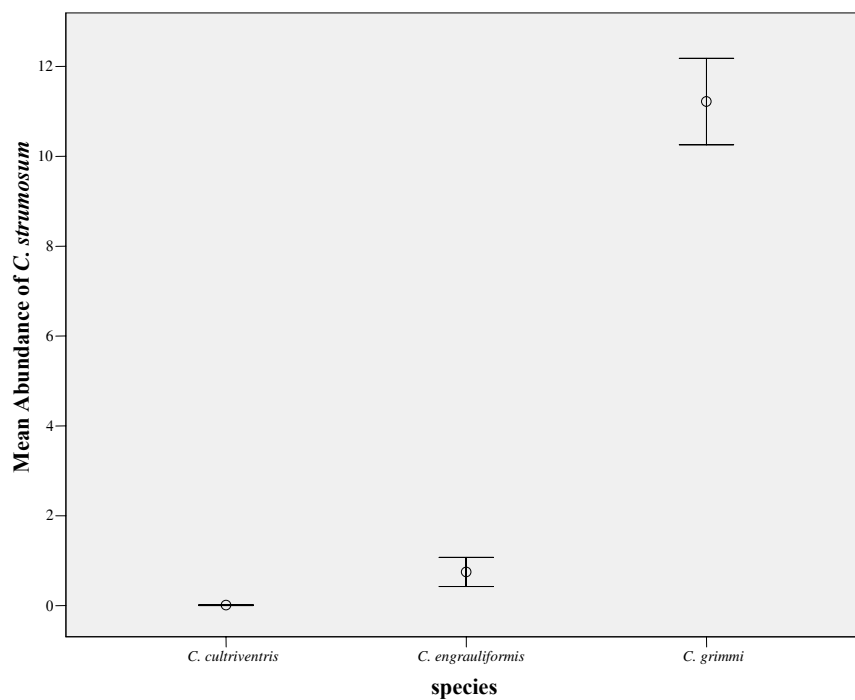
$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی Prevalence (%)	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده (± SE) Mean intensity	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین شدت آلودگی (± SE) Mean abundance	دامنه	میزبان	انگل
	1/8		1		0/01±0/01	1	<i>C. cultriventrus</i>	<i>C. strumosum</i>
145/51 (<0/0005)	16/3	393/5	4/60±1/71	821/5	0/75±0/32	1-27	<i>C. engrauliformis</i>	
	94/9	(<0/0005)	11/92±0/99	(<0/0005)	11/22±0/96	1-63	<i>C. grimmi</i>	
34/01 (<0/0005)	49/4	190/5	109/15±42/81	4610/5	54/58±21/75	1-3000	<i>C. cultriventrus</i>	<i>P. ventricosa</i>
	13/0	(<0/0005)	7/42±4/26	(<0/0005)	0/97±0/60	1-52	<i>C. engrauliformis</i>	
	5/1		2/86±0/60		0/15±0/06	1-5	<i>C. grimmi</i>	
4/11 (0/043)	11/8	NS*	1/05±0/05	10606 (0/007)	0/12±0/03	1-2	<i>C. cultriventrus</i>	<i>Contracaecum sp.</i>
	5/1		1		0/03±0/02	1	<i>C. grimmi</i>	
	4/3		1		0/03±0/02	1	<i>C. engrauliformis</i>	
-	1/2	-	1	-	0/01±0/01	1	<i>C. cultriventrus</i>	<i>Raphidascaris sp.</i>
	1/1		1		0/01±0/01	1	<i>C. engrauliformis</i>	
	0/7		1		0/01±0/01	1	<i>C. grimmi</i>	<i>Anisakis sp.</i>

\*NS = Not Significant

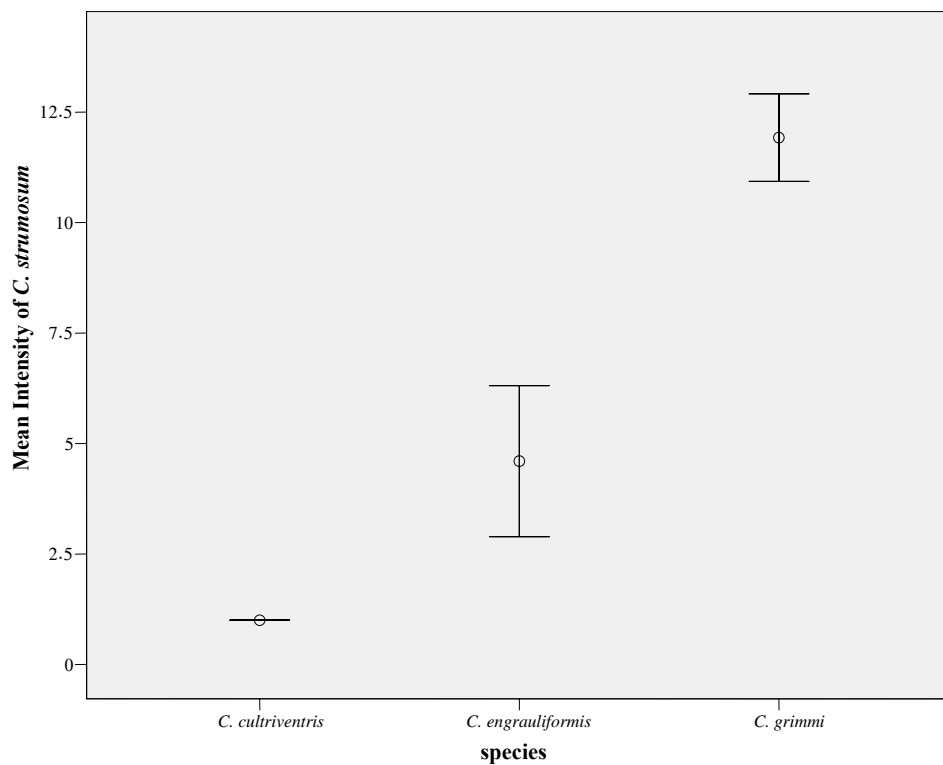




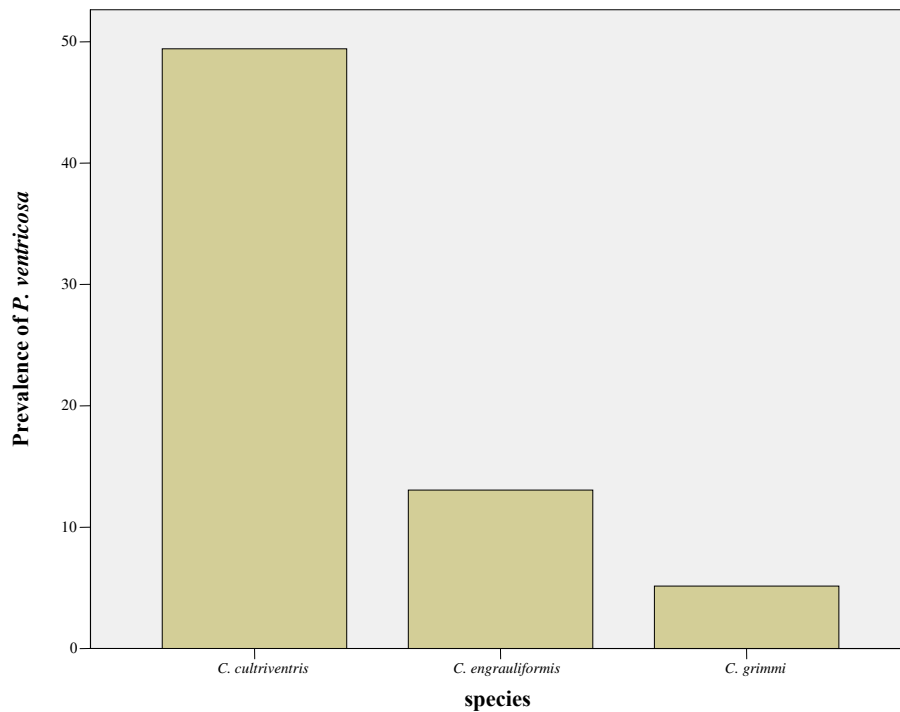
شکل ۳-۷. درصد آلودگی انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت



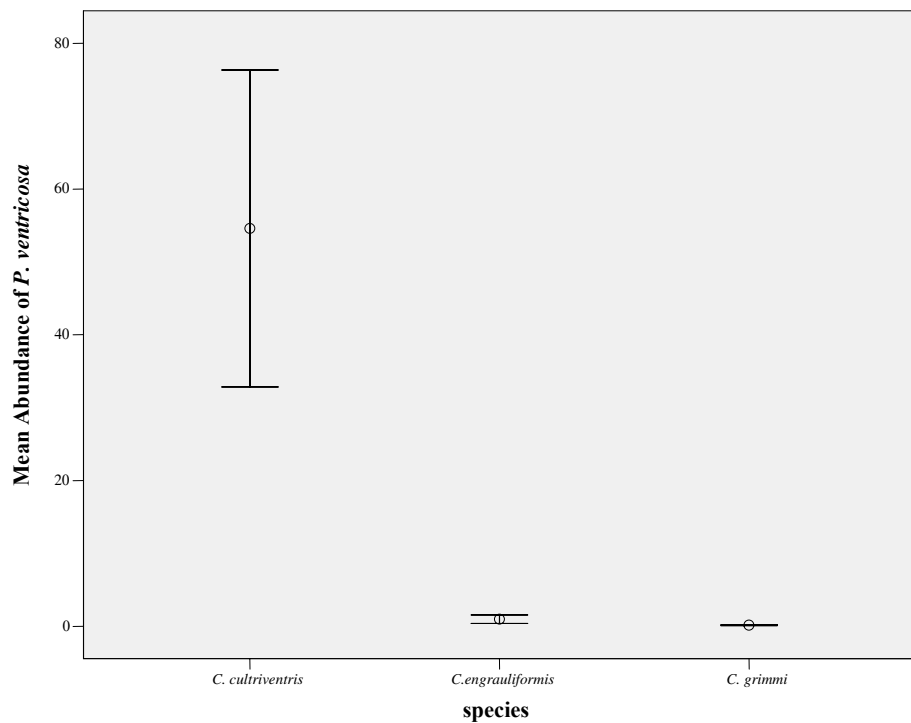
شکل ۳-۸. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت



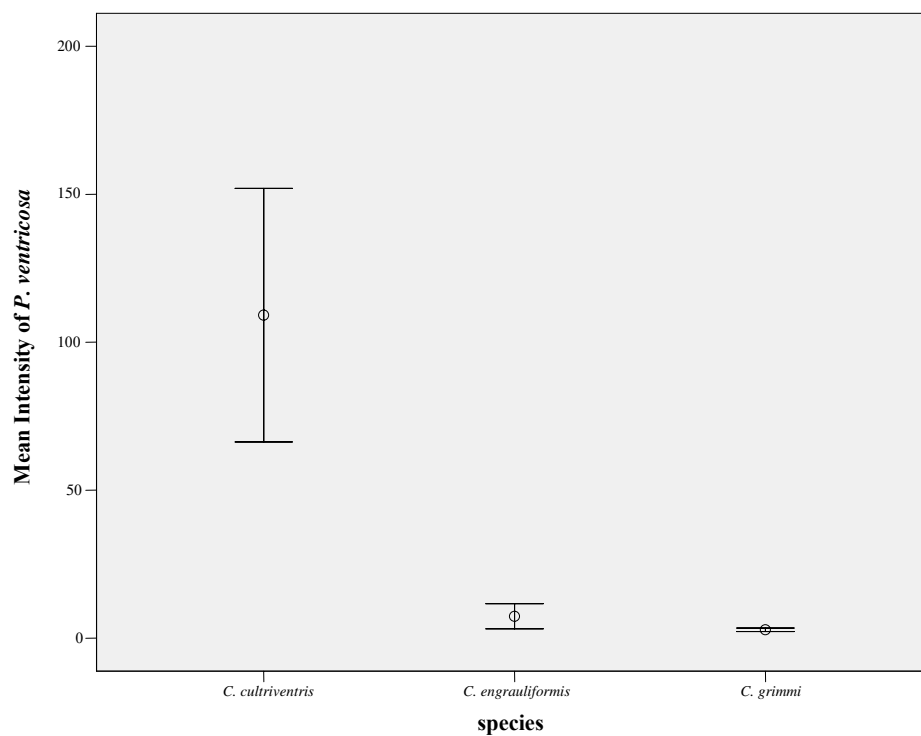
شکل ۳-۹. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت آلوده



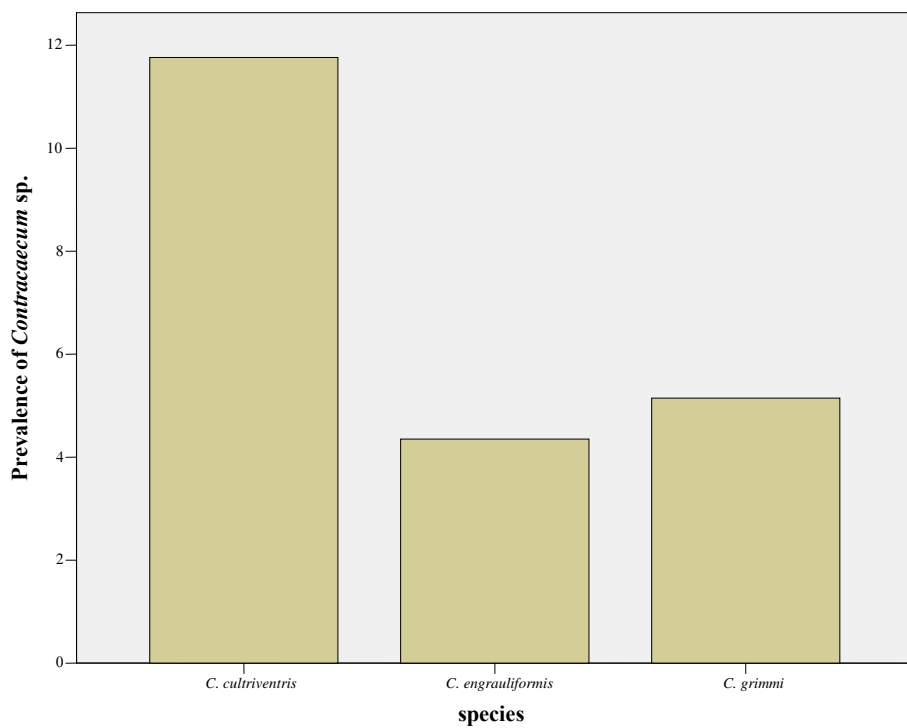
شکل ۳-۱۰. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت



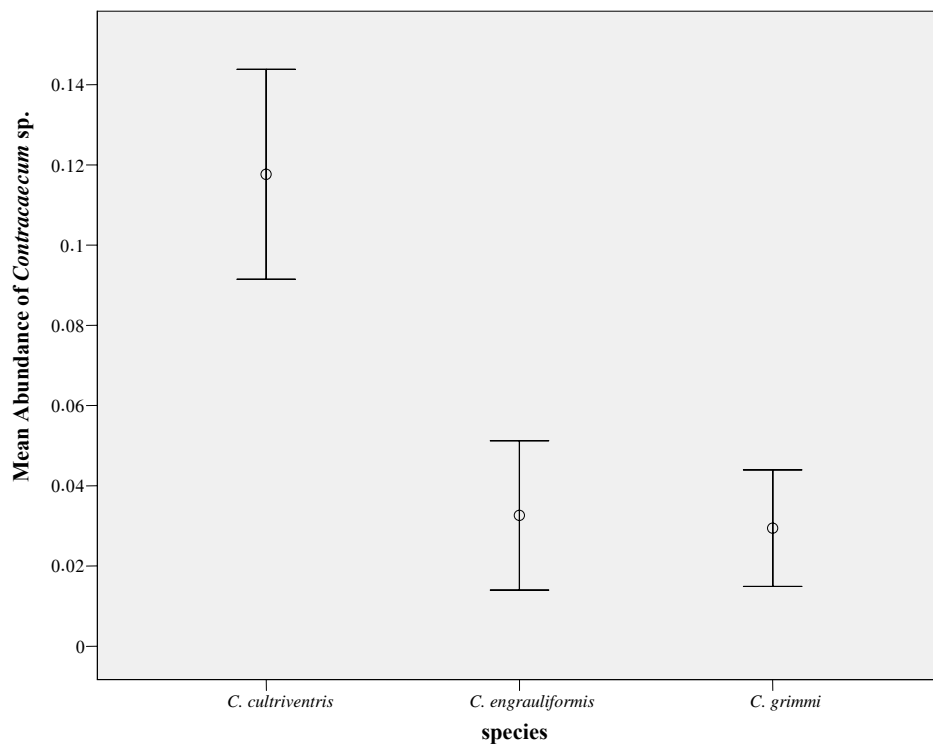
شکل ۳-۱۱. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت



شکل ۳-۱۲. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت آلوده



شکل ۳-۱۳. درصد آلودگی انگل *Contracaecum* sp. در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت



شکل ۳-۱۴. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *Contracaecum* sp. در کیلکای معمولی، آنچوی و چشم درشت

### ۳-۲-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک جنسیت

با توجه به نتایج تست‌های  $\chi^2$  و  $U$  Mann-Whitney، اختلاف معنی داری بین درصد آلودگی، میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی ماهیان آلوده به کلیه انگل‌ها در ماهی‌های نر و ماده سه گونه میزبان مشاهده نمی‌شود (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) در کیلکا ماهیان به تفکیک جنسیت

$\chi^2$ (P)	درصد آلودگی Prevalence (%)	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $\pm$ SE) Mean intensity $\pm$ SE	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) Mean abundance	دامنه	تعداد	جنسیت	گروه‌های طولی (cm)	انگل
NS*	1/8	NS*	1	NS*	0/02 $\pm$ 0/02	1	1	Male	<i>C. cultriventr</i>	<i>C. strumosum</i>
	1/8		1		0/01 $\pm$ 0/01	1	2	Female		
NS*	9/7	NS*	2/57 $\pm$ 0/68	NS*	0/26 $\pm$ 0/15	2-4	3	Male	<i>C. engrauliformis</i>	
	19/7		5/08 $\pm$ 2/13		1 $\pm$ 0/48	1-27	12	Female		
NS*	100	NS*	11/63 $\pm$ 3/34	NS*	11/63 $\pm$ 3/34	1-26	8	Male	<i>C. grimmi</i>	
	94/5		11/94 $\pm$ 1/04		11/20 $\pm$ 1/00	1-63	121	Female		
NS*	50/9	NS*	76/86 $\pm$ 26/89	NS*	39/13 $\pm$ 14/54	1-615	28	Male	<i>C. cultriventr</i>	<i>P. ventricosa</i>
	49/1		125/02 $\pm$ 62/57		62/51 $\pm$ 31/70	1-3000	56	Female		
NS*	16/1	NS*	5/2 $\pm$ 3/04	NS*	0/84 $\pm$ 0/57	1-17	5	Male	<i>C. engrauliformis</i>	
	11/5		9 $\pm$ 7/19		1/03 $\pm$ 0/85	1-52	7	Female		
-	-	-	-	-	-	-	-	Male	<i>C. grimmi</i>	
	5/5		2/86 $\pm$ 0/60		0/16 $\pm$ 0/07	1-5	7	Female		
NS*	9/1	NS*	1/20 $\pm$ 0/2	NS*	0/11 $\pm$ 0/05	1-2	5	Male	<i>C. cultriventr</i>	<i>Contractaecum sp.</i>
	13/2		1 $\pm$ 0		0/12 $\pm$ 0/03	1	15	Female		
-	9/7	-	1 $\pm$ 0	-	0/06 $\pm$ 0/05	1	3	Male	<i>C. engrauliformis</i>	
	1/6		1		0/02 $\pm$ 0/02	1	1	Female		
-	-	-	-	-	-	-	-	Male	<i>C. grimmi</i>	
	5/5		1 $\pm$ 0		0/03 $\pm$ 0/02	1	7	Female		
-	1/8	-	1	-	0/02 $\pm$ 0/02	1	1	Male	<i>C. cultriventr</i>	<i>Raphidascaris sp.</i>
	0/9		1		0/01 $\pm$ 0/01	1	1	Female		
-	3/2	-	1	-	0/03 $\pm$ 0/03	1	1	Male	<i>C. engrauliformis</i>	
	-		-		-	-	-	Female		
-	-	-	-	-	-	-	-	Male	<i>C. grimmi</i>	<i>Anisakis sp.</i>
	0/8		1		0/01 $\pm$ 0/01	1	1	Female		

\*NS = Not Significant

۳-۲-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک گروه های طولی

۳-۲-۳-۱- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک گروه های طولی

با استفاده از جدول توزیع فراوانی ماهی های کیلکای معمولی به سه گروه طولی تقسیم شدند:

گروه طولی ۱:  $11/2 \geq$  سانتی متر

گروه طولی ۲:  $11/2 - 11/9$  سانتی متر

گروه طولی ۳:  $11/9 \leq$  سانتی متر

درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک گروه های طولی در جدول ۳-۳ ارائه شده است. نتایج نشان می دهد درصد آلودگی به انگل *P. ventricosa* به طور معنی داری در گروه طولی ۱ بیشتر می باشد ( $p=0/029$  و  $\chi^2 = 7/061$ ) (شکل ۳-۱۵).

همچنین نتایج تست Kruskal-Wallis نشان می دهد اختلاف معنی داری بین میانگین شدت آلودگی انگل مذکور در گروه های طولی مختلف کیلکای معمولی وجود دارد ( $p = 0/047$  و  $\chi^2 = 6/132$ ) (شکل ۳-۱۶). ولی میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده بین گروه های طولی مختلف ماهی های کیلکای معمولی اختلاف معنی داری نشان نمی دهد. در بین سه گروه طولی، درصد آلودگی ( $p = 0/029$  و  $\chi^2 = 7/061$ ) و میانگین شدت آلودگی ( $p = 0/015$  و  $Mann-Whitney U = 841/5$ ) این انگل در گروه طولی ۱ بطور معنی داری بیشتر از گروه طولی ۳ می باشد.

نتایج تست Chi-square و Kruskal-Wallis نشان می دهد اختلاف معنی داری بین درصد، میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده بین گروه های طولی آلوده به *Contracaecum sp.* وجود ندارد.

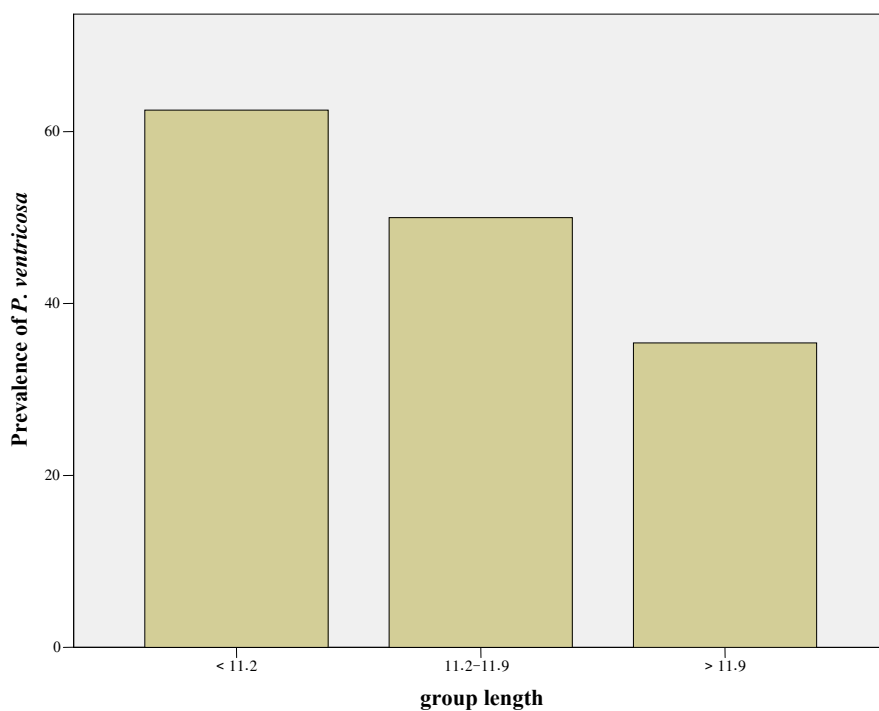
با توجه به اینکه درصد و شدت آلودگی به انگل های *C. strumosum* و *Raphidascaris sp.* در سه گروه طولی پایین می باشد و تعداد کمی از ماهیان به این انگل ها آلوده هستند، آنالیز آماری قابل انجام نمی باشد.

جدول ۳-۳. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل‌ها در کیلکای معمولی *C. cultriventris* به تفکیک گروه‌های طولی

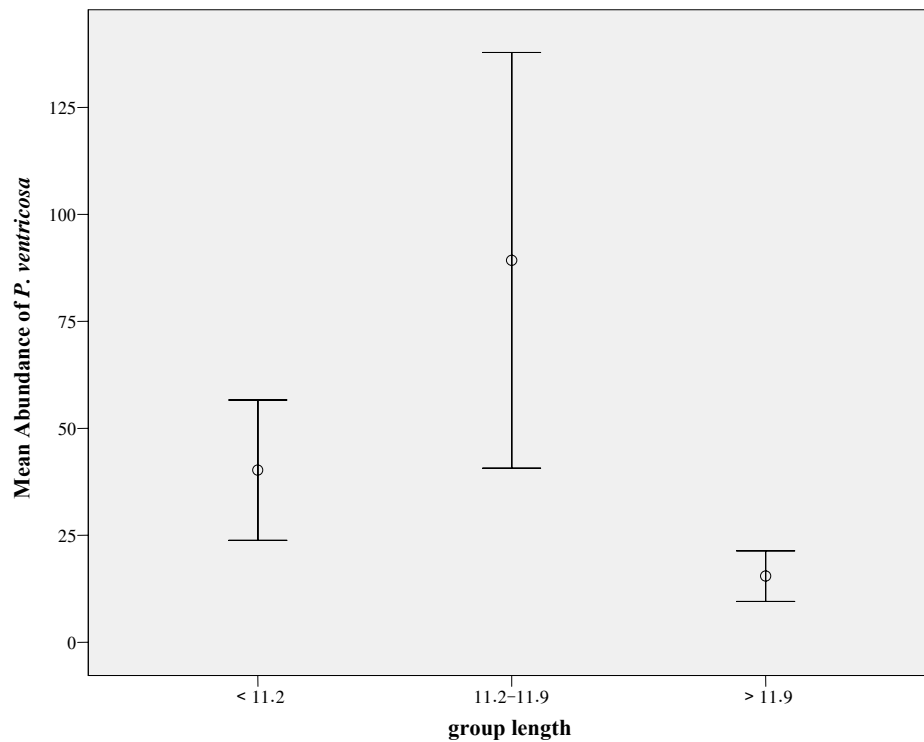
$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی Prevalence (%)	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $\pm$ SE) Mean intensity	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) Mean abundance	دامنه	گروه‌های طولی (cm)		انگل
-	2/1	-	1	-	0/02 $\pm$ 0/02	1	$\leq$ 11/2	1	<i>C. strumosum</i>
	2/7		1		0/01 $\pm$ 0/01	1	11/2-11/9	2	
	-		-		-	-	$\geq$ 11/9	3	
7/061 (0/029)	62/5	NS*	40/23 $\pm$ 16/39	6/132 (0/047)	62/29 $\pm$ 24/61	1-615	$\leq$ 11/2	1	<i>P. ventricosa</i>
	50		89/26 $\pm$ 48/56		178/51 $\pm$ 95/49	1-3000	11/2-11/9	2	
	35/4		15/46 $\pm$ 5/92		43/65 $\pm$ 14/613	1-235	$\geq$ 11/9	3	
NS*	8/3	NS*	1 $\pm$ 0	NS*	0/08 $\pm$ 0/04	1	$\leq$ 11/2	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	13/5		1/10 $\pm$ 0/1		0/15 $\pm$ 0/05	1-2	11/2-11/9	2	
	12/5		1 $\pm$ 0		0/01 $\pm$ 0/05	1	$\geq$ 11/9	3	
-	-	-	-	-	-	-	$\leq$ 11/2	1	<i>Raphidascaris</i> sp.
	2/7		1 $\pm$ 0		0/03 $\pm$ 0/02	1	11/2-11/9	2	
	-		-		-	-	$\geq$ 11/9	3	

\*NS = Not Significant





شکل ۳-۱۵. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک گروه‌های طولی



شکل ۳-۱۶. میانگین شدت آلودگی انگل ( $\pm$ SE) *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک گروه‌های طولی

۳-۲-۳-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای آنچوی به تفکیک گروه های طولی

با استفاده از جدول توزیع فراوانی، ماهی های کیلکای آنچوی به سه گروه طولی تقسیم شدند:

گروه طولی ۱:  $13 \geq$  سانتی متر

گروه طولی ۲:  $13/5 - 13$  سانتی متر

گروه طولی ۳:  $13/5 \leq$  سانتی متر

با توجه به نتایج تست  $\chi^2$  و Kruskal-Wallis، اختلاف معنی داری بین درصد آلودگی،

میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی ماهیان آلوده به کلیه انگل ها بین سه گروه طولی مشاهده

نمی شود (جدول ۳-۴).

جدول ۳-۴. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل‌ها در کیلکای آنچوی *C. engrauliformis* به تفکیک گروه‌های طولی

$\chi^2$ (P)	درصد آلودگی Prevalence (%)	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $\pm$ SE) Mean intensity	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) Mean abundance	دامنه	گروه‌های طولی (cm)		انگل
NS*	29/2	NS*	6/86 $\pm$ 3/47	NS*	2 $\pm$ 1/16	1-27	$\leq$ 13	1	<i>C. strumosum</i>
	7/7		3/33 $\pm$ 2/33		0/26 $\pm$ 0/21	1-8	13-13/5	2	
	17/2		2/20 $\pm$ 0/58		0/38 $\pm$ 0/18	1-4	$\geq$ 13/5	3	
NS*	12/5	NS*	6/67 $\pm$ 5/18	NS*	0/83 $\pm$ 0/71	1-17	$\leq$ 13	1	<i>P. ventricosa</i>
	12/8		2/80 $\pm$ 0/92		0/36 $\pm$ 0/19	1-5	13-13/5	2	
	13/8		13/75 $\pm$ 12/75		1/90 $\pm$ 1/79	1-52	$\geq$ 13/5	3	
-	4/2	-	-	-	-	1	$\leq$ 13	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	7/7		1 $\pm$ 0		0/08 $\pm$ 0/04	1	13-13/5	2	
	-		-		-	1	$\geq$ 13/5	3	
-	-	-	-	-	-	-	$\leq$ 13	1	<i>Raphidascaris</i> sp.
	2/6		1		0/03 $\pm$ 0/03	1	13-13/5	2	
	-		-		-	-	$\geq$ 13/5	3	

\*NS = Not Significant

### ۳-۲-۳-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه های طولی

با استفاده از جدول توزیع فراوانی ماهی های کیلکای چشم درشت به سه گروه طولی تقسیم شدند:

گروه طولی ۱:  $13/7 \geq$  سانتی متر

گروه طولی ۲:  $13/7 - 14/3$  سانتی متر

گروه طولی ۳:  $14/3 \leq$  سانتی متر

درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه های طولی در جدول ۳-۵ ارائه شده است.

درصد آلودگی به انگل *C. strumosum* در سه گروه طولی اختلاف معنی دار نشان می دهد ( $p = 0/002$ ) و

$$(\chi^2 = 12/929) \text{ (شکل ۳-۱۷)}.$$

همچنین نتایج تست Kruskal-Wallis نشان می دهد اختلاف معنی داری بین میانگین شدت آلودگی

انگل مذکور ( $p < 0/0005$ ) و  $\chi^2 = 21/847$  و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $p = 0/001$ ) و

در بین سه گروه طولی، درصد آلودگی ( $\chi^2 = 14/966$ ) در گروه های طولی مختلف کیلکای چشم درشت وجود دارد (شکل ۳-۱۸ و شکل ۳-۱۹).

در بین سه گروه طولی، درصد آلودگی ( $p = 0/005$ ) و  $\chi^2 = 7/873$  و میانگین شدت آلودگی ( $p < 0/0005$ )

می باشد. همچنین درصد آلودگی در گروه طولی ۲ نیز به طور معنی داری بیشتر از گروه طولی ۱

می باشد. همچنین درصد آلودگی در گروه طولی ۲ نیز به طور معنی داری بیشتر از گروه طولی ۱ می باشد

$$(\chi^2 = 6/380 \text{ و } p = 0/012).$$

درصد آلودگی به انگل *P. ventricosa* در گروه طولی ۱ به صورت معنی داری بیشتر از گروه طولی ۲

است ( $p = 0/019$ ) و  $\chi^2 = 7/977$  (شکل ۳-۲۰). ولی اختلاف معنی داری بین میانگین شدت آلودگی و

میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده در گروه های طولی ۱ و ۲ مشاهده نمی شود.

با توجه به اینکه درصد و شدت آلودگی به انگل های *Contracaecum sp.* و *Anisakis sp.* در

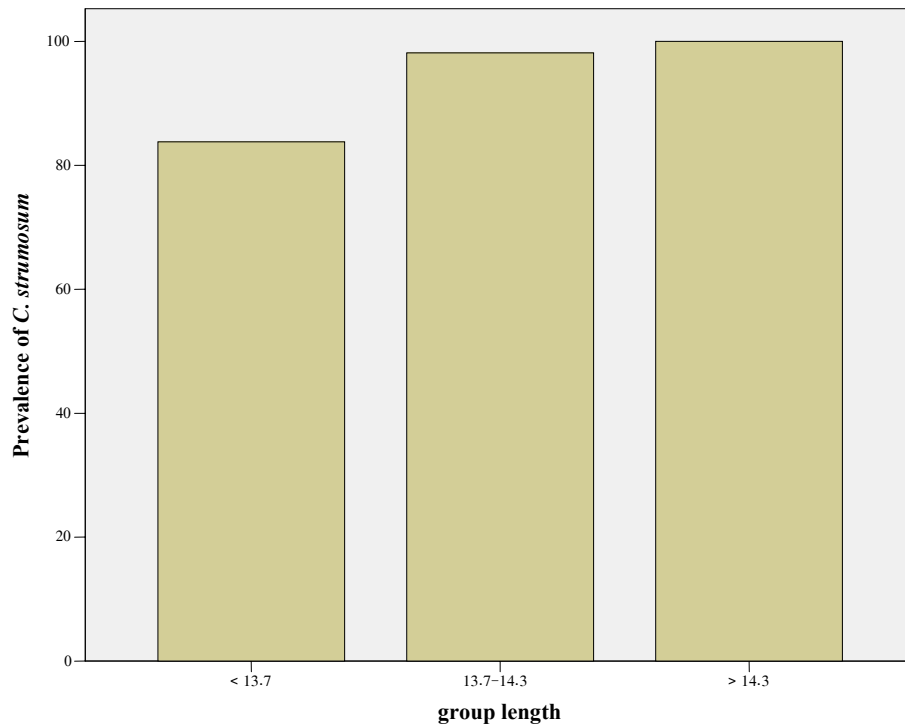
سه گروه طولی پایین است و تعداد کمی از ماهیان به این انگل ها آلوده هستند، آنالیز آماری قابل انجام

نمی باشد.

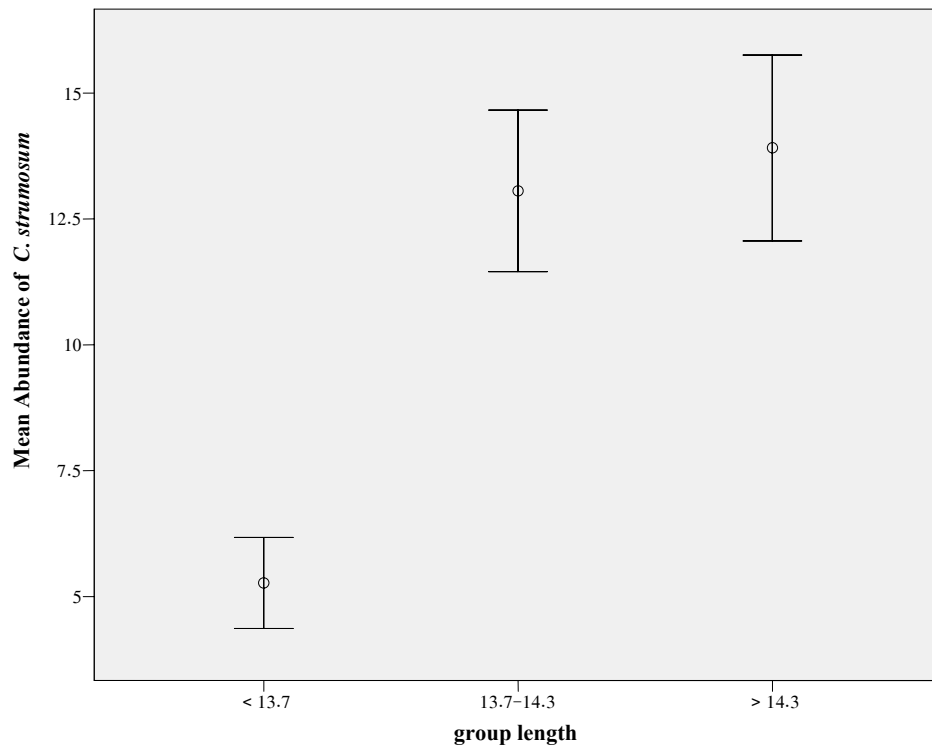
جدول ۳-۵. درصد و میانگین شدت آلودگی (±SE) انگل‌ها در کیلکای چشم درشت *C. grimmi* به تفکیک گروه های طولی

$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی	آنالیز آماری	میانگین شدت آلودگی در	آنالیز آماری	میانگین شدت	دامنه	گروه‌های طولی		انگل
	Prevalence (%)		ماهیان آلوده (± SE)		آلودگی (± SE)		(cm)		
			Mean intensity		Mean abundance				
12/929 (0/002)	83/8	Kruskal-Wallis test (P) 14/966 (0/001)	6/29±0/98	Kruskal-Wallis test (P) 21/847 (<0/0005)	5/27±0/91	1-23	≤13/7	1	<i>C. strumosum</i>
	98/1		13/30±1/62		13/06±1/60	2-63	13/7-14/3	2	
	100		14/23±1/86		13/91±1/85	1-45	≥14/3	3	
7/977 (0/019)	13/5	Mann-Whitney <i>U</i> -test (P) NS*	2/60±0/68	Mann-Whitney <i>U</i> -test (P) NS*	0/35±0/17	1-5	≤13/7	1	<i>P. ventricosa</i>
	3/7		3/5±1/5		0/13±0/10	2-5	13/7-14/3	2	
	-	-	-	-	-	-	≥14/3	3	
-	5/4	-	1±0	-	0/05±0/04	1	≤13/7	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	3/7		1		0/02±0/02	1	13/7-14/3	2	
	6/7		1		0/02±0/02	1	≥14/3	3	
-	-	-	-	-	-	-	≤13/7	1	<i>Anisakis</i> sp.
	1/9		1		0/02±0/02	1	13/7-14/3	2	
	-		-		-	-	≥14/3	3	

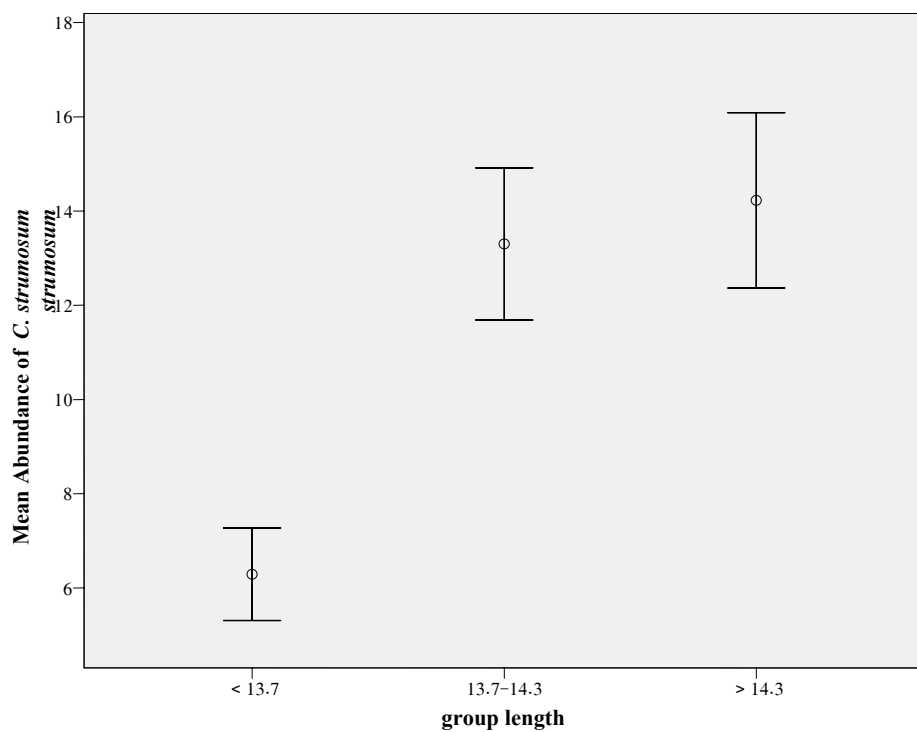
\*NS = Not Significant



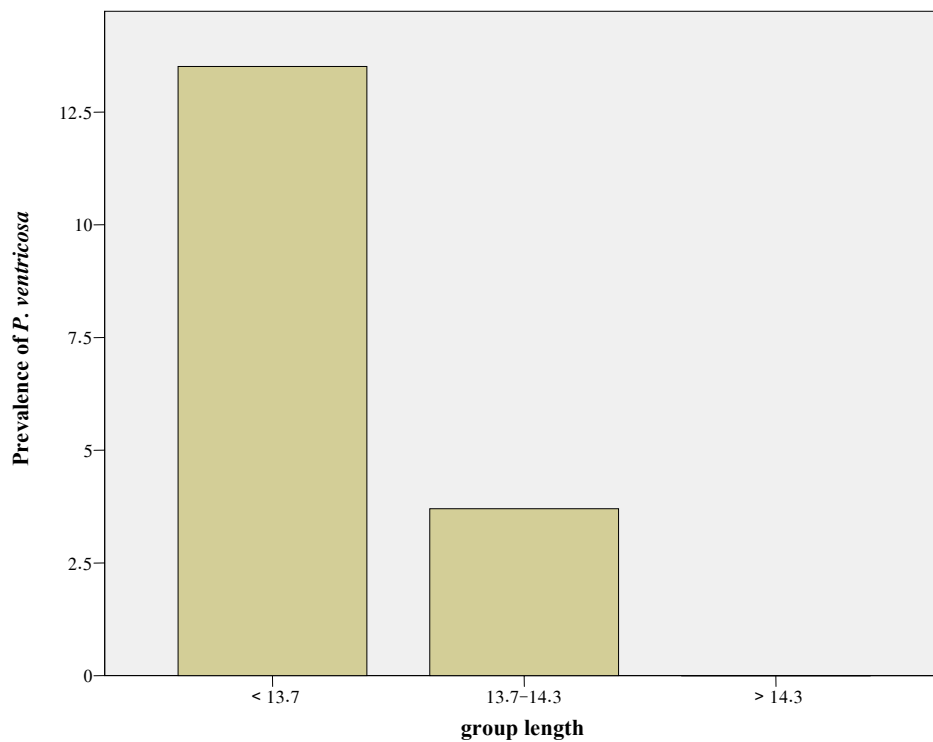
شکل ۳-۱۷. درصد آلودگی انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی



شکل ۳-۱۸. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی



شکل ۳-۱۹. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت آلوده به تفکیک گروه‌های طولی



شکل ۳-۲۰. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای چشم درشت به تفکیک گروه‌های طولی

### ۳-۲-۴- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکا ماهیان به تفکیک فصل

### ۳-۲-۴-۱- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک فصل

درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به تفکیک فصل در جدول ۳-۶ ارائه شده است. نتایج در پنج فصل شامل پاییز ۸۵ (۱)، زمستان ۸۵ (۲)، بهار ۸۶ (۳)، تابستان ۸۶ (۴) و پاییز ۸۶ (۵) ارائه شده است. لازم به ذکر است به علت عدم وجود تعداد کافی نمونه در فصل زمستان، این فصل در آنالیزهای آماری در نظر گرفته نشده است.

درصد آلودگی به انگل *P. ventricosa* در چهار فصل پاییز ۸۵، بهار ۸۶، تابستان ۸۶ و پاییز ۸۶ اختلاف معنی دار نشان می‌دهد ( $p = 0/004$  و  $\chi^2 = 13/402$ ). درصد آلودگی به *P. ventricosa* در فصل تابستان به طور معنی داری بیش از پاییز ۸۵ ( $p = 0/004$  و  $\chi^2 = 8/210$ )، در فصل تابستان بیش از بهار ۸۶ ( $p = 0/046$  و  $\chi^2 = 3/991$ ) و در فصل تابستان بیش از پاییز ۸۶ ( $p = 0/001$  و  $\chi^2 = 11/293$ ) می‌باشد. بنابراین درصد آلودگی از پاییز ۸۵ تا تابستان ۸۶ به طور معنی داری افزایش پیدا نموده و پس از آن روند نزولی مشاهده می‌شود. (شکل ۳-۲۱).

با توجه به نتایج تست Kruskal-Wallis، اختلاف معنی دار بین میانگین شدت آلودگی *P. ventricosa* در چهار فصل پاییز ۸۵، بهار، تابستان و پاییز ۸۶ در کیلکای معمولی مشاهده گردید ( $p < 0/0005$ ). میانگین شدت آلودگی در فصل بهار به حداکثر مقدار خود رسیده و سپس تا پاییز ۸۶ کاهش نشان می‌دهد. اما نتایج تست Mann-Whitney *U* نشان می‌دهد میانگین شدت آلودگی در فصل پاییز ۸۶ به طور معنی داری بیش از پاییز ۸۵ ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 1194$ )، در فصل بهار بیش از پاییز ۸۶ ( $p = 0/043$  و  $Mann-Whitney U = 287$ ) و در فصل تابستان بیش از پاییز ۸۶ ( $p = 0/025$  و  $Mann-Whitney U = 906/5$ ) می‌باشد (شکل ۳-۲۲).

با توجه به نتایج تست Kruskal-Wallis، اختلاف معنی داری بین میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده *P. ventricosa* در چهار فصل پاییز ۸۵، بهار ۸۶، تابستان ۸۶ و پاییز ۸۶ در کیلکای معمولی مشاهده گردید ( $p < 0/0005$  و  $\chi^2 = 22/249$ ). میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده نیز در فصل بهار به حداکثر مقدار خود رسیده و سپس تا پاییز ۸۶ کاهش نشان می‌دهد. اما نتایج تست Mann-Whitney *U* نشان می‌دهد میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده به طور معنی داری در فصل بهار بیش از پاییز ۸۶



( $p = 0/001$  و  $U = 29$  Mann-Whitney) و تابستان و بیش از پاییز ۸۶ ( $p < 0/0005$ ) و  $82/5 =$

$U$  Mann-Whitney) می باشد (شکل ۳-۲۳).

اختلاف معنی داری بین درصد آلودگی، میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده به

انگل *Contracaecum sp.* در سه فصل پاییز ۸۵، بهار ۸۶ و تابستان ۸۶ مشاهده نمی شود.

با توجه به اینکه تعداد نمونه، درصد و شدت آلودگی به انگل های *C. strumosum* و

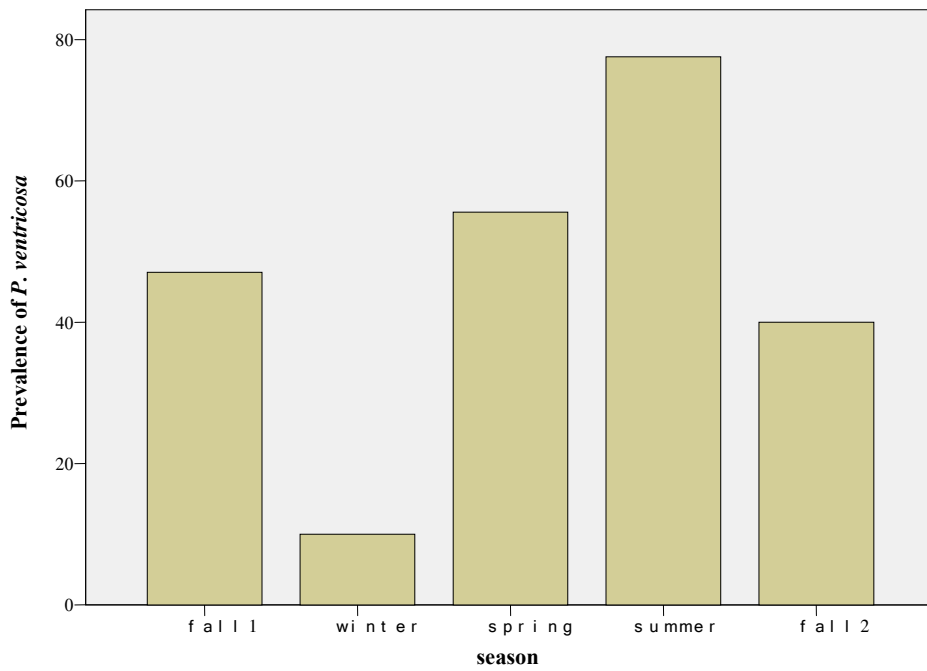
*Raphidascaris sp.* در فصول مختلف پایین است و تعداد کمی از ماهیان به این انگل ها آلوده هستند،

آنالیز آماری قابل انجام نمی باشد.

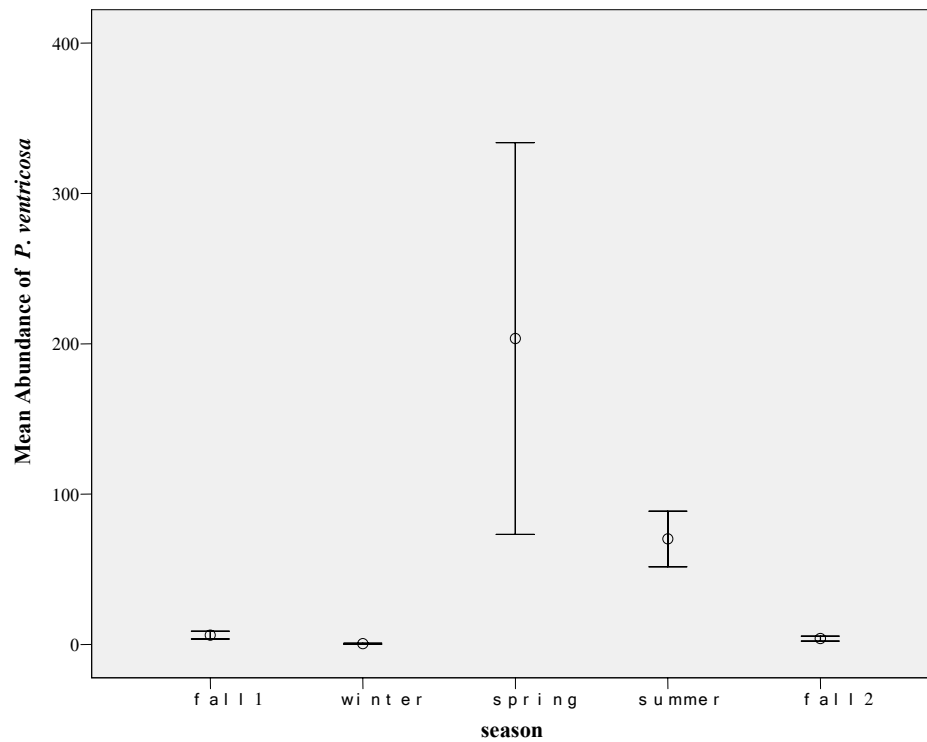
جدول ۳-۶. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل‌ها در کیلکای معمولی *C. cultriventris* به تفکیک فصل

$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی Prevalence (%)	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $\pm$ SE) Mean intensity	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) Mean abundance	دامنه	فصل	انگل
-	3/3	-	1	-	0/03 $\pm$ 0/03	1	1	<i>C. strumosum</i>
	3/7		1		0/03 $\pm$ 0/03	1	2	
	-		-		-	-	3	
	-		-		-	-	4	
	-		-		-	-	5	
13/402 (0/004)	47/1	22/249 (<0/0005)	13/19 $\pm$ 5/05	25/233 (<0/0005)	6/21 $\pm$ 2/60	1-64	1	<i>P. ventricosa</i>
	10		4/67 $\pm$ 3/18		0/47 $\pm$ 0/37	1-11	2	
	55/6		366/40 $\pm$ 229/13		203/56 $\pm$ 130/31	3-3000	3	
	77/6		90/5 $\pm$ 22/90		70/18 $\pm$ 18/53	2-615	4	
	40		9/08 $\pm$ 3/44		3/93 $\pm$ 1/68	1-42	5	
NS*	20/6	NS*	1	NS*	0/21 $\pm$ 0/07	1-2	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	10		1/33 $\pm$ 0/33		0/13 $\pm$ 0/08	1-2	2	
	14/8		1		0/15 $\pm$ 0/07	1	3	
	10/2		1		0/08 $\pm$ 0/04	1	4	
	3/3		1		0/03 $\pm$ 0/03	1	5	
-	-	-	-	-	-	-	1	<i>Raphidascaris</i> sp.
	3/3		1		0/03 $\pm$ 0/03	1	2	
	3/7		1		0/04 $\pm$ 0/04	1	3	
	-		-		-	-	4	
	-		-		-	-	5	

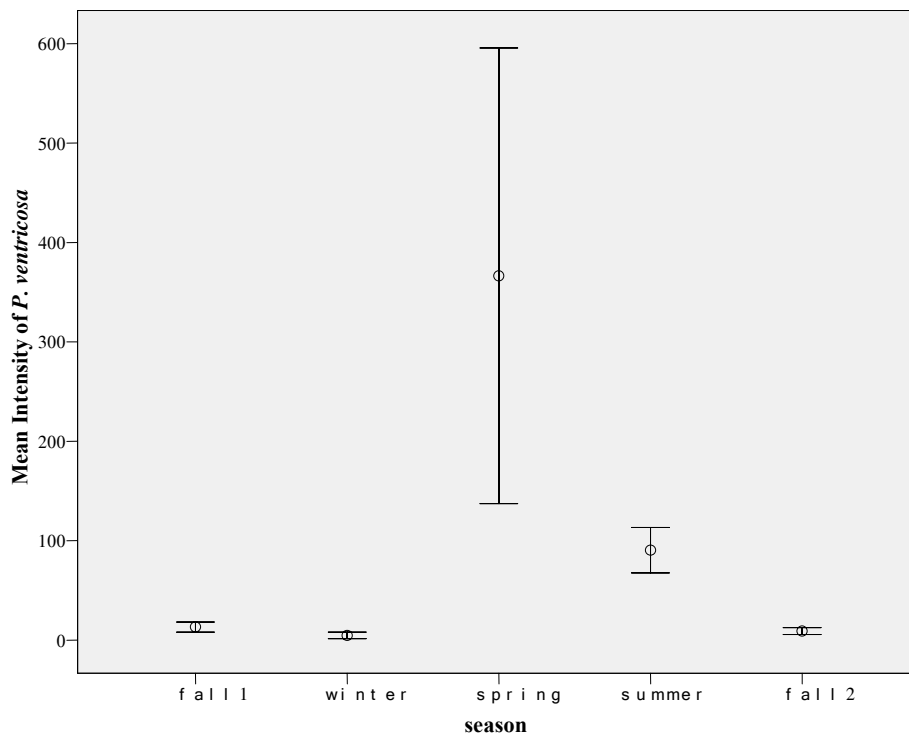
\*NS = Not Significant



شکل ۳-۲۱. درصد آلودگی انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک فصل



شکل ۳-۲۲. میانگین شدت آلودگی انگل  $(\pm SE)$  *P. ventricosa* در کیلکای معمولی به تفکیک فصل



شکل ۳-۲۳. میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی آلوده به تفکیک فصل

### ۳-۲-۴-۲- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای آنجوی به تفکیک فصل

درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای آنجوی به تفکیک فصول پاییز ۸۵ (۱)، زمستان ۸۵ (۲)، بهار ۸۶ (۳)، تابستان ۸۶ (۴) و پاییز ۸۶ (۵) در جدول ۳-۷ ارائه شده است. با توجه به اینکه تعداد نمونه، درصد و شدت آلودگی به انگل های *Contracaecum* sp.، *C. strumosum*، *P. ventricosa* و *Raphidascaris* sp. در فصول مختلف پایین است، آنالیز آماری قابل انجام نمی باشد.

جدول ۳-۷. درصد و میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) انگل‌ها در کیلکای آنچوی *C. engrauliformis* به تفکیک فصل

$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی Prevalence (%)	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده ( $\pm$ SE) Mean intensity	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی ( $\pm$ SE) Mean abundance	دامنه	فصل	انگل
-	24/3	-	5/33 $\pm$ 2/82	-	1/30 $\pm$ 0/76	1-27	1	<i>C. strumosum</i>
	18/2		4/5 $\pm$ 1/26		0/82 $\pm$ 0/43	2-8	2	
	-		-		-	-	3	
	6/3		2/5 $\pm$ 0/50		0/09 $\pm$ 0/07	1-2	4	
	-		-		-	-	5	
-	5/4	-	1	-	0/05 $\pm$ 0/04	1	1	<i>P. ventricosa</i>
	13/6		1/33 $\pm$ 0/33		0/18 $\pm$ 0/11	1-2	2	
	-		-		-	-	3	
	21/9		11/86 $\pm$ 7/01		2/59 $\pm$ 1/69	1-52	4	
	-		-		-	-	5	
-	2/7	-	1	-	0/03 $\pm$ 0/03	1	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	9/1		1		0/05 $\pm$ 0/05	1	2	
	-		-		-	-	3	
	3/1		1		0/03 $\pm$ 0/03	1	4	
	-		-		-	-	5	
-	-	-	-	-	-	-	1	<i>Raphidascaris</i> sp.
	4/5		1		0/05 $\pm$ 0/05	1	2	
	-		-		-	-	3	
	-		-		-	-	4	
	-		-		-	-	5	

۳-۲-۴-۳- درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک فصل  
درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به تفکیک فصول پاییز ۸۵ (۱)، زمستان ۸۵ (۲)، بهار  
۸۶ (۳)، تابستان ۸۶ (۴) و پاییز ۸۶ (۵) در جدول ۳-۸ ارائه شده است.  
با توجه به نتایج تست‌های Chi-square و Kruskal-Wallis، در سه فصل پاییز ۸۵، زمستان ۸۵ و  
پاییز ۸۶ اختلاف معنی داری بین درصد آلودگی، میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی  
در ماهیان آلوده به *C. strumosum* در فصول مختلف مشاهده نگردید. به علت عدم وجود تعداد کافی  
نمونه در بهار و تابستان، این فصول در آنالیزهای آماری در نظر گرفته نشده است.  
با توجه به اینکه تعداد نمونه، درصد و شدت آلودگی به انگل‌های *P. ventricosa*،  
*Contracaecum sp.* و *Anisakis sp.* در فصول مختلف پایین است و تعداد کمی از ماهیان به این  
انگل‌ها آلوده هستند، آنالیز آماری قابل انجام نمی‌باشد.

جدول ۳-۸. درصد و میانگین شدت آلودگی (±SE) انگل‌ها در کیلکای چشم درشت *C. grimmi* به تفکیک فصل

$\chi^2 (P)$	درصد آلودگی Prevalence (%)	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی در ماهیان آلوده (± SE) Mean intensity	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین شدت آلودگی (± SE) Mean abundance	دامنه	فصل	انگل
NS*	90	NS*	11/37±2/73	NS*	10/23±2/53	1-63	1	<i>C. strumosum</i>
	100		15/07±2/36		15/07±2/36	1-45	2	
	-		-		-	0	3	
	100		-		0	1	4	
	96/2		10/97±1/10		10/41±1/08	1-43	5	
-	16/7	-	2/80±0/58	-	0/47±0/21	2-5	1	<i>P. ventricosa</i>
	-		-		-	-	2	
	-		-		-	-	3	
	100		5		5	5	4	
	1/3		1		0/01±0/01	1	5	
-	6/7	-	1	-	0/07±0/05	1	1	<i>Contracaecum</i> sp.
	14/8		1		0/04±0/04	1	2	
	-		-		-	-	3	
	100		1		1	1	4	
	-		-		-	-	5	
-	-	-	-	-	-	-	1	<i>Anisakis</i> sp.
	3/7		1		0/04±0/04	1	2	
	-		-		-	-	3	
	-		-		-	-	4	
	-		-		-	-	5	

\*NS = Not Significant

### ۳-۲-۵- محاسبه شاخص‌های اکولوژیک در کیلکا ماهیان

شاخص‌های اکولوژیک تنوع گونه‌ای شانون (Shannon diversity index)، یکنواختی (Equitability)، غنای گونه ای (Species richness)، غالبیت (Dominance index) و تشابه کیفی و کمی (Qualitative and quantitative Sorenson similarity indices) در جدول ۳-۹ ارائه گردیده است. بر این اساس غنای گونه‌ای در هر سه میزبان مشابه (چهار) است. انگل غالب در کیلکای معمولی و آنچوی *P. ventricosa* و در کیلکای چشم درشت *C. strumosum* و شاخص غالبیت در میزبان‌ها به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۵۵ و ۰/۹۸ می‌باشد. شاخص یکنواختی نیز در کیلکای آنچوی به مقدار ۰/۵۷۶ می‌باشد که بسیار بیشتر از مقادیر آن در کیلکای معمولی (۰/۰۱۳) و کیلکای چشم درشت (۰/۰۶۷) است. شاخص شباهت کیفی و کمی در کیلکای معمولی و آنچوی به ترتیب ۱ و ۰/۰۲، در کیلکای معمولی و چشم درشت به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۰۴ و در کیلکای آنچوی و چشم درشت به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۱۰۷ می‌باشد. شاخص تنوع شانون در کیلکای آنچوی (۰/۷۹۷) به طور معنی‌داری بیشتر از معمولی (۰/۰۱۸) و چشم درشت (۰/۰۹۲) و در چشم درشت به طور معنی‌داری بیشتر از کیلکای معمولی است.

همچنین شاخص میزبان ویژگی (Specificity index) جهت بررسی میزان اختصاصی بودن میزبان برای هر گونه انگل محاسبه و در جدول ۳-۱۰ ارائه شده است. در بین ماهیانی که فراوانی بیشتری را به خود اختصاص داده‌اند، دو گونه انگل *P. ventricosa* و *Contracaecum sp.* نسبت به کیلکای معمولی و انگل *C. strumosum* نسبت به کیلکای چشم درشت از میزبان ویژگی بالایی برخوردارند. البته *Anisakis sp.* نیز میزبان ویژگی بالایی نسبت به کیلکای چشم درشت نشان می‌دهد ولی به علت کم بودن تعداد نمونه آلوده به این انگل، قابل اطمینان نمی‌باشد.



جدول ۳-۹. شاخص‌های اکولوژیک تنوع، یکنواختی، غنای گونه‌ای، غالبیت، شباهت کیفی و شباهت کمی انگل‌های کیلکا ماهیان

Sorenson's Quantitative Similarity Index	Sorenson's Qualitative Similarity Index	Dominance Index	Species Richness	Equitability	t (p)	Shanon Diversity Index	Species
<sup>1&amp;2</sup> 0/02	<sup>1&amp;2</sup> 1	0/99 <i>P. ventricosa</i>	4	0/013	<sup>1&amp;2</sup> 17/10 (<0/0005)	0/018	<i>C. cultriventris</i> 1
<sup>1&amp;3</sup> 0/004	<sup>1&amp;3</sup> 0/75	0/55 <i>P. ventricosa</i>	4	0/576	<sup>1&amp;3</sup> 4/69 (<0/0005)	0/797	<i>C. engrauliformis</i> 2
<sup>2&amp;3</sup> 0/107	<sup>2&amp;3</sup> 0/75	0/98 <i>C. strumosum</i>	4	0/067	<sup>2&amp;3</sup> 14/71 (<0/0005)	0/092	<i>C. grimmi</i> 3

جدول ۳-۱۰. شاخص میزبان ویژگی بر حسب فراوانی و شدت آلودگی انگلی در کیلکا ماهیان

(S <sub>f</sub> +S <sub>a</sub> )/2	Specificity Index according to abundance	Specificity Index according to frequency	Species
0/92**	0/98**	0/85**	<i>C. strumosum</i>
0/94*	0/96*	0/92*	<i>P. ventricosa</i>
0/77*	0/79*	0/74*	<i>Contracaecum</i> sp.
0/77*	0/79*	0/75*	<i>Raphidascaris</i> sp.
1**	1**	1**	<i>Anisakis</i> sp.

\**C. cultriventris*

*C. engrauliformis*

\*\**C. grimmi*

### ۳-۲-۶- نتایج حاصله از مطالعه فاکتورهای رشد کیلکا ماهیان

میانگین ( $\pm$ SE) فاکتورهای رشد شامل: Length, Condition Factor (CF), Gutted Condition Factor (GCF), Gonadosomatic Index (GSI) و Hepatosomatic Index (HSI) در گونه-های مختلف کیلکاماهیان در جدول ۳-۱۱ ذکر شده است. همبستگی (اسپیرمن) بین فراوانی انگل‌های فاکتورهای رشد میزبان و فراوانی انگل‌ها با فاکتورهای رشد میزبان در جداول ۳-۱۲، ۳-۱۳ و ۳-۱۴ به تفکیک گونه میزبان نشان داده شده است.

در ماهی کیلکای معمولی فاکتورهای طول با GSI، HSI و انگل *P. ventricosa*، CF با GCF، GSI و HSI و GCF با GSI و HSI همبستگی مثبتی نشان می‌دهند. در حالیکه بین انگل *P. ventricosa* با CF، GCF، GSI و HSI همبستگی منفی مشاهده گردید.

در ماهی کیلکای آنچوی بین فاکتورهای طول با GSI و HSI و CF با GCF، GSI و HSI و GCF با GSI و HSI همبستگی مثبت وجود دارد.

در کیلکای چشم درشت فاکتورهای طول با GSI، HSI و انگل *C. strumosum*، انگل *C. strumosum* با GSI و HSI و CF با GCF و HSI و GCF با HSI همبستگی مثبتی نشان می‌دهند. انگل‌های *Raphidascaris sp.* و *Anisakis sp.* در کلیه میزبان‌ها، انگل *Contracaecum sp.* در کیلکای آنچوی و چشم درشت و انگل *P. ventricosa* در کیلکای چشم درشت به دلیل تعداد کم در محاسبات استفاده نشدند.

بین شیب خط رگرسیون طول و وزن در نمونه‌های سالم و آلوده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

جدول ۳-۱۱. میانگین ( $\pm$ SE) طول ، وزن و شاخص های رشد کیلکا ماهیان به تفکیک گونه

ماهی	تعداد	طول	وزن	CF	GCF	GSI	HSI
<i>C. cultriventris</i>	۱۴۰	11/586 $\pm$ 0/55	9/847 $\pm$ 0/16	0/63 $\pm$ 0/01	0/548 $\pm$ 0/01	3/096 $\pm$ 0/23	0/98 $\pm$ 0/11
<i>C. engrauliformis</i>	۹۱	13/29 $\pm$ 0/07	12/381 $\pm$ 0/22	0/53 $\pm$ 0/01	0/471 $\pm$ 0/01	3/121 $\pm$ 0/31	0/71 $\pm$ 0/07
<i>C. grimmi</i>	۵۸	13/862 $\pm$ 0/11	14/914 $\pm$ 0/44	0/554 $\pm$ 0/01	0/473 $\pm$ 0/01	4/927 $\pm$ 0/42	1/016 $\pm$ 0/07

CF= Condition Factor  
 GCF= Gutted Condition Factor  
 GSI= Gonadosomatic Index  
 HSI= Hepatosomatic Index

جدول ۳-۱۲. همبستگی بین فراوانی انگل ها و شاخص های رشد در ماهی کیلکای معمولی

HSI	GSI	GCF	CF	<i>Contracaecum</i> sp.	<i>C. strumosum</i>	<i>P. ventricosa</i>	Length		<i>C. cultriventris</i>
r= 0/561 p<0/0005	r= 0/414 p<0/0005	NS	NS	NS	NS	r=0/218 p=0/01		Length	
r= -0/266 p=0/002	r= -0/308 p<0/0005	r= -0/218 p=0/01	r= -0/317 p<0/0005	NS	NS		r=0/218 p=0/01	<i>P. ventricosa</i>	
NS	NS	NS	NS	NS		NS	NS	<i>C. strumosum</i>	
NS	NS	r= -0/180 p=0/033	NS		NS	NS	NS	<i>Contracaecum</i> sp.	
r= 0/369 P<0/0005	r=0/516 p<0/0005	r= 0/878 P<0/0005		NS	NS	r= -0/317 p<0/0005	NS	CF	
r=0/378 P<0/0005	r= 0/425 P<0/0005		r= 0/878 P<0/0005	r= -0/180 p=0/033	NS	r= -0/218 p=0/01	NS	GCF	
NS		r= 0/425 P<0/0005	r=0/516 p<0/0005	NS	NS	r= -0/308 p<0/0005	r= 0/414 p<0/0005	GSI	
	NS	r=0/378 P<0/0005	r= 0/369 P<0/0005	NS	NS	r= -0/266 p=0/002	r= 0/561 p<0/0005	HSI	

جدول ۳-۱۳. همبستگی بین فراوانی انگل ها و شاخص های رشد در ماهی کیلکای آنچوی

HSI	GSI	GCF	CF	<i>C. strumosum</i>	<i>P. ventricosa</i>	Length	
r=0/431 P<0/0005	r=0/421 P<0/0005	NS	NS	NS	NS		<b>Length</b>
NS	NS	NS	NS	NS		NS	<i>P. ventricosa</i>
NS	NS	NS	NS		NS	NS	<i>C. strumosum</i>
r=0/451 P<0/0005	r=0/417 P<0/0005	r=0/925 P<0/0005		NS	NS	NS	<b>CF</b>
r=0/405 P<0/0005	r=0/266 P=0/01		r=0/925 P<0/0005	NS	NS	NS	<b>GCF</b>
r=0/523 P<0/0005		r=0/266 P=0/01	r=0/417 P<0/0005	NS	NS	r=0/421 P<0/0005	<b>GSI</b>
	r=0/523 P<0/0005	r=0/405 P<0/0005	r=0/451 P<0/0005	NS	NS	r=0/431 P<0/0005	<b>HSI</b>

*C. engrauliformis*

CF= Condition Factor  
 GCF= Gutted Condition Factor  
 GSI= Gonadosomatic Index  
 HSI= Hepatosomatic Index  
 NS = Not Significant

جدول ۳-۱۴. همبستگی بین فراوانی انگل ها و شاخص های رشد در ماهی کیلکای چشم درشت

HSI	GSI	GCF	CF	<i>C. strumosum</i>	Length		<i>C. grimmeri</i>
r=0/698 P<0/0005	r= 0/508 P<0/0005	NS	NS	r=0/443 P=0/001		Length	
r=0/340 P=0/009	r=0/318 P=0/015	NS	NS		r=0/443 P=0/001	<i>C. strumosum</i>	
r=0/323 P=0/013	NS	r=0/941 P<0/0005		NS	NS	CF	
r=0/246 P=0/063	NS		r=0/941 P<0/0005	NS	NS	GCF	
r=0/474 P<0/0005		NS	NS	r=0/318 P=0/015	r= 0/508 P<0/0005	GSI	
	r=0/474 P<0/0005	r=0/246 P=0/063	r=0/323 P=0/013	r=0/340 P=0/009	r=0/698 P<0/0005	HSI	

CF= Condition Factor  
 GCF= Gutted Condition Factor  
 GSI= Gonadosomatic Index  
 HSI= Hepatosomatic Index  
 NS = Not Significant

### ۳-۳- غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل‌ها و بافت‌های میزبان

با توجه به نتایج تست‌های Kolmogorov- Smirnov و Shapiro-Wilk توزیع داده‌ها نرمال نبوده، لذا برای آنالیز آماری داده‌ها از تست‌های ناپارامتریک استفاده گردید.

### ۳-۳-۱- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل‌ها و بافت‌های میزبان به تفکیک

#### گونه‌های ماهی

میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب ppm) در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و انگل‌های *C. strumosum* و *P. ventricosa* کیلکا ماهیان در جدول ۳-۱۵ نشان داده شده است.

نتایج تست *Mann-Whitney U* نشان می‌دهد میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم بافت‌ها و انگل *C. strumosum* بین کیلکای آنچوی و چشم درشت تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد. لازم به ذکر است انگل *P. ventricosa* تنها از نمونه‌های کیلکای معمولی جمع‌آوری گردیده است.

با توجه به جدول ۳-۱ میانگین غلظت سرب و کادمیوم در عضله هر سه گونه ماهی از حد مجاز پایین‌تر می‌باشد.

جدول ۳-۱۵. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در انگل *C. strumosum*، *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان به تفکیک گونه ماهی

Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت کادمیوم Cd (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت سرب Pb (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	میزبان	بافت
NS*	0/00045 $\pm$ 0/00007	7	NS*	1/54 $\pm$ 0/69	7	<i>C. engrauliformis</i>	روده
	0/02589 $\pm$ 0/01122	47		0/67 $\pm$ 0/14	47	<i>C. grimmi</i>	
	0/00022 $\pm$ 0/00005	19		0/19 $\pm$ 0/16	19	<i>C. cultriventrtris</i>	
NS*	0/00003 $\pm$ 0/00001	7	NS*	0/11 $\pm$ 0/04	7	<i>C. engrauliformis</i>	عضله
	0/00648 $\pm$ 0/00186	49		0/13 $\pm$ 0/02	49	<i>C. grimmi</i>	
	0/00001 $\pm$ 0/00000	19		0/02 $\pm$ 0/02	19	<i>C. cultriventrtris</i>	
NS*	0/00097 $\pm$ 0/00022	6	NS*	2/29 $\pm$ 1/30	6	<i>C. engrauliformis</i>	کبد
	0/06463 $\pm$ 0/02496	48		1/43 $\pm$ 0/37	48	<i>C. grimmi</i>	
	0/00030 $\pm$ 0/00005	18		0/51 $\pm$ 0/49	18	<i>C. cultriventrtris</i>	
NS*	0/00363 $\pm$ 0/00106	7	NS*	7/04 $\pm$ 2/84	7	<i>C. engrauliformis</i>	کلیه
	0/16972 $\pm$ 0/06135	50		3/58 $\pm$ 0/61	50	<i>C. grimmi</i>	
	0/00094 $\pm$ 0/00046	19		3/31 $\pm$ 3/25	19	<i>C. cultriventrtris</i>	
NS*	0/00093 $\pm$ 0/00073	7	NS*	5/19 $\pm$ 4/19	7	<i>C. engrauliformis</i>	غدد جنسی
	0/00943 $\pm$ 0/00359	49		0/24 $\pm$ 0/05	49	<i>C. grimmi</i>	
	0/00028 $\pm$ 0/00014	19		3/52 $\pm$ 3/51	19	<i>C. cultriventrtris</i>	
NS*	0/02499 $\pm$ 0/01269	7	NS*	383/83 $\pm$ 318/31	7	<i>C. engrauliformis</i>	انگل <i>C. strumosum</i>
	0/77020 $\pm$ 0/29208	51		72/35 $\pm$ 11/81	51	<i>C. grimmi</i>	
	-	-		-	-	<i>C. cultriventrtris</i>	
-	-	-	-	-	-	<i>C. engrauliformis</i>	انگل <i>P. ventricosa</i>
-	-	-	-	-	-	<i>C. grimmi</i>	
0/00730 $\pm$ 0/00213	19	7/75 $\pm$ 6/98	19	<i>C. cultriventrtris</i>			

\*NS = Not Significant



### ۳-۳-۲- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل‌ها و بافت‌های میزبان به تفکیک

#### جنسیت

میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب ppm) در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و انگل‌های *C. strumosum* و *P. ventricosa* کیلکا ماهیان به تفکیک جنسیت در جدول ۳-۱۶ نشان داده شده است.

نتایج تست *Mann-Whitney U* نشان می‌دهد میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در بافت‌های کیلکای معمولی و انگل *P. ventricosa*، به جز یک مورد در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری ندارد و تنها میزان سرب در عضله ماهیان نر به طور معنی‌داری بیش از ماهیان ماده می‌باشد ( $p=0/008$  و  $Mann-U=12$ ). تعداد نمونه‌های بافت و انگل *C. strumosum* در کیلکای آنچوی و چشم درشت به تفکیک جنسیت جهت آنالیز آماری کافی نمی‌باشد.

جدول ۳-۱۶. میانگین غلظت Pb و Cd (±SE) در انگل *C. strumosum* و *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان به تفکیک جنسیت

Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت کادمیوم Cd (ppm) (± SE)	تعداد	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت سرب Pb (ppm) (± SE)	تعداد	جنسیت	میزبان	بافت
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	روده
	0/00038±0/00003	6		0/96±0/44	6	ماده		
-	0/00037±0/00009	3	-	1/78±1/77	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/02762±0/01195	44		0/59±0/09	44	ماده		
NS*	0/00017±0/00003	8	NS*	0/41±0/39	8	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	0/00025±0/00008	11		0/02798±0/01773	11	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	عضله
	0/00003±0/00001	6		0/10±0/05	6	ماده		
-	0/00010±0/00007	3	-	0/08±0/08	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/00690±0/00197	46		0/14±0/02	46	ماده		
NS*	0/00002±0/00000	8	12 (0/008)	0/04±0/04	8	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	0/00001±0/00000	11		0/00097±0/00016	11	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	کبد
	0/00092±0/00027	5		1/48±1/24	5	ماده		
-	0/00112±0/00043	3	-	4/11±4/11	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/06887±0/02652	45		1/25±0/30	45	ماده		
NS*	0/00032±0/00008	7	NS*	1/28±1/26	7	نر	<i>C. cultriventris</i>	

-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	کلیه
	0/00404±0/00116	6		7/21±3/35	6	ماده		
-	0/00865±0/00355	3	-	5/75±5/63	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/18000±0/06501	47		3/45±0/58	47	ماده		
NS*	0/00168±0/00106	8	NS*	7/79±7/72	8	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	0/00040±0/00005	11		0/05123±0/01649	11	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	
	0/01304±0/00505	6		5/31±4/96	6	ماده		
-	0/00032±0/00015	3	-	0/62±0/62	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/01003±0/00381	46		0/21±0/03	46	ماده		
NS*	0/00047±0/00034	8	NS*	8/35±8/34	8	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	0/00015±0/00005	11		0/01030±0/00350	11	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	
	0/01304±0/00505	6		66/54±30/04	6	ماده		
-	0/01036±0/00634	3	-	87/90±53/91	3	نر	<i>C. grimmi</i>	
	0/81769±0/30921	48		71/38±12/23	48	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	-	-		-	-	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. engrauliformis</i>	
	-	-		-	-	ماده		
-	-	-	-	-	-	نر	<i>C. grimmi</i>	
	-	-		-	-	ماده		
NS*	0/00611±0/00183	8	NS*	17/40±16/57	8	نر	<i>C. cultriventris</i>	
	0/00816±0/00349	11		0/73609±0/16321	11	ماده		

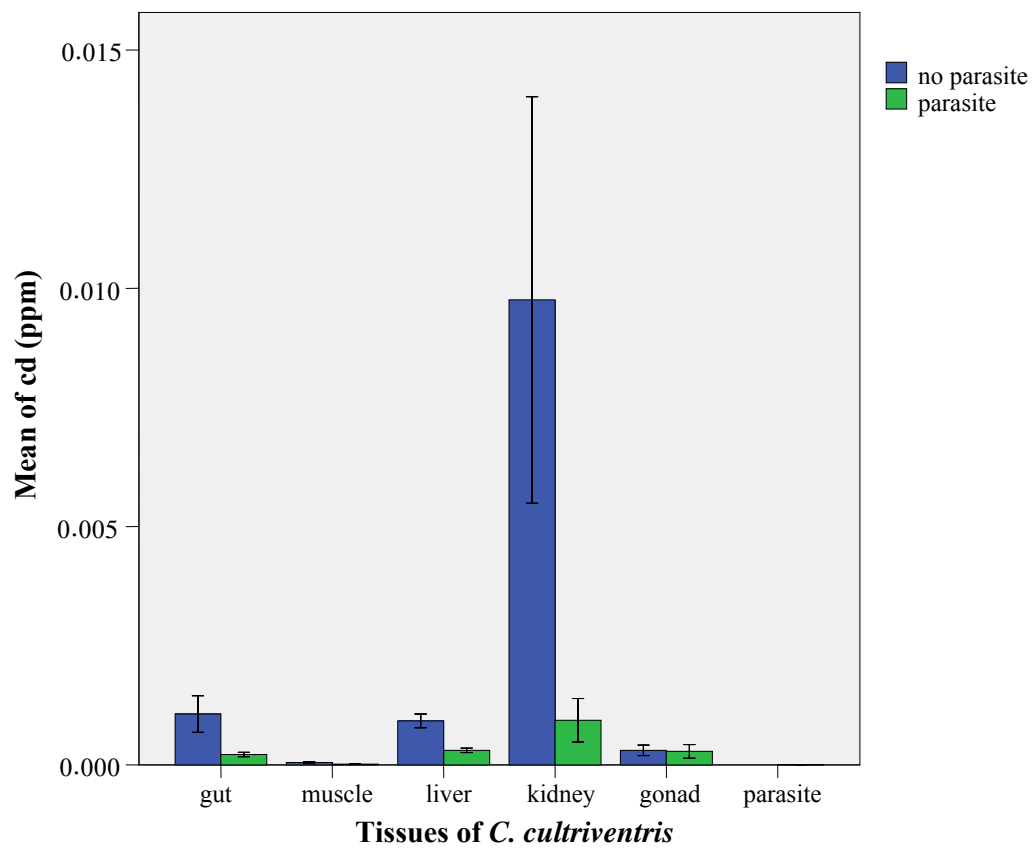
۳-۳-۳- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های کیلکا ماهیان سالم و آلوده میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب ppm) در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی کیلکا ماهیان سالم و آلوده در جدول ۳-۱۷ نشان داده شده است.

نتایج تست Mann-Whitney  $U$  نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهی کیلکای آنچوی و چشم درشت سالم و آلوده به انگل *C. strumosum*، اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. همچنین به جز یک مورد در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت سرب در بافت‌های مختلف کیلکای معمولی سالم و آلوده به انگل *P. ventricosa* وجود ندارد. تنها میزان سرب در عضله ماهیان سالم به طور معنی‌داری بیش از ماهیان آلوده می‌باشد ( $p=0/046$  و  $Mann-Whitney U = 167$ ). میانگین غلظت کادمیوم در روده ( $p=0/016$  و  $Mann-Whitney U = 155$ )، کبد ( $p=0/003$  و  $=120$ ) و کلیه ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 45$ ) نمونه‌های سالم کیلکای معمولی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های آلوده به انگل *P. ventricosa* می‌باشد (شکل ۳-۲۴).

جدول ۳-۱۷. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در بافت‌های کیلکا ماهیان سالم و آلوده

Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت کادمیوم Cd (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	Mann-Whitney U-test (P)	میانگین غلظت سرب Pb (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	آلودگی انگلی	گونه ماهی	گونه انگل	بافت	
NS*	0/00059 $\pm$ 0/00012	15	NS*	0/33 $\pm$ 0/21	15	سالم	<i>C. engrauliformis</i>	<i>C. strumosum</i>	روده	
	0/00039 $\pm$ 0/00004	5		1/15 $\pm$ 0/48	5	آلوده				
NS*	0/0439 $\pm$ 0/0168	14	NS*	0/35 $\pm$ 0/12	14	سالم	<i>C. grimmi</i>			
	0/0259 $\pm$ 0/0112	47		0/67 $\pm$ 0/14	47	آلوده				
155 (0/016)	0/00107 $\pm$ 0/00038	28	NS*	1/48 $\pm$ 0/51	28	سالم	<i>C. cultriventrtris</i>	<i>P. ventricosa</i>		
	0/00022 $\pm$ 0/00005	19		0/19 $\pm$ 0/16	19	آلوده				
NS*	0/00003 $\pm$ 0/00000	15	NS*	0/05 $\pm$ 0/02	15	سالم	<i>C. engrauliformis</i>	<i>C. strumosum</i>		عضله
	0/00003 $\pm$ 0/00001	5		0/12 $\pm$ 0/05	5	آلوده				
NS*	0/0146 $\pm$ 0/0056	14	NS*	0/13 $\pm$ 0/05	13	سالم	<i>C. grimmi</i>			
	0/0065 $\pm$ 0/0019	49		0/13 $\pm$ 0/02	49	آلوده				
NS*	0/00005 $\pm$ 0/00002	27	167 (0/046)	0/11 $\pm$ 0/03	27	سالم	<i>C. cultriventrtris</i>	<i>P. ventricosa</i>		
	0/00001 $\pm$ 0/00000	19		0/02 $\pm$ 0/02	19	آلوده				
NS*	0/00243 $\pm$ 0/00058	15	NS*	0/70 $\pm$ 0/35	15	سالم	<i>C. engrauliformis</i>	<i>C. strumosum</i>	کبد	
	0/00097 $\pm$ 0/00034	4		1/84 $\pm$ 1/54	4	آلوده				
NS*	0/1108 $\pm$ 0/0590	13	NS*	1/41 $\pm$ 0/53	13	سالم	<i>C. grimmi</i>			
	0/0646 $\pm$ 0/0250	48		1/43 $\pm$ 0/37	48	آلوده				
120 (0/003)	0/00092 $\pm$ 0/00014	28	NS*	3/01 $\pm$ 1/24	28	سالم	<i>C. cultriventrtris</i>	<i>P. ventricosa</i>		
	0/00030 $\pm$ 0/00005	18		0/51 $\pm$ 0/49	19	آلوده				

NS*	0/00723±0/00176	15	NS*	7/14±5/84	15	سالم	<i>C. engrauliformis</i>	<i>C. strumosum</i>	کلیه
	0/00462±0/00123	5		8/65±3/71	5	آلوده			
NS*	0/3914±0/1800	13	NS*	3/59±1/52	13	سالم	<i>C. grimmi</i>		
	0/1697±0/0614	50		3/58±0/61	50	آلوده			
45 (<0/0005)	0/00976±0/00426	28	NS*	17/78±6/31	28	سالم	<i>C. cultriventris</i>	<i>P. ventricosa</i>	
	0/00094±0/00046	19		3/31±3/25	19	آلوده			
NS*	0/00042±0/00010	15	NS*	0/79±0/56	15	سالم	<i>C. engrauliformis</i>	<i>C. strumosum</i>	غدد جنسی
	0/00111±0/00103	5		6/38±5/93	5	آلوده			
NS*	0/0236±0/0130	14	NS*	0/25±0/12	14	سالم	<i>C. grimmi</i>		
	0/0094±0/0036	49		0/24±0/05	49	آلوده			
NS*	0/00030±0/00011	28	NS*	2/16±0/92	28	سالم	<i>C. cultriventris</i>	<i>P. ventricosa</i>	
	0/00028±0/00014	19		3/52±3/51	19	آلوده			



شکل ۳-۲۴. میانگین (±SE) غلظت کادمیوم (ppm) در بافت‌های کیلکای معمولی سالم و آلوده

### ۳-۳-۴- میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل‌ها و بافت‌های میزبان به تفکیک

#### فصل

میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب ppm) در انگل‌ها و بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی کیلکا ماهیان به تفکیک فصل در جدول ۳-۱۸ نشان داده شده است. با توجه به اینکه تعداد نمونه هر سه گونه کیلکا ماهیان به تفکیک پنج فصل شامل پاییز ۸۵ (۱)، زمستان ۸۵ (۲)، بهار ۸۶ (۳)، تابستان ۸۶ (۴) و پاییز ۸۶ (۵) کافی نمی‌باشد، لذا آنالیز فقط برای کیلکای چشم درشت و انگل *C. strumosum* در سه فصل پاییز ۸۵، زمستان ۸۵ و پاییز ۸۶ صورت گرفته است.

نتایج تست Kruskal-Wallis اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت سرب در روده ( $p < 0/0005$ ) و کلیه ( $\chi^2 = 18/513$  و  $p = 0/001$ )، عضله ( $\chi^2 = 15/186$  و  $p = 0/005$ )، کبد ( $\chi^2 = 19/817$  و  $p < 0/0005$ )، کلیه ( $\chi^2 = 19/131$  و  $p < 0/0005$ ) و غدد جنسی ( $\chi^2 = 23/647$  و  $p < 0/0005$ ) و فصل پاییز ۸۵، زمستان ۸۵ و پاییز ۸۶ نشان می‌دهد (شکل ۳-۲۵). همچنین اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت کادمیوم در روده ( $\chi^2 = 11/706$  و  $p = 0/006$ )، کبد ( $\chi^2 = 11/833$  و  $p = 0/003$ )، عضله ( $\chi^2 = 8/137$  و  $p = 0/017$ )، کلیه ( $\chi^2 = 10/298$  و  $p = 0/006$ )، غدد جنسی ( $\chi^2 = 6/727$  و  $p = 0/035$ ) و انگل *C. strumosum* ( $\chi^2 = 18/426$  و  $p < 0/0005$ ) بین سه فصل پاییز ۸۵، زمستان ۸۵ و پاییز ۸۶ مشاهده می‌گردد (شکل ۳-۲۶).

نتایج تست Mann-Whitney *U* نشان می‌دهد در بین سه فصل پاییز ۸۵، زمستان ۸۵ و پاییز ۸۶ میانگین غلظت سرب در روده ( $\text{Mann-Whitney } U = 14$  و  $p = 0/004$ )، عضله ( $\text{Mann-Whitney } U = 0$  و  $p < 0/0005$ )، کبد ( $\text{Mann-Whitney } U = 0$  و  $p < 0/0005$ )، کلیه ( $\text{Mann-Whitney } U = 0$  و  $p < 0/0005$ ) و غدد جنسی ( $\text{Mann-Whitney } U = 0$  و  $p < 0/0005$ ) در فصل پاییز ۸۵ بطور معنی‌داری بیشتر از فصل زمستان ۸۵ می‌باشد. همچنین میانگین غلظت کادمیوم در روده ( $p = 0/017$ ) و کلیه ( $\text{Mann-Whitney } U = 21$  و  $p < 0/0005$ )، عضله ( $\text{Mann-Whitney } U = 4$  و  $p < 0/0005$ )، کبد ( $\text{Mann-Whitney } U = 24$  و  $p = 0/001$ )، کلیه ( $\text{Mann-Whitney } U = 10$  و  $p = 0/001$ ) در فصل زمستان ۸۵ بطور معنی‌داری بیشتر از فصل پاییز ۸۵ می‌باشد.

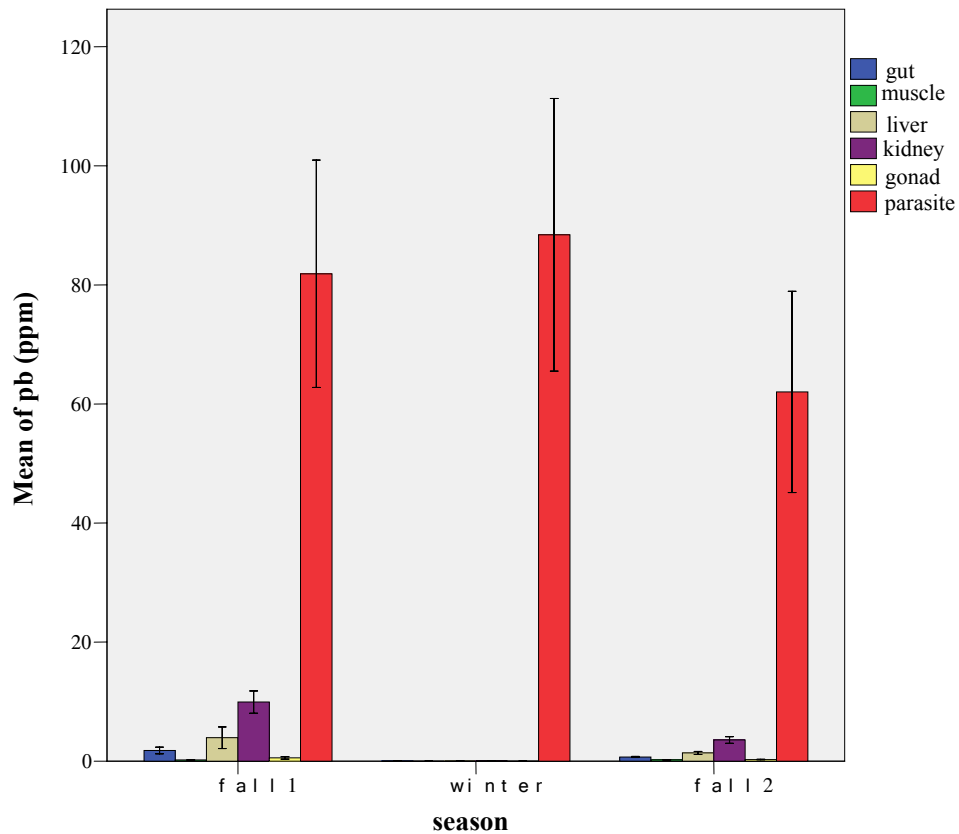


میانگین غلظت سرب در روده ( $p = 0/015$  و  $Mann-Whitney U = 42$ ) و کلیه ( $p = 0/002$ ) و ( $Mann-Whitney U = 30$ ) در فصل پاییز ۸۵ بطور معنی داری بیشتر از فصل پاییز ۸۶ می باشد. همچنین میانگین غلظت کادمیوم در روده ( $p = 0/023$  و  $Mann-Whitney U = 46$ )، عضله ( $p = 0/008$  و  $Mann-Whitney U = 41$ )، کبد ( $p = 0/007$  و  $Mann-Whitney U = 39$ )، کلیه ( $p = 0/018$  و  $Mann-Whitney U = 50$ )، غدد جنسی ( $p = 0/031$  و  $Mann-Whitney U = 53$ ) و انگل *C. strumosum* ( $p = 0/002$  و  $Mann-Whitney U = 31$ ) در فصل پاییز ۸۶ بطور معنی-داری بیشتر از فصل پاییز ۸۵ می باشد.

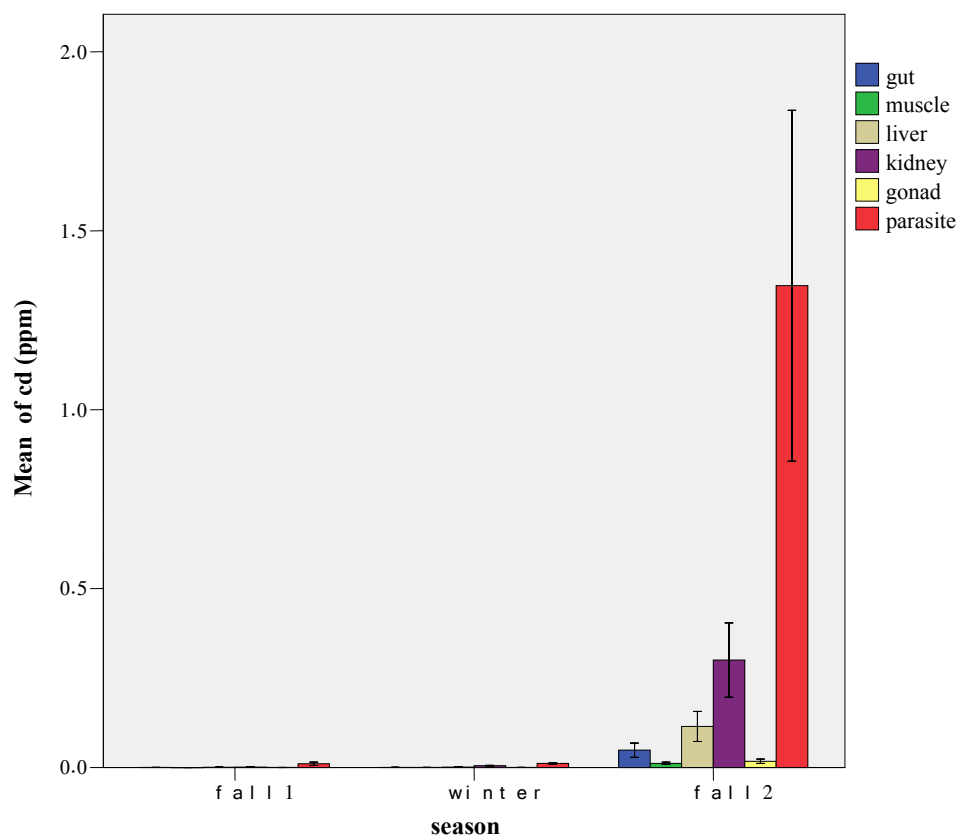
میانگین غلظت سرب در روده ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 48$ )، عضله ( $p = 0/001$ ) و ۶۹ ( $Mann-Whitney U = 42$  و  $p < 0/0005$ )، کلیه ( $p < 0/0005$ ) و ۶۳ ( $Mann-Whitney U = 59$  و  $p < 0/0005$ ) و غدد جنسی ( $Mann-Whitney U = 63$ ) در فصل پاییز ۸۶ بطور معنی داری بیشتر از فصل زمستان ۸۵ می باشد. همچنین میانگین غلظت کادمیوم در کبد ( $p = 0/015$  و  $Mann-Whitney U = 91$ )، کلیه ( $p = 0/045$  و  $Mann-Whitney U = 121$ ) و انگل *C. strumosum* ( $p < 0/0005$  و  $Mann-Whitney U = 63$ ) در فصل پاییز ۸۶ بطور معنی-داری بیشتر از فصل زمستان ۸۵ می باشد.

جدول ۳-۱۸. میانگین غلظت Pb و Cd ( $\pm$ SE) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های کیلکای چشم درشت به تفکیک فصل

Kruskal-Wallis test (P)	میانگین غلظت کادمیوم Cd (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	Kruskal-Wallis test (P)	میانگین غلظت سرب Pb (ppm) ( $\pm$ SE)	تعداد	فصل	بافت
8/137 (0/017)	0/00018 $\pm$ 0/00006	8	18/513 ( $<$ 0/0005)	1/78 $\pm$ 0/56	8	۱	روده
	0/00029 $\pm$ 0/00003	14		0/005 $\pm$ 0/002	14	۲	
	0/048 $\pm$ 0/020	25		0/68 $\pm$ 0/10	25	۵	
11/833 (0/003)	0/00002 $\pm$ 0/00000	8	15/186 (0/001)	0/17 $\pm$ 0/02	8	۱	عضله
	0/00012 $\pm$ 0/00005	14		0/002 $\pm$ 0/001	14	۲	
	0/012 $\pm$ 0/003	27		0/19 $\pm$ 0/03	27	۵	
11/706 (0/003)	0/00041 $\pm$ 0/00019	8	19/817 ( $<$ 0/0005)	3/92 $\pm$ 1/80	8	۱	کید
	0/00061 $\pm$ 0/00015	13		0/006 $\pm$ 0/002	13	۲	
	0/114 $\pm$ 0/042	27		1/38 $\pm$ 0/26	27	۵	
10/298 (0/006)	0/00110 $\pm$ 0/00024	8	23/647 ( $<$ 0/0005)	9/91 $\pm$ 1/86	8	۱	کلیه
	0/00493 $\pm$ 0/00122	14		0/036 $\pm$ 0/012	14	۲	
	0/300 $\pm$ 0/104	28		3/55 $\pm$ 0/55	28	۵	
6/727 (0/035)	0/00006 $\pm$ 0/00003	8	19/131 ( $<$ 0/0005)	0/55 $\pm$ 0/20	8	۱	غدد جنسی
	0/00014 $\pm$ 0/00005	14		0/002 $\pm$ 0/001	14	۲	
	0/017 $\pm$ 0/006	27		0/26 $\pm$ 0/04	27	۵	
18/426 ( $<$ 0/0005)	0/01038 $\pm$ 0/00463	8	NS*	81/84 $\pm$ 19/09	8	۱	انگل <i>C. strumosum</i>
	1/346 $\pm$ 0/490	14		88/393 $\pm$ 22/906	14	۲	
	0/01123 $\pm$ 0/00271	29		61/99 $\pm$ 16/92	29	۵	



شکل ۳-۲۵. میانگین (±SE) غلظت سرب (ppm) در بافت‌های مختلف کیلکای چشم درشت و انگل *C. strumosum* به تفکیک فصل



شکل ۳-۲۶. میانگین ( $\pm$ SE) غلظت کادمیوم (ppm) در بافت‌های مختلف کیلکای چشم درشت و

انگل *C. strumosum* به تفکیک فصل

### ۳-۳-۵- مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در نمونه آب، انگل‌ها و

#### بافت‌های میزبان

میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب ppm) در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و انگل‌های *C. strumosum* و *P. ventricosa* کیلکا ماهیان، پیش از این در جدول ۳-۱۵ نشان داده شده است. به جهت تعداد بیشتر انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت و انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی آنالیز آماری برای این دو گونه میزبان انجام گرفت. همچنین میزان فلزات سنگین نمونه‌های آب مربوط به هر پنج فصل نمونه برداری از حد تشخیص دستگاه پایین‌تر بود.

(Detection limit for Pb=0.014 ppm and Detection limit for Cd=0.0015 ppm)

تست Friedman تفاوت معنی‌داری بین میانگین غلظت سرب ( $p < 0.0005$  و  $\chi^2 = 167/532$ ) و کادمیوم ( $p < 0.0005$  و  $\chi^2 = 139/053$ ) در کلیه بافت‌ها و انگل *C. strumosum* نشان می‌دهد.

نتایج تست Wilcoxon نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب در انگل *C. strumosum* به طور معنی‌داری بیشتر از میزان آن در بافت‌های کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/951$ )، کبد ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/887$ )، روده ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/968$ )، غدد جنسی ( $p < 0.0005$  و  $Z = 6/093$ ) و عضله ( $p < 0.0005$ ) و  $Z = 6/093$  می‌باشد؛ در عضله به طور معنی‌داری پایین‌تر از روده ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/031$ )، کبد ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/630$ ) و کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 6/063$ ) می‌باشد، ولی اختلاف معنی‌داری با غدد جنسی نشان نمی‌دهد؛ در روده به طور معنی‌داری پایین‌تر از کبد ( $p = 0.008$  و  $Z = 2/647$ ) و کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/799$ ) و به طور معنی‌داری بیشتر از غدد جنسی ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/075$ ) می‌باشد؛ در کبد به طور معنی‌داری کمتر از کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 4/892$ ) و بیشتر از غدد جنسی ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/386$ ) و در کلیه بیشتر از غدد جنسی ( $p < 0.0005$  و  $Z = 6/023$ ) می‌باشد (شکل ۳-۲۷).

همچنین میانگین غلظت کادمیوم در این انگل نیز به طور معنی‌داری بیشتر از بافت‌های کلیه ( $p = 0.003$ ) و  $Z = 2/930$ ، کبد ( $p < 0.0005$  و  $Z = 3/826$ )، روده ( $p < 0.0005$  و  $Z = 5/259$ )، غدد جنسی ( $p < 0.0005$ ) و  $Z = 5/764$  و عضله ( $p < 0.0005$  و  $Z = 6/093$ ) می‌باشد؛ در عضله به طور معنی‌داری پایین‌تر از روده ( $p = 0.007$  و  $Z = 2/693$ )، کبد ( $p < 0.0005$  و  $Z = 4/138$ ) و کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 4/879$ ) می‌باشد، ولی اختلاف معنی‌داری با غدد جنسی نشان نمی‌دهد؛ در روده به طور معنی‌داری پایین‌تر از کبد ( $p = 0.039$  و  $Z = 2/060$ ) و کلیه ( $p < 0.0005$  و  $Z = 4/857$ ) و به طور معنی‌داری بیشتر از غدد جنسی

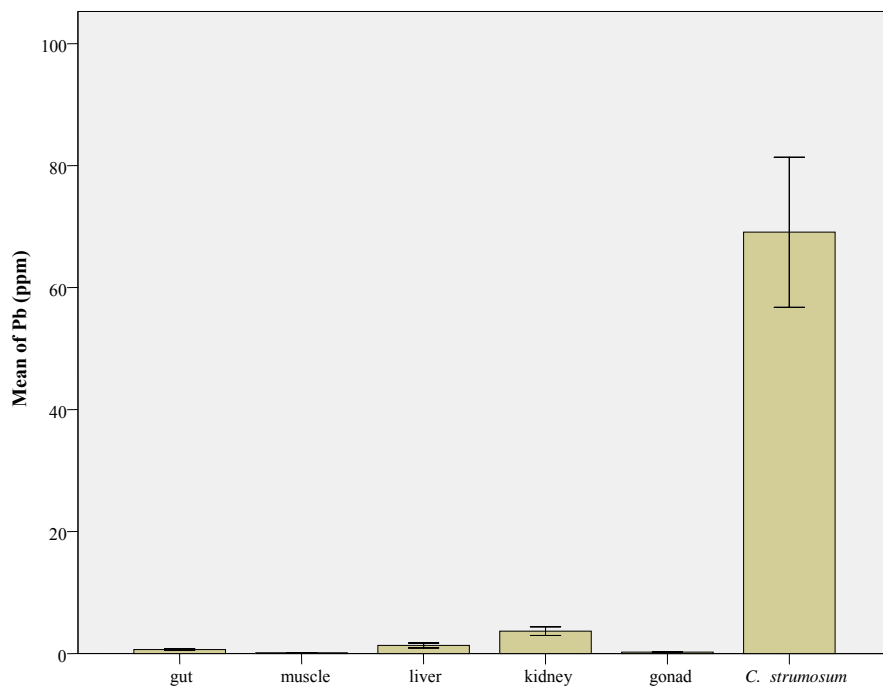
غدد جنسی (Z= ۲/۸۶۸ و p = ۰/۰۰۰۴)؛ در کبد به طور معنی‌داری کمتر از کلیه (Z= ۳/۶۱۰ و p < ۰/۰۰۰۵) و بیشتر از غدد جنسی (Z= ۳/۹۵۸ و p < ۰/۰۰۰۵) و در کلیه بیشتر از غدد جنسی (Z= ۵/۳۹۶ و p < ۰/۰۰۰۵) می‌باشد (شکل ۳-۲۸).

نتایج تست Friedman تفاوت معنی‌داری بین میانگین غلظت سرب (Z= ۷۴/۲۵۴ و p < ۰/۰۰۰۵) در کلیه بافت‌ها و انگل *P. ventricosa* نشان می‌دهد.

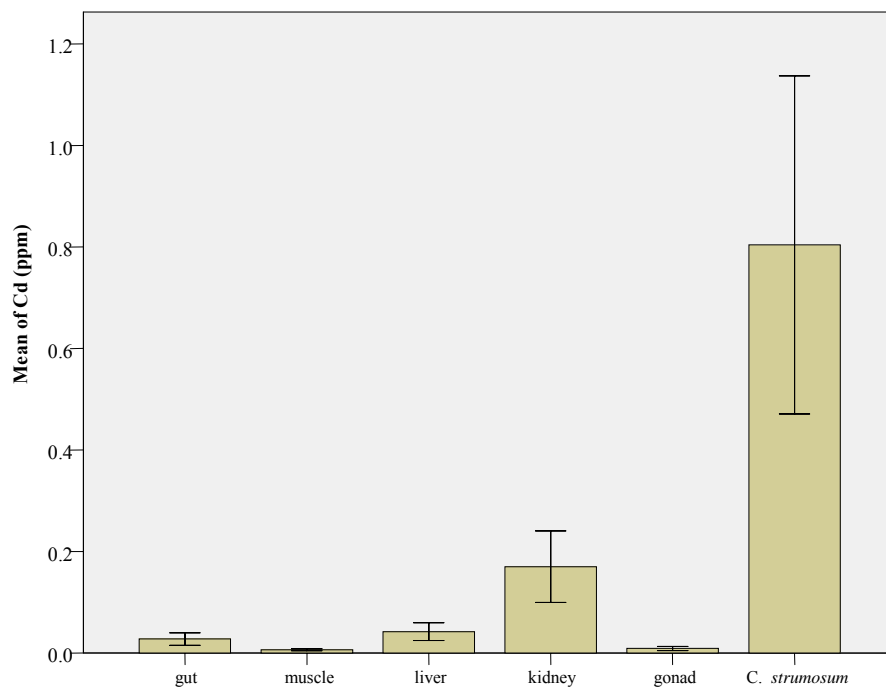
تست Wilcoxon نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب در انگل *P. ventricosa* به طور معنی‌داری بیشتر از میزان آن در بافت‌های غدد جنسی (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، کلیه (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵) و روده (Z= ۳/۷۲۴ و p < ۰/۰۰۰۵)، کبد (Z= ۳/۷۲۴ و p < ۰/۰۰۰۵) و عضله (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)؛ در عضله به طور معنی‌داری پایین‌تر از روده (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، کبد (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵) و کلیه (Z= ۳/۷۲۴ و p < ۰/۰۰۰۵)؛ در روده به طور معنی‌داری پایین‌تر از کبد (Z= ۲/۱۱۲ و p = ۰/۰۳۵) و کلیه (Z= ۲/۵۷۵ و p = ۰/۰۱) می‌باشد، ولی اختلاف معنی‌داری با غدد جنسی نشان نمی‌دهد؛ در کبد به طور معنی‌داری کمتر از کلیه (Z= ۳/۳۳۲ و p = ۰/۰۰۳) و بیشتر از غدد جنسی (Z= ۲/۶۳۵ و p = ۰/۰۰۸) و در کلیه بیشتر از غدد جنسی (Z= ۳/۰۱۸ و p = ۰/۰۰۳) می‌باشد (شکل ۳-۲۹).

همچنین میانگین غلظت کادمیوم در این انگل نیز به طور معنی‌داری بیشتر از بافت‌های کلیه (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، کبد (Z= ۳/۷۲۴ و p < ۰/۰۰۰۵)، غدد جنسی (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، روده (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵) و عضله (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)؛ در عضله به طور معنی‌داری پایین‌تر از روده (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، غدد جنسی (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵)، کبد (Z= ۳/۸۲۳ و p < ۰/۰۰۰۵) و کلیه (Z= ۳/۷۲۴ و p < ۰/۰۰۰۵)؛ در روده به طور معنی‌داری پایین‌تر از کلیه (Z= ۲/۸۵۷ و p = ۰/۰۰۴) می‌باشد، ولی اختلاف معنی‌داری با کبد و غدد جنسی نشان نمی‌دهد؛ در کبد به طور معنی‌داری کمتر از کلیه (Z= ۲/۶۷۸ و p = ۰/۰۰۷) و بیشتر از غدد جنسی (Z= ۲/۳۷۳ و p = ۰/۰۱۸) و در کلیه بیشتر از غدد جنسی (Z= ۳/۴۶۱ و p = ۰/۰۰۱) می‌باشد (شکل ۳-۳۰).

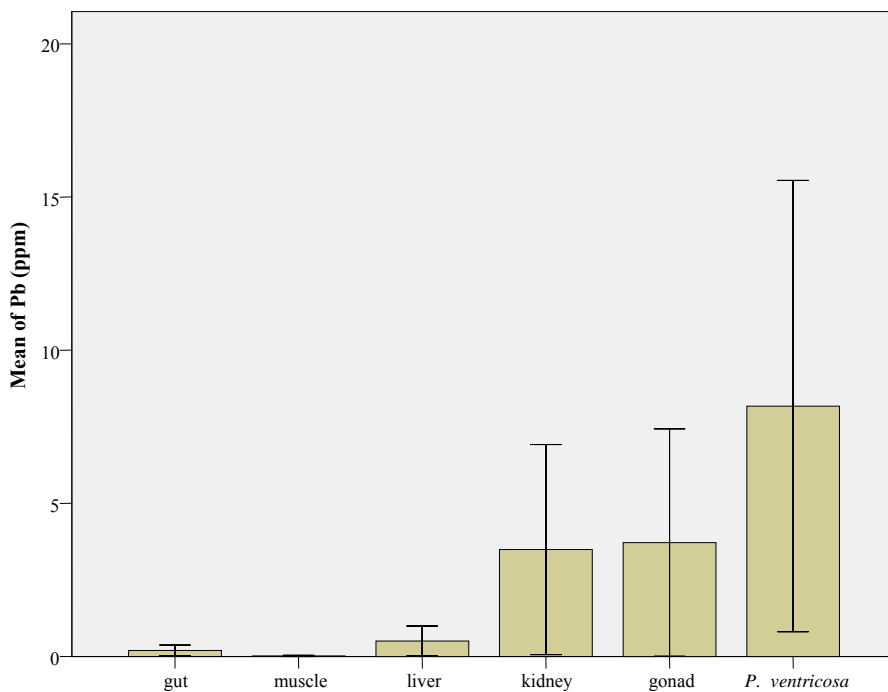
نتایج نشان می‌دهد میانگین غلظت سرب و کادمیوم در انگل *C. strumosum* ۵۵۶ و ۱۲۰ برابر و در انگل *P. ventricosa* ۳۸۷ و ۷۳۰ برابر بیشتر از عضله میزبان‌شان می‌باشد.



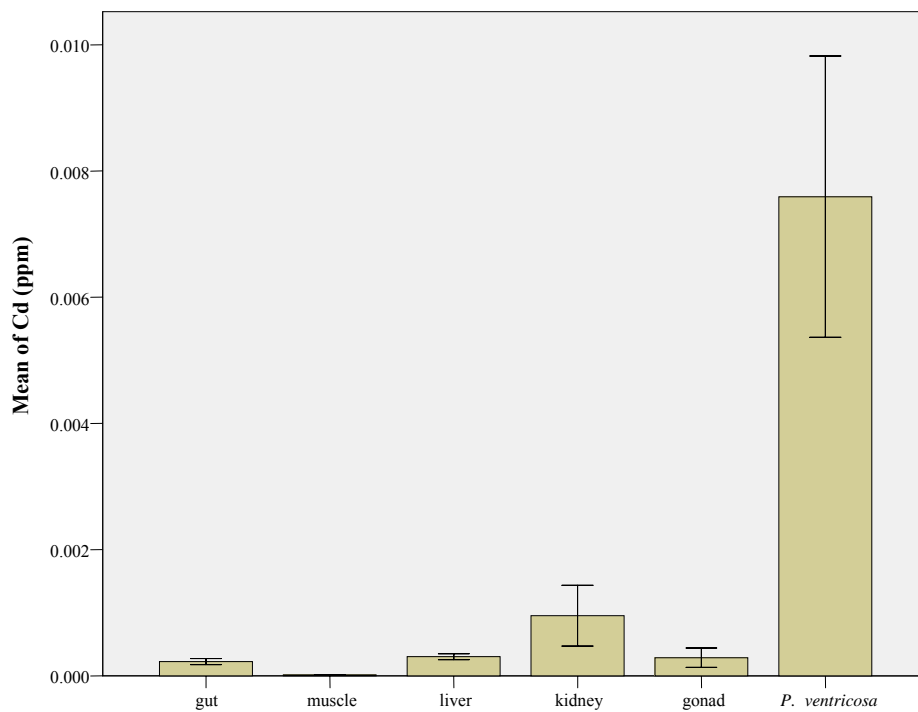
شکل ۳-۲۷. میانگین ( $\pm$ SE) غلظت سرب (ppm) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های میزبان (*C. grimmi*)



شکل ۳-۲۸. میانگین ( $\pm$ SE) غلظت کادمیوم (ppm) در انگل *C. strumosum* و بافت‌های میزبان (*C. grimmi*)



شکل ۳-۲۹. میانگین ( $\pm$ SE) غلظت سرب (ppm) در انگل *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان (*C. cultriventris*)



شکل ۳-۳۰. میانگین ( $\pm$ SE) غلظت کادمیوم (ppm) در انگل *P. ventricosa* و بافت‌های میزبان (*C. cultriventris*)



# بحث و نتیجه گیری

اگر چه مطالعات انگل‌شناسی ماهیان در ایران سابقه زیادی ندارد، اما در دهه های اخیر رشد چشمگیری داشته است. با این وجود، مطالعات اکولوژیکی بر روی انگل های کرمی اغلب ماهی ها انجام نشده است. علیرغم اهمیت روزافزون کیلکاماهیان در زنجیره غذایی و جایگاه خاصی که در اقتصاد غذایی دارند، مطالعات محدودی در مورد انگل های آنها صورت گرفته است. لذا بررسی های جامع و نگرش های جدید انگل‌شناسی در خصوص این ماهیان لازم است. در این تحقیق فون انگل های کرمی دستگاه گوارش سه گونه کیلکای دریای خزر *Clupeonella cultriventris*، *C. engrauliformis* و *C. grimmi* و مقایسه میزان آلودگی آنها با یکدیگر و همچنین روابط بین انگل ها با یکدیگر و با میزبان مورد بررسی قرار گرفت. تغییرات شدت و درصد آلودگی با جنسیت و گروه های طولی میزبان نیز در این تحقیق بررسی شد. ضمن اینکه محاسبه و مقایسه شاخص های اکولوژیک تنوع گونه ای شانون (Shannon diversity index)، یکنواختی (Equitability)، غنای گونه ای (Species richness)، غالبیت (Dominance index) و تشابه کیفی و کمی (Sorenson similarity indices) صورت گرفت. در ادامه با توجه به گسترش روزافزون میزان آلاینده های فلزات سنگین در دریای خزر و اثرات منفی آنها بر زنجیره غذایی و سلامت انسان و لزوم شناسایی بیواندیکاتوری که بتواند به موقع شرایط نامساعد محیطی را قبل از تحت تاثیر قرار گرفتن سایر موجودات هشدار دهد، میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم (Pb) و Cd) در انگل ها و بافت های مختلف کیلکا ماهیان شامل عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی و روده اندازه گیری و مقایسه گردید.

#### ۴-۱- مقایسه درصد و میانگین شدت آلودگی انگلی در گونه های مختلف کیلکا ماهیان

حضور بعضی انگل ها در میزبان و تغییرات شدت و درصد آلودگی علاوه بر تغذیه، رشد، مهاجرت و واکنش های ایمنی میزبان (جلالی جعفری، ۱۳۷۷) به عوامل دیگری نیز بستگی دارد.

در سال‌های اخیر آلودگی در دریای خزر افزایش یافته است (Aladin and Plotnikov, 2004; CEP 2002). این مسئله نه تنها باعث مرگ و میر ماهیان گردیده (Aladin et al. 2006)، بلکه باعث تغییر در جهت کاهش یا افزایش آلودگی انگلی گردیده است (Sures 2004). از طرف دیگر حضور شانه‌دار مهاجم *Mnemiopsis leidyi* در دریای خزر که با کیلکاماهیان رقابت غذایی دارد، باعث عدم دسترسی کیلکاماهیان به غذای مطلوب و لذا تغییر در الگوی غذایی آنها گردیده است. همچنین عقیده بر این است که علاوه بر صید بی‌رویه کیلکاماهیان، حضور شانه‌دار مهاجم نیز می‌تواند باعث کاهش ذخایر کیلکاماهیان شده باشد (Aladin and Plotnikov, 2004; UNE 2006). در این مطالعه نتایج بررسی درصد آلودگی، میانگین شدت آلودگی و میانگین شدت آلودگی در کیلکا ماهیان آلوده نشان می‌دهد انگل غالب در کیلکای معمولی و آنچوی *P. ventricosa* و در کیلکای چشم درشت *C. strumosum* می‌باشد.

بعقیده Marcogliese (2005) رژیم غذایی و زیستگاه ماهی‌ها، اصلی‌ترین عوامل تاثیرگذار در فون انگل‌های کرمی دستگاه گوارش میزبان می‌باشند.

کیلکای معمولی در آب‌های کم عمق و در همه بخش‌های دریای خزر، حتی رودخانه‌ها و حوزه‌های آبی مجاور پراکنده است. این ماهی به طور معمول در آب‌های حاشیه‌ای با عمق کمتر از ۷۰-۵۰ متر یافت می‌شود. کیلکای آنچوی در لایه‌های بالاتر آب‌های آزاد و مناطقی که عمقی بیش از ۳۰ متر دارد، مشاهده می‌شود ولی ممکن است تا عمق ۱۲۰ متر هم پایین برود. کیلکای چشم درشت در آب‌های عمیق دریای آزاد و در عمق بیشتر از ۷۰-۵۰ متر زندگی می‌کند، ولی تا عمق ۴۵۰ متری هم پایین می‌رود. البته گله‌های بزرگ این ماهی در عمق ۱۳۰ متری دیده می‌شوند (Coad 2008).

سه گونه کیلکا عمدتاً از زئوپلانکتون‌ها، خصوصاً copepods تغذیه می‌نمایند، ولی mysids، نوزاد ماهی، *Balanus*، cladocerans و لارو دوکفه‌ای‌ها را نیز مورد تغذیه قرار می‌دهند (Prikhod'ko, 1981).

کیلکای معمولی بیشترین تنوع غذایی را دارد زیرا زیستگاه این ماهی، مناطق ساحلی و بخش‌های کم عمق دریای خزر است. غذای اصلی و مطلوب کیلکای آنچوی (*Eurytemora grimmeri* (copepod) می‌باشد. در واقع این copepod جیره غذایی ویژه این کیلکا در مقایسه با دو گونه دیگر است. ترکیب غذایی کیلکای چشم درشت نسبت به دو گونه دیگر تنوع کمتری دارد زیرا زیستگاه این گونه آب‌های عمیق می‌باشد. بررسی جیره غذایی سه گونه کیلکا ماهی نشان می‌دهد این سه گونه به خوبی زیستگاه و غذایشان را

از یکدیگر تفکیک نموده‌اند (Coad 2008). همچنین خارهای آبششی کیلکای چشم درشت از دو گونه دیگر بزرگتر است که نشان می‌دهد اشکال بزرگتری از زئوپلانکتون‌ها را مورد تغذیه قرار می‌دهد (Prikhod'ko, 1981).

از آنجاییکه انگل *P. ventricosa* یک دیژن است، در سیکل زندگی آن الزاماً یک میزبان واسط نرمتن (بتوز) داشته باشد. برخی انگل‌ها هم میزبان‌های کفزی و هم میزبان‌های پلاژیک را آلوده می‌نمایند. در چرخه زندگی این انگل‌ها، میزبان‌های میانجی بین منطقه پلاژیک و بنتیک وجود دارد. Hyperbenthos (Suprabenthos) که با تنوع و تراکم بسیار زیاد در آب‌های نزدیک به بستر دریا و در حدود یک متری بستر زندگی می‌کنند، به عنوان این میزبان‌های میانجی عمل می‌نمایند. (Marcogliese, 2005). لذا بالاتر بودن درصد و میانگین شدت آلودگی آن در کیلکای معمولی ممکن است به دلیل زیستن این ماهی در قسمت‌های کم عمق و نزدیکی به محل حضور میانجی‌ها باشد.

میزبان واسط انگل *C. strumosum* زئوپلانکتون‌های جنس *Pontoporeia* (amphipods) می‌باشند (Bykhovskaya-Pavlovskaya et al., 1964). این آمفی‌پود بومی دریای خزر بوده و در اعماق ۷۰-۱۵۰ متری یافت می‌شود (Stock et al. 1998). با توجه به زیستگاه کیلکای چشم درشت، درصد و میانگین شدت آلودگی آن در این میزبان بیشتر است.

به هر حال اختلافاتی که در جوامع انگل‌های کرمی دستگاه گوارش میزبان‌های نهایی رخ می‌دهد، نتیجه تغییرات زمانی و مکانی است که در میزان در دسترس بودن میزبان‌های واسط ایجاد می‌شود (Poulin and Valtonen, 2002).

اختلاف بین درصد و میانگین شدت آلودگی *C. strumosum* و *P. ventricosa* در کیلکای آنچوی اندک است که به خوبی نشان دهنده زیستگاه و نوع تغذیه این ماهی است. ترکیب تقریباً مشابهی از این دو گونه انگل که در کیلکای آنچوی مشاهده می‌شود، ممکن است به این علت باشد که زیستگاه آن در منطقه بینابینی دو میزبان دیگر است. همچنین کاهش آلودگی انگلی در این ماهی نسبت به مطالعه شمسی (۱۳۷۴) اختصاصی بودن تغذیه این ماهی را نشان می‌دهد. گزارش موسسه تحقیقات شیلات (۸۳-۸۲) نشان می‌دهد زئوپلانکتون مورد علاقه کیلکای آنچوی *E. grimmi* کاهش پیدا کرده و در عوض زئوپلانکتون *Acartia clausi* در دریای خزر افزایش پیدا کرده است. همچنین بررسی محتویات معده کیلکای آنچوی نشانگر تغذیه بیشتر این ماهی از *A. clausi* است. بنابراین کاهش آلودگی انگلی در کیلکای آنچوی ممکن

است به دلیل کاهش تغییر رژیم غذایی ماهی به علت کاهش فراوانی غذای مورد علاقه‌اش باشد (باقری، ۱۳۸۳).

مقایسه نتایج تحقیق حاضر و مطالعه شمسی (۱۳۷۴) نشان می‌دهد، با وجود اینکه شمسی بررسی خود را در کل بدن سه گونه کیلکا انجام داده است، ولی درصد و شدت آلودگی به جز در چند مورد (درصد و شدت آلودگی *P. ventricosa* در کیلکای آنچوی و کیلکای چشم درشت و شدت آلودگی *C. strumosum* در کیلکای آنچوی و کیلکای معمولی که در تحقیق شمسی بیشتر است)، در بقیه موارد تفاوت چشمگیری ندارد (جدول ۱-۲).

نکته قابل توجه این است که در مطالعه شمسی انگل *P. ventricosa* گونه غالب برای کیلکای آنچوی می‌باشد، در حالیکه در تحقیق حاضر این انگل در کیلکای معمولی غالب است. همچنین انگل *B. cingulata* توسط شمسی از دستگاه گوارش سه گونه میزبان گزارش شده است در حالیکه این انگل در ماهیان مورد بررسی مطالعه حاضر یافت نشده است. ضمن اینکه انگل *Raphidascaris sp.* در این تحقیق از کیلکای معمولی و آنچوی گزارش شده است که در بررسی شمسی یافت نشده است. البته با توجه به اینکه در این موارد میزان آلودگی پایین بوده است، ممکن است به صورت اتفاقی مشاهده نشده باشند. موجودات انگلی به منظور بقا و تولید مثل باید به میزبان‌هایشان دسترسی پیدا کنند. در این راستا انگل‌ها دو استراتژی عمده جهت بالا بردن شانس برخورد با میزبان را در پیش گرفته‌اند:

(۱) افزایش تعداد افراد و توزیع گسترده با تولید مثل بیشتر

(۲) تولید افرادی که به طرق مختلف میزان شانس بودن مواجه با میزبان را کاهش دهند (Sasal and Thomas, 2005).

انگل‌ها مانند موجودات آزادی بر اساس ترکیب و عمق آب، در دریاها و اقیانوس‌ها توزیع بسیار متنوعی دارند، زیرا انتقال آنها در زیستگاه‌های مختلف وابسته به توزیع زمانی و مکانی میزبان‌ها است. در خصوص موجوداتی که در آب‌های لب شور زندگی می‌کنند، پنج قاعده کلی وجود دارد. این قواعد شامل: تنزل تعداد گونه‌های موجود، کاهش سایز موجودات، ساده شدن ساختارهای بدنی، تغییر عمق و انتخاب زیستگاه‌های متنوع می‌باشند. برخی از این موارد در خصوص انگل‌ها نیز مصداق دارند. ولی معمولاً انگل‌ها زمانیکه در یک محیط با شوری متغیر قرار می‌گیرند، الگوهای خاص خود را دارند. در این شرایط انگل‌ها به منظور حضور موفق در این نوع زیستگاه، ویژگی‌هایی از قبیل میزبان-ویژگی حداقل، چرخه زندگی متغیر(به

خصوص کاهش و افزایش تعداد میزبان واسط)، ایجاد آلودگی در میزبان‌های جدید (به خصوص میزبان‌های حامل بی‌مهره) و سازگاری کامل با میزبان‌های آن زیستگاه را از خود نشان می‌دهند. بیشتر انگل‌های آب‌های لب شور گونه‌هایی هستند که در آب‌های شور یا شیرین وجود دارند و گونه‌های اندکی تنها مختص به آب-های لب شور هستند. در این محیط‌ها ارتباطات ثابت بین موجودات به ندرت مشاهده می‌گردد و ارتباطاتی که بین انگل و میزبان وجود دارد، فقط در گونه‌های اصلی آب‌های لب شور دیده می‌شود (Zander, 2005).

در مورد ماهی‌ها مسئله خونسرد بودن کلیه واکنش‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. برای مثال در فصول سرد تغذیه ماهیان کاهش یافته و حرکات آنها نیز کند می‌شود که به طبع این عوامل بر میزان و شدت آلودگی انگلی تاثیر دارند. همچنین مهاجرت‌ها، رشد، رسیدگی جنسی، تراکم جمعیت و انتشار ماهیان در مناطق مختلف، اثرات مختلفی بر فون انگلی آنها دارد (جلالی جعفری، ۱۳۷۷).

#### ۴-۲- ارتباط آلودگی انگلی با جنسیت میزبان

به طور معمول نرها در مقایسه با ماده‌ها نسبت به آلودگی انگلی حساس‌تر می‌باشند. این اختلاف بین جنس‌ها ممکن است به علت اثرات مهاری هورمون تستوسترون در نرها و اثر تقویتی استرادیول در ماده‌ها بر روی عملکرد سیستم ایمنی و همچنین عوامل تکاملی مانند تاثیر متفاوت انتخاب طبیعی بر نرها و ماده باشد. البته عوامل دیگری شامل رفتار اجتماعی، میزان مواجهه با انگل، زیستگاه و جیره غذایی در میزان آلودگی دخالت دارند که در هر حال جنسیت را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند (Klein *et al.*, 1999). ارتباط آلودگی انگلی با جنسیت بستگی به فصل یا سال هم دارد. بسیاری از مهره‌داران طی زمان تولید مثل خود فعالیتشان را افزایش داده و یا تغییراتی در الگوی تغذیه‌ای خود ایجاد می‌نمایند. ضمن اینکه اندازه و سن میزبان هم عوامل موثری در آلودگی انگلی هستند. به همین علت در مواردی ممکن است با افزایش آلودگی انگلی خصوصاً در ماده‌های مسن‌تر نسبت به نرها مواجه شویم (Chibani *et al.*, 2005). در این مطالعه ارتباط معنی‌داری بین آلودگی در ماهی‌های نر و ماده کیلکا ماهیان مشاهده نگردید.

#### ۴-۳- ارتباط آلودگی انگلی با اندازه میزبان

ارتباط بین انگلی شدن و اندازه ماهی بسیار پیچیده است (Rolbiecki, 2006). اما به طور معمول شدت آلودگی با سن و اندازه میزبان ارتباط مستقیم دارد. افزایش آلودگی انگلی گاهی اوقات در سن یا اندازه مشخصی متوقف می‌گردد، اما معمولاً زمانیکه چندین گروه طولی در نظر گرفته شوند، ارتباط مثبت مشاهده می‌گردد. به هر حال ماهیان مسن‌تر نسبت به جوان‌ترها مدت طولانی‌تری در معرض آلودگی انگلی قرار گرفته‌اند (Poulin, 2000). همچنین میزبان‌های بزرگتر فضای بیشتری را در اختیار انگل قرار می‌دهند و در واقع برای آنها کنام‌های (niche) متنوع و زیستگاه‌های دائمی ایجاد می‌نمایند (Poulin, 1999). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد درصد و شدت آلودگی *C. strumosum* در میزبان‌های بزرگتر نسبت به گروه‌های کوچکتر بیشتر است. اما درصد آلودگی کیلکای معمولی به *P. ventricosa* با افزایش طول کاهش می‌یابد. همچنین میانگین شدت آلودگی از گروه طولی ۱ ( $\geq 11/2$ ) به گروه طولی ۲ ( $11/2 - 11/9$ ) افزایش و در گروه طولی ۳ ( $\leq 11/9$ ) مجدداً کاهش یافته است. کاهش درصد و شدت آلودگی ممکن است به دلیل حذف یک سری از میزبان‌ها به دلایل مختلفی مانند: مرگ و میر به دلیل آلودگی انگلی بالا، صید یا شکار بیشتر که ممکن است به علت در معرض دید قرار گرفتن بیشتر میزبان‌های آلوده باشد، مرگ و میر به علت آلودگی محیطی و کاهش میزبان‌های واسط نسبت داد.

#### ۴-۴- ارتباط آلودگی انگلی با فصل

همانگونه که پیش از این گفته شد، در گروه‌های انگلی دارای چرخه زندگی غیر مستقیم میزبان‌های واسط نقش اساسی در توزیع و فراوانی آنها دارند. در واقع تغییرات فصلی و یا مکانی اثرات زیادی در فراوانی و گسترش میزبان‌های واسط و به دنبال آن، بر تغذیه میزبان‌های نهایی دارد (Poulin and Valtonen, 2002).

تکامل چرخه زندگی برخی انگل‌ها به تغییرات دمایی نیز بستگی دارد. چرخه زیستی بعضی انگل‌ها با کاهش دما تکمیل نمی‌گردد، در حالیکه بعضی دیگر دارای دامنه مطلوب حرارتی وسیعی هستند. معمولاً

درصد و شدت آلودگی در فصل تابستان به حداکثر می‌رسد که به طور عمده مربوط به وفور منابع غذایی (میزبان‌های واسط) و افزایش میزان تغذیه میزبان می‌باشد. البته در بسیاری از انگل‌های ماهیان آب شیرین سازگاری زیادی با تغییرات فصلی و دمای آب مشاهده می‌شود (جلالی جعفری، ۱۳۷۷).

در مطالعه حاضر درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای معمولی به *P. ventricosa* در فصل تابستان به بالاترین میزان خود رسیده که ممکن است به علت کاهش فعالیت تغذیه ای آنها در طول فصل زمستان و افزایش مجدد در تابستان و پاییز باشد. همچنین تخم‌ریزی کیلکای معمولی از اواسط دی ماه شروع شده و تا دهه اول تیر ماه ادامه دارد (Coad, 2008). به طور معمول میزبان پس از تخم‌ریزی به دلیل از دست دادن انرژی فراوان نسبت به آلودگی انگلی حساس‌تر می‌شود، بنابراین میزان آلودگی افزایش می‌یابد. درصد و میانگین شدت آلودگی کیلکای چشم درشت به *C. strumosum* اختلاف معنی‌داری در بین فصول مختلف نشان نمی‌دهد.

#### ۴-۵- بررسی شاخص‌های اکولوژیک در کیلکا ماهیان

با وجود اینکه غنای گونه‌ای در سه گونه کیلکا مشابه است (چهار)، ولی شاخص تنوع شانون در کیلکای آنچوی به طور معنی‌داری بالاتر از دو گونه دیگر است که نشان می‌دهد فراوانی گونه‌های انگلی در این میزبان یکنواختی بیشتری دارد که ممکن است به این علت باشد که زیستگاه آن در منطقه بینابینی دو میزبان دیگر است (Coad, 2008).

شاخص شباهت کیفی سورنسون بیانگر شباهت میزبان‌ها بر اساس تعداد گونه‌های انگلی مشترک است که به دلیل شباهت کامل گونه‌های انگلی کیلکای معمولی و آنچوی این شاخص به مقدار حداکثر خود (۱) می‌باشد. بالابودن نسبی میزان این شاخص بین گونه‌های انگلی کیلکای آنچوی و چشم درشت (۰/۷۵) و معمولی و چشم درشت (۰/۷۵) بیانگر وجود گونه‌های مشترک است.

شاخص شباهت کمی سورنسون بر اساس شدت آلودگی محاسبه می‌گردد که به دلیل اختلاف زیاد بین فراوانی انگل‌ها، در سه میزبان بسیار پایین است.

انگل غالب در کیلکای معمولی و آنچوی *P. ventricosa* و در کیلکای چشم درشت *C. strumosum* می‌باشد. بالا بودن میزان شاخص غالبیت در کیلکای معمولی و چشم درشت باعث کاهش چشمگیر شاخص



یکنواختی در آنها شده است. در حالیکه این دو شاخص در کیلکای آنچوی تقریباً به یک میزان هستند که در نتیجه فراوانی یکنواخت‌تر گونه‌ها در این میزبان را تایید می‌نماید.

به طور کلی انگل‌هایی که قادر به ایجاد یک سیستم متعادل با میزبان خود هستند، به عنوان انگل‌های اختصاصی آن میزبان در نظر گرفته شده و این خصوصیت را میزبان ویژگی (Host specificity) می‌نامند (جلالی جعفری، ۱۳۷۷). میزبان ویژگی یکی از مهمترین خصوصیات گونه‌های انگلی است. اگرچه این خصوصیت در بین جوامع انگلی و در گستره جغرافیایی یک انگل می‌تواند متغیر باشد، اما در هر صورت برای انگل‌ها یک ویژگی واقعی محسوب شده و در یک گونه انگلی نسبت به گونه‌های انگلی مختلف تغییرات کمتری دارد. بنابراین به نظر می‌رسد سطح میزبان ویژگی نه تنها تحت تاثیر تنوع اکولوژیکی و فاکتورهای مورفولوژیکی، شیمیایی و ژنتیکی به عنوان عوامل محدود کننده زیستگاهی قرار می‌گیرد، بلکه تحت تاثیر انتخاب طبیعی نیز می‌باشد (Krasnov, 2006). اطلاعات در خصوص میزبان‌هایی که یک انگل طی دوره زندگی خود به آنها وارد می‌شود، برای همه انگل‌ها موجود نبوده و در مورد آنها یک مورد است، به دلیل فقدان اطلاعات فیلوژنی میزبان و انگل، به خوبی قابل استفاده نمی‌باشد (Poulin, 1998).

در این تحقیق انگل *P. ventricosa* در کیلکای معمولی و انگل *C. strumosum* در کیلکای چشم درشت، میزبان ویژگی بالایی نشان داده‌اند که احتمالاً به دلیل تغذیه بیشتر آنها از میزبان‌های واسط و زیستگاه آنها می‌باشد.

میزبان ویژگی در دیژن‌ها بسیار مختلف است و پیش‌بینی میزبان ویژگی هر سیستم میزبان-انگل، نیاز به محاسبات دقیقی دارد. به طور کلی میزبان ویژگی دیژن‌ها در مهره‌داران، نسبت به منوزن‌ها و سستودها کمتر است (Cribb, 2005). همانطور که قبلاً گفته شد و با استناد به (Bray and Gibson, 1980) از چرخه زندگی انگل *P. ventricosa* اطلاعاتی موجود نیست، ولی به طور معمول در شگ ماهیان جنس *Alosa spp.* و به ندرت در ماهیان دیگر، حتی اعضای دیگر این خانواده دیده می‌شوند که بیانگر اختصاصی بودن این انگل برای خانواده شگ ماهیان می‌باشد.

به طور معمول انگل‌های بالغ آکانتوسفال میزبان ویژگی نسبتاً بالایی نشان می‌دهند (Noble and Noble, 1961). البته بعقیده (Taraschewski, 2005) آکانتوسفال‌های بالغ در آب شیرین ممکن است میزبان ویژگی بالا یا پایین از خود نشان دهند.

#### ۴-۶- بررسی همبستگی بین انگل ها و شاخص های مختلف رشد در کیلکا ماهیان

انگل ها به منظور رشد و نمو به انرژی میزبان وابسته اند و به این جهت برای به دست آوردن مواد غذایی با میزبان رقابت می نمایند. اگرچه انگل ها ممکن است در میزبان هایی که تغذیه بهتری دارند، رشد بیشتری داشته باشند، ولی همچنین ممکن است میزبان هایی که بیشترین رقابت را با انگل ها دارند، به علت داشتن سیستم ایمنی پیشرفته و یا محدود نمودن دسترسی انگل به مواد غذایی، در برابر آلودگی انگلی مقاوم تر باشند. در هر حال پیش بینی این حالت ها به سادگی امکان پذیر نمی باشد. تنوع در توانایی رقابت میزبان ها برای آلودگی انگلی اهمیت زیادی دارد، ولی اطلاعات زیادی در این خصوص به ویژه برای میزبان های مهره دار که توانایی زیادی در کنترل آلودگی دارند، موجود نیست. تنوع بین گونه ای اندازه میزبان و وضعیت تغذیه ای آن که در واقع با توانایی رقابت میزبان در ارتباط است، رشد انگل را تحت تاثیر قرار می دهد. اگر شرایط تغذیه ای و تغییرات اندازه بدن میزبان آلوده به انگل، بازتابی از توانایی رقابتی بیشتر آن میزبان جهت جستجوی غذا باشد، بنابراین میزبان هایی که رقابت کننده های بهتری هستند، برای انگل ها مناسب تر می باشند. انگل های واقعی باعث مرگ میزبان خود نمی شوند، بلکه آنها را مجبور می کنند تا جیره غذایی شان را از انگل ها تفکیک نموده و رفتار جستجوی غذایشان را نیز تغییر دهند (Barber, 2004).

به عقیده Barber (2004) ارتباط منفی بین میزان رشد میزبان و انگل به این مفهوم است که میزبان شرایط را برای افزایش انگل محدود نموده است. در حالیکه ارتباط مثبت بین این دو عامل نشان می دهد انگل در جذب غذا برای میزبان مفید بوده است. به عقیده او اندازه بدن میزبان، بهترین فاکتور رشد است که بر اساس آن می توان برآورد بهتری از آلودگی انگلی داشت.

در مطالعه حاضر ارتباط معنی داری بین فاکتورهای رشد میزبان و فراوانی انگل ها در بیشتر موارد مشاهده نشد. فقط در کیلکای چشم درشت فاکتورهای طول و GSI با انگل *C. strumosum* همبستگی مثبت نشان می دهد. در حالیکه فاکتور GCF با انگل *C. strumosum* همبستگی منفی نشان می دهد.

#### ۶-۷- بررسی و مقایسه غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در انگل ها و بافت های میزبان

به طور کلی استفاده از موجودات آبی به عنوان نشانگرهای زیستی در مقایسه با سنجش میزان مواد شیمیایی در آب یا رسوبات، سودمندتر است زیرا یک موجود نشانگر، مواد شیمیایی را تغلیظ می نماید و به

مرور زمان در بدنش تجمع پیدا می‌کند. علاوه بر این تعیین میزان مواد شیمیایی در آب یا رسوبات فقط زمانی قابل استفاده است که اطلاعاتی در خصوص قابلیت حلالیت آنها موجود بوده و میزان جذب و مصرف آنها در فعالیتهای فیزیولوژیکی دقیقاً مشخص باشد (Sures, 2005).

تعامل و تاثیر متقابل بین سیستم‌های انگل-میزبان و محیط طبیعی بسیار پیچیده است، به طوریکه طیف وسیعی از فاکتورها در این سیستم‌ها تاثیر داشته و بنابراین به سادگی نمی‌توان این تاثیرات را تفسیر نمود (Sures, 2001).

تاکنون گزارشات متعددی در خصوص جذب و تجمع فلزات در انگل‌ها ارائه گردیده است و بیشتر این مطالعات با استفاده از انگل‌های کرمی داخلی ماهی انجام شده است.

در بین این انگل‌ها بهترین نشانگرهای تجمع فلزات سنگین، آکانتوسفال‌ها هستند. این ویژگی آکانتوسفال‌ها در شرایط آزمایشگاهی نیز تایید شده است. این انگل‌های کرمی در روده میزبان نهایی خود زندگی نموده و به دلیل نداشتن دهان و روده، مواد مغذی را از پوست جذب می‌نمایند. تجمع فلزات سنگین در گونه‌هایی از آکانتوسفال‌ها که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در مواردی برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۲۷۰۰ و ۴۰۰ برابر بیشتر از عضله میزبان ماهی و ۱۱۰۰۰ و ۲۷۰۰۰۰ برابر بیشتر از آب بوده است. در مقایسه با تجمع بالای فلزات سنگین در آکانتوسفال بالغ، لارو آن که در هموسل میزبان واسط سخت پوست وجود دارد، مقادیر کمی از فلزات را جذب می‌نماید. در یک مطالعه این مقادیر برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۳۰ و ۱۸۰ برابر در آکانتوسفال بالغ بیشتر از لارو بوده است. بنابراین جذب اصلی فلزات سنگین در روده میزبان قطعی صورت می‌گیرد. همچنین در محیط‌های آبی، آکانتوسفال‌ها در مقایسه با دو کفه‌ای *Dreissena polymorpha* فلزات سنگین را در مقادیری بسیار بالاتر تغلیظ می‌نمایند. با این حال ظرفیت تجمع فلزات در آکانتوسفال‌ها نسبت به دوکفه‌ای‌ها بسیار متغیر است که ممکن است به علت تحرک و جابجایی ماهی میزبان باشد. این مسئله ممکن است باعث شود تفاوت‌هایی که ممکن است بین بخش‌های مختلف و در مقیاس کوچک وجود داشته باشد را مبهم و نامشخص نماید. به این دلیل دوکفه‌ای‌ها برای بررسی تفاوت‌های محلی مناسبتر می‌باشند (Sures, 2001).

ولی از آنجاییکه معمولاً میزبان نهایی نسبت به انگل عمر طولانی دارد، آنالیز موازی فلزات در بافت‌های میزبان و انگل، میانگینی از زمان کوتاه در معرض آلودگی قرار گرفتن و زمان طولانی را در اختیار ما

قرار می‌دهد که به طور یقین از اطلاعات به دست آمده تنها از یک موجود بسیار ارزشمندتر می‌باشند (Sures, 2004).

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد جذب سرب و کادمیوم در انگل‌های *P. ventricosa* و *C. strumosum* کیلکا ماهیان به طور معنی‌داری بیشتر از بافت‌های کلیه، کبد، روده، غدد جنسی و عضله می‌باشد. البته میزان جذب آکانتوسفال *C. strumosum* به مراتب بیش از ترماتود *P. ventricosa* می‌باشد.

افزایش میزان جذب در کلیه، کبد و روده در مطالعه حاضر نشان می‌دهد ممکن است به علت نقش این بافت‌ها در تصفیه خون و در تماس بودن بیشتر آنها با فلزات سنگین باشد. در این مطالعه میانگین غلظت فلزات سنگین سرب و کادمیوم در بافت‌های روده، عضله، کبد، کلیه، غدد جنسی کیلکای آنچوی و چشم درشت و انگل *C. strumosum* اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بنابراین احتمالاً در گونه‌هایی که از نظر زیستگاه، تغذیه و نوع انگل‌ها مشابهند، مقادیر جذب فلزات سنگین در بافت‌ها و انگل‌هایشان نیز مشابه است.

کرم‌ها و روده میزبان برای جذب فلزات سنگین رقابت می‌کنند و این رقابتشان ممکن است تاثیر زیادی در مقادیر فلزات تجمع یافته در بافت‌های مختلف میزبان شود. نتایج مطالعات آزمایشگاهی بر روی میزان تجمع فلز سرب در روده و کبد ماهیان *Chub, Leuciscus cephalus* سالم و آلوده به آکانتوسفال *Pomphorhynchus laevis* نشان داده است که میزان سرب در روده ماهی آلوده به انگل نسبت به ماهی سالم به طور معنی‌داری کاهش یافته و به صورت آشکاری این رقابت را نشان می‌دهد، ولی میزان سرب در کبد ماهی سالم و آلوده اختلاف معنی‌داری نداشته است (Sures, 2001).

در مطالعه حاضر میانگین غلظت سرب و کادمیوم در بافت‌های مختلف ماهی کیلکای آنچوی و چشم درشت سالم و آلوده به انگل *C. strumosum*، اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. همچنین به جز یک مورد در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری بین میانگین غلظت سرب در بافت‌های مختلف کیلکای معمولی سالم و آلوده به انگل *P. ventricosa* وجود ندارد و تنها میزان سرب در عضله ماهیان سالم به طور معنی‌داری بیش از ماهیان آلوده می‌باشد. میانگین غلظت کادمیوم در کلیه، کبد و روده نمونه‌های سالم کیلکای معمولی به طور معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های آلوده به انگل *P. ventricosa* می‌باشد که ممکن است به علت وجود انگل و رقابت با میزبان در جذب فلزات سنگین باشد.

بعلاوه تغییراتی که در میزان جذب سرب و کادمیوم در فصول مختلف دیده می‌شود، نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی نمی‌باشد.

نسبت بین غلظت فلزات در انگل‌ها و بافت عضله میزبان اطلاعاتی در خصوص مدت زمانی که انگل و میزبان در معرض این آلاینده‌ها بوده‌اند، ارائه نماید. جذب فلزات در انگل‌ها به مراتب سریعتر از بافت‌های میزبان صورت می‌گیرد. بنابراین میزان بالای غلظت فلزات در انگل و عضله میزبان، نشان‌دهنده مدت زمان طولانی و مقادیر بالا در انگل و مقادیر پایین در عضله نشان‌دهنده مدت زمان کوتاهی است که آنها با آلاینده‌ها تماس داشته‌اند (Sures, 2001).

بنابراین مقادیر بسیار بالای سرب و کادمیوم و تفاوت معنی‌دار این مقادیر، در انگل *C. strumosum* و *P. ventricosa* نسبت به بافت عضله کیلکاماهیان، ممکن است نشان‌دهنده مدت زمان نسبتاً کوتاهی باشد که انگل و میزبان در معرض این آلاینده‌ها قرار گرفته‌اند.

نقش انگل‌های داخلی ماهی‌ها در جذب مقادیر زیاد فلزات سنگین در سال‌های اخیر نشان داده شده است. بنابراین احتمال دارد ماهیان آلوده به این انگل‌ها به خصوص آکانتوسفال‌ها، توانایی تحمل مقادیر بسیار زیاد فلزات سنگین را داشته باشند. علاوه بر این از آنجاییکه ماهی‌ها در شرایط طبیعی همواره به نوعی از انگل آلوده می‌شوند، مطالعات مداوم بر روی تجمع مواد سمی در انگل‌ها اهمیت زیادی دارد. زیرا انگل‌ها بر میزان تجمع مواد سمی در ماهی‌ها تاثیر گذاشته و به دنبال آن بر سلامتی ماهی‌ها تاثیر می‌گذارند (Sures, 2001).

نتایج مطالعه حاضر اهمیت آکانتوسفال‌های ماهیان به عنوان نشانگرهای تجمع فلزات سنگین را تایید می‌نماید. همچنین باتوجه به اینکه به جز این تحقیق، مطالعه‌ای بر روی آکانتوسفال‌های آب‌های لب شور و در شرایط طبیعی صورت نگرفته است، این مطالعه می‌تواند مفید واقع شود.

## ۶-۸- پیشنهادات

- ❖ به منظور برآورد دقیق میزان آلودگی فلزات سنگین در محیط و بر اساس تجمع زیستی آنها در انگل‌ها و تایید نقش انگل‌ها در پایش زیستی محیط، لازم است در شرایط آزمایشگاهی مطالعات بیشتری روی ماهیان آلوده به انگل (مانند کیلکای چشم درشت) صورت گیرد تا نسبت بین غلظت-های فلزات در انگل‌ها، قبل و بعد از در معرض فلزات قرار دادن، تعیین گردد. زمانیکه یکبار و برای یک سیستم انگل-میزبان اینکار انجام شود، از نتایج آن می‌توان در مناطق مختلف و برای همان سیستم استفاده نمود.
- ❖ با توجه به نتایج این تحقیق، *C. strumosum* انگل مناسبی به عنوان نشانگر زیستی فلزات سنگین بوده، لذا مطالعات بیشتری در خصوص ارتباط جنسیت، بلوغ و تعداد انگل در ارتباط با جذب فلزات سنگین لازم است انجام شود.
- ❖ مطالعات میدانی بیشتری نیاز است که بتوان تجمع فلزات را بین مناطق و گونه‌های مختلف آکانتوسفال‌ها و ماهیان ارزیابی نمود.
- ❖ با توجه به اینکه ماهی‌ها معمولاً به انگل آلوده هستند و انگل‌ها به خصوص آکانتوسفال‌ها، باعث می‌شوند ماهی توانایی تحمل مقادیر بسیار زیاد فلزات سنگین را داشته باشند، بنابراین ضروری است هنگام بررسی میزان فلزات سنگین در بافتهای ماهیان به حضور انگل نیز توجه گردد.
- ❖ با توجه به اینکه ارزش‌های زیست محیطی انگل‌های داخلی هنوز برای اکولوژیست‌ها مشخص نیست، لازم است فعالیت بیشتری در این زمینه صورت گیرد و تلاش بیشتری در زمینه معرفی انگل‌ها به عنوان نشانگر زیستی انجام شود. ضمن اینکه انگل‌شناسان و اکولوژیست‌ها باید دیدگاه‌ها، مهارت‌ها و تجربیات خود را در اختیار یکدیگر گذاشته و در این زمینه با یکدیگر همکاری نزدیک داشته باشند.

## منابع:

- اسلامی، ع.، ۱۳۷۶. کرم شناسی دامپزشکی، انتشارات دانشگاه تهران.
- باقری، س.، ۱۳۸۳. بررسی جامع اکولوژیک امکان کنترل جمعیت شانه دار مهاجم دریای خزر (۸۳-۸۲)، فعالیت ۲؛ بررسی تغذیه شانه دار *Mnemiopsis leidyi* مهاجم در دریای خزر، گزارش پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی استان مازندران.
- بررسی جامع اکولوژیک امکان کنترل جمعیت شانه دار مهاجم دریای خزر (۸۳-۸۲)، فعالیت ۲؛ بررسی تغذیه شانه دار *Mnemiopsis leidyi* مهاجم در دریای خزر
- جلالی جعفری، ب.، ۱۳۷۷. انگل ها و بیماریهای انگلی ماهیان آب شیرین ایران، معاونت تکثیر و پرورش آبزیان، اداره کل آموزش و ترویج، تهران.
- شمسی، ش.، ۱۳۷۴. بررسی انگلهای کرمی کیلکای دریای خزر، گزارش مرکز تحقیقات شیلات استان مازندران.
- لالوئی، ف. ۱۳۸۰، گزارش نهایی پروژه "بررسی هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست محیطی اعماق کمتر از ۱۰ متر حوزه جنوبی دریای خزر"، موسسه تحقیقات شیلات ایران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، مازندران
- مجنونیان، ه.، کیابی، ب. و دانش، م.، ۱۳۸۴. جغرافیای جانوری ایران، جلد اول، ماهیان (دریای خزر، آب‌های داخلی، خلیج فارس و دریای عمان). انتشارات دایره سبز، تهران.
- Aladin, N. and Plotnikov, I. (2004). The Caspian Sea.**  
<http://www.worldlakes.org/>
- Aladin, N., Plotnikov, I. and Bolshov, A. (2006). Report of Caspian Sea**

Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program,  
<http://www.zin.ru/>, Atyrau, Kazakhstan

**Barber, I.** (2005). Parasites grow larger in faster growing fish hosts. *International Journal for Parasitology*, **37**: 137-143.

**Barus, V., Jarkovsky, J. and Prokes, M.** (2007). *Philometra ovata* (Nematoda: Philometroidea): a potential sentinel species of heavy metal accumulation. *Parasitology Research*, **100**: 929-933.

**Barus, V., Tenora, F., Kracmar, S. and Prokes, M.** (2001). Cadmium and lead concentrations in *Contracaecum rudolphii* (Nematoda) and its host, the cormorant *Phalacrocorax carbo* (Aves). *Folia Parasitologica*, **48**: 77-78.

**Biney, C. A. & E. Ameyibor** (1992). Trace metal concentrations in the pink shrimp *Penaeus notialis*, from the coast of Ghana. *Water, Air and Soil Pollution*, **63**, 273-279.

**Bray, R. A. & Gibson, D. I.** (1980). The Fellodistomidae (Digenea) of fishes from the northeast Atlantic. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Zoology*, **37**: 199–293.

**Busch, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. and Shostak, A. W.** (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, **83**: 575–583

**Bush, A. O., Fernandez, J. C., Esch, G. W., Seed, J.** (2001). *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge University Press, Cambridge.

**Bykhovskaya-Pavlovskaya, I. E., Gusev, S. V., Dubinina, M. N., Izyumova, N. A., Smirnova, T. S., Sokolovskaya, I. L., Shtein, G. A., shulman, S. S. and Epshtein, V. M.** (1964). *Key to parasites of fresh water fish of the USSR*, Leningrad. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.

**CEP,** (2002). Caspian Sea transboundary diagnostic analysis. Caspian Environment Programme **2**:128 pp



**Chibani, M., Kijewska, A. and Rokicki, J.** (2005). Sex and age of flounder *Platichthys flesus* (L. ) and parasitic infection in the Gulf of Gdańsk. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **34 (3)**: 85-96.

**Coad, B. W.** (2008). Freshwater Fishes of Iran. <http://www.briancoad.com/>

**Cribb, T.H.** (2005). Digenea (endoparasitic flukes), *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 76-87.

**Darmono, D. & G. R. W. Denton** (1990). Heavy metal concentrations in the banana prawn, *Penaeus merguensis*, and leader prawn, *P. monodon*, in the Townsville Region of Australia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **44**, 479-486.

**Fazli, H.** (2007). *Population dynamics and stock assessment of kilka (genus: Clupeonella) in Iranian waters of the Caspian Sea*. Ph.D Thesis, Pukyong National University

**GIBSON, D.I., JONES, A. and BRAY, R.A.** [Eds] (2002) *Keys to the Trematoda*. Vol. 1. Wallingford: CAB International, 521 pp.

**Klein, S. L., Gamble, H. R. and Nelson, R. J.** (1999). Role of steroid hormones in *Trichinella spiralis* infection among voles. *The American journal of physiology*, **277**: R1362-1367.

**Krasnov, B. R., Morand, S., Mouillot, D., Shenbrot, G. I., Khokhlova, I. S. and Poulin, R.** (2006). Resource predictability and host specificity in fleas: the effect of host body mass. *Parasitology*, **133**: 81-88.

**Lafferty, K. D.** (1997). Environmental parasitology: what *can* parasites tell us about human impacts on the environment? *Parasitology Today*, **13** : 251 – 255

**MacKenzie, K.** (1999). Parasites as pollution indicators in marine ecosystems: a proposed early warning system. *Marine Pollution Bulletin* **38**: 955-959.

**MacKenzie, K., Williams, H. H., Williams, B., McVicar, A. H., and Siddall, R.** (1995). Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies. *Adv. Parasitol.* **35**:85–144.

**Madany, I. M., Wahab, A. A. A. and Al-Alawi, Z.** (1996). Trace metals concentrations in marine organisms from the coastal areas of Bahrain. *Water, Air and Soil Pollution*, 91, 233-248.

**Magurran, E. A.** (1996). *Ecological diversity and its measurement*. Chapman & Hall, New York.

**Maher, W. A.** (1986). Trace metal concentrations in marine organisms from St. Vincent Gulf, south Australia. *Water, Air and Soil Pollution*, 29,77-84.

**Malek, M., Haseli, M., Mobedi, I., Ganjali, M. R. and MacKenzie, K.** (2007). Parasites as heavy metal bioindicators in the shark *Carcharhinus dussumieri* from the Persian Golf. *Parasitology* **134**: 1053-1056.

**Mamaev, V.** (2004). Europe's biodiversity - biogeographical regions and seas: The Caspian Sea - enclosed and with many endemic species. Technical Report. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

**Marcogliese, D.J.** (2005). Transmission of marine parasites *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 280-286.

**Markevich, A. P.** (1963) *parasitic fauna of freshwater fish of the Ukrainian S.S.R.*, Leningrad. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.

**Moravec, F.**, (1994). *Parasitic Nematodes of Freshwater Fishes of Europe*. Academia and Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 473 pp.

**Noble, E. R. and Noble, G. A.** (1961). *Parasitology, The biology of animal parasites*. Lea & Febiger, Philadelphia, USA. 767 pp.

**Palíková, M. and Baruš, V.** (2003). Mercury content in *Anguillicola crassus* (Nematoda) and its host *Anguilla anguilla*. *Acta Vet Brno.* **72**:289–294

**Pascual, S. and Abollo, E.** (2003). Accumulation of heavy metals in the whaleworm *Anisakis simplex*.l. (Nematoda: Anisakidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. *J. Mar. Biol. Assoc.* **5**: 905-906

**Pascual, S. and Abollo, E.** (2005). Whaleworms as a tag to map heavy metal pollution zones. *Trends in Parasitology*, **21(5)**: 204-206.

**Poulin, R.** (1998). *Evolutionary Ecology of Parasites*. Chapman and Hall, London. 212 pp.

**Poulin, R.** (1999). Speciation and diversification of parasite lineages: an analysis of congeneric parasite species in vertebrates. *Evolutionary Ecology*, **13**: 455-467

**Poulin, R.** (2000). Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*, **56**: 123–137

**Poulin, R. and Valtonen, E. T.** (2002). The predictability of helminth community structure in space: a comparison of fish populations from adjacent lakes. *International Journal for Parasitology*, **32**: 1235–1243

**Prikhod'ko, B. I.** (1981). Ecological Features of the Caspian Kilka (Genus *Clupeonella*). *Scripta Publishing*, Kasp NIRKH, Astrakhan, pp 27-37

**Retief, R., Avenant-oldewage, A. and Du Preez, H.H.** (2006). The use of cestode parasites from the largemouth yellowfish, *Labeobarbus kimberleyensis* (Gilchrist and Thompson, 1913) in the Vaal Dam, South Africa as indicators of heavy metal bioaccumulation. *Physics and chemistry of the earth*, **31**:840-847.

**Roberts, L. S. and Janovy, J.** (1996) *Foundations of parasitology*. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA.

**Rohde, K.** (1982) *Ecology of marine parasites*. University of Queensland Press, St. Lucia.

**Rohde, K.** (1993). *Ecology of Marine Parasites*. CAB International, Wallingford, United Kingdom. 298 pp.

**Rohde, K.** (2005). Definitions, and adaptations to a parasitic way of life. *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp.1-6.

**Rohde, K. and Rohde, P.P.** (2005). The ecological niches of parasites. *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 286-293.

**Sasal, P. and Thomas, F.** (2005). Parasite induced changes in host behaviour and morphology, *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 259-264.

**Scheef, G. Sures, B. and Taraschewski, H.** (2000) Cadmium accumulation in *Moniliformis moniliformis* (Acanthocephala) from experimentally infected rats. *Parasitology research*, **86(8)**:688-91.

**Siddal, R. and Sures, B.** (1998). Uptake of lead by *Pomphorhynchus laevis* cystacanths in *Gammarus pulex* and immature worms in chub (*Leuciscus cephalus*). *Parasitol. Res.*, **84**: 573–577.

**Siddall, R. and Sures, B.** (1998). Uptake of lead by *Pomphorhynchus laevis* cystacanths in *Gammarus pulex* and immature worms in chub *Leuciscus cephalus*. *Parasitology Research* **84**: 573-577.

**Stock, J. H., Mirzajani, A. R., Vonk, R., Naderi, S. and Kiabi, B. H.** (1998). Limnic and brackish water Amphipoda (Crustacea) from Iran. Beaufortia, Institute for Systematics and Population Biology, University of Amsterdam, **48(2)**: 173-234

**Sures, B.** (2001). The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review. *Aquatic Ecology* **35**: 245-255.

**Sures, B.** (2004). Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *TRENDS in Parasitology*, **20** (4):170-177.

**Sures, B.** (2005). Effects of pollution on parasites, and use of parasites in pollution monitoring, *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 421-425

**Sures, B. and Siddall, R.** (1999). *Pomphorhynchus laevis*: the intestinal acanthocephalan as a lead sink for its fish host, chub (*Leuciscus cephalus*). *Exp. Parasitol.*, **93**: 66–72

**Sures, B. and Siddall, R.** (1999). *Pomphorhynchus laevis*: The intestinal acanthocephalan as a lead sink for its fish host, chub *Leuciscus cephalus*. *Experimental Parasitology* **93**: 66-72.

**Sures, B. and Siddall, R.** (2001) Comparison between lead accumulation of *Pomphorhynchus laevis* (Palaeacanthocephala) in the intestine of chub (*Leuciscus cephalus*) and in the body cavity of goldfish (*Carassius auratus auratus*). *International Journal for Parasitology*, **31**: 669-673.

**Sures, B. and Taraschewski, H.** (1995). Cadmium concentrations of two adult acanthocephalans (*Pomphorhynchus laevis*, *Acanthocephalus lucii*) compared to their fish hosts and cadmium and lead levels in larvae of *A. lucii* compared to their crustacean host. *Parasitology Research*, **81**: 494–497.

**Sures, B., Franken, M. and Taraschewski, H.** (2000) Element concentrations in the archiacanthocephalan *Macracanthorhynchus hirudinaceus* compared with those in the porcine host from a slaughterhouse in La Paz, Bolivia. *International Journal for Parasitology*, **30**: 1071-1076.

**Sures, B., Siddall, R. and Taraschewski** (1999). Parasites as accumulation indicators of heavy metal pollution. *Parasitology Today*, 15(1): 16-21.

**Taraschewski, H.** (2005). Acanthocephala (thorny or spiny-headed worms), *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 116-121.

**Tekin-Özan, S., and Kır, İ.** (2005). Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis*. *Parasitology Research*,

97: 156–159

**Torres, J., de Lapuente, J., Eira, C, and Nadal, J.** (2004). Cadmium and lead concentrations in *Gallegoides arfaai* (Cestoda: Anoplocephalidae) and *Apodemus sylvaticus* (Rodentia: Muridae) from Spain. *Parasitology research*, **94(6)**:468-70.

**UNEP** (2006). Stolberg F Borysova O Mitrofanov I Barannik V and Eghtesadi P Caspian Sea GIWA Regional assessment 23. University of Kalmar, Kalmar, Sweden

**Williams, H. and Jones, A.** (1994). *Parasitic Worms of fish*. Taylor and Francis, London.

**Williams, H. H., Mackenzie, K.** (2003). Marine parasites as pollution indicators: an update. *Parasitology*, **126(1)**: S27-41.

**Yamguti, S.** (1958). *Systema Helminthum*. Interscience Publisher, INC., New York.

**Zander, C. D.** (2005). Parasites in brackish waters, *in*: **Rohde, K.** (Ed.) (2005). *Marine parasitology*. CSIRO Publishing, Melbourne and CABI Publishing, Wallingford, Oxon. pp. 298-302.



Islamic Azad University  
Science and Research Branch  
Graduate School of Marine Science and Technology  
Ph.D Thesis in Marine Biology

**Helminth parasites of caspian kilka (Genus *Clupeonella* )  
as bioindicators of heavy metals**

Supervisors:

Dr. Shahla Jamili  
Dr. Masoumeh Malek

Advisors:

Dr. Mohammad Bagher Nabavi  
Dr. Abbas Ali motallebi

by:

Razieh Ghayoumi

Winter 2009

Abstract:

In the present study, intestinal helminth parasite fauna of 398 specimens of three species of kilkas, *C. engrauliformis* (N= 92), *C. grimmi* (N= 136) and *C. cultriventris* (N= 170) from Babolsar harbor were investigated. Five parasite species were found including: *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala), *Pronoprymna ventricosa* (Trematoda), *Contracecum* sp. (Nematoda), *Raphidascaris* sp. (Nematoda) and *Anisakis* sp. (Nematoda). The highest prevalence and abundance were observed in *C. strumosum* and *P. ventricosa*. The prevalence and abundance of *C. strumosum* in *C. grimmi* was significantly higher than *C. engrauliformis*. The prevalence and abundance of *P. ventricosa* in *C. cultriventris* was significantly higher than *C. engrauliformis*. The prevalence, mean intensity and mean abundance of the parasites were compared according to the sex, length group and season also effect of parasite on host growth parameters was considered. The diversity, equability, similarity, species richness, dominance Indices and specificity indices of helminth parasites of the three host species were studied.

Also the lead and cadmium concentrations in the intestine, muscle, liver, kidney and gonad of kilkas and their parasites *C. strumosum* and *P. ventricosa* were measured and compared. The results revealed that lead and cadmium concentrations in *C. strumosum* and *P. ventricosa* were significantly higher than kidney, liver, intestine, gonad and muscle. The lead and cadmium concentrations of the parasites were compared according to the sex, parasitism and season.



